



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Arquitectura Hospitalaria: La luz natural como terapia en
espacios de rehabilitación

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje,
Urbanismo y Diseño

AUTOR/A: Guzman, Ambar

Tutor/a: Iñarra Abad, Susana

Cotutor/a: Castilla Cabanes, Nuria

CURSO ACADÉMICO: 2024/2025

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	Lista de Tablas	
II.	Lista de Figuras	
III.	Agradecimientos	
IV.	Lista de Acrónimos	
V.	Resumen	
VI.	Abstract	
VII.	Resum	
1.	Introducción	
1.1	Investigaciones Previas	15
1.2	Planteamiento del Problema	16
1.3	Objetivos	17
1.3.1	Objetivo Principal	
1.3.2	Objetivos Específicos	
1.4	Preguntas de Investigación	17
1.5	Alcances	18
1.6	Limitaciones	18
1.7	Metodología de la Investigación	19
2.	Marco teórico. Estado de la cuestión	22
Capítulo 2.1	Entender la Luz, Fenómeno e impacto	23
2.1.1	Iluminación natural, concepto, comportamiento y estructura	24
2.1.2	Concepto de Irradiación	26
2.1.3	Concepto de Insolación	26
2.1.4	Importancia del estudio de la incidencia de luz natural en arquitectura	27
2.1.5	Influencia de la iluminación en los seres humanos	32
2.1.6	Problemática actual en los espacios de rehabilitación en torno a la iluminación	35
Capítulo 2.2	Nociones de Neurociencia y principales aplicaciones en la Arquitectura	38
2.2.1	Introducción a la neurociencia en la arquitectura	39
2.2.2	La percepción sensorial y teorías desarrolladas	42
2.2.3	Metodología de estudios y/o experimentaciones previas en la Neuroarquitectura	51

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo 2.3	Espacios de rehabilitación y Evolución Histórica	54
2.3.1	Introducción a los espacios de rehabilitación	55
2.3.2	Evolución histórica de los espacios terapéuticos	58
2.3.3	Tendencias actuales en el diseño de centros de rehabilitación	61
2.3.4	Comparación entre enfoques tradicionales y contemporáneos	71
Capítulo 2.4	Efectos de la incorporación de iluminación natural en espacios de rehabilitación en los usuarios	73
2.4.1	Comparativa de estudios previos sobre los efectos de la iluminación natural en usuarios con necesidades de rehabilitación	74
2.4.2	Conclusiones de las comparativas	78
3.	Marco Experimental	82
3.1.1	Introducción	83
3.1.2	Experimento Piloto	84
3.1.3	Limitaciones y Alcances	90
3.1.4	Descripción Geográfica y Ambiental del Objeto de Estudio	90
3.1.5	Selección de la Muestra	92
3.1.6	Selección de las Variables	93
3.1.7	Cuestionario Implementado	95
3.1.8	Análisis de la Data	99
3.1.9	Conclusiones del Estudio Piloto	110
4.	Conclusión	112
4.1.1	Conclusiones Generales	113
4.1.2	Futuras Líneas de Investigación	114
5.	Lista de Referencias	116
6.	Anexos	131

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Efectos de la Iluminación Natural en Ambientes de Salud. Rahman (2011)	35
<i>Tabla 2.</i> Ventajas y Desventajas de la Iluminación Natural en torno a las problemáticas	37
<i>Tabla 3.</i> Premisas del Diseño Basado en Evidencia por Medhat et. al (2023)	53
<i>Tabla 4.</i> Tabla de Medidas de Accesibilidad e Inclusión según los sentidos	67
<i>Tabla 5.</i> Tabla Comparativa Resumen de estudios Seleccionados	80
<i>Tabla 6.</i> Datos climatológicos de Valencia. Aemet (2024)	91
<i>Tabla 7.</i> Tabla resumen de la sección 3 del cuestionario implementado	98
<i>Tabla 8.</i> Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia A	101
<i>Tabla 9.</i> Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia A	102
<i>Tabla 10.</i> Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia B	103
<i>Tabla 11.</i> Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia B	104
<i>Tabla 12.</i> Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia C	105
<i>Tabla 13.</i> Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia C	106
<i>Tabla 14.</i> Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia C	107
<i>Tabla 15.</i> Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia C	108
<i>Tabla 16.</i> Tabla de Resultados de la sección 4	109

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Figura 1.</i> Esquema representativo de la metodología implementada en este trabajo.	21
<i>Figura 2.</i> Hospital Les Frenes, Clinique du Dr Rollier. Hobday (1997)	30
<i>Figura 3.</i> Importancia del estudio de la incidencia de luz Natural en Arquitectura	32
<i>Figura 4.</i> Esquema sobre las principales Teorías de la Percepción	43
<i>Figura 5.</i> Esquema sobre la Neuroarquitectura y las disciplinas adyacentes	53
<i>Figura 6.</i> Foto del Templo de Asclepio por Boris Katsman (2010)	58
<i>Figura 7.</i> Foto del Ala de Dormitorios del Hospital Alemán Klinikum Oldenburg del siglo XX. Choi J et. al (2012)	60
<i>Figura 8.</i> Imagen de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas	64
<i>Figura 9.</i> Esquema de las Tendencias actuales en el diseño de centros de rehabilitación.	71
<i>Figura 10.</i> Gráfico Explicativo sobre factores de reducción de estrés. Rahman (2011)	75
<i>Figura 11.</i> Planta Entorno Generado A	86
<i>Figura 12.</i> Sección L Entorno Generado A	86
<i>Figura 13.</i> Sección T Entorno Generado A	86
<i>Figura 14.</i> Planta Entorno Generado B	87
<i>Figura 15.</i> Sección L Entorno Generado B	87
<i>Figura 16.</i> Sección T Entorno Generado B	87
<i>Figura 17.</i> Planta Entorno Generado C	88
<i>Figura 18.</i> Sección L Entorno Generado C	88
<i>Figura 19.</i> Sección T Entorno Generado C	88
<i>Figura 20.</i> Planta Entorno Generado D	89

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 21.</i> Sección L Entorno Generado D	89
<i>Figura 22.</i> Sección T Entorno Generado D	89
<i>Figura 23.</i> Carta Solar Valencia. Gaisma (2024)	92
<i>Figura 24.</i> Gráfico horas solares Valencia. Climate Data (2024)	92
<i>Figura 25.</i> Gráfico Edad	99
<i>Figura 26.</i> Gráfico Sexo	99
<i>Figura 27.</i> Gráfico Nacionalidad	100
<i>Figura 28.</i> Gráfico Usuario de Profesional de Salud Mental	100
<i>Figura 29.</i> Imagen generada de la Estancia A	101
<i>Figura 30.</i> Gráfico de la sección 2 para Estancia A	101
<i>Figura 31.</i> Gráfico de la sección 3 para Estancia A	102
<i>Figura 32.</i> Imagen generada de la Estancia B	103
<i>Figura 33.</i> Gráfico de la sección 2 para Estancia B	103
<i>Figura 34.</i> Gráfico de la sección 3 para Estancia B	104
<i>Figura 35.</i> Imagen generada de la Estancia C	105
<i>Figura 36.</i> Gráfico de la sección 2 para Estancia C	105
<i>Figura 37.</i> Gráfico de la sección 3 para Estancia C	106
<i>Figura 38.</i> Imagen generada de la Estancia D	107
<i>Figura 39.</i> Gráfico de la sección 2 para Estancia D	107
<i>Figura 40.</i> Gráfico de la sección 3 para Estancia C	108
<i>Figura 41.</i> Gráfico de la sección 4 de la valoración comparativa	109

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que en primer lugar permite todas las cosas.

A mis padres, Leoncio Guzmán y Eunise Díaz, que son piedra angular de mi trayectoria profesional, mostrando su apoyo firme en cada escalón de la vida que emprendo y que a pesar de la distancia física que existió durante este período académico, la cercanía que mostraban no puede describirse con palabras.

A mis hermanas, Perla Guzmán y Gema Guzmán, que junto a mis padres han generado ese bienestar familiar que se necesita para llegar lejos.

A las amistades y compañeros que he ganado en esta experiencia, que han prestado su tiempo, oído y dedicación en este trabajo de investigación, para aportar de alguna manera en su desarrollo y culminación.

A mi pareja, Angel Burgos, que más que amigo y compañero, ha sido apoyo, constancia y seguridad, brindando sus conocimientos, entusiasmo y paciencia en cada momento.

Y a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) que fue testigo y promotor de todos los conocimientos generados para que este trabajo se presente.

1.5 Lista de Acrónimos

IN	Iluminación Natural
ILA	Iluminación Artificial
DBE	Diseño Basado en Evidencia
EC	Entorno Construído
LoS	Lenght of Stay - Tiempo de Estancia
NHS	National Health Service - Servicio Nacional de Salud de Reino Unido
HBN	Health Building Note - Manual de Construcción para Centros de Salud
WHO	World Health Organization - Organización Mundial de la Salud
VR	Virtual Reality - Realidad Virtual
FO	Facilidad de Orientación
SIN	Seguridad con Iluminación Natural
SINN	Seguridad con Iluminación Natural Nocturna
MO	Movilidad
PR	Privacidad
CE	Comodidad Espacial
DyR	Descanso y Recuperación
NEP	Necesidad de Elemento Privativo
IIN	Incidencia de Iluminación Natural
NCIN	Necesidad de Control de Iluminación Natural
SA	Satisfacción
BE	Bienestar Emocional
HRV	Electrocardiograma
EEG	Electroencefalograma
ANFA	Academia Internacional de Neurociencia y Arquitectura
CHD	The Center for Health Design - Centro del Diseño para la Salud
SNA	Society for Neuroscience and Architecture - Sociedad de Neurociencia para la Arquitectura
NAN	Neuroarchitecture Network - Red de Neuroarquitectura
PSM	Profesional de la Salud Mental

RESUMEN

En este trabajo de final de máster se propone entender cómo la incidencia de iluminación natural, en un entorno construido delimitado afecta de manera positiva en las personas con necesidades de rehabilitación emocional, estimulando su comportamiento y/o estado de ánimo entendiendo este fenómeno como caso de estudio.

La pregunta de ¿cómo se ve el ambiente que nos rodea? Es planteada por James Gibson 1979 y abre la idea sobre la visión y cómo el espacio puede afectarnos. La relación cognitivo-espacial que se obtiene del entorno construido es percibida por el usuario que desencadena en respuestas a estímulos propios de la situación del momento, catalogando como ente activo en los impulsos nerviosos de nuestro sistema y estableciendo relaciones dinámicas sinápticas en el organismo.

Al entender cuestiones de esta magnitud y observando a través del lente de mentes antecesoras, podemos inferir que el espacio tiene capacidad de sanar, de transmitir sensaciones de bienestar que impulse la mejoría o el estado emocional de las personas. Conjugando variables espaciales compositivas que aporten al cometido preestablecido, siempre y cuando esa sea la decisión de diseño.

Como desarrollo de la investigación se analizan teorías de percepción, comportamiento y cognición de los usuarios, seguidas de preexistencias arquitectónicas que contemplen y/o tengan como premisa esta variable entendiendo la intención detrás de su propuesta, permitiendo exponer la importancia de la variable iluminación natural en estos espacios como recurso de diseño. De dicha manera, se recopila y depuran estudios previos sobre el comportamiento de los seres humanos en entornos construidos con decadente o nula inferencia iluminación natural yuxtaponiéndolos a aquellos que contemplan la iluminación natural en su propuesta de ejecución.

Acompañando esta revisión, se propone realizar un experimento piloto donde se estudiará el comportamiento, percepción y estímulos de usuarios expuestos a espacios hospitalarios bidimensionales, específicamente habitaciones para centros de rehabilitación, en las cuales se evaluará el confort de ambientes iluminados naturalmente, examinando la percepción a través del cuestionario generado tomando como referencia cuestionarios validados para entornos hospitalarios, como el WHO Quality of Life-BREF expedido por la Organización Mundial de la Salud en 2004.

Este proceso, sustentado por experimentaciones previas, analiza procesos y resultados que sirvan de base para una futura continuación de la línea de investigación. Con la finalidad de aportar en el conjunto de conocimientos que amplían la visión arquitectónica en la percepción o comportamiento de las personas para generar bienestar y salud en espacios proyectados.

ABSTRACT

In this master's thesis, the goal is to understand how the incidence of natural lighting within a defined built environment positively affects people with emotional rehabilitation needs, stimulating their behavior and/or mood. This phenomenon is presented as a case study.

The question, "How do we see the environment around us?" proposed by James Gibson in 1979, introduces an idea about vision and how space can influence us. The cognitive-spatial relationship obtained from the built environment is perceived by users, triggering responses to stimuli particular to the current situation. This positions the environment as an active agent in the nervous impulses of our system, establishing dynamic synaptic relationships within the body.

Understanding questions of this magnitude through the lens of earlier thinkers allows us to infer that space has the capacity to heal, transmit well-being, and promote emotional improvement. This potential effect can be achieved through compositional spatial variables aligned with the established design objective.

In developing this research, theories on perception, behavior, and user cognition are analyzed, followed by architectural precedents that incorporate this variable and understand the intention behind its application. This approach highlights the importance of natural lighting as a design resource in such spaces. Consequently, previous studies on human behavior in built environments with deficient or absent natural light are reviewed and contrasted with those that integrate natural light into their design.

Accompanying this review, a pilot experiment is proposed to study the behavior, perception, and stimuli of users exposed to bidimensional hospital spaces, specifically rehabilitation center rooms. Here, the comfort of naturally lit environments will be evaluated, examining perception through a questionnaire developed based on validated surveys for hospital environments, such as the WHO Quality of Life-BREF, published by the World Health Organization in 2004.

This process, grounded in prior experiments, analyzes processes and results that could provide a basis for the continuation of this line of research. Ultimately, the aim is to contribute to the body of knowledge that broadens the architectural understanding of perception and behavior to generate well-being and health in designed spaces.

RESUM

En aquest treball de final de màster, es proposa entendre com la incidència de la llum natural en un entorn construït delimitat pot afectar de manera positiva a les persones amb necessitats de rehabilitació emocional, estimulant el seu comportament i/o estat d'ànim, i plantejant aquest fenomen com a cas d'estudi.

La pregunta "Com veiem l'entorn que ens envolta?", formulada per James Gibson en 1979, introdueix la idea de la visió i de com l'espai pot influir-nos. La relació cognitiva-espacial obtinguda de l'entorn construït és percebuda pels usuaris, que responen davant dels estímuls propis de la situació del moment. Això posa l'entorn com a agent actiu en els impulsos nerviosos del nostre sistema i estableix relacions dinàmiques sinàptiques en l'organisme.

Entendre qüestions d'aquesta magnitud, amb el suport d'idees de pensadors anteriors, permet inferir que l'espai té la capacitat de sanar, de transmetre sensacions de benestar que impulsen la millora o l'estabilitat emocional de les persones. Això es pot aconseguir mitjançant variables espacials compositives que contribuïsquen al propòsit de disseny preestablert.

Per a desenvolupar aquesta recerca, s'analitzen teories de percepció, comportament i cognició dels usuaris, seguides d'antecedents arquitectònics que integren aquesta variable, entenent la intenció darrere de la seua aplicació. Això permet destacar la importància de la llum natural com a recurs de disseny en aquests espais. Conseqüentment, es revisen estudis previs sobre el comportament de les persones en entorns construïts amb poca o nul·la influència de la llum natural, contrastant-los amb aquells que integren llum natural en el seu disseny.

Per a acompanyar aquesta revisió, es proposa realitzar un experiment pilot per a estudiar el comportament, la percepció i els estímuls d'usuaris exposats a espais hospitalaris bidimensionals, específicament habitacions per a centres de rehabilitació. En aquest context, s'avaluarà el confort dels ambients il·luminats naturalment, examinant la percepció mitjançant un qüestionari basat en enquestes validades per a entorns hospitalaris, com el WHO Quality of Life-BREF publicat per l'Organització Mundial de la Salut el 2004.

Aquest procés, fonamentat en experimentacions prèvies, analitza processos i resultats que poden servir de base per a una futura continuació de la línia de recerca. Amb l'objectiu de contribuir a l'ampliació del coneixement arquitectònic en la percepció i comportament de les persones, es busca generar benestar i salut en espais dissenyats.

CAPÍTULO 1

Introducción

Los espacios de salud tienen la capacidad de aumentar o decrecer los niveles de estrés en los pacientes, influyendo de cierta manera en la prevención, satisfacción o recuperación de estos. (Ulrich et al., 2008). Es por esto por lo que en el campo de la neuroarquitectura se busca identificar aquellos factores físicos y de espacialidad con el fin de lograr el objetivo anteriormente mencionado, para que el enfoque y ejecución de estos espacios tengan cada vez, mayor calidad y sensibilidad (Andrade et al., 2017).

Igualmente, Dijkstra et al. (2006), expresan que:

“Tradicionalmente, el diseño de entornos de atención médica se centraba en la funcionalidad y la entrega eficiente de los servicios de salud. Gradualmente, este enfoque cambió hacia una perspectiva que prioriza la creación de ambientes de atención médica que sean “psicológicamente favorables”, también conocidos como entornos de sanación. El concepto de entornos de sanación sugiere que el entorno físico en los centros de atención médica “puede influir en la rapidez con que el paciente se recupera o se adapta a condiciones agudas y crónicas específicas”

Entendiendo que las cualidades objetivas del entorno físico de las instalaciones de atención médica no son fáciles de cuantificar ni de medir. Tal como menciona Andrade et al., (2017), el número de características físicas de un hospital que pueden afectar a los pacientes es prácticamente ilimitado, y estas características tienen relación intrínseca, como, el tamaño de la habitación, ocupación, mobiliario, vistas al exterior, entre otros. Esta situación dificulta aislar el efecto de una sola característica y descartar variables que puedan confundir. Además, en ausencia de una teoría, la selección de las variables a estudiar debe ser muy específica. (Andrade et al., 2017)

Adicional a eso, al enfrentarnos a un campo multimodal y que varios son los factores que hacen que ambiente pueda ser o no placentero, como la teoría del “supportive design” de (Ulrich, 1991; Ulrich 2001) donde se enfatizan las tres propiedades en el diseño hospitalario para combatir los altos niveles de estrés: proveer oportunidades para el control ambiental, apoyo social y distracción positiva.

Diversos estudios alrededor del mundo se han ejecutado, en mayor o menor cantidad en similitud a lo desarrollado en este trabajo (Rahman, 2011). Sin embargo, a través de plataformas científicas como Scopus, Taylor and Francis, Riunet UPV, Science Direct, entre otras, se ha recopilado datos que han hecho posible la dirección investigativa presentada.

Es por ello que como parte de esta investigación y delimitando el alcance para generar un proceso adecuado, se propone entender cómo la iluminación natural aporta a la recuperación en entornos de rehabilitación mental. Y cómo, un mismo espacio, con distintos accesos de IN, influyen o no en la calidad y LoS de los pacientes.

Este estudio confirmó, en un experimento piloto, que la calidad del entorno físico (manipulada mediante la presentación de fotografías) de un entorno de rehabilitación de calidad según lo diseñado basándose en el “Health Building Note” de Reino Unido, puede ser provechoso para futuras ejecuciones en el diseño de estos entornos.

1.1 Investigaciones Previas

El sol, como fenómeno natural es fuente primaria de energía que dota de grandes virtudes al funcionamiento fisiológico del individuo (Castilla 2015). Es por eso que diversos estudios han tratado de dar respuesta a los impactos en la especialidad que tiene la Iluminación Natural.

Ejemplo de ello exponen Yang et al. (2021) investigaron la percepción de adultos mayores en Beijing respecto a la iluminación natural. La mayoría valoró la luz natural, prefiriendo estaciones como primavera y otoño por su balance térmico y lumínico. Asimismo, manifestaron incomodidad con la luz solar directa, sugiriendo la necesidad de ajustes arquitectónicos para garantizar el confort.

Choi et al. (2012) y Walch et al. (2005) estudiaron cómo la orientación de las habitaciones y la intensidad de luz influyen en la duración de las estancias hospitalarias. Habitaciones orientadas al sureste, con mayor exposición solar, redujeron la estancia de los pacientes hasta en un 41 % y disminuyeron el uso de analgésicos.

Rahman (2011) propuso el concepto de “ventanas celestiales”, destacando su efectividad para maximizar la entrada de luz natural en habitaciones hospitalarias. Recomendó diseños que favorezcan la proximidad de camas a ventanas, minimicen el deslumbramiento y optimicen la distribución de luz. Además, subrayó la importancia de integrar sombras ajustables y materiales exteriores no reflectantes para evitar molestias.

Incluso, es tal la importancia que ha generado dicha preocupación que Taques et al. (2022) exploraron el impacto de la luz natural simulada en pobladores de Oslo, Noruega, donde las condiciones de luz solar son limitadas. Los resultados señalaron que la simulación adecuada de este recurso contribuye al bienestar y estado de ánimo de los usuarios, al tiempo que puede mitigar enfermedades como osteoporosis y desórdenes cardiovasculares.

Dicho esto, el presente trabajo se presenta con la finalidad de ampliar la literatura existente, tomando parámetros y lineamientos que estos estudios proporcionan como guía investigativa para evidenciar así los objetivos desglosados a continuación.

1.2 Planteamiento del Problema

La iluminación natural (IN) ha demostrado tener un impacto significativo en diversos entornos hospitalarios, como hospitales generales (Dalke et al., 2006), hogares para adultos mayores (Yang et al., 2021) y centros pediátricos (Higuera-Trujillo et al., 2019). Sin embargo, existe una limitada comprensión sobre cómo este factor influye específicamente en los centros de rehabilitación, donde las condiciones de salud mental y física están estrechamente vinculadas y requieren entornos que favorezcan el bienestar integral de los pacientes.

La creciente incidencia de trastornos mentales en todo el mundo, como lo reporta la Organización Mundial de la Salud (OMS), resalta la urgencia de optimizar espacios terapéuticos que contribuyan a mitigar el estrés, mejorar el estado de ánimo y fomentar la recuperación. La luz natural no solo regula los ritmos circadianos y promueve la producción de serotonina y melatonina, fundamentales para el bienestar psicológico, sino que también reduce los niveles de ansiedad y depresión, factores comunes en los usuarios de centros de rehabilitación.

Es por ello que evaluar el impacto de la IN en estos espacios adquiere una relevancia crítica. Si bien otros estudios han abordado su influencia en diferentes entornos hospitalarios, los centros de rehabilitación presentan características particulares que ameritan una atención específica, incluyendo la necesidad de entornos que promuevan la calma, la concentración y la esperanza durante procesos de recuperación a menudo prolongados.

Por tanto, este estudio busca aportar en la literatura existente hasta el momento analizando cómo la iluminación natural afecta la salud mental y el bienestar general de los pacientes en centros de rehabilitación, sentando las bases para intervenciones arquitectónicas más efectivas que respondan a las necesidades psicológicas y fisiológicas de los usuarios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Principal

Esta investigación se propone a validar el impacto directo que tienen los espacios construidos contemplando la iluminación natural en el bienestar de usuarios con necesidades de rehabilitación mental.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a. Revisar la literatura previa sobre la iluminación natural, su comportamiento y efectos en la salud de usuarios de centros de salud.
- b. Analizar la influencia de espacios arquitectónicos construidos que tengan como premisa la hospitalidad mediante la iluminación natural.
- c. Identificar los factores críticos que deben ser contemplados en el proceso de diseño de espacios orientados a rehabilitación y el bienestar mental.
- d. Diseño e implementación de estudio piloto que dé apertura a una futura implementación continua del estudio.
- e. Proponer estrategias efectivas para implementar un diseño arquitectónico enfocado en promover espacios que favorezcan la salud mental y el bienestar.

1.4 Preguntas de Investigación

- a. ¿Qué efectos tiene la iluminación natural en la salud física y mental de los usuarios en centros de salud, según la literatura existente?
- b. ¿De qué manera los espacios arquitectónicos diseñados con énfasis en la hospitalidad mediante iluminación natural influyen en la experiencia de los usuarios?
- c. ¿Qué factores críticos deben considerarse en el diseño arquitectónico de espacios destinados a la rehabilitación y el bienestar mental?

d. *¿Qué metodología sería adecuada para diseñar y ejecutar un estudio piloto que evalúe la implementación del recurso IN en espacios arquitectónicos enfocados a la salud mental y el bienestar?*

e. *¿Cuáles son las estrategias más efectivas para incorporar principios de diseño arquitectónico que prioricen la salud mental y el bienestar en entornos construidos?*

1.5 Alcances

Para esta entrega, se propone una revisión de literatura, abarcando desde tesis doctorales, libros y artículos de investigación científica sobre la iluminación natural, iluminación artificial, hospitalidad, centros de salud, biofilia y neuroarquitectura, en plataformas institucionales y base de datos en línea.

Esta primera parte supone base para el diseño de un experimento piloto en el que se estudia la valoración de la iluminación natural en un espacio controlado a través de la creación de imágenes cuyas variables son cuatro formas distintas en la que, a través de huecos, se permite la entrada de iluminación natural acompañado de un cuestionario para evaluar los distintos estímulos que generan estas propuestas.

1.6 Limitaciones

Este trabajo de fin de máster presenta una serie de limitaciones que han influido en el alcance y la profundidad del análisis. La investigación se ha desarrollado bajo restricciones de tiempo, recursos limitados y ciertos imprevistos externos, que se conjugan para delimitar y generar expectativas aterrizadas sobre los alcances de la investigación.

Limitaciones de tiempo: El tiempo disponible para la realización de la investigación ha sido relativamente corto, dado el calendario académico y los plazos de entrega establecidos. Esto ha influido en la capacidad de realizar un análisis exhaustivo y en profundidad en ciertas áreas, limitando el alcance de algunos de los estudios experimentales y los procesos de revisión bibliográfica.

Recursos limitados: La falta de acceso a recursos tecnológicos y financieros ha sido otra limitación relevante. La investigación hubiera podido beneficiarse de instrumentos más avanzados como experimentaciones con herramientas de realidad virtual, equipos de medición fisiológicos para la recopilación de datos y herramientas de software que permitieran realizar análisis estadísticos más detallados.

Factores externos: La dificultad para el acceso a ciertos espacios y centros de investigación debido a

algunos procesos ejecutivos generó una búsqueda alternativa para la producción de la experimentación. Las condiciones climáticas adversas no solo afectaron la movilidad y logística, sino que también redujeron la muestra de participantes y limitaron la ejecución de algunos experimentos en entornos específicos, lo que podría afectar la representatividad de los resultados.

Acceso limitado a participantes: Debido a las restricciones de tiempo y recursos, la muestra de participantes fue más reducida de lo deseado, lo ideal habría sido que los usuarios estudiados tengan algún tipo de experiencias en centros de rehabilitación, lo que limita la generalización de los hallazgos y reduce la confiabilidad de los resultados obtenidos en cuanto a su aplicación en contextos más amplios.

Estas limitaciones han sido tomadas en cuenta en la interpretación de los resultados, y se sugiere que estudios futuros puedan superar estas restricciones, ofreciendo una aproximación más detallada y ampliada sobre el tema abordado.

1.7 Metodología de la Investigación

Para llevar a cabo esta investigación de final de máster, se adoptó un enfoque metodológico que integró una revisión y selección de literatura donde el tema principal EBD estuviese enfocado a los efectos de la iluminación en los espacios, un análisis comparativo de estudios seleccionados y un experimento piloto. Esta combinación de métodos permitió una comprensión profunda y la generación de datos empíricos interesantes.

Revisión de Literatura

La primera fase del trabajo se centró en una revisión sistemática de literatura utilizando plataformas académicas reconocidas, incluidas Scopus, Taylor and Francis, Riunet UPV, MDPI y Science Direct. Se seleccionaron estudios clave relacionados con la influencia del diseño del entorno físico en la recuperación emocional y psicológica de los usuarios de centros de rehabilitación. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión basados en la relevancia temática, la actualidad de las publicaciones (últimos 15 años) y la calidad metodológica de los estudios.

Comparativa de Estudios Seleccionados

A partir de los estudios obtenidos, se realizaron comparativas para identificar patrones, tendencias y brechas en el conocimiento existente, donde, a través de ello, estas comparativas ayudaron a contextualizar los hallazgos previos y a establecer las bases conceptuales para el diseño del experimento

piloto. Los análisis incluyeron aspectos como:

Variables estudiadas: Iluminación natural, privacidad, confort y percepción de seguridad.

Metodologías empleadas: Estudios observacionales, encuestas y simulaciones virtuales.

Resultados: Impacto en el bienestar emocional y la satisfacción de los usuarios.

Experimento Piloto

La etapa final consistió en un experimento piloto llevado a cabo con una muestra de 10 participantes. Este experimento buscó evaluar la percepción y el confort de los usuarios en habitaciones simuladas de un centro de rehabilitación. Para ello, la autora generó imágenes que representaban distintos escenarios arquitectónicos, manipulando variables como:

- Iluminación natural (intensidad y distribución).
- Diseño del mobiliario.
- Uso de colores neutros y acabados minimalistas.

Los participantes observaron las imágenes y respondieron a un cuestionario diseñado específicamente para medir su percepción de confort, seguridad, privacidad y satisfacción general. Los datos recopilados proporcionaron información preliminar que puede guiar investigaciones futuras y validar hipótesis planteadas en este estudio.

Esta metodología permitió no sólo la exploración teórica, sino también la obtención de datos empíricos iniciales que se presentan, como base a correcciones experimentales y a futura expansión de la investigación.

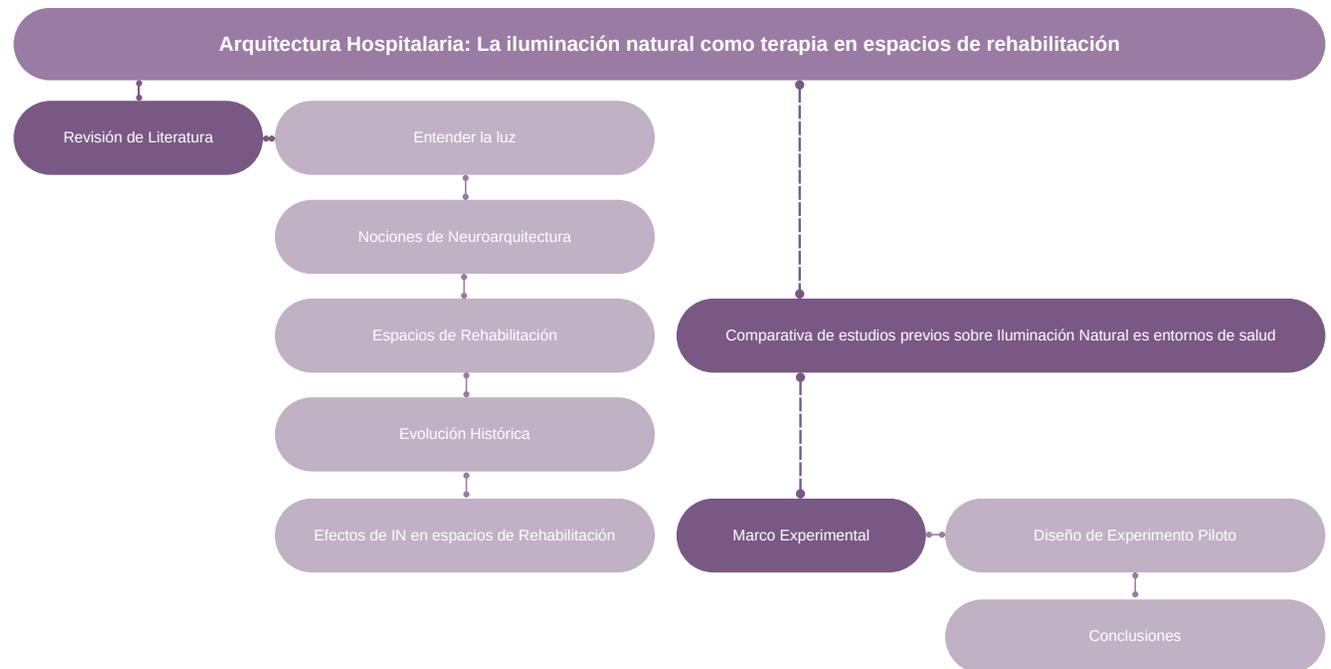


Figura 1. Esquema representativo de la metodología implementada en este trabajo.

Marco Teórico. Estado de la Cuestión

CAPÍTULO 2.1

Entender la Luz, Fenómeno e impacto

2.1.1 Iluminación Natural, concepto, comportamiento y estructura

La luz natural es la fuente de energía primaria necesaria para cualquier proceso de vida, desde procesos primarios básicos para el desarrollo de la vida en su forma más básica (Hathaway, 1982), hasta la concepción de edificaciones con premisas de pertinencia en la incidencia de luz natural.

En los inicios del entorno construido, el sol no se entendía sólo como una fuente de energía física, sino como un elemento sagrado que jugaba un papel fundamental en la vida política, religiosa y cultural del Imperio Persa. En aquel entonces la luz solar también tenía implicaciones prácticas y simbólicas en la arquitectura del Imperio Persa, especialmente en los palacios y templos.

Las estructuras de la ciudad de Persépolis, por ejemplo, estaban orientadas de tal manera que la luz solar, al amanecer y al atardecer, iluminaba ciertos espacios ceremoniales, creando un efecto que resaltaba la relación entre la realeza persa y lo divino (Boucharlat, 2014). Esta orientación solar subraya la conexión del rey persa con Ahura Mazda y reforzaba la legitimidad divina de su gobierno.

Durante la Edad Media, la percepción de la luz solar estuvo fuertemente influenciada por las creencias religiosas, filosóficas y estéticas del cristianismo y la tradición grecorromana, que habían sido reinterpretadas a lo largo de los siglos. San Agustín de Hipona (354-430), uno de los teólogos más influyentes de la época, escribió sobre la importancia de la luz en su obra *De Civitate Dei* (La Ciudad de Dios), donde la luz física era un símbolo de la verdad divina y el conocimiento de Dios. Según el escrito, está representaba la pureza, la verdad y la perfección, y era una manifestación visible de la bondad y omnipresencia de Dios en el mundo (O'Daly, 1999).

En la arquitectura religiosa medieval, específicamente en las catedrales góticas, la iluminación natural tenía gran presencia. A partir del siglo XII, se promovió el uso de grandes vitrales que permitían su entrada, filtrada al interior de las catedrales, que, no solo tenían una función estética, sino que también cargaban un profundo significado teológico: la luz que atravesaba las coloridas ventanas simbolizan la iluminación divina que penetra en el mundo terrenal, transformando lo material en lo espiritual (Panofsky, 1946).

La Catedral de Chartres, construida entre los siglos XII y XIII, es uno de los ejemplos más destacados de este simbolismo, donde la luz solar que pasa a través de sus vitrales transforma el espacio en un lugar sagrado. Además de su simbolismo religioso, las connotaciones filosóficas y científicas fueron estudiadas y promovidas en dicho contexto. El filósofo medieval Roberto Grosseteste (1168-1253), en su obra *De Luce* (Sobre la luz), sostenía que la luz era el primer principio de la creación y que todas las formas físicas derivan de la expansión de la luz. Para Grosseteste, la luz era tanto un

fenómeno físico como una metáfora para entender la creación del universo (Lindberg, 1976).

Paralelamente, en la vida cotidiana, la luz solar también tenía implicaciones prácticas. La mayoría de las actividades productivas de la Edad Media, como la agricultura y la construcción, estaban dictadas por los ciclos del sol. La luz solar regulaba los ritmos del trabajo, la oración y el descanso, reflejando la íntima conexión entre el hombre medieval y la naturaleza.

Más adelante en la historia, exactamente durante la segunda guerra mundial, se utilizó la helioterapia como método curativo contra la tuberculosis, siendo propuesto por el Dr. Auguste Rollier (1874-1954), quién comenzó a usar la luz solar en sus pacientes en una clínica en Leysin, Suiza, en 1903. Rollier fue pionero en una forma de tratamiento que era un desarrollo de los métodos al aire libre, en los que se combinaba un bronceado muy lento en condiciones frescas con descanso (dichas sesiones podrían variar en rangos de 10 a 15 minutos o de una a tres horas, dependiendo de la resistencia que tuviera el paciente), aire fresco, alimentación y ejercicio, con el objetivo de fortalecer a sus pacientes y mejorar su resistencia a la enfermedad. (Hobday, 1997).

En la actualidad múltiples definiciones de la luz trascienden transversalmente entre disciplinas, para tener un amplio espectro sobre su entendimiento, se puede entender a través de la arquitectura y el diseño:

“La luz solar es uno de los factores primordiales en el diseño arquitectónico, no solo por sus efectos funcionales, como la iluminación y el control térmico, sino también por su capacidad para influir en la percepción del espacio y el bienestar de los ocupantes, ya que se asocia con sensaciones de confort y vitalidad.” (Lechner, 2014).

Para la ecología:

“La luz solar es el recurso energético más importante para los ecosistemas de la Tierra, actuando como la fuente primaria de energía en la mayoría de las cadenas tróficas a través de su conversión en energía química mediante la fotosíntesis en organismos autótrofos, principalmente plantas y algas.” (Odum, 1997)

La definición de la medicina al respecto es que,

“La luz solar, en particular los rayos ultravioletas (UV), juega un papel crucial en la síntesis de vitamina D en la piel humana, lo que es esencial para la salud ósea y el sistema inmunológico. Sin embargo, la exposición excesiva puede llevar a efectos nocivos, como el envejecimiento prematuro de la piel y el cáncer de piel.” (Holick, 2004)

Sin embargo, para la física atmosférica:

“La luz solar es la radiación electromagnética emitida por el sol, abarcando un rango de longitudes de onda que incluyen la luz visible, el ultravioleta y el infrarrojo. Esta radiación es esencial para los procesos de calentamiento terrestre y para la fotosíntesis, ya que proporciona la energía necesaria para los ecosistemas terrestres.” (Liou, 2002)

Dentro de dichas longitudes se adopta el término de “luz visible”, que no es más que la porción del espectro electromagnético que puede ser percibida por el ojo humano. Este se encuentra en un rango de longitudes de onda que va aproximadamente desde los 380 nanómetros (nm) en el extremo del violeta hasta los 700 nanómetros (nm) en el extremo del rojo. Dentro de este espectro, la luz se descompone en distintos colores que van desde el violeta, azul, verde, amarillo, hasta el rojo, cada uno correspondiente a una longitud de onda específica.

Lo que significa que la luz visible, de acuerdo a Serway & Jewett (2013) tiene la propiedad de interactuar con la materia de diversas maneras, como la reflexión, refracción y absorción, lo que permite su percepción y uso en diversas aplicaciones tecnológicas y naturales.

“La reflexión ocurre cuando una onda de luz incide sobre la superficie de un material y regresa al medio desde el que proviene. La ley de la reflexión establece que el ángulo de incidencia (el ángulo formado entre el rayo incidente y la normal a la superficie) es igual al ángulo de reflexión (el ángulo entre el rayo reflejado y la normal). Esta propiedad es fundamental en fenómenos como la formación de imágenes en espejos y superficies brillantes.

La refracción se produce cuando la luz pasa de un medio a otro en el que su velocidad es diferente, provocando un cambio en la dirección de la onda. La ley de Snell describe la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción, dependiendo de los índices de refracción de los dos medios. Este fenómeno explica por qué los objetos parecen doblarse cuando se observan a través del agua o un cristal.

La absorción de la luz se refiere al proceso mediante el cual la energía de la onda luminosa es capturada por las moléculas del material a través del cual se propaga, transformándose en otras formas de energía, como el calor. En un material absorbente, la luz que no es reflejada o transmitida es absorbida, lo que explica por qué algunos objetos parecen opacos o cambian de temperatura al ser iluminados.”

2.1.2 Concepto de Irradiación

La irradiación solar se entiende como la cantidad de energía solar que incide sobre una superficie específica en un período determinado, normalmente expresada en vatios por metro cuadrado (W/m^2). Esta energía es emitida por el sol y llega a la superficie de la Tierra en forma de radiación electromagnética. (Beckman W, 2013)

Esta varía según factores como la latitud, la estación del año, el clima y el ángulo de inclinación de la superficie que recibe la radiación tipos principales de irradiación en la evaluación solar (Liou K, 2002):

Irradiación directa: Es la radiación solar que llega de manera directa desde el sol, sin haber sido dispersada o reflejada en la atmósfera.

Irradiación difusa: Es la radiación que se dispersa en la atmósfera debido a partículas y gases antes de llegar a la superficie terrestre, reduciendo su intensidad.

La importancia de la IR influye principalmente en campos como la arquitectura bioclimática, la ingeniería de energía renovable y la climatología, ya que afecta la eficiencia de los sistemas de captación solar, el confort térmico en los edificios y el diseño de estructuras sostenibles. (Goswami D; Kreith F; Kreider J, 2000).

2.1.3 Concepto de Insolación

La insolación describe la cantidad de radiación solar directa que incide sobre una superficie terrestre específica durante un período determinado, generalmente expresada en horas de luz solar recibidas por día o año. En climatología, representa el tiempo durante el cual una superficie recibe luz solar directa sin obstrucciones atmosféricas, como nubes o niebla. La insolación tiene un impacto significativo en las condiciones climáticas de una región, afectando la temperatura y siendo una importante premisa para el diseño arquitectónico, buscando la optimización de la captación de luz solar. (Szokolay, 2004).

A diferencia de la irradiación, que se mide en términos de energía (W/m^2), la insolación se mide en tiempo y se utiliza para evaluar el potencial solar en un área, lo que resulta fundamental para el diseño de sistemas solares, la arquitectura bioclimática y el urbanismo sostenible (Dufie & Beckman, 2013).

La insolación depende de variables como la latitud geográfica, la época del año y la orientación de la superficie. En aplicaciones arquitectónicas y de planificación urbana, la insolación es fundamental

para determinar la orientación óptima de edificios y ventanas, maximizando el uso de la luz solar para mejorar el confort térmico y la eficiencia energética en edificios (Kalogirou, 2023; Goswami, Kreith, & Kreider, 2022).

2.1.4 Importancia del estudio de la incidencia de luz natural en arquitectura

Uno de los parámetros imprescindibles en el diseño arquitectónico es el comportamiento o movimiento solar en el territorio. El análisis de este fenómeno repercute en cinco variables, que son:

- Variable 1: Eficiencia Energética y sostenibilidad

El uso adecuado de la luz natural según Lechner (2014), puede reducir significativamente el consumo de energía en edificios, disminuyendo la necesidad de iluminación artificial durante el día. Además de aplicarse para determinar la orientación óptima de la edificación, el comportamiento de las fachadas según su orientación, para generar medios pasivos de captación, o en su defecto, protección solar, para determinar las dimensiones de huecos, entre otros.

- Variable 2: Confort y bienestar de los ocupantes

En palabras de Edwards (2002), está demostrado que la luz natural tiene efectos psicológicos y fisiológicos importantes en las personas. Los espacios con luz natural mejoran el estado de ánimo, la productividad y regulan los ciclos circadianos, mejorando la calidad del sueño y el bienestar en general.

En otro aspecto, el Dr. Ott afirma que el cuerpo utiliza la luz como un nutriente para los procesos metabólicos, de manera similar al agua o los alimentos. La luz natural estimula funciones biológicas esenciales en el cerebro y se divide en colores que son vitales para nuestra salud. En un día nublado o bajo malas condiciones de iluminación, la incapacidad de percibir los colores de la luz puede afectar nuestro estado de ánimo y nivel de energía.

El Dr. Liberman (1994) también mencionó que la luz juega un papel en el mantenimiento de la salud:

“Cuando hablamos de salud, equilibrio y regulación fisiológica, nos referimos a la función de los principales guardianes de la salud del cuerpo; el sistema nervioso y el sistema endocrino. Estos principales centros de control del cuerpo son directamente estimulados y regulados por la luz, en una medida mucho mayor de lo que la ciencia moderna... ha estado dispuesta a aceptar.”

- *Variable 3: Calidad estética y Percepción del Espacio*

La incidencia de la luz natural en el entorno construido es un componente importante, ya que puede modificar la percepción del espacio, crear atmósferas específicas y destacar texturas, formas y colores. La manipulación de la luz natural, mediante aberturas como ventanas, tragaluces y patios, permite al arquitecto diseñar espacios que cambian a lo largo del día, generando una conexión más directa con el entorno natural y una cercanía a la sensación de estar fuera en un entorno artificial controlado. Pallasma (2012) expresa que la arquitectura:

“La arquitectura es el principal instrumento para relacionarnos con el espacio y el tiempo, dando a estas magnitudes, dimensiones, medida y significado humano. Domestica el espacio ilimitado e informe y el tiempo infinito para que sean experimentados, habitados y comprendidos por la humanidad. La arquitectura convierte el espacio físico sin nombre y sin sentido en lugares experienciales y habitables.

No vivimos en un espacio abstracto; existimos en lugares que pueden nombrarse y en situaciones relacionadas. Nos convertimos en parte del lugar y éste se convierte en parte de nosotros, mientras que el espacio está condenado a permanecer como una abstracción conceptual. Como consecuencia de esta interdependencia entre lugar, espacio y tiempo, la dialéctica entre el espacio externo e interno, lo físico y lo espiritual, lo material y lo mental, y las interacciones inconscientes, tienen un impacto esencial en la naturaleza del arte y el usuario. La arquitectura es, fundamentalmente, un arte de la relación.”

Con este texto podemos inferir entonces, que la calidad espacial es directamente proporcional a la percepción y habitabilidad del espacio en cuestión.

- *Variable 4: Salubridad de los espacios*

Históricamente, la luz solar ha sido reconocida por sus propiedades desinfectantes. La luz ultravioleta natural ayuda a eliminar bacterias y otros microorganismos patógenos, contribuyendo a la salubridad de los espacios interiores. Por ello, la adecuada iluminación natural es especialmente importante en entornos sanitarios, educativos y residenciales, donde la higiene y la salud son prioritarias. (Boyce, 2003).

Un ejemplo de esto es el hospital Les Frenes, que en palabras de Hobday (1997), se describe como:

“Les Frênes fue la primera gran clínica construida en Europa con el propósito específico de terapia de luz solar. Su construcción se efectuó en 1911 y consistía en un bloque central orientado al sur y dos grandes alas. El ala izquierda estaba orientada al sureste y sus pisos superiores contaban con grandes terrazas descubiertas que se utilizaban para tratamientos solares durante todo el año.

En esta sección del edificio se realizaban los tratamientos de las primeras horas de la mañana en los meses de verano, tan favorecidos por Rollier. Las terrazas ofrecían poca protección contra el viento y el sol del verano, por lo que eran usadas por pacientes que ya estaban acostumbrados al tratamiento solar o que no padecían de manera grave la tuberculosis. Este ala también albergaba consultorios, departamentos de radiografía, salas de ortopedia y fototerapia, un laboratorio bacteriológico, cocinas y oficinas. En el primer piso había un gran salón donde los pacientes podían asistir a películas y otras formas de entretenimiento. La sección central de la clínica contenía alojamiento para invitados que no eran pacientes y una zona de recepción. En el cuarto piso había una sala para vendajes quirúrgicos y un quirófano.

El ala derecha de Les Frênes estaba orientada al suroeste. Cuatro de sus cinco pisos estaban ocupados por pacientes. Había ocho dormitorios en cada uno de los tres pisos superiores, y estos estaban reservados para adultos. Cada habitación tenía un balcón privado cubierto. Las particiones entre los balcones podían retirarse, de modo que, como en el caso del primer piso, que estaba reservado para niños, se podía crear un gran espacio de recreo o enseñanza. La cantidad de luz solar que recibían estas habitaciones era limitada debido a su orientación. Sin embargo, estaban más resguardadas que las terrazas del ala izquierda y eran más adecuadas para el tratamiento en invierno.

Para compensar la falta de sol en estos balcones cubiertos durante los meses de verano, los pacientes postrados en cama podían ser llevados en ascensor a un solárium que cubría todo el techo de la clínica. El solárium incluía una galería cubierta para proporcionar sombra, y una disposición de cortinas que ofrecía cierto grado de privacidad. El solárium también se utilizaba como área de juegos y para pacientes que hacían sus primeros intentos de caminar y necesitaban una superficie completamente plana. Los techos con solárium de este tipo eran una característica de todas las clínicas de Rollier.”



Figura 2. Hospital Les Frenes, Clinique du Dr Rollier. Hobday (1997)

- Variable 5: Relación con el entorno y la naturaleza

El uso de la luz natural también favorece la conexión entre el interior y el exterior de un edificio, integrando la naturaleza con los espacios habitables. La luz natural, junto con vistas hacia el exterior, promueve una sensación de amplitud y conexión con el entorno, fomentando la biofilia (la tendencia innata de las personas a conectarse con la naturaleza), lo cual ha demostrado ser beneficioso para la salud y el bienestar. (Edward O. Wilson 1984).

Es cierto que las aperturas generadas en las edificaciones, aparte de dar paso a la luz natural,

parte importante es la vista a través de. No es comparable la satisfacción que produce la vista hacia el exterior de un entorno natural o artificial con intenciones de incluir la naturaleza como diseño a una vista exterior degradada por un ambiente hostil y duro. (Zhang et al., 2024)

Esta práctica se muestra como la necesidad de traer la naturaleza al entorno construido, tratando de satisfacer la demanda de espacios oasis en una “selva de concreto” y que haga frente a la densificación de las ciudades proveyendo de espacios de esparcimiento con dichas características.

En su libro, *Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life*, Kellert expresa algunos beneficios que esto trae:

- Se ha encontrado que el contacto con la naturaleza mejora la curación y la recuperación de enfermedades y procedimientos quirúrgicos importantes, tanto mediante el contacto directo (por ejemplo, luz natural, vegetación) como a través de representaciones y simbolismos de la naturaleza (por ejemplo, imágenes).
- Las personas que viven cerca de espacios abiertos informan tener menos problemas de salud y sociales, independientemente de sus ingresos. Incluso la presencia de cantidades limitadas de vegetación, como césped y algunos árboles, se ha correlacionado con un mejor afrontamiento y comportamiento adaptativo.
- Los entornos de oficina con luz natural, ventilación natural y otras características ambientales resultan en un mejor rendimiento laboral, menor estrés y mayor motivación.
- El contacto con la naturaleza se ha relacionado con un mejor funcionamiento cognitivo en tareas que requieren concentración y memoria.
- El desarrollo y maduración saludables en la infancia se han correlacionado con características y entornos naturales.
- El cerebro humano responde funcionalmente a los patrones sensoriales y señales que emanan del entorno natural.
- Las comunidades con entornos de mayor calidad revelan valoraciones más positivas de la naturaleza, una mejor calidad de vida, una mayor sociabilidad entre vecinos y un sentido de pertenencia más fuerte que las comunidades con menor calidad ambiental. Estos hallazgos también se dan tanto en barrios urbanos pobres como en los más acomodados y suburbanos.

Estas consideraciones se han recuperado en los últimos años, luego de un aparente olvido en la historia de la arquitectura, donde la época moderna se manifiesta una corriente universal que, como catalogan Arciniega & Tapia (2023), pueden carecer de apropiación contextual, generando así, consumo energético deficiente, costos elevados de funcionamiento, mantenimiento y desapropiación comunitaria.

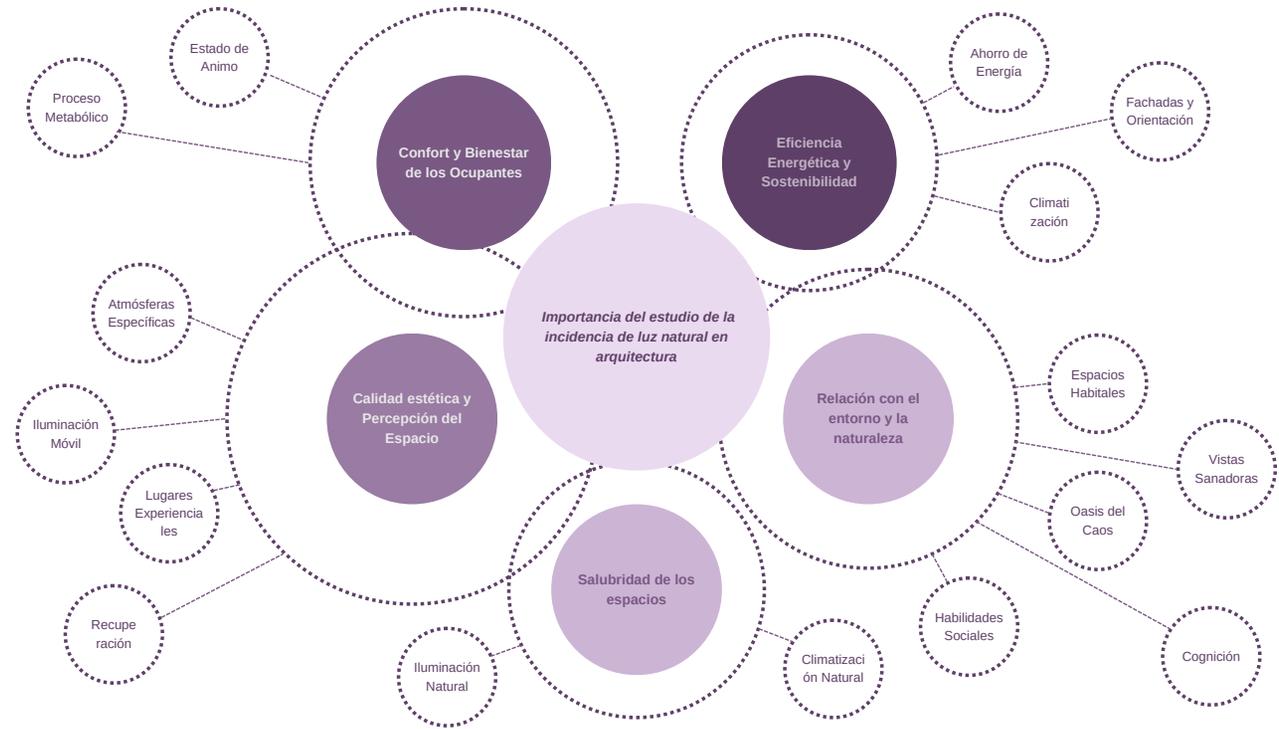


Figura 3. Importancia del estudio de la incidencia de luz Natural en Arquitectura

2.1.5 Influencia de la iluminación natural en los seres humanos

Múltiples estudios se han realizado, manifestando o indagando sobre la necesidad que tienen los seres humanos a la exposición de la iluminación natural. Ejemplo de esto es un caso de estudio, llevado a cabo en la Universitat Politècnica de Catalunya por Taques et al. (2022) tratando de demostrar la influencia de la luz natural simulada en el estado de ánimo y el bienestar de los usuarios tomando como caso de estudio a los pobladores en Oslo, Noruega. Tomando como premisa la baja exposición de iluminación que reciben anualmente y cómo, se puede generar una versión artificial que tenga las

propiedades necesarias para simular dicho escaso recurso.

Esto es una muestra de la importancia que tiene a nivel visual, biológico, fisiológico y psicológico (Castilla, 2015). Que a estos distintos niveles se refleja su importancia, relevancia e incluso desarrollo óptimo de dichos campos.

A nivel visual, la iluminación puede reducir la fatiga visual que a menudo es causada por largos periodos de exposición a iluminación artificial, especialmente en entornos donde se pueden pasar largas jornadas en el mismo espacio, como, espacios de trabajo, de estudio y de rehabilitación. La luz natural proporciona una iluminación más equilibrada y estable para los ojos, lo que contribuye a una mejor salud ocular (Juslen & Tenner, 2005).

A este nivel se le agrega la importancia fundamental de las células fotorreceptoras de la retina, encargadas de convertir la luz en señales eléctricas que el cerebro interpreta como imágenes visuales y son fundamentales para el proceso de la visión, ya que actúan como intermediarias entre la luz que entra en el ojo y las señales nerviosas que llegan al cerebro a través del nervio óptico. (Zhao & Peng, 2021)

Para Purves et al. (2013) tanto los bastones como los conos funcionan mediante un proceso denominado transducción visual, en el cual las moléculas de pigmento presentes en las fotorreceptoras absorben fotones de luz y provocan un cambio en la estructura molecular de las proteínas como la rodopsina (en los bastones) y los opsinas (en los conos). Este cambio activa una cadena de reacciones químicas que finalmente generan impulsos eléctricos que son transmitidos por las células ganglionares de la retina al cerebro, donde son interpretados como imágenes.

A nivel biológico, si bien es conocido que la luz natural juega un papel esencial en la salud física, un estudio de Wortsman et al. (2000) destaca que la exposición a la luz solar es una fuente primaria de vitamina D, que es crucial para la salud ósea y la función inmunológica. La deficiencia de este componente en el organismo se ha relacionado con una mayor incidencia de enfermedades autoinmunes, osteoporosis y enfermedades cardiovasculares.

De acuerdo con Hedges (1980), la luz natural provoca otros eventos bioquímicos significativos en nuestro organismo que incluyen el control endocrino, la sincronización de nuestros relojes biológicos, la activación de los ritmos circadianos, la capacidad de respuesta del sistema inmunológico, el desarrollo y crecimiento biológico de los procesos humanos, la regulación del estrés y la fatiga, la gestión de infecciones virales y la mitigación de los desórdenes funcionales del sistema nervioso.

A nivel fisiológico, la exposición a la iluminación natural afecta directamente a estados físicos y psicológicos canalizados a través del sistema circadiano, endocrino y visual. En palabras de Czeisler y Gooley (2007), el efecto más destacado de la luz natural en los humanos es su capacidad para regular el ritmo circadiano, un ciclo biológico de aproximadamente 24 horas que controla funciones como el sueño, la producción hormonal y el metabolismo.

La luz natural, especialmente la luz de espectro azul emitida por el sol, es el principal sincronizador externo de este reloj biológico interno (Chamilothori K, Wienold J & Andersen M, 2018). La melatonina, una hormona que regula el sueño, es particularmente sensible a los cambios en la iluminación. La exposición a la luz natural durante el día suprime la producción de melatonina, lo que promueve la alerta y la vigilia, mientras que la disminución de la luz al anochecer aumenta su producción, facilitando el sueño. Un desequilibrio en la exposición a la luz natural puede alterar los ritmos circadianos, lo que puede llevar a trastornos del sueño, fatiga crónica, problemas de concentración y un mayor riesgo de desarrollar enfermedades metabólicas y cardiovasculares (Wright et al., 2013).

Además, los efectos a nivel psicológico impactan directamente en el estado de ánimo y la salud mental. La exposición insuficiente a la luz solar está relacionada con el desarrollo de trastornos afectivos estacionales (TAE), una forma de depresión que ocurre con mayor frecuencia durante los meses de invierno, cuando hay menos horas de luz diurna. La luz natural aumenta la producción de serotonina, un neurotransmisor que juega un papel clave en la regulación del estado de ánimo, el apetito y el sueño. Niveles bajos de serotonina se asocian con depresión y otros trastornos del estado de ánimo (Lambert et al., 2002).

La terapia de luz, que imita los efectos de la luz solar, se ha utilizado con éxito para tratar el TAE y otros trastornos relacionados con la depresión, subrayando la importancia de la exposición a la luz natural para la salud mental (Golden et al., 2005).

En su tesis, Rahman, A (2011), expone los efectos mencionados a lo largo de su investigación y son condensados en la siguiente tabla:

Efectos Positivos Directos	Efectos Positivos Indirectos	Efectos Negativos a la Exposición Extrema
<p>Influye en el metabolismo de la vitamina D</p> <p>Aporta a enfermedades relacionadas con los huesos y el esqueleto</p> <p>Aporta a enfermedades relacionadas con la sangre y el cáncer</p> <p>Reduce la duración de la estancia hospitalaria (LoS) de pacientes con infarto de miocardio</p>	<p>En la retina, genera actividad de melatonina y serotonina</p> <p>Regulación de los ciclos circadianos</p> <p>Trata el trastorno afectivo estacional (SAD)</p> <p>Reduce la depresión</p> <p>Reduce la agitación</p> <p>Reduce la duración de la estancia hospitalaria (LoS) de pacientes con trastorno bipolar</p> <p>Reducción del dolor físico</p> <p>Reduce el delirio postoperatorio</p>	<p>Supresión Inmunitaria</p> <p>Diversas tipologías de cáncer</p> <p>Daño ocular</p> <p>Insolación</p>

Tabla 1. Efectos de la Iluminación Natural en Ambientes de Salud. Rahman (2011)

2.1.6 Problemática actual en los espacios de rehabilitación en torno a la iluminación

Entendiendo el comportamiento, importancia y relevancia de la iluminación natural y los efectos positivos que traen al buen funcionamiento y bienestar del usuario. ¿Por qué se han creado centros que promueven el aislamiento, la espacialidad intrínseca y hermética, generando atmósferas artificiales sin alma y que no promueven serenidad ambiental?

La problemática actual de estos espacios en relación a la iluminación se ha identificado como un factor crítico en la efectividad del tratamiento y el bienestar general de los pacientes. Numerosos estudios académicos y científicos han abordado la influencia de la iluminación, tanto natural como artificial, en la recuperación de los pacientes en entornos de salud. (Ulrich, 2001).

La regulación de los ritmos circadianos, que influyen en el sueño, la vigilia y otras funciones fisiológicas cruciales para la recuperación, son influenciadas por la exposición a la IN. Según un estudio de Van den Beld et al. (2014), la exposición a este fenómeno en espacios de salud mejora significativamente el bienestar psicológico y físico de los pacientes. Sin embargo, muchos centros de rehabilitación presentan diseños arquitectónicos que no permiten un acceso óptimo a la luz natural, lo que limita su efectividad en los procesos de curación.

En contraposición a este argumento, Boyce et al. (2003) señalan que las fluorescentes comunes en hospitales, hablando de iluminación artificial, generan deslumbramiento y fatiga visual, contribuyendo a un ambiente de disconformidad tanto para pacientes, como para el personal de salud, incluso, Edwards y Tortellini (2002) sugieren que la iluminación artificial afecta en el estado de ánimo y en la actitud de mejora de los pacientes.

Otro enfoque en el que deberíamos pensar es la capacidad o la potestad del usuario de manejar o dimear la cantidad de Iluminación que desea recibir, haciendo de esta práctica un hecho democrático que tenga la capacidad de adaptarse a las necesidades particulares de cada individuo mejorando el confort y ampliando la variabilidad de las circunstancias. Stevenson et al. (2009) afirman que los pacientes que pueden controlar la intensidad de la iluminación experimentan mayor sensación de autonomía y menor ansiedad.

Al entender y pensar sobre estas cuestiones, podemos dominar comparativas sobre ventajas y desventajas que puede tener este recurso. A continuación, presentamos una tabla resumen de la problemática.

Ventajas IN	Desventajas IN
<p>Regula los ritmos circadianos.</p> <p>Mejora el estado de ánimo.</p> <p>Reducción de la fatiga visual.</p> <p>Ahorro energético.</p> <p>Estimulación de procesos biológicos.</p>	<p>La sobreexposición puede generar quemaduras en la piel.</p> <p>Control limitado de intensidad lumínica.</p> <p>Dependencia de las condiciones climáticas.</p> <p>Calor excesivo y problemas térmicos.</p> <p>Costo de diseño e implementación.</p>

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de la Iluminación Natural en torno a las problemáticas

Marco Teórico. Estado de la Cuestión

CAPÍTULO 2.2

Nociones de Neurociencia y principales aplicaciones en la Arquitectura

2.2.1 *Introducción a la neurociencia en la arquitectura*

El estudio científico del sistema nervioso, que incluye el cerebro, la médula espinal y el sistema nervioso periférico, así como sus funciones, se conoce como neurociencia. Es, esencialmente, una rama de la neurología, un campo de estudio de la biología que se ocupa de la estructura y función del sistema nervioso. En la actualidad, este campo multidisciplinario está vinculado con la informática, la medicina, la fisiología, la biología, la psicología y otras áreas que ayudan a explicar las características fundamentales y recientemente descubiertas de las neuronas y las redes neuronales. (Assem et al., 2023)

Dado que las neuronas son los bloques biológicos que permiten el desarrollo del aprendizaje, la memoria, el comportamiento, la percepción y la conciencia, generando relaciones sinápticas que aperturan una respuesta ejecutora proporcionada a la información transmitida. Con el tiempo, el estudio de la neurociencia se ha expandido para incluir una variedad de enfoques que investigan la salud y el funcionamiento del sistema nervioso desde diferentes perspectivas expandiéndose también a la arquitectura. (Assem et al., 2023)

En las últimas décadas se ha estado estudiando la interrelación humano-espacial, tratando de entender cómo el entorno construido afecta a diversas escalas. El concepto de neuroplasticidad hace hincapié en esta idea, significando la propiedad cerebral a cambiar mientras aprendemos y que este “cambia” según nuestro entorno. (Ritchie, 2020)

A pesar de que la neurociencia, se sienta como un campo fuera de la zona de confort de los arquitectos, la neuroarquitectura se puede rastrear como una historia de interacción recíproca entre la arquitectura y la ciencia del cerebro, no solo, pero no exclusivamente, a través del pensamiento fenomenológico y la cognición espacial. (Eberhard J, 2008).

Recientemente, ha surgido un apetito por trabajar con neurociencia rigurosa. La neuroarquitectura basada en la evidencia considera cómo los habitantes experimentan la arquitectura para tomar decisiones de diseño, y se posiciona a sí misma para validar la racionalidad del diseño, a menudo enmarcada como directrices de diseño. (Edelstein, E., & Macagno, E. 2012).

Esto surge de la motivación sincera de emplear conocimientos científicos para apoyar la toma de decisiones rigurosas. Para hacer arquitectura sofisticada (y ciencia) los detalles y las complejidades son decisivos, y la confusión inherente sobre respuestas incompletas debe no solo ser soportada, sino también abrazada. (Hamilton D, & Watkins, D, 2008).

La neuroarquitectura basada en la evidencia sugiere que contribuye a la producción “desordenada” de conocimiento, evitando o renunciando al enigma de la intuición como conocimiento incorporado. Dado que las colaboraciones que surgen parecen ser afirmativas y prometedoras, deben verse críticamente. (La corriente que domina el arte interseccional “ARS direccional” de la neurociencia para la arquitectura se enfoca en la evidencia con una intención científicamente a menudo insensible, de recopilar y aplicar el conocimiento a la arquitectura, ignorando los potenciales recíprocos. Esto es común a muchos desarrollos neuroafines en los que la neurociencia (a través de la tecnología) se ve como una vía que proporciona acceso privilegiado al estado humano. (Ritchie, 2020).

Es por esto que a la hora de aplicar estudios o desarrollar experimentos, las variables deben ser cuidadosamente elegidas para, primeramente, obtener resultados lo más veraz posible y segundo, saber interpretar, teniendo en cuenta, que la percepción y el trasfondo de cada usuario es determinante en la tarea.

La tecnología juega un importante papel en incremento o generación de material para este campo. Dependiendo de la respuesta que se desee obtener, se realiza una combinación de estudios neurológicos vs. el entorno construido (a escala real, realidad virtual y/o aumentada). (Chamilothori K, Wienold J & Andersen M, 2018).

A continuación, se presentan algunos conceptos fundamentales de esta disciplina:

Cognición Espacial: Se refiere a cómo el cerebro procesa, almacena y recupera información sobre el espacio y las relaciones espaciales. En neuroarquitectura, esto es fundamental para entender cómo las personas perciben y se mueven dentro de los espacios arquitectónicos, influenciando el diseño de entornos que optimizan la navegación y el bienestar. (Montello D, 1993).

Estimulación Sensorial: En neuroarquitectura se refiere al impacto que los estímulos ambientales, como la luz, el sonido y las texturas, tienen sobre el sistema nervioso humano. Diseñar espacios que optimicen la estimulación sensorial adecuada puede mejorar el estado de ánimo, la productividad y la salud mental. (Dalke H, Littlefair P, & Loe D, 2006).

Neuroplasticidad: Es la capacidad del cerebro para reorganizarse y adaptarse en respuesta a las experiencias y los cambios ambientales. En neuroarquitectura, se exploran diseños que fomenten cambios positivos en el cerebro, como la creación de entornos que estimulen la creatividad, el aprendizaje y la recuperación de traumas. (Dalke H, Littlefair P, & Loe D, 2006).

Carga Cognitiva: Se refiere a la cantidad de esfuerzo mental requerido para procesar la información. En el contexto de la neuroarquitectura, el diseño de espacios puede reducir o aumentar la carga cognitiva, lo que puede afectar la eficiencia, el estrés y la concentración de los usuarios. (Chandler P, & Sweller J. 1991).

Biofilia: El concepto de biofilia, o afinidad innata de los seres humanos por la naturaleza, está ligado al diseño de espacios que incorporan elementos naturales. En neuroarquitectura, se ha demostrado que estos entornos mejoran el bienestar, reducen el estrés y fomentan la creatividad y la concentración. (Edward O. Wilson 1984)

Ambiente Restaurador: Es un espacio diseñado para aliviar el estrés y promover la recuperación mental y física. Según la neuroarquitectura, estos espacios permiten a las personas recuperar su capacidad de atención y reducir la fatiga mental, utilizando características como la luz natural, las vistas a la naturaleza y colores calmantes. (Ulrich, R. S, 1984).

Psiconeuroinmunología: Estudia cómo los estados psicológicos afectan el sistema nervioso y el sistema inmunológico. En neuroarquitectura, se exploran los vínculos entre el diseño del entorno construido y el bienestar físico y mental, demostrando que espacios bien diseñados pueden influir positivamente en la salud. (Assem H, Khodei L, & Fathy F, 2023)

Percepción Sensorial: Es el proceso por el cual los estímulos del entorno son recibidos y procesados por los sentidos. En neuroarquitectura, se analiza cómo los factores de diseño como la iluminación, el color, el sonido y las texturas afectan las sensaciones y emociones de las personas. (Pallasmaa, J. 2024)

Luz Natural y Ritmos Circadianos: Los ritmos circadianos son los ciclos biológicos que siguen un período de 24 horas, regulados por la luz natural. En neuroarquitectura, se estudia cómo la correcta incorporación de la luz natural en el diseño arquitectónico puede sincronizar estos ritmos, mejorando la salud, el sueño y la productividad. (Czeisler y Gooley, 2007)

Memoria Espacial: Es la habilidad de recordar la ubicación de objetos, personas y lugares dentro de un espacio. En el diseño arquitectónico, comprender cómo se desarrollan estos recuerdos puede mejorar la funcionalidad y la familiaridad con el entorno, lo que es crucial en lugares como hospitales y escuelas. (Burgess N, Maguire E & O'Keefe J, 2002)

Intuición en el Diseño: Se refiere a la capacidad del ser humano para tomar decisiones rápidas

y sin esfuerzo consciente en un entorno. En neuroarquitectura, se argumenta que la intuición debe ser valorada como una forma de conocimiento incorporado en el proceso de diseño, aprovechando la conexión entre cerebro y espacio. (Assem H, Khodei L, & Fathy F, 2023).

Diseño Basado en Evidencia: Este concepto se refiere al uso de datos científicos y estudios empíricos para informar decisiones de diseño. En neuroarquitectura, el diseño basado en evidencia busca crear espacios que promuevan el bienestar psicológico y físico, basándose en investigaciones sobre el comportamiento humano y la neurociencia. (Ulrich, 2001; Hamilton & Watkins, 2009).

Neuroestética: es el estudio de cómo el cerebro responde a estímulos estéticos, como formas, colores y patrones. En neuroarquitectura, se investiga cómo los diseños arquitectónicos pueden evocar respuestas emocionales positivas o negativas, basándose en la percepción estética. (Assem H, Khodei L, & Fathy F, 2023).

Confort Ambiental: Es el estado de bienestar percibido en un espacio en función de la temperatura, el sonido, la luz y otros factores físicos. En neuroarquitectura, se analiza cómo estas variables pueden ajustarse para maximizar la satisfacción y la eficiencia de los ocupantes. (Assem H, Khodei L, & Fathy F, 2023).

Entornos Inclusivos: Están diseñados para ser accesibles y agradables para todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas o cognitivas. La neuroarquitectura busca crear espacios que sean comprensivos con las diversas necesidades neurológicas y psicológicas de los usuarios. (Higuera-Trujillo et al. 2019).

Dicho esto, podemos concluir que la neuroarquitectura es un campo multidisciplinar que, a grandes rasgos, combina la neurociencia y la arquitectura para investigar cómo los entornos construidos influyen en el comportamiento humano, las emociones y el bienestar. A través de estudios del impacto de los estímulos físicos en el cerebro, esta disciplina proporciona una comprensión más profunda sobre cómo diseñar espacios que mejoren el bienestar físico, emocional, intelectual, social, financiero, espiritual y ambiental. (Nicolini, 2022).

2.2.2 La Percepción Sensorial y Teorías

La percepción es el proceso mediante el cual los seres humanos interpretan y organizan la información sensorial proveniente del entorno, permitiendo formar una representación consciente de la realidad. A través de nuestros sentidos (vista, oído, tacto, gusto y olfato), captamos estímulos externos que son

procesados por el sistema nervioso para dar lugar a una experiencia consciente del mundo. La percepción no es un proceso pasivo, sino activo, donde el cerebro interpreta y selecciona información basada en experiencias previas, expectativas y contexto.

Es en ese sentido que se toman en cuenta como parte del desarrollo del estado de la cuestión, entender la percepción, ¿A qué se refiere este término? y ¿Por qué es importante para la neurociencia?



Figura 4. Esquema sobre las principales Teorías de la Percepción

En palabras de Gerard O'Daly, en su libro "Augustine's Philosophy of Mind":

“La percepción sensorial es un proceso que ocurre en el tiempo. Este proceso es, al igual que el espacio y el tiempo mismos, infinitamente divisible. Sin embargo, nuestras percepciones también tienen la continuidad duracional de su contexto espacio-temporal. Dividida y analizada en el “antes” y el “después” de un continuo, la percepción revela su dependencia de la memoria. Para escuchar incluso la sílaba más corta, se necesita memoria, ya que el comienzo de la sílaba no coincide temporalmente con su final, y no puede, por lo tanto, percibirse simultáneamente en su totalidad. La concentración mental “intentio” o el movimiento “motus in animo” deben

persistir durante un lapso de tiempo incluso para la percepción más breve. Lo mismo ocurre con la vista: no podemos percibir un cuerpo extendido, incluso el cuerpo extendido más pequeño perceptible, simultáneamente en su totalidad.

Aquí, Agustín parece estar diciendo algo como lo siguiente: la conciencia implícita en cualquier proceso perceptivo está garantizada por la operación instantánea de la memoria. Una serie infinita de impresiones de memoria se almacena en la mente en el transcurso de cualquier percepción. Esta serie no es simplemente necesaria para el recuerdo de tales percepciones en algún momento posterior: es esencial para el mismo proceso de percepción.”

Por lo tanto, aunque veamos por primera vez un objeto que no habíamos visto anteriormente, desde ese momento su imagen es formada, generando un archivo en nuestro cerebro y por medio de la cual podemos recordarlo cuando situaciones futuras se presenten, generando una serie de imágenes que darán forma a una respuesta u opinión basadas en esos archivos.

Otra relación que O’Daly hace es la percepción y el juicio, donde establece que los objetos de la percepción sensorial, en tanto que son percibidos, son discriminados: la concentración involucrada en la percepción (la *intentio sentiendi*). Es una actividad de juicio: así podemos discernir los colores con los ojos, los sonidos con los oídos, los olores con la nariz, los sabores con el gusto, y el calor con el tacto.

En el caso de los colores, por ejemplo, no solo los percibimos con los ojos, sino que los distinguimos, los categorizamos, ya sea que etiquetemos explícitamente los colores como “rojo”, “verde” o “amarillo”.

“Para ilustrar este punto, Agustín recurre a una metáfora de la luz. Él distingue entre la luz corpórea que es vista por los ojos, y otra luz sensitiva (una luz viva) que puede discriminar lo que se refiere al juicio del alma o la mente a través del cuerpo. Esta última luz está “en el alma” aunque emplee medios corporales para percibir: de hecho, es un poder constitutivo (potencia) del alma, el poder de percepción.”

La última relación que plantea este autor es “la percepción, error e imagen: nuestro conocimiento del mundo exterior”. En esta se plantea que cuando percibimos, somos conscientes de “algo” en el mundo exterior o que deriva de él. Nuestro mecanismo sensorial y los objetos perceptibles, cada uno existiendo de manera independiente del otro, entran en algún tipo de contacto.

“El sentido es un “instrumento corporal” mediante el cual el alma encarnada percibe. Existe en el receptor antes de los actos de sensación. ¿Cuál es la naturaleza de este contacto y qué se percibe cuando tenemos sensaciones? Esta es la pregunta central,

y al mismo tiempo la más compleja, en su relato:

En un extremo, puede expresar retóricamente la doctrina del flujo sensible, en que “algo” está en constante movimiento y cuya falta de estabilidad lo convierte, en una lógica estricta, en no-ser. Y, por ende, podemos estar de acuerdo en que todo con lo que el sentido corporal entra en contacto no puede permanecer en el mismo estado ni siquiera por un instante, sino que desaparece, se desvanece y no tiene presente, o, para resumirlo en pocas palabras, no es.

Si el objeto perceptible está cambiando constantemente, no puede ser percibido, ya que la percepción implica la adquisición de algún tipo de conocimiento sobre el objeto percibido, y el conocimiento queda excluido en virtud de la mutabilidad del mundo físico: Porque aquello que se aprehende a través del conocimiento (scientia) es percibido; pero lo que cambia constantemente no puede ser aprehendido.”

Por el contrario, al indagar sobre la teoría de “**Gestalt**” sobre la percepción, se interpreta como una corriente psicológica que surgió en Alemania a principios del siglo XX y que plantea que los seres humanos perciben los objetos no como elementos aislados, sino como un todo organizado y coherente.

Según esta teoría, la mente humana tiene una tendencia natural a agrupar los estímulos y percibir patrones y formas globales, en lugar de centrarse en detalles individuales. La palabra “Gestalt” significa “forma” o “configuración” en alemán, lo que refleja el enfoque de la teoría en la percepción global de las estructuras.

A este enunciado se le anteponen principios que sostienen el argumento de Gestalt y son:

El principio de Pragnanz: Este principio, también conocido como “ley de la simplicidad”, sostiene que las personas perciben las formas de la manera más simple posible. En otras palabras, las personas tienden a organizar su percepción en patrones que son lo más completos, simétricos y simples que se puedan interpretar (Koffka, 1999).

Figura y fondo: Esto se refiere a la capacidad de separar un objeto (figura) del fondo en el que se encuentra. Cuando percibimos un campo visual, tendemos a segmentar lo que vemos en elementos prominentes que destacan (figura) y un fondo menos estructurado (Wertheimer, 1923). Esta es una de las bases de la organización perceptual.

La ley de proximidad, que sostiene que los objetos que están cerca unos de otros tienden a percibirse como una unidad o grupo. Por ejemplo, si varios puntos están distribuidos en el espacio, los

que están más juntos serán percibidos como parte de un mismo grupo (Wertheimer, 1923).

Ley de similitud: Afirma que los elementos similares en características como color, forma o tamaño tienden a agruparse y a ser percibidos como parte de la misma estructura, mientras que los elementos diferentes se perciben como pertenecientes a diferentes grupos (Koffka, 1999).

La ley de continuidad, principio que postula que los elementos que siguen un patrón lineal o una dirección continua tienden a percibirse como pertenecientes a la misma unidad. La mente humana sigue las trayectorias más fluidas y coherentes al organizar la percepción (Wertheimer, 1923).

La ley de cierre señala que las personas tienden a percibir las formas incompletas como completas. Si se presentan figuras con huecos o discontinuidades, el cerebro tiende a llenar los vacíos para percibir una imagen coherente y completa (Koffka, 1999).

La ley de destino común: Los elementos que se mueven en la misma dirección o con el mismo propósito tienden a ser agrupados perceptualmente. Esta ley es relevante en la percepción del movimiento y la dinámica de los objetos en el espacio (Köhler, 1970).

La teoría de la Gestalt no sólo ha influido en la psicología de la percepción, sino también en otras disciplinas como la psicología cognitiva, la arquitectura y el diseño. En el ámbito de la percepción visual, esta corriente enfatiza que el cerebro humano busca constantemente la organización y el equilibrio en la información sensorial, lo cual tiene implicaciones para la comprensión de cómo procesamos imágenes, objetos y escenas completas. (Assem H, Khodei L, & Fathy F, 2023).

En arquitectura y diseño, por ejemplo, los principios gestálticos son fundamentales para comprender cómo los usuarios interpretan los espacios y las formas arquitectónicas, ya que los principios como proximidad y cierre influyen en cómo se experimentan los edificios y las estructuras (Arnheim, 2004).

Otro argumento que surgió entre la década de los setenta del siglo pasado es la **“Teoría ecológica de la percepción”** de James J. Gibson (1979) cuyo enfoque propone que la percepción es directa y no requiere de procesos mentales complejos para interpretar los estímulos sensoriales. Según su aporte, el mundo ofrece suficiente información en su estructura para que los seres humanos puedan interactuar con él sin necesidad de representaciones internas o procesos cognitivos intermedios. Esta teoría es radicalmente opuesta a enfoques anteriores, como la teoría de la Gestalt o los modelos constructivistas, que sugieren que la percepción requiere procesos internos de interpretación o construcción de la realidad.

Algunos conceptos clave para comprender la teoría de Gibson son:

Percepción directa: Quiere decir, que la información sensorial disponible en el entorno es suficiente para guiar la acción sin necesidad de “procesarla” a través de mecanismos mentales complejos (Gibson, 1986).

Affordances u ofrecimientos: Este, es uno de los conceptos más influyentes de la teoría de Gibson y se refiere a las oportunidades de interacción que ofrece el entorno a un organismo. Según Gibson (1986), los objetos y superficies del mundo tienen propiedades que “ofrecen” determinadas acciones a los seres vivos. Por ejemplo, una silla ofrece la posibilidad de sentarse, una escalera ofrece la posibilidad de subir, etc. Las affordances dependen tanto de las propiedades físicas del objeto como de las capacidades del organismo que percibe.

Información invariante: Propone que el entorno contiene información invariante, es decir, patrones estructurales que no cambian con el tiempo y que permiten a los individuos identificar características constantes del entorno. Estos patrones invariantes son percibidos directamente y son los que guían la acción. Un ejemplo de esta información invariante es el flujo óptico, un patrón de movimiento visual que resulta del desplazamiento del observador y que proporciona información sobre la estructura tridimensional del entorno (Gibson, 1986).

El flujo óptico: Describe el movimiento del campo visual que experimenta un observador en movimiento. Cuando una persona camina, las imágenes en su retina cambian dinámicamente, proporcionando información sobre la distancia y el tamaño de los objetos, así como sobre su propia velocidad y dirección en el entorno. El flujo óptico es crucial para la percepción del movimiento y la navegación (Gibson, 1986).

Y el entorno como un todo estructurado: El entorno es percibido como un todo estructurado, no como un conjunto de objetos independientes. Los individuos no perciben características aisladas de los objetos, como color o forma, sino que perciben relaciones entre ellos en el contexto de un todo más amplio, lo que permite una interacción eficiente con el entorno (Gibson, 1986).

La teoría de Gibson tiene importantes implicaciones para campos como la psicología del desarrollo, la robótica y la interacción hombre-máquina, ya que subraya la importancia del entorno en el proceso de percepción. Además, su enfoque ha influido en el diseño de interfaces y productos, al centrarse en cómo los usuarios perciben las affordances de los objetos que usan, lo que puede optimizar la interacción sin necesidad de instrucciones explícitas.

En la psicología del desarrollo, la teoría ecológica ha sido útil para entender cómo los niños aprenden a interactuar con su entorno. Por ejemplo, los bebés perciben las affordances del espacio de manera intuitiva, lo que les permite explorar y moverse en su entorno sin necesidad de inferencias conscientes.

La “**Teoría de Percepción Constructiva**” por el psicólogo británico Richard Gregory (1970) sostiene que la percepción es un proceso activo, que implica no solo la información sensorial que recibimos del entorno, sino también inferencias, conocimientos previos y experiencias pasadas. La percepción no es un simple registro pasivo de datos sensoriales, sino que es una construcción mental activa que busca dar sentido a la información sensorial incompleta o ambigua. Esto la distingue de teorías como la percepción directa de Gibson, que sugiere que todo lo necesario para percibir está en el estímulo mismo.

El desglose de términos que se manejan en esta teoría, amplía su comprensión y forjan las bases de su tratado:

Hipótesis perceptivas: Cuando percibimos, nuestro cerebro formula hipótesis o suposiciones sobre el mundo basándose en la información sensorial y el conocimiento almacenado. Estas hipótesis son intentos de interpretar datos sensoriales que a menudo son ambiguos o incompletos. Por ejemplo, cuando vemos una figura ambigua, el cerebro selecciona una interpretación probable basándose en lo que conoce sobre el mundo. Esta interpretación puede ser correcta o incorrecta, lo que a veces lleva a ilusiones perceptivas. (Gregory R, 2015).

La percepción como un proceso inferencial: Se argumenta que la percepción implica un proceso de inferencia, similar al razonamiento. En lugar de ser un proceso automático, la percepción requiere del uso de conocimientos previos para inferir lo que está presente en el entorno. Cuando nos enfrentamos a estímulos visuales, por ejemplo, nuestro cerebro compara los datos con patrones previos, busca correspondencias y formula una interpretación que mejor se ajuste a la información disponible. (Gregory R, 2015).

Ilusiones visuales: Gregory (2015), utilizó ilusiones ópticas para demostrar que la percepción puede ser engañosa y que depende en gran medida de los procesos constructivos. Las ilusiones ocurren cuando las hipótesis perceptivas que formula nuestro cerebro no se ajustan correctamente a la realidad. Por ejemplo, en la ilusión de Müller-Lyer, las líneas que son del mismo tamaño parecen de diferentes longitudes debido a las “pistas” contextuales, lo que lleva a una interpretación errónea. Esto apoya la idea de que la percepción no es una copia directa de la realidad, sino una construcción interpretativa. (Gregory R, 2015).

El papel del conocimiento previo: Un componente crucial en la teoría de la percepción constructiva es que el conocimiento previo y la experiencia juegan un papel clave en la percepción. Nuestro cerebro utiliza lo que ya conoce sobre el mundo para interpretar rápidamente las señales sensoriales. Esto se vuelve evidente cuando percibimos estímulos familiares más rápidamente que los nuevos, o cuando las personas con diferentes contextos culturales perciben el mismo estímulo de maneras diferentes debido a sus experiencias previas. (Gregory R, 2015).

Percepción top-down: Se alinea con el procesamiento de la percepción de tipo top-down (de arriba hacia abajo), donde las interpretaciones perceptivas están guiadas por factores cognitivos como expectativas, experiencias y conocimientos. A diferencia del procesamiento bottom-up (de abajo hacia arriba), que comienza con los estímulos sensoriales en bruto, el enfoque top-down implica que el cerebro ya tiene hipótesis o modelos mentales que guían la interpretación de los estímulos. (Gregory R, 2015).

La **“Teoría Computacional de la Percepción”** de David Marr, desarrollada principalmente en la década de 1980, ofrece un enfoque revolucionario para entender cómo el cerebro procesa la información visual. Este neurocientífico y visionario en el campo de las ciencias cognitivas, propuso que la percepción visual puede ser comprendida como un proceso computacional que se lleva a cabo en varios niveles de análisis, desde los datos más básicos hasta representaciones complejas del entorno.

Los niveles de análisis propuestos por Marr indican que cualquier proceso cognitivo, incluida la percepción visual, debe ser comprendido a través de tres niveles interconectados de análisis (Marr, 1982):

El nivel computacional: Este nivel aborda qué problema está resolviendo el sistema y por qué. En el caso de la visión, el problema computacional básico es construir una representación del mundo tridimensional a partir de imágenes bidimensionales proyectadas en la retina. En este nivel, se analizan las tareas que debe resolver el sistema visual, como la identificación de bordes, la detección de formas y la percepción de la profundidad. Preguntas como “¿Qué información visual es necesaria para representar el mundo?” se abordan aquí. (Marr D, Ullman S, & Poggio T, 1982).

En el nivel algorítmico se especifican cómo se resuelven los problemas computacionales, es decir, cuáles son los algoritmos y representaciones que el cerebro utiliza para procesar la información visual. En este nivel, se describe cómo el sistema visual descompone una imagen en componentes básicos (como bordes o texturas) y luego reconstruye una imagen más compleja a partir de estas piezas. Los algoritmos son las “recetas” que sigue el cerebro para transformar la información de los píxeles en la retina en una representación útil del mundo exterior. (Marr D, Ullman S, & Poggio T, 1982).

Y en el nivel de implementación se cuestiona en dónde y cómo se implementan físicamente los procesos computacionales en el cerebro. Es el nivel más cercano a la neurobiología, donde se estudian los mecanismos neuronales que sustentan el procesamiento visual. Aquí se analizan los circuitos y las conexiones neuronales que permiten que los algoritmos sean ejecutados en el cerebro. (Marr D, Ullman S, & Poggio T,1982).

En pasos adicionales, Marr propuso que la visión involucra una serie de etapas de procesamiento que permiten que el cerebro construya una representación coherente y detallada del entorno tridimensional a partir de estímulos visuales bidimensionales. Estas etapas son:

Imagen Primal de Bajo Nivel (Primal Sketch): La primera etapa en el procesamiento visual es la detección de características básicas de la imagen, como bordes, líneas y puntos. Aquí, el sistema visual identifica los cambios más relevantes en la intensidad de la luz, que permiten detectar las estructuras fundamentales de la escena visual. Este es un mapa de características primitivas que sirve de base para las etapas posteriores. (Marr D, Ullman S, & Poggio T,1982).

Boceto Primal Completo (Full Primal Sketch): En esta etapa, las características identificadas en la imagen primal son organizadas en agrupaciones y patrones. El cerebro comienza a identificar formas y contornos más complejos, agrupando las características individuales en estructuras coherentes. Esto incluye la percepción de superficies, sombras y texturas. (Marr D, Ullman S, & Poggio T,1982).

Esbozo 2.5D (2.5D Sketch): En el boceto 2.5D, se incorpora información sobre la profundidad y la orientación de las superficies visibles desde el punto de vista del observador. En esta etapa, se agregan indicios de la estructura tridimensional, pero sólo en relación con el observador, lo que significa que aún no se ha alcanzado una representación completa e independiente del objeto. (Marr D, Ullman S, & Poggio T,1982).

Representación 3D (3D Model Representation): Esta es la etapa final en la que se genera una representación completa del objeto en tres dimensiones. En esta fase, el cerebro ha integrado información sobre la forma, la profundidad, la textura y la orientación, generando una representación tridimensional que puede ser reconocida independientemente del punto de vista del observador. (Marr D, Ullman S, & Poggio T,1982).

Concluyendo que esta teoría de la percepción plantea que la visión es un proceso algorítmico y computacional que se lleva a cabo en etapas claramente definidas. Este enfoque ha impactado significativamente en diversas áreas del saber, proporcionando una comprensión estructurada de cómo

el cerebro interpreta la información visual y dando lugar a avances tanto en el estudio de la mente humana como en tecnologías de inteligencia artificial.

Al entender estas cuestiones y evaluar las distintas visiones, se concluye que la percepción es un proceso multifacético que ha sido abordado desde diferentes perspectivas teóricas. Mientras que las teorías como la de la Gestalt y la de Gregory ven la percepción como un proceso constructivo y cognitivo, otras como la de Gibson enfatizan la naturaleza directa y basada en el entorno de este fenómeno. Estos enfoques reflejan la complejidad de cómo los seres humanos interpretamos y respondemos al mundo que nos rodea. A través de la investigación continua, las teorías de la percepción han evolucionado para incluir factores biológicos, cognitivos y ambientales que trabajan juntos para formar nuestras experiencias conscientes del mundo.

2.2.3 Metodología de estudios y/o experimentaciones previas en la Neuroarquitectura

Cuando los usuarios se enfrentan al entorno construido, por lo general, se enfrentan a dos caminos en su forma de percibirlo. Una de ellas es reaccionando a los factores arquitectónicos, como forma, volumen, estructura, entre otros, que pueden resultar en variables de complejidad, proporción y ritmo. Por el contrario, pueden reaccionar en sensaciones percibidas que emanan de los materiales, colores u olores y que muestran variables de comportamiento, comprensión o confort. (Myung, 2017).

En este sentido, está probado y estudiado que, el diseño arquitectónico está relacionado a la percepción del paciente en cuanto a la calidad del tratamiento que recibirá (Baker & Cameron, 1996). Donde la estética puede proporcionar placer o seguridad en el entorno de los espacios clínicos. (Nanda, Pati, & McCurry, 2009).

Previamente, en investigaciones para estudios neuro arquitectónicos, se han empleado herramientas subjetivas como cuestionarios, entrevistas, escalas de valoración, entre otras, atendiendo a la percepción de los participantes para valorar o cuantificar el “bienestar” que profesan tener en un espacio. Los cuestionarios estandarizados de evaluación emocional, como el SAM (Self-Assessment Manikin) y la Escala de Russell para la emoción, se utilizan para obtener una visión de la experiencia subjetiva del usuario en un espacio determinado (Mehrabian & Russell, 1974; Russell, 1980).

Secundando a Ergan et al. (2019), la desventaja de tomar este único camino es que la percepción individual, es una construcción de experiencias previas del individuo, por lo que, no debería ser tomada como única e irrefutable ante cualquier estudio científico. Es por esto, que a la par con métodos de evaluaciones cualitativas (identificación de emociones o reacciones sensoriales) gracias al avance de

la tecnología se han implementado estudios que miden la actividad cerebral y los cambios fisiológicos para la cuantificación de los estímulos, sea en entornos físicos o entornos virtuales.

Adjetivos como “placentero o no placentero”, “agradable o desagradable”, “estimulante o no estimulante”, son propuestos por la psicología ambiental para estudiar la relación del individuo con el ambiente que lo rodea y hacer una discriminación empírica del objeto de estudio (Abrahamse, W. 2019).

Para medir respuestas a los estímulos, la neurociencia ha proporcionado diversos estudios fisiológicos y herramientas biométricas que permiten cuantificar las respuestas que se requieren para avances en la neuroarquitectura, los cuales son:

Electroencefalograma (EEG): Se emplea para registrar en tiempo real la actividad eléctrica cerebral y para detectar patrones de ondas cerebrales vinculados con el procesamiento de imágenes, la memoria espacial y las reacciones emocionales en contextos arquitectónicos. El estudio ha evidenciado que el EEG puede contribuir a determinar qué estructuras espaciales fomentan la relajación o el estrés. (Vecchiato et al., 2015).

Respuesta Galvánica de la Piel (GSR): La GSR evalúa las variaciones en la conductancia eléctrica cutánea, lo que señala grados de activación emocional ante estímulos del entorno. Este procedimiento se ha empleado extensamente para valorar cómo aspectos arquitectónicos, como la iluminación y el color, influyen en los niveles de concentración de los usuarios. (Udovičić, 2017).

Electromiografía Facial (EMG): La estimulación magnética facial evalúa la actividad muscular en el rostro para examinar expresiones emocionales, lo que resulta beneficioso para identificar las reacciones subconscientes a componentes arquitectónicos. Este enfoque asiste a los científicos en la valoración de cómo determinados diseños espaciales pueden provocar emociones particulares como la satisfacción o el descontento. (Russell & Barrett, 1999).

Seguimiento Ocular (Eye Tracking): El seguimiento ocular es esencial para comprender hacia dónde se dirige la visión de los usuarios y cómo examinan visualmente el espacio. Este enfoque descubre patrones de atención midiendo los movimientos y fijaciones del ojo, para determinar gustos en el diseño, contribuyendo a mejorar los espacios acordes a las respuestas visuales de los sujetos de estudio. (Hollander et al., 2021).

Fotopletismografía (PPG): El PPG registra variaciones en la frecuencia cardíaca, lo que facilita la detección de respuestas fisiológicas al ambiente edificado. Este procedimiento resulta beneficioso

para valorar el confort y la relajación en ambientes particulares como centros de salud o espacios de trabajo. (Dalke et al., 2006; Bower et al., 2015).

Resonancia Magnética Funcional (fMRI): La fMRI permite ver la activación cerebral en respuesta a diferentes entornos, ayudando a los investigadores a comprender cómo el espacio puede afectar el procesamiento cognitivo y emocional. Su aplicación en la neuroarquitectura proporciona información detallada sobre la percepción espacial y la cognición. (Edelstein & Macagno, 2012).

Monitoreo de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV): La HRV mide la variabilidad en el intervalo entre latidos cardíacos y se asocia con el bienestar fisiológico. Estudios en neuroarquitectura lo emplean para entender cómo el diseño espacial, la ventilación y la iluminación afectan el sistema nervioso autónomo. (Zamani 2022).

Lo dicho anteriormente culmina con el ciclo de la neuroarquitectura, donde un compendio de ramas del saber se intersectan para formar un proceso de estudio en el que DBE se muestra como resultados, apoyando la práctica del diseño arquitectónico para una experiencia espacial que impulse de manera positiva la actividad para la cuál ha sido concebido.

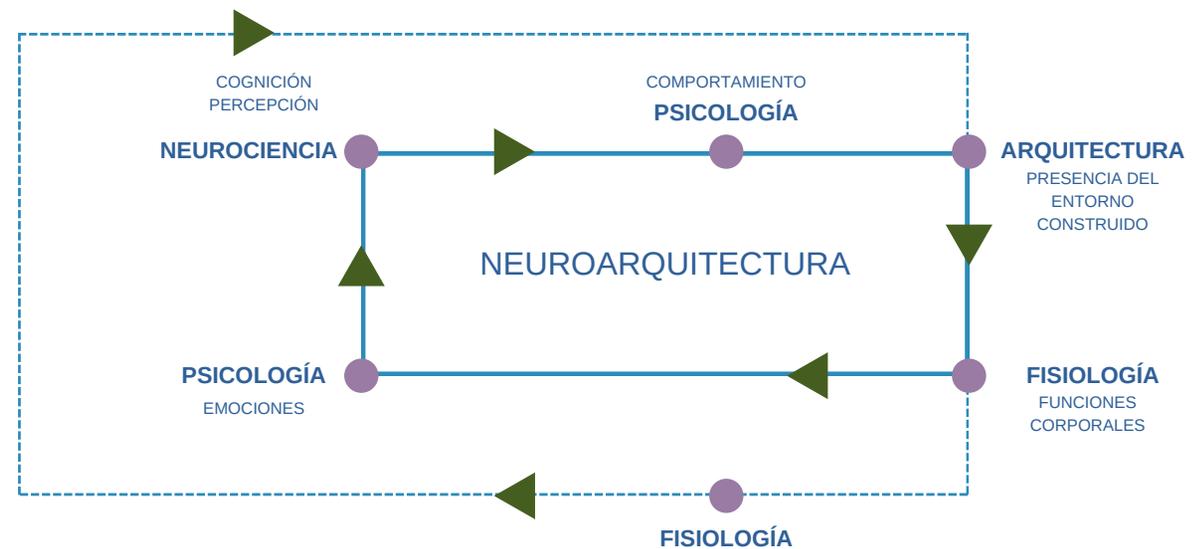


Figura 5. Esquema sobre la Neuroarquitectura y las disciplinas adyacentes

Marco Teórico. Estado de la Cuestión

CAPÍTULO 2.3

Espacios de Rehabilitación y Evolución Histórica

2.3.1 Introducción a los Espacios de Rehabilitación

A espacios de rehabilitación nos referimos al entorno delimitado cuya función primordial es impulsar el proceso de recuperación física, emocional y cognitiva del usuario. Este proceso, aunque bien sabemos es interdisciplinar, la arquitectura se ha implementado en combinación con la neurociencia para comprender qué elementos, respaldados por estudios científicos (DBE), han demostrado ser recomendados para dichos fines.

De tal modo, el diseño arquitectónico de los espacios de rehabilitación se convierte en una herramienta activa en el proceso terapéutico. Entornos cuidadosamente planificados pueden no solo facilitar el trabajo de los profesionales de la salud y mejorar la eficiencia de los tratamientos, sino también ofrecer un ambiente que inspire calma, seguridad y optimismo, elementos esenciales para la recuperación (Sternberg, 2009).

Para entender puntualmente las premisas DBE, se incluye la siguiente tabla por Medhat et al. (2023) para el Ain Shams Engineering Journal:

Elementos de Neuroarquitectura	Efecto de los elementos arquitectónicos en los 4 pilares del bienestar humano: físico, intelectual, emocional y social, a través de los 4 pilares de la neuroarquitectura: (fisiológico, cognitivo, emocional y conductual).
Forma (3D) Simétrica	<i>Emocional:</i> Despierta emociones, disminuye la satisfacción y la excitación. <i>Neuro-cognitivo:</i> Las diferentes formas arquitectónicas estimulan diversas partes de la corteza temporal, fomentando la actividad en la parte posterior del cerebro con formas simétricas, las cuales son generalmente preferidas.
Forma (3D) Curvilínea	<i>Neuro-cognitivo:</i> Mejora la memoria en áreas cuadradas o cilíndricas hechas de concreto, mientras que los espacios cónicos y de vidrio activan la percepción visual y espacial. <i>Emocional:</i> Los contornos curvos provocan una respuesta de mayor miedo en contraste con los contornos en ángulo agudo; son preferidas por personas sin experiencia en diseño.
Forma (3D) Ángulo Agudo	Es más atractiva y preferida por expertos en diseño.

Tabla 3. Premisas del Diseño Basado en Evidencia por Medhat et. al (2023)

<p>Temperatura del Color (Fría/ Cálida)</p> <p>Las temperaturas cálidas son preferidas por adultos y las frías por niños.</p>	<p><i>Neuro-cognitivo:</i> La actividad en la corteza prefrontal está relacionada con objetos de color, con diferencias entre temperaturas frías y neutras respecto a la alerta, fatiga y funcionamiento cognitivo. Los tonos fríos (entre verde amarillento y púrpura) mejoran la atención y la memoria, las temperaturas frías provocan menor excitación que las cálidas (respecto al sueño) y mejoran la atención, mientras que las temperaturas cálidas mejoran la memoria.</p> <p><i>Fisiológico/Emocional:</i> Ambas temperaturas afectan la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y la actividad electrodermal (EDA).</p>
<p>Contraste</p>	<p><i>Neuro-cognitivo:</i> Mejora la memoria en espacios con colores de alto contraste.</p>
<p>Colores Brillantes</p>	<p><i>Neuro-cognitivo:</i> Aumentan la atención y la resolución de problemas con el morado, seguido del azul, verde, amarillo y rojo; los colores moderadamente brillantes/mejoran la percepción; el blanco con acentos brillantes fomenta un mejor rendimiento en el aprendizaje.</p> <p><i>Emocional:</i> Los colores brillantes provocan emociones positivas, como el rojo, aunque no todos los colores han sido confirmados experimentalmente; el verde genera satisfacción y comodidad; el color de la luz tiene efectos emocionales.</p> <p><i>Conductual:</i> El color de la luz solar tiene efectos positivos.</p>
<p>Colores Oscuros</p>	<p><i>Fisiológico:</i> Se registra la menor producción de sudor en habitaciones de madera marrón completamente oscuras.</p>
<p>Entornos Amueblados</p>	<p><i>Fisiológico:</i> Se produce un aumento de la frecuencia cardíaca y mayor actividad cerebral en las zonas frontales.</p> <p><i>Conductual:</i> Más actividad física.</p> <p><i>Emocional:</i> Menos estrés; el mobiliario flexible reduce el estrés.</p> <p><i>Neuro-cognitivo:</i> El diseño de mobiliario flexible se correlaciona con una mejor capacidad funcional del cerebro en rendimiento matemático.</p>
<p>Entornos No Amueblados</p>	<p><i>Neuro-cognitivo:</i> Menos coherencia que en espacios con muebles.</p>
<p>Altura de Techo Baja</p>	<p><i>Neuro-cognitivo:</i> Evaluación baja de belleza, procesamiento específico de elementos.</p> <p><i>Emocional:</i> Calma, causa emociones negativas.</p>

Tabla 3. Premisas del Diseño Basado en Evidencia por Medhat et. al (2023)

Techos Altos	<p><i>Neuro-cognitivo:</i> Estimulan la creatividad y el procesamiento racional, áreas involucradas en la percepción visual y espacial.</p> <p><i>Emocional:</i> Libertad.</p> <p><i>Conductual:</i> Afecta positivamente la orientación y es más atractivo.</p>
Olores	<p><i>Emocional:</i> Los espacios con plantas ligeramente perfumadas son los preferidos para la comodidad humana.</p>
Sonidos	<p><i>Neuro-cognitivo:</i> Los espacios tranquilos mejoran la atención.</p> <p><i>Emocional:</i> El ruido causa estrés; los sonidos de la naturaleza reducen el estrés.</p> <p><i>Fisiológico:</i> La música reduce la presión arterial diastólica.</p>
Vegetación	<p><i>Emocional:</i> Reduce el estrés y la ansiedad, el placer aumenta con la densidad de árboles.</p> <p><i>Neuro-cognitivo:</i> Términos como “fascinación,” “alejamiento”, “coherencia,” y “compatibilidad” afectan la percepción de luminosidad.</p> <p><i>Fisiológico:</i> Las vistas de la naturaleza producen efectos positivos y menor intensidad de dolor.</p>
No Vegetación	<p><i>Emocional:</i> Genera estrés y opresión.</p> <p><i>Fisiológico:</i> Más excitación medida por EDA.</p> <p><i>Conductual:</i> Efectos negativos en la estimación de distancias.</p>
Materiales Naturales	<p><i>Fisiológico:</i> Disminución de la frecuencia cardíaca y la respuesta de sudoración sin percepción consciente de los individuos, mejora de la visión a corta distancia especialmente después del trabajo y mejora del rendimiento en personas con miopía.</p> <p><i>Neuro-cognitivo:</i> Mayor coherencia, los espacios cuadrados de madera son mejores para concentrarse y retener información.</p> <p><i>Emocional:</i> Más relajado y cómodo; el material de alfombra genera satisfacción en los pasillos de los pacientes.</p>
Iluminación Natural	<p><i>Fisiológico:</i> Reduce los niveles de cortisol y estrés, disminuye la estancia de pacientes en hospitales.</p> <p><i>Neuro-cognitivo:</i> Buena iluminación natural se correlaciona con mejores habilidades funcionales del cerebro para la escritura.</p> <p><i>Emocional:</i> Reduce el estrés.</p>
Iluminación Artificial	<p><i>Fisiológico:</i> Luz por encima de 7500 K eleva la presión arterial; la luz blanca regula los ritmos de sueño.</p>

Tabla 3. Premisas del Diseño Basado en Evidencia por Medhat et. al (2023)

2.3.2 Evolución Histórica de los Espacios Terapéuticos

En la historia de la arquitectura, mucho se habla de las grandes edificaciones, templos, palacios, catedrales e incluso edificaciones de estados. Los espacios de sanidad también han evolucionado a través de las distintas necesidades generadas en la secuencia temporal humanitaria siendo un reflejo de los avances de la ciencia médica. En las últimas décadas se ha prestado atención a cómo el espacio puede influenciar en el bienestar de los pacientes.

Si hacemos una cronología general de los hechos, en la antigüedad, de palabras de Sternberg (2009), las primeras formas de rehabilitación estaban ligadas a la creencia en la curación espiritual y religiosa. Un ejemplo de esto eran los templos de Asclepio en la Grecia antigua que, aparte de ser utilizados en su función habitual, se realizaban baños termales y se disponía de jardines que favorecen la curación natural mediante el descanso y la tranquilidad. Por otro lado, en Roma, los baños públicos o “termas” proporcionaban entornos que facilitaban el alivio del estrés y la regeneración física.



Figura 6. Foto del Templo de Asclepio por Boris Katsman (2010)

Continuando con la Edad Media, en los hospitales se contenían varias actividades, desde atención a los enfermos hasta hospedaje para pobres y peregrinos. Las edificaciones religiosas como monasterios eran los encargados de brindar el servicio de sanidad, actuando como hospitales, ejecutando tratamientos que combinan prácticas religiosas y cuidados rudimentarios (Porter,1997). Aunque la rehabilitación como tal aún no se contemplaba, pues se dirigía al aspecto espiritual. La arquitectura hospitalaria medieval, descrita por Pérez (1983) ejemplificando el hospital de San Salvador en 1234, puntualiza que:

“El hospital de San Salvador, en 1234, daba asilo a peregrinos durante tres días proporcionándoles cama, comida y bebida. El hospital constaba de vivienda para el abad, o director delegado, dependencias para los religiosos, la iglesia (que después se convirtieron en verdaderas catedrales) y de una habitación de gran tamaño, sala del hospital, con tablas adosadas a sus paredes, a modo de lechos y una capilla. “El hospital debe poseer su propio oratorio a fin de que los enfermos, desde la cama, puedan seguir la misa y comulgar”.

En fase posterior los hospitales se construyen siguiendo una norma arquitectónica que le permiten acoger a todos los moradores del mismo, pero sometidos a reglas propias en sentido de una comunidad. Tienen una estancia en la que es posible satisfacer todos los requisitos indispensables de la vida humana vivir, comer, dormir y asistir al culto divino. El altar se encuentra en el centro de la gran sala hospitalaria, los lechos dispuestos, perpendicularmente a las paredes, o adosados en largas filas a las mismas. Estos lechos eran ocupados, a veces, hasta por cinco personas en cada uno. Al margen de todas las consideraciones prácticas este último requisito, de asistencia al culto divino, constituía el verdadero objetivo del hospital medieval. El enfermo, al ingresar en el hospital, quedaba desconectado de la vida terrenal y se sometía a un especial reglamento espiritual.

Este requisito fundamental, explica, también, la polaridad en que se encontraba el enfermo entre el lecho y el altar. En los siglos X y XI se unen a estos hospitales las salas de sangrías, dependencias para los peregrinos “distinguidos”, cocinas y panaderías. Inicialmente los hospitales se asentaban en las afueras de las ciudades o en las puertas de acceso a las mismas, posteriormente se ubican dentro de la ciudad.

Con el Renacimiento y el auge del humanismo, el interés del bienestar físico y el cuerpo humano que surgió durante la época de la ilustración hizo que el avance en la medicina tornara un enfoque más científico acerca de las enfermedades y la salud. En palabras de Evans (2005) los primeros hospitales de esta época, como el Hôtel-Dieu de París, comenzaron a considerar la higiene, la ventilación y la luz natural como factores importantes en la recuperación.

A mediados del siglo XIX, Florence Nightingale fue un personaje importante en que el diseño de espacios hospitalarios promovió la sanación mediante la higiene, el acceso a iluminación y ventilación natural. Esto fue determinado debido a que tratamientos como la Helioterapia, dieron resultados de reducir infecciones e impulsar la recuperación, cambiando así la manera de hacer arquitectura hospitalaria. (Nightingale, 1860).

Con el progreso de la psicología y la neurociencia a comienzos del siglo XX, Frampton (1992), afirma que los arquitectos empezaron a comprender de manera más profunda cómo el ambiente afecta el bienestar físico y mental. La arquitectura hospitalaria adoptó nuevas formas, en las que premisas de diseño como incidencia de la luz natural, los espacios abiertos y el contacto con la naturaleza para promover la recuperación. Un caso ilustrativo es el sanatorio de Paimio, creado en Finlandia en 1933 por Alvar Aalto, en el que la arquitectura se entendía como un componente del proceso de curación para los pacientes con tuberculosis. Este sanatorio contaba con amplias ventanas, sistema de ventilación cruzada y acceso a áreas exteriores.



Figura 7. Foto del Ala de Dormitorios del Hospital Alemán Klinikum Oldenburg del siglo XX. Choi J et. al (2012)

Igualmente, los progresos en neuroarquitectura durante la segunda parte del siglo XX consolidaron la noción de que la disposición de los espacios influye directamente en el bienestar mental. La teoría de la biofilia, formulada por Edward O. Wilson (1984), argumenta que la interacción con la naturaleza en los lugares edificados puede potenciar la salud mental y disminuir el estrés. Esto ha tenido un impacto en la formación de espacios de rehabilitación con jardines terapéuticos y zonas verdes.

Hoy día, en la búsqueda de una rehabilitación integral e interdisciplinaria, los espacios de rehabilitación se diseñan de forma holística, teniendo en cuenta no solo los elementos físicos, sino también los aspectos psicológicos y emocionales. Los centros hospitalarios y de rehabilitación contemporáneos implementan fundamentos de diseño fundamentados en la evidencia (Evidence-Based Design, EBD), que incluyen luz natural, tonalidades relajantes, áreas abiertas y contacto con la naturaleza para fomentar la curación (Ulrich, 2008).

Además, la incorporación de tecnología, tales como sistemas de seguimiento de pacientes y recursos para la estimulación cognitiva, ha facilitado una adaptación más exacta de los tratamientos. La rehabilitación no solo se enfoca en el aspecto físico, sino también en el incremento de la calidad de vida, incorporando terapias laborales u ocupacionales, psicológicas y sociales en ambientes diseñados para respaldar estos propósitos (Sternberg, 2009).

2.3.3 Tendencias actuales en el diseño de centros de rehabilitación

En la concepción espacial de centros de rehabilitación es importante destacar que más que la habilidad de los arquitectos en producir espacios de calidad, los factores normativos que regulan esta tipología edificatoria juegan papeles decisivos en su concepción diseño y ejecución. A pesar de ello, es cierto que existen tendencias que rigen los nuevos modelos en pro de la calidad, el confort y la transformación holística de los usuarios que reduzca el tiempo de estadía (Rahman A, 2011) como resultado de la optimización en su mejoría. Las medidas más importantes se pueden resumir en:

Medida a: Diseño centrado en el usuario o diseño basado en evidencia

El diseño fundamentado en evidencia, también conocido como EBD en inglés, es una metodología que emplea datos de investigaciones científicas y estudios empíricos para respaldar decisiones en el diseño de espacios, particularmente en contextos sanitarios. Este método se enfoca en potenciar la eficacia y el efecto beneficioso de los ambientes edificados en el bienestar, la salud y el desempeño de los usuarios. El fundamento de la EBD sostiene que los ambientes diseñados en base a pruebas empíricas aportan de manera significativa a la mejora de los resultados de salud, disminuyen el estrés y mejoran

la eficiencia de los procesos internos y la experiencia de los pacientes y empleados (Ulrich, 2001; Hamilton & Watkins, 2009).

Dentro del marco de la arquitectura hospitalaria, EBD propone que el diseño físico de las instalaciones puede impactar en elementos clínicos concretos, tales como la disminución de fallos médicos, la reducción del tiempo de recuperación de los pacientes y el incremento en la satisfacción de los usuarios. Por ejemplo, Ulrich y Zimring (2004) detallan que el acceso a la luz natural y a panorámicas naturales puede disminuir el estrés y fomentar la recuperación. Estos descubrimientos son útiles para la organización de espacios que valoran la iluminación apropiada, la disminución del ruido, y alternativas de diseño que promueven la movilidad y el confort.

Para lograr estos objetivos el EBD se rige bajo los siguientes principios:

Uso de investigación empírica: El EBD conlleva la recolección y análisis de investigaciones rigurosas que ofrezcan pruebas cuantificables. Ulrich et al. (2008) sostienen que la incorporación de esta evidencia científica contribuye a la formación de entornos hospitalarios que promueven resultados positivos en la salud.

Iteración y validación: El diseño se percibe como un procedimiento iterativo donde las decisiones iniciales se ajustan según los resultados alcanzados en cada etapa, fomentando de esta manera una evolución lógica y adaptable del espacio (Hamilton & Watkins, 2009).

Colaboración interdisciplinaria: Este método resalta la relevancia de la cooperación entre arquitectos, diseñadores, especialistas en salud y especialistas en ciencias del comportamiento, pues facilita la incorporación de visiones variadas y respaldadas por pruebas que potencian la funcionalidad y el efecto de los espacios (McCullough, 2010).

Orientación hacia resultados medibles: Los diseños respaldados por evidencia aspiran a producir mejoras cuantificables en indicadores de salud, tales como la disminución de infecciones hospitalarias o el aumento en la satisfacción de los pacientes (Ulrich et al., 2008).

El EBD ha demostrado ser especialmente útil en el diseño de habitaciones de hospital individuales, que según estudios, reducen el riesgo de infecciones y mejoran la privacidad y confort del paciente (Huisman et al., 2012). Asimismo, la incorporación de áreas verdes y jardines terapéuticos en hospitales ha mostrado una reducción en niveles de ansiedad y estrés entre pacientes y personal (Marcus & Sachs, 2013).

Medida b: Sostenibilidad

La sostenibilidad en áreas de rehabilitación conlleva el diseño y manejo de instalaciones sanitarias de tal forma que se reduzca al mínimo su efecto en el medio ambiente, al mismo tiempo que se fomenta el bienestar y la recuperación eficaz de los pacientes. El enfoque sustentable en estos ambientes no solo aspira a disminuir el uso de energía y recursos, sino también a generar espacios que potencien la calidad de vida de los usuarios, empleando materiales y tecnologías que promuevan un ambiente sano y flexible a largo plazo (Guenther & Vittori, 2008). En concreto, para estos efectos, estaría buscando abanderar los objetivos:

Objetivo 3. Salud y Bienestar: “Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades”

Objetivo 6. Agua Limpia y Saneamiento: “El agua libre de impurezas y accesible para todos es parte esencial del mundo en que queremos vivir.”

En el Instituto Americano de Arquitectos (AIA), 2014, afirma que la puesta en marcha de sistemas para recolectar agua pluvial y tecnologías de reciclaje de agua en estos lugares contribuye a disminuir el uso y los gastos de agua. Además, la implementación de aparatos de bajo consumo y sensores en baños y zonas compartidas reduce el derroche. Los jardines acuáticos y zonas verdes con especies nativas también contribuyen a disminuir el uso de agua, además de proporcionar un ambiente natural que favorece la rehabilitación emocional de los pacientes.

Objetivo 7. Energía Asequible y No Contaminante: “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna”

En centros de rehabilitación, la puesta en marcha de sistemas de eficiencia energética es crucial, dado que estos edificios suelen funcionar de manera continua y requieren un alto consumo de energía. Se aconseja la utilización de fuentes de energía renovable (como paneles solares) y sistemas inteligentes de administración de energía que controlen la temperatura y la luz, optimizando la utilización de la luz natural. No solo disminuye el uso de energía, sino que también favorece la salud de los pacientes, que se benefician de la exposición a la luz natural, esencial para regular los ritmos circadianos (Choi et al., 2012).

Por otra parte, es esencial una adecuada ventilación y sistemas de filtrado de aire para preservar un entorno saludable y disminuir la propagación de enfermedades. Los sistemas de ventilación natural,

unidos a filtros altamente eficientes, aseguran una superior calidad del aire interno, aspecto crucial para pacientes que necesitan rehabilitación física o mental, y para el personal que se mantiene largas horas en el sitio (Consejo Mundial de Edificación Verde, 2017).

Objetivo 12. Producción y Consumo Responsable: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”

La selección de materiales ecológicos para la edificación, tales como maderas certificadas, materiales reciclados y pinturas que no contengan compuestos orgánicos volátiles (COV), para disminuir el efecto en el medio ambiente y potenciar la calidad del aire en el interior. Materiales como el bambú o los productos locales no solo poseen una fuente renovable, sino que también reducen la huella de carbono. Adicionalmente, al dar preferencia a materiales que no liberen sustancias tóxicas, se potencia la salud respiratoria y el confort de los pacientes y el personal (Kellert et al., 2008).

En estos contextos, por otra parte, la aplicación de prácticas sustentables para disminuir, reutilizar y reciclar desechos, incluyendo los residuos médicos y peligrosos. La separación y el manejo apropiado de los residuos favorecen la sostenibilidad y la observancia de regulaciones de salud, disminuyendo peligros tanto ecológicos como sanitarios.

Objetivo 15. Vida y Ecosistemas Terrestres: “Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad”

Incorporar jardines, terrazas interiores y vistas a la naturaleza en centros de rehabilitación fomenta la disminución del estrés, potencia el humor y agiliza la recuperación de los pacientes. Este tipo de diseño, centrado en la vinculación de los usuarios con el medio ambiente, resulta sumamente eficaz en contextos sanitarios. Las investigaciones han evidenciado que la interacción visual o física con la naturaleza posee impactos terapéuticos en la salud mental y física de los pacientes (Marcus & Sachs, 2013).



Figura 8. Imagen de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas

Medida c: Tecnología para la personalización y el monitoreo

La incorporación de tecnología avanzada permite personalizar los entornos y monitorear la evolución de los pacientes. Los sistemas de iluminación inteligente, por ejemplo, pueden regular la temperatura de color según la hora del día. (McCullough C, 2010). Además, se utilizan sensores que monitorean la actividad física y las respuestas fisiológicas de los pacientes, permitiendo ajustar el entorno en función de sus necesidades específicas. Estas tecnologías, además de facilitar la recuperación, aumentan la comodidad del paciente y contribuyen a una atención más personalizada y efectiva. Ejemplos de esto son:

Wearables y Dispositivos de Seguimiento: Estos aparatos, diseñados para ser utilizados en muñecas, tobillos o como sensores portátiles, recolectan información en tiempo real acerca de la actividad física, frecuencia cardíaca, calidad del sueño y otros índices de salud. En centros de rehabilitación, los wearables posibilitan a los terapeutas supervisar en tiempo real el avance físico de los pacientes y modificar los programas de actividad física basándose en la información recabada. Además, permiten a los pacientes mantener su motivación al monitorear su progreso a través del tiempo (Yan et al., 2021).

Sistemas de Monitoreo Basados en IoT (Internet de las Cosas): El uso de IoT en áreas de rehabilitación facilita un seguimiento constante y automatizado de las condiciones del entorno (temperatura, humedad, calidad del aire) y los patrones de desplazamiento de los pacientes. Estos sistemas también se emplean para efectuar modificaciones automáticas, como ajustar la luz o la temperatura según los requerimientos y gustos del paciente, fomentando un entorno ideal para la recuperación (Ray, 2020).

Tecnología de Realidad Virtual y Realidad Aumentada (VR y AR): La Realidad Virtual y la Realidad Aumentada han cobrado relevancia en la rehabilitación física y mental, ofreciendo ambientes envolventes donde los pacientes pueden realizar actividades y tareas de manera interactiva. Las simulaciones de Realidad Virtual contribuyen a potenciar el balance, la movilidad y las habilidades motoras en pacientes con daños neurológicos o limitaciones físicas. Además, los terapeutas tienen la capacidad de adaptar los ejercicios según la reacción del paciente, modificando el grado de dificultad en base al avance observado (Laver et al., 2020).

Un ejemplo de esto podría ser RehabVR, una aplicación de realidad virtual que ofrece programas personalizados de rehabilitación cognitiva y motora, ajustándose a las necesidades específicas del paciente mediante ejercicios inmersivos. Radiance IES, (Chamilothori K, Wienold J, & Andersen M, 2018).

Inteligencia Artificial y Análisis de Datos: Se utiliza para examinar los datos recolectados por los aparatos de seguimiento e identificar patrones en el avance de los pacientes.

Esto posibilita que los expertos sanitarios prevean necesidades y modifiquen los programas de rehabilitación basándose en los datos históricos y actuales del paciente. Los algoritmos de aprendizaje automático también tienen la capacidad de anticipar peligros o problemas, lo que simplifica intervenciones preventivas y personalizadas (Raghu et al., 2019).

Sensores de Movimiento y Sistemas de Reconocimiento de Posturas: Estos sistemas emplean cámaras y sensores de infrarrojos para registrar y examinar los movimientos del paciente, lo que permite supervisar el avance en actividades de movilidad y equilibrio. Los sistemas tienen la capacidad de rectificar las posturas de forma automática, ofreciendo comentarios en tiempo real tanto al paciente como al terapeuta. Esto facilita una rehabilitación más segura y eficaz, reduciendo la posibilidad de sufrir lesiones durante las actividades físicas (Patel et al., 2021).

Medida d: Uso de la luz natural y control de iluminación artificial

Como se mencionó anteriormente, la luz es esencial en los lugares de rehabilitación. La luz natural contribuye a regular los ritmos circadianos y potencia el estado emocional, mientras que la regulación de la iluminación artificial posibilita disminuir la intensidad y el tipo de luz dependiendo de la actividad que se esté llevando a cabo. El estudio ha evidenciado que el contacto con la luz natural puede contribuir a disminuir los síntomas de depresión y ansiedad, habituales en pacientes en etapa de rehabilitación (Veitch & Galasiu, 2012).

Medida e: Flexibilidad y adaptabilidad el mobiliario

La capacidad de adaptación y flexibilidad del mobiliario en centros de rehabilitación es fundamental para atender de manera eficiente las demandas fluctuantes de los pacientes y profesionales sanitarios (Higuera-Trujillo et al. 2019). Estos elementos posibilitan la mejora del espacio, la optimización de la experiencia del usuario y la aplicación de tratamientos personalizados. Un diseño de muebles adaptable en estos ambientes no solo posibilita adaptarse a diferentes estados físicos y mentales de los pacientes, sino que también simplifica el trabajo de los terapeutas y cuidadores.

Los beneficios que trae dicho recurso a la experiencia espacial son variados. La personalización del tratamiento, optimización del espacio, fomenta la independencia del paciente, origina soporte para distintas terapias y optimiza o facilita el trabajo del profesional. (Aalto, L, Sirola P., Kalliomäki-Levanto, T, 2019). Tomando siempre considerando importante para su elección la ergonomía, durabilidad, limpieza, movilidad y adaptabilidad. Ulrich (2000) en torno a este tema aporta que:

“Varios estudios han investigado cómo la disposición del mobiliario en entornos de atención médica influye en la interacción social y los comportamientos alimentarios de los pacientes. Melin y Gotestam (1981) encontraron que al cambiar adecuadamente la disposición de los muebles en las salas, era posible mejorar los comportamientos alimentarios de los pacientes psicogerítricos. Estudios de salas de día, salones y áreas de espera han mostrado que la interacción social disminuye notablemente cuando los asientos están dispuestos en fila a lo largo de las paredes de la habitación. Estos hallazgos indican que los niveles de interacción social – y, presumiblemente, el apoyo social saludable – pueden incrementarse considerablemente para los pacientes en las salas de día y salones proporcionando muebles cómodos y móviles que puedan disponerse en pequeños grupos flexibles (e.g., Sommer y Ross, 1958).”

Medida f: Accesibilidad e Inclusión

En el diseño de centros de rehabilitación la accesibilidad universal e inclusión se han transformado en un enfoque esencial, incorporando tácticas para asegurar un acceso justo, equitativo y ajustado a las necesidades de los pacientes. Las sugerencias actuales se fundamentan en la generación de espacios y aparatos que honren los fundamentos del diseño universal, conllevando a la aplicación de modificaciones que faciliten la movilidad, la sencillez en la orientación y la adaptación a diversas habilidades sensoriales y cognitivas de los usuarios, incluyendo a aquellos con discapacidades físicas, cognitivas y sensoriales. (Brown, DMY et al. 2021; Quigley, A; Myezwa, H; McArthur, C, 2023)

En este contexto, los espacios versátiles y adaptables que incentivan la independencia y la implicación activa de los pacientes en su proceso de recuperación promueven una experiencia más inclusiva y fortalecedora para todos los usuarios. Al comprender su importancia, se puede establecer una relación directa de los sentidos-actividad-recurso que se podría implementar para identificar las necesidades:

Sentido	<p><i>Vista</i> (Aalto L, et, al, 2019) (American Institute of Architects, 2014) (Banham R, 1984)</p>
Actividad	<p>Compresión del espacio con la visión de manera que la navegación sea coherente y sencilla.</p>
Recurso	<p>Señalización visual clara con textos grandes y alto contraste para facilitar la lectura a personas con baja visión.</p>

Recurso	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de señales táctiles y Braille para personas con discapacidad visual. - Señales auditivas en ascensores y otros espacios donde sea útil una alerta sonora.
Sentido	<p><i>Audición</i> (Banham R, 1984) (Brown D, et. al, 2021) (Choi J, Beltran L, & Kim H, 2012) (Dalke H et. al, 2006)</p>
Actividad	<p>Uso de Tecnología asistida que permita la interacción profesional-paciente, profesional-profesional, paciente-paciente fluida y clara. Inclusión cultural y lingüística.</p>
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos de ayuda au-ditiva en áreas de espera y consultorios para personas con pérdida auditiva. - Aplicaciones de comuni-cación alternativa en dispo-sitivos móviles para pacien-tes con dificultades de habla o comunicación. - Telesistencia y terapia virtual para aquellos que tienen dificultad para despla-zarse hasta el centro de rehabilitación. - Material informativo en múltiples idiomas y traduc-tores disponibles para pa-cientes que no hablen el idioma principal del centro. - Consideración de prácti-cas culturales que puedan afectar las preferencias o necesidades de los pacien-tes. - Lenguaje de señas y estra-tegias de comunicación efec-tiva para personas con dis-capacidad auditiva. - Conciencia y sensibiliza-ción sobre discapacidad para que el personal com-prenda y respete las diver-sas necesidades de los pa-cientes. - Atención centrada en el paciente, adaptando el en-foque terapéutico según las capacidades y preferencias individuales.
Sentido	<p><i>Tacto</i> (American Institute of Architects, 2014) (Brown D, et. al, 2021) (Choi J, Beltran L, & Kim H, 2012) (Guenther R, & Vittori G, 2008)</p>

Actividad	<i>Diseño de espacios que contemplen la movilidad universal.</i>
Recurso	<ul style="list-style-type: none"> - Rampas y pasillos amplios que permitan el tránsito fluido de personas en sillas de ruedas o con movilidad reducida. - Puertas automáticas y de mayor anchura para facilitar el acceso de camillas o sillas de ruedas. - Baños adaptados con barras de apoyo, grifos accesibles y espacio adecuado para maniobrar. - Ascensores accesibles con suficiente espacio y botones a altura adecuada para personas en silla de ruedas. - Espacios tranquilos o áreas de descanso donde los pacientes puedan relajarse en un ambiente silencioso y con iluminación suave. Iluminación regulable para evitar la incomodidad causada por luces intensas y crear un ambiente relajante. - Control de ruido para reducir el eco y el ruido ambiental en áreas comunes y consultorios, utilizando materiales de absorción sonora.

Tabla 4. Tabla de Medidas de Accesibilidad e Inclusión según los sentidos

Medida g: Materialidad Confortable

Los colores suaves y naturales, junto con materiales cálidos como la madera, se utilizan para crear un ambiente acogedor y calmante. Estas elecciones de diseño reducen el estrés y promueven un ambiente de serenidad, lo cual es especialmente importante en los espacios de rehabilitación, donde la relajación es una parte esencial del proceso de recuperación (Leather et al., 2003).

Está científicamente probado que la materialidad es otra variable en el EBD para generar atmósferas sanadoras. Ulrich (2008), establece que, decisiones tan típicas (si se le puede llamar de alguna manera) como la selección para revestimiento de pisos puede significar:

Un pequeño pero creciente cuerpo de investigación ha comparado las ventajas para los pacientes de diferentes tipos de materiales para pisos, incluidos la alfombra y materiales “duros” o brillantes, como el linóleo y el vinilo. Algunos estudios han encontrado un resultado preliminar algo sorprendente: los materiales duros no siempre superan significativamente a la alfombra en cuanto a ciertas preocupaciones epidemiológicas y condiciones ambientales relacionadas con la salud, como las tasas de infecciones hospitalarias y la presencia de bacterias en el aire (Anderson et al., 1982).

La evidencia indica que la alfombra es, a menudo, superior desde una perspectiva centrada en el paciente. Por ejemplo, los pacientes mayores caminan de manera más eficiente (con mayor longitud de paso y velocidad) y se sienten más seguros en superficies alfombradas en comparación con las de vinilo (Wilmott, 1986).

Un estudio reciente de Harris (2000) con pacientes en una unidad de telemetría encontró que los visitantes pasaban más tiempo en habitaciones con alfombra que en aquellas con piso de vinilo. Esto sugiere que la alfombra podría contribuir a mejorar los resultados de salud al aumentar el apoyo social. El estudio de Harris también mostró que la mayoría de los pacientes prefería la alfombra sobre el vinilo debido a su resistencia al deslizamiento, comodidad y reducción del ruido. Sin embargo, la mayoría del personal (83%) prefería el vinilo por la facilidad para limpiar derrames (Harris, 2000).

Medida h: Áreas de Socialización y Apoyo Emocional

La creación de áreas comunes y zonas de socialización fomenta el sentido de comunidad y apoyo entre los pacientes. Estas áreas están diseñadas para fomentar la interacción y la comunicación, permitiendo a los usuarios compartir experiencias y obtener apoyo emocional. La integración de estos espacios en el diseño contribuye al bienestar social, que es un aspecto fundamental de la recuperación. (Guenther R, & Vittori G, 2008)

El apoyo social incluye el respaldo emocional o afectivo y la asistencia tangible que una persona recibe de otros. Numerosas investigaciones científicas han demostrado que, en diversos contextos de atención sanitaria y en otros entornos (como los lugares de trabajo), las personas que reciben mayor apoyo social generalmente experimentan menos estrés y gozan de mejor salud en comparación con quienes están más socialmente aislados. Algunos estudios en contextos de salud han mostrado, por ejemplo, que el apoyo social mejora los resultados de recuperación en pacientes con infarto de miocardio y aumenta la supervivencia en pacientes con cáncer metastásico (e.g., Spiegel et al., 1989).

A pesar de que los estudios que se centran directamente en el diseño de instalaciones de salud son limitados, la evidencia de los beneficios del apoyo social en otros contextos relevantes para la salud es tan sólida que sugiere que el diseño de espacios que promuevan el apoyo social para los pacientes tiende a reducir el estrés y mejorar otros resultados (Ulrich, 1991, 1997). Estas tendencias son parte holística de estudios que han demostrado influir en el ambiente para obtener beneficios como acortar el tiempo de estancia (LoS), reducción del estrés y mejora emocional, disminución del uso de medicamentos y del dolor, entre otros, convirtiendo la experiencia del habitar en centros de rehabilitación, enriquecedora y afable.



Figura 9. Esquema de las Tendencias actuales en el diseño de centros de rehabilitación.

2.3.4 Comparación entre enfoques tradicionales y contemporáneos en el diseño de espacios de rehabilitación

Como vimos anteriormente, los espacios de rehabilitación antiguos, tomando como parámetro las tipologías a partir del renacimiento, donde los conceptos de higiene y privacidad no existían. La calidad espacial de los centros de rehabilitación no era tomada en cuenta como factor de sanación (Evans, 2005). Sin embargo, en el desarrollo humano, la naturaleza y sus elementos han sido reconocidos como “sanadores” desde tiempos antiguos. (Shan J, 2022).

En cuanto a arquitectura y espacialidad, los centros antiguos solían proveer distribución rígida, enfocándose meramente en la funcionalidad clínica, sin dar gran prioridad a la comodidad o la integración natural del entorno. Las habitaciones a menudo eran pequeñas de uso múltiple, habiendo varias personas en una sola y el diseño podía sentirse institucional y carente de personalización. (Ulrich et. al, 2008).

Sin embargo, en centros modernos gracias al EBD (diseño basado en evidencia) y enfoque neuro arquitectónico, se considera el impacto del entorno en el bienestar psicológico. Se priorizan espacios amplios, con iluminación natural y áreas verdes exteriores, lo cual se ha mostrado efectivo para mejorar la recuperación y reducir el estrés en los pacientes (Ulrich et al., 2008).

En cuanto a la materialidad, en los centros antiguos predominaban superficies frías, como baldosas de cerámica y superficies de vinilo, con el objetivo de facilitar la limpieza y desinfección. Esto daba una apariencia a menudo monótona y poco acogedora, además de que el mobiliario solía ser fijo y estándar.

En contraposición, los centros modernos incorporan materiales más cálidos y naturales, como madera y textiles acogedores, que favorecen el confort y la percepción de “hogar”. El mobiliario es ergonómico, adaptable y fácilmente movable para permitir la personalización de cada espacio según las necesidades del paciente y del equipo médico (Huisman et al., 2012).

En cuanto a tecnología, aunque es injusto comparar el avance tecnológico de siglos pasados, a pesar de sus limitaciones, cuando estaba presente, era en su mayoría básica y específica para tratamiento médico, con pocas opciones para el monitoreo remoto o la personalización.

En centros modernos, la tecnología es un componente central, con equipos avanzados de monitoreo en tiempo real y plataformas digitales que permiten personalizar y adaptar el tratamiento. Tecnologías como la realidad virtual (VR) y sensores biométricos se utilizan para controlar el progreso del paciente y ajustar el ambiente (Zhu et al., 2020). Además, algunos centros usan inteligencia artificial para crear planes de rehabilitación más efectivos. El concepto de accesibilidad e inclusión, en centros antiguos solía ser limitado, con poca consideración para personas con movilidad reducida o diferentes discapacidades. Las rampas y elevadores no eran universales y el diseño interior no siempre era inclusivo.

En centros modernos, la accesibilidad e inclusión son aspectos centrales del diseño. Los espacios están adaptados para facilitar el movimiento de personas con todo tipo de necesidades, y existen tecnologías asistidas como elevadores inteligentes y aplicaciones móviles que ayudan a los pacientes a navegar por el centro de forma autónoma (Gleeson, 2017).

Sobre el bienestar en centros antiguos, en muchos casos, el entorno se enfocaba exclusivamente en el tratamiento médico, sin priorizar el bienestar emocional o social de los pacientes. Los espacios comunes eran limitados y sin fomentar la interacción e integración social. (Nanda U, Pati D & McCurry K, 2009)

Sin embargo, al describir a través de hallazgos científicos, los centros modernos fomentan un enfoque holístico en el que el bienestar emocional es clave. Incorporan áreas comunes para socialización, jardines terapéuticos, y programas de actividades recreativas y de relajación. La disposición espacial está diseñada para maximizar el contacto visual con el entorno exterior y la exposición a la luz natural, lo cual se ha vinculado a una mejora en la recuperación y en el ánimo de los pacientes (Malkin, 2008).

Es decir, los avances han llevado a una arquitectura más noble, a políticas más humanas y a actividades más sanadoras, que hacen de estos centros, manejados correctamente, espacios de sanación y bienestar holístico. (Jamshidi S, Parker J, Hashemi S, 2020).

Marco Teórico. Estado de la Cuestión

CAPÍTULO 2.4

Efectos de la incorporación de iluminación natural en espacios de rehabilitación en los usuarios

2.4.1 Comparativa de estudios previos sobre los efectos de la iluminación natural en usuarios con necesidades de rehabilitación

La Neuroarquitectura ha aportado significancia a una gran interrogante, ¿Cómo el entorno construido impacta a las personas? La sinergia interdisciplinaria que supone este campo se ha encargado de estudiar las respuestas fisiológicas, emocionales y cognitivas para comprender la gran pregunta. Múltiples estudios se han realizado para abundar en esta respuesta tratando de abarcar ramificaciones como la importancia de la luz natural en espacios de rehabilitación. (Assem H, Khodeir L, & Fathy F, 2023)

Se ha explorado la manera en que factores como la iluminación, la acústica, el color, la textura, y el diseño espacial afectan nuestra percepción y estado de ánimo. Entre estas variables, la luz natural ha demostrado ser especialmente relevante en contextos de rehabilitación. (Higuera-Trujillo J, et. al 2019).

Dalke et al. (2006) en su estudio para mostrar las necesidades físicas que requieren las personas en centros de salud ejecutan auditorías a 20 hospitales en todo Reino Unido, estudiando el color y la iluminación en el diseño hospitalario, utilizando métodos empíricos de investigación, sugieren que,

“La calidad del diseño, el uso de luz natural y una buena iluminación artificial inspiran confianza en el entorno. Algunos accesos a las entradas de los hospitales resultaban muy inquietantes. La entrada y el vestíbulo del hospital deben ser altamente visibles desde la distancia, y el “Ingreso” debe ser evidente. Se encontró que muchas personas visitan el hospital en circunstancias emocionales extremas, y la ansiedad puede nublar su concentración; el camino hacia el hospital debe ser claro.”

En otro sentido se presenta que,

“Los pacientes requieren un entorno de calidad; deseaban ser visibles y poder ver al personal y las instalaciones clave. En términos de accesibilidad, señalización clara, indicaciones visuales y orientación sencilla resultaron esenciales para ayudar a los visitantes y pacientes que, al ingresar por primera vez al hospital, pueden estar angustiados o distraídos debido al motivo de su visita.

Sobre todo, los pacientes entrevistados afirmaron que las conexiones con el mundo exterior eran primordiales; poder ver la televisión, enviar correos electrónicos y llamar a amigos.”

En el estudio de Higuera-Trujillo et al. (2019), para la Reducción multisensorial del estrés en salas de espera pediátricas, muestran que,

“Además, las métricas neurofisiológicas permiten realizar un análisis en función del tiempo. Se ha encontrado que las fuentes de satisfacción ambiental auditiva y olfativa reducen los niveles de estrés más rápido que las fuentes visuales.”

Teniendo como variables sensaciones como el ambiente sonoro y la experiencia olfativa, donde la música podría influir de manera positiva en estos ambientes. También han desarrollado una tabla resumen recopilando en valores de importancia, los factores que arrojan tener influencia en dicho estudio.

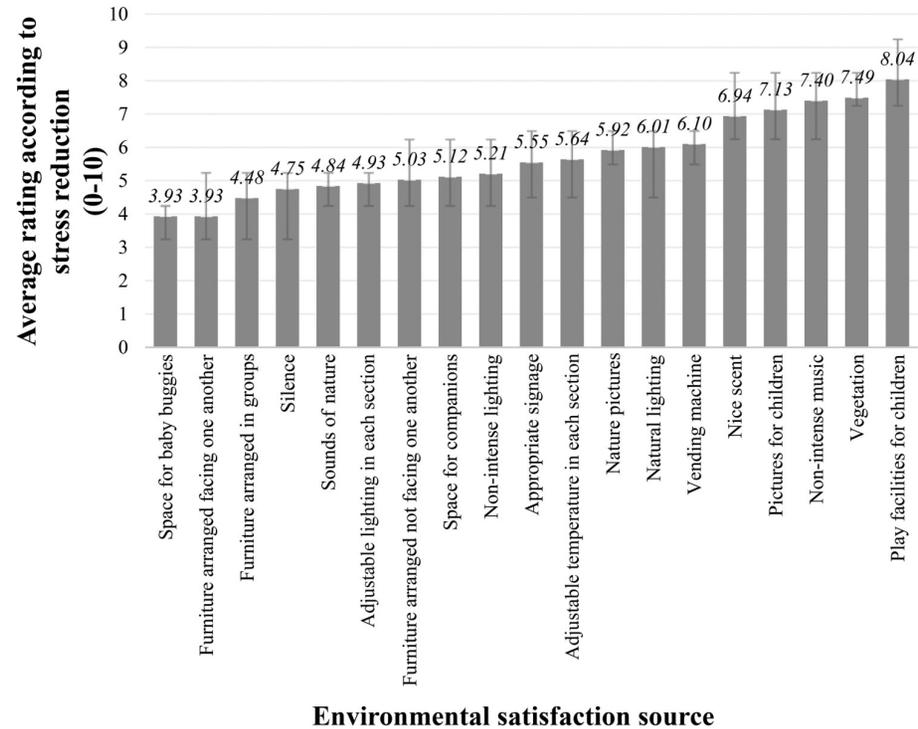


Figura 10. Gráfico Explicativo sobre factores de reducción de estrés. Rahman (2011)

El doctor en Filosofía Rahman, A (2011), en su tesis incorpora el concepto de “sky window” o ventana celestial en su traducción, presenta como conclusión de su investigación que:

“Se encontró que la integración de configuraciones de ventanas al cielo en el diseño de fachadas de hospitales es beneficiosa para lograr el efecto terapéutico de la luz natural de manera más efectiva dentro de las habitaciones de los pacientes en comparación con las configuraciones de

ventanas estándar tradicionales, tanto en los escenarios climáticos actuales como futuros. Aún existen áreas de evaluación y desarrollo en el diseño de las configuraciones de ventanas al cielo en términos de costo, mantenimiento, ganancia y pérdida de calor, ventilación, protección contra deslumbramiento y otros factores relacionados con el cambio climático, además de la luz natural (por ejemplo, temperatura y humedad relativa)”.

Son mencionadas en esta entrega, las investigaciones de Choi et al. (2012) en el Inha University Hospital, Inchon, Korea., y Walch et al. (2005) en Montefiore Hospital, New York, U.S.A.; como parte de la sustentación teórica, en donde los resultados de sus estudios arrojan respectivamente que,

“La estancia promedio de los pacientes fue entre un 16 % y un 41 % más corta en habitaciones de hospital ubicadas en orientaciones más luminosas, en la zona sureste, en comparación con la zona noroeste.”

Y,

“Los pacientes expuestos a una mayor intensidad de luz natural (46 % más) experimentaron menos estrés percibido, un poco menos de dolor, tomaron un 22 % menos de medicación analgésica por hora y los costos de medicación para el dolor fueron un 21 % menores.”

Es importante recalcar que la penetración de la iluminación natural, por sí sola, no es capaz de generar atmósferas de calma y serenidad que apoyan el proceso de sanación desde una perspectiva holística. Los espacios de rehabilitación también deben beneficiarse del uso de colores calmantes, materiales naturales y espacios con acceso visual y físico al exterior.

Dos estudios realizados en un hospital canadiense sugieren que las habitaciones de pacientes con vistas soleadas, en lugar de condiciones nubladas o sombrías, podrían estar relacionadas con resultados más favorables (Beauchemin y Hays, 1996, 1998).

El primer estudio encontró que los pacientes hospitalizados por depresión severa tuvieron estancias más cortas si se les asignaba una habitación soleada en lugar de una sin sol. La observación de que la exposición al sol alivia aparentemente la depresión puede explicar los resultados del segundo estudio, donde la mortalidad de los pacientes con infarto de miocardio fue menor en habitaciones soleadas en cuidados intensivos en comparación con las habitaciones sin sol orientadas al norte (Beauchemin y Hays, 1998).

En cuanto al personal, estudios mediante cuestionarios indican que los empleados también prefieren vistas de espacios iluminados por luz solar en lugar de condiciones nubladas.”

El doctor en Filosofía Rahman, A (2011), en su tesis incorpora el concepto de “sky window” o ventana celestial en su traducción, para referirse a una variable de ventanas, que permita la entrada de iluminación natural en la configuración espacial de habitaciones hospitalarias y genera una serie de opciones a través de modelos tridimensionales proponiendo posteriormente una guía de estrategias para la incorporación del efecto terapéutico de la iluminación natural en el diseño, recomendando:

- a. Estrategias para diseño de habitaciones de larga duración.
- b. Estrategias para el diseño de ventanas.
- c. Estrategias para el diseño de ventanas con mecanismos de protección solar.
- d. Estrategias para el diseño del ambiente exterior de las habitaciones.

Por otra parte, Yang et. al (2021), en su estudio de la iluminación natural para espacios de acogida de ancianos en Beijing. A través de cuestionarios a los adultos mayores y simulando la iluminancia del espacio a estudiar. Muestra que:

“Se puede observar que para más del 80% de los adultos mayores encuestados, su estación favorita es la primavera o el otoño, ya que tanto la temperatura del aire como la luz solar son cómodas. Casi el 90% de los adultos mayores encuestados consideran que el ambiente de luz natural en el interior es importante o muy importante, y más del 70% prefieren la iluminación natural en lugar de la iluminación artificial.

Sin embargo, cuando la luz natural no es suficiente en días nublados, el 75% de los adultos mayores encuestados piensan que la iluminación artificial es necesaria. Con respecto al entorno de iluminación natural en el dormitorio, más del 70% de los adultos mayores prefieren una posición cerca de las ventanas sin exposición directa a la luz solar, ya que esto les resulta incómodo para los ojos. Es evidente que los adultos mayores valoran y desean un entorno de iluminación natural confortable.”

Este estudio evalúa variables como la estación del año, las actividades de los usuarios, el confort visual de la iluminación y la experiencia diaria para tomar en cuenta el grado de satisfacción de los participantes de este centro.

Por último, un estudio llevado a cabo por Choi J, Beltran L, Kim H, (2011) para comprender el impacto de la Iluminación Natural en espacios interiores y su relación con el promedio de estancia en centros hospitalarios concluyen que:

“Primero, parece existir una relación significativa entre los entornos de luz diurna en interiores y la estancia promedio de los pacientes (LoS, por sus siglas en inglés) en un hospital. El 25% de los conjuntos de comparación mostraron que, en las orientaciones más luminosas, como las habitaciones ubicadas en el área sureste (SE), la LoS de los pacientes fue más corta que en el área noroeste (NW) en un rango del 16% al 41%. Además, ningún conjunto de datos mostró una LoS más corta para los pacientes en el área NW en comparación con el área SE.

En segundo lugar, el malestar visual causado por una excesiva luz diurna y el deslumbramiento puede prevenirse mediante la instalación de dispositivos de sombreado adecuados, como persianas verticales u horizontales. Al usar dichos dispositivos, la alta proporción de luminancia, la diversidad de iluminancia y el nivel de iluminancia pueden controlarse y ajustarse a los valores recomendados por CIBSE e IESNA.

En tercer lugar, los dispositivos de sombreado que pueden ser controlados por los pacientes pueden tener un efecto positivo en sus condiciones fisiológicas y psicológicas. En una investigación utilizando un modelo de simulación, se demostró que el malestar visual podría generarse momentáneamente mientras se demandaba una mayor iluminancia. Por lo tanto, un dispositivo de sombreado eficiente que pueda eliminar los factores estresantes relacionados con la iluminación, mientras mantiene un nivel adecuado de iluminancia, es crítico para el confort del paciente y aumenta su nivel de satisfacción.

Para finalizar, dependiendo del tipo de enfermedad, los beneficios fisiológicos proporcionados por la luz diurna pueden contribuir a una recuperación acelerada. Aunque este estudio no pudo identificar una reducción consistente de la LoS en el mismo pabellón, la sección de Cirugía mostró una mayor frecuencia de estancias significativamente más cortas en el área SE, con tres casos, mientras que otros tres pabellones solo tuvieron un caso cada uno.”

2.4.2 Conclusiones de las Comparativas

Para comparar de manera clara los estudios anteriormente explicados se ha generado la siguiente tabla, propuesta Rahman (2011) para sintetizar los datos obtenidos y verificar modelos de trabajo en cada una de las investigaciones presentadas.

La siguiente tabla tiene como propósito realizar una comparación de diversos factores relacionados con los estudios utilizados como base teórica para el desarrollo de la investigación principal. Entre los aspectos a analizar se incluyen las hipótesis planteadas en cada estudio, el año o período en el que fueron llevados a cabo, y las ubicaciones específicas donde se desarrollaron, ya que estas variables

pueden influir significativamente en la aplicabilidad y relevancia de los resultados.

Además, se evaluarán las variables ambientales consideradas en los estudios, tales como la iluminación natural, geografía, orientación, entre otras, dado que estas condiciones afectan tanto el confort físico como el psicológico de las personas en los espacios estudiados. (Higuera-Trujillo et. al, 2019). Asimismo, se analizarán variables psicológicas, como la percepción de bienestar, el nivel de estrés y la capacidad de concentración, y variables fisiológicas, como la frecuencia cardíaca, los patrones de sueño y los niveles hormonales, para entender de manera integral cómo interactúan los entornos con las respuestas humanas.

Finalmente, se pondrá especial atención en las conclusiones o hallazgos destacados en cada estudio, utilizándolos como una referencia crítica para orientar el diseño y la implementación del experimento piloto planteado en este trabajo. Este enfoque permitirá identificar tendencias comunes, posibles limitaciones y oportunidades de mejora, lo cual enriquecerá el marco conceptual y metodológico de la investigación principal. Con esta comparación, se busca establecer una base sólida y fundamentada para generar aportes significativos al diseño de espacios que optimicen el bienestar de los usuarios en contextos similares.

	AUTORES	HIPÓTESIS	AÑO	UBICACIÓN
CASO A	Hilary Dalke, Jenny Little, Elga Niemann, Nilgun Camgoz, Guillaume Steadman, Sarah Hill, Laura Stott	Color e iluminación en el diseño hospitalario	2006	Auditoría a 20 hospitales en Reino Unido
CASO B	Juan Luis Higuera, Carmen Llinares, Antoni Montaña, Juan Carlos Rojas	Reducción del estrés multisensorial: Estudio Neuro Arquitectónico en salas de espera pediátricas	2019	Auditoría a 20 salas de espera en la Comunidad Valenciana, España.
CASO C	Hui Yang, Baoxia Guo, Yanzhuo Shi, Chen Jia, Xiaoyan Li, Fang Liu	Entorno de luz natural interior en un hogar de ancianos en Pekín	2021	Hogar de ancianos en Pekín, China
CASO D	Joon-Ho Choi, Liliana O. Beltran, Hway-Suh Kim	Impactos de los entornos de luz natural interior en la estancia promedio de los pacientes (LoS) en una instalación de atención médica.	2011	Hospital General en Incheon, Korea,

Tabla 5. Tabla Comparativa Resumen de estudios Seleccionados

V. AMBIENTALES	V. DEMOGRÁFICAS	V. FISIOLÓGICAS	V. PSICOLÓGICAS	CONCLUSIONES
<ul style="list-style-type: none"> 1.Ubicación 2.Iluminación 3.Espacialidad 4.Color 5.Materials 	Edad	1.Estancia promedio de los pacientes	<ul style="list-style-type: none"> 1.Cognición Espacial 2.Impacto Emocional 	Los pacientes requieren un entorno de calidad; deseaban ser visibles y poder ver al personal y las instalaciones clave. La señalización clara, indicaciones visuales y orientación sencilla resultaron esenciales para ayudar a los visitantes y pacientes que, al ingresar por primera vez al hospital, pueden estar angustiados o distraídos debido al motivo de su visita.
<ul style="list-style-type: none"> 1.Iluminación 2.Espacialidad 3.Sonidos y olores ambientales 	Edad Género	EDA HRV EEG	1.Estrés	<p>Se ha encontrado que las fuentes de satisfacción ambiental auditiva y olfativa reducen los niveles de estrés más rápido que las fuentes visuales.</p> <p>Teniendo como variables sensaciones como el ambiente sonoro y la experiencia olfativa, donde la música podría influir de manera positiva en estos ambientes.</p>
<ul style="list-style-type: none"> 1.Iluminación Natural 2.Iluminación Artificial 3.Actividades físicas 4.Estaciones del año simuladas 	Edad Género	---	<ul style="list-style-type: none"> 1.Confort Visual 2.Autonomía IN 3.Factor IN 	La mayoría de las personas mayores prefieren terrazas acristaladas con techos a cielo abierto, donde se puede lograr una iluminación más intensa y horas de luz diurna más largas. Por lo tanto, al diseñar residencias de ancianos, se debe considerar una sala de actividades con suficiente luz natural y, si es posible, un tragaluz puede ser una buena opción.
<ul style="list-style-type: none"> 1. Estaciones del Año 2.Diversidad de Iluminancia 3.Ratio de Ilumina-ción 4.Orientación de los dormitorios 5. Posición de la ventana 	---	1.Estancia promedio de los pacientes	1.Confort Visual	La estancia promedio en habitaciones más luminosas por su orientación fueron menores que su alternativa contraria. La instalación de mecanismos para controlar la incidencia de IN es necesaria para el confort visual. La sensación de control sobre estos dispositivos dotan al usuario de autonomía, factor importante para la recuperación.

Tabla 5. Tabla Comparativa Resumen de estudios Seleccionados

Marco Experimental

CAPÍTULO 3

Iluminación Natural en Espacios de Rehabilitación

3.3.1 Introducción

La estrategia utilizada por Rahman (2011) para analizar los beneficios de la iluminación natural en pacientes se fundamenta en el estudio del concepto de “Ventana Alta” en el contexto climático de Londres. Este enfoque pone en relieve la importancia de variables como la ubicación geográfica (longitud y latitud), el clima (considerando variaciones entre soleado, nublado, ventoso y lluvioso) y la orientación (norte-sur, este-oeste). También se examinan aspectos arquitectónicos específicos, como el grado de angulación de la ventana, que inciden en la cantidad y calidad de luz natural que penetra en los espacios interiores de los centros de salud.

La iluminación natural en entornos de salud, particularmente a través de ventanas altas, tiene efectos significativos en el bienestar psicológico y fisiológico de los pacientes. Estudios previos han demostrado que la luz natural puede reducir la duración de la estancia hospitalaria y mejorar los estados de ánimo en pacientes, especialmente en aquellos que experimentan enfermedades relacionadas con la salud mental, como la depresión (Beauchemin y Hays, 1996). Este tipo de iluminación también facilita la regulación del ritmo circadiano, ayudando a los pacientes a mejorar la calidad del sueño, un factor crítico en la recuperación y el bienestar general (Van Hoof et al., 2010).

En el marco de esta investigación, se propone un experimento piloto en un entorno controlado (una habitación en un centro de rehabilitación) con cuatro configuraciones distintas de entrada de luz natural. Estas configuraciones pretenden imitar la misma condición de iluminación que puede observarse dependiendo de la orientación y del ángulo de la ventana. En cada configuración, los participantes serán expuestos a imágenes que simulen estas condiciones de luz, y posteriormente responderán a una serie de preguntas diseñadas para evaluar sus respuestas subjetivas a la luz en cuanto a confort, estado de ánimo y percepción del ambiente.

Este tipo de enfoque metodológico, inspirado en el diseño basado en evidencia (*Evidence-Based Design*), facilita la comprensión de cómo las variaciones en la iluminación natural pueden impactar el bienestar de los pacientes y guiar decisiones arquitectónicas basadas en datos empíricos (Ulrich, Zimring, et al., 2008). La luz natural no solo mejora el confort visual, sino que también puede reducir la ansiedad y promover un estado psicológico positivo, lo cual es especialmente importante en contextos de rehabilitación (Choi et al., 2012).

3.1.2 Experimento Piloto

Las habitaciones en centros de rehabilitación pueden convertirse en los espacios de mayor estancia de acuerdo a las horas de ocupación que demandan. Los periodos de estancia (LoS) está demostrado en tener influencia en la calidad espacial que estos presentan.

Para la definición del espacio controlado se toma como directriz de diseño los Health Building Notes, HBN-01 y HBN-03 del Servicio Nacional de Salud (NHS) , extrayendo las medidas de implementación para el diseño computarizado espacial, donde se tome en cuenta:

a. *Medidas de seguridad*: Las habitaciones deben evitar cualquier elemento que pueda representar un riesgo, como bordes filosos o superficies duras. Además, se debe asegurar que las ventanas sean inastillables y se puedan asegurar.

b. *Flexibilidad y adaptabilidad*: Las habitaciones están diseñadas para adaptarse a diferentes niveles de supervisión y atención, con elementos como camas ajustables y puntos de acceso para el equipo médico.

c. *Iluminación y control de estímulos*: Debe haber un sistema de iluminación adaptable y control de estímulos sensoriales para reducir el estrés y la ansiedad en pacientes.

d. *Tamaño y disposición*: Las habitaciones de salud mental suelen ser más amplias, con al menos 18 m² para permitir mayor espacio y evitar la sensación de confinamiento.

e. *Espacialidad y privacidad*: Todas las habitaciones deberán ser para una persona con facilidades en-suite.

f. *Imagen exterior*: Todas las áreas para usuarios deben tener vista exterior, preferiblemente a jardines o áreas verdes manteniendo la necesidad de privacidad, para reducir la sensación de aislamiento que puede conducir a efectos negativos en la recuperación.

Sabiendo esto, se propone un escenario base en el que se implementarán cuatro variantes de acceso a iluminación natural acorde a las premisas de, espacio restaurado, ventana, muro cortina y muro cortina con fachada ventilada. Los cuales se prevén como probabilidades de elección de diseño de fachada.

Para mayor asertividad del estudio se propone recrear el modelo en la ciudad de Valencia, entendiendo

sus condiciones climáticas y georeferenciando el modelo digital con las coordenadas 39.4729461669922, -0.353930234909058 para que coincida con la realidad.

Para ello se utilizó la herramienta para georreferenciar de Revit 2024 de la suite de Autodesk y Lumion 11.2 como programa de renderizado para la generación de las imágenes 2D del ambiente virtual presentado. La georreferenciación en Revit permite asignar coordenadas geográficas precisas al modelo, lo que asegura que esté correctamente ubicado en relación con su entorno real. Esta capacidad es esencial para realizar análisis solares precisos y otros estudios ambientales, ya que permite:

a. *Simulación de trayectorias solares:* Al introducir la latitud, longitud y orientación del proyecto, el programa puede simular con precisión el recorrido del sol a lo largo del día y el año. Esto es crucial para analizar cómo la luz natural interactúa con los espacios diseñados.

b. *Estudios de iluminación natural:* La ubicación geográfica, combinada con herramientas de análisis, permite evaluar la incidencia de la luz solar en diferentes áreas del edificio. Esto es útil para optimizar la captación de luz natural y reducir la dependencia de la iluminación artificial.

c. *Adaptación climática:* La georreferenciación facilita la incorporación de datos climáticos específicos del sitio, lo que permite ajustar el diseño para responder mejor a las condiciones locales, como temperaturas, viento y radiación solar.

Aunque la virtualidad pueda llegar a ser lo más exacta posible, siempre habrá una dificultad en estudios de iluminación natural y es la creación de un entorno virtual lo suficientemente realista como para romper esa barrera espacial (Loomis et al. 1999).

En este trabajo, se proponen utilizar imágenes bidimensionales como medio preliminar para entender la pregunta esencial de esta investigación. Siendo un medio validado por investigaciones previas. (Chamilothori, 2019).

Los escenarios generados para la experimentación se presentan a continuación:

Escenario A

Ubicación:

**Valencia, España; 39.4729461669922,
-0.353930234909058**

Metraje cuadrado:

25m²

Altura piso-cielo raso:

2.30m

Orientación:

Este-Oeste

Tipología de abertura:

**Lateral, ventana con arcos características
de edificios antiguos de carácter clásico.**

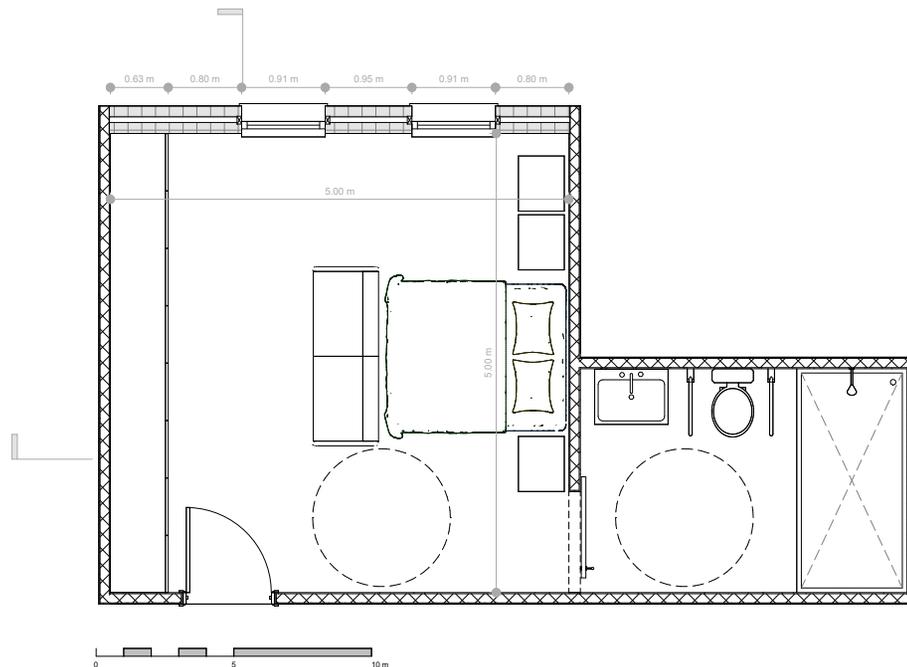


Figura 11. Planta Entorno Generado A

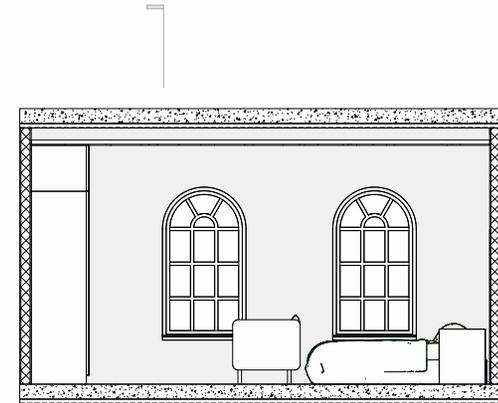


Figura 12. Sección L Entorno Generado A

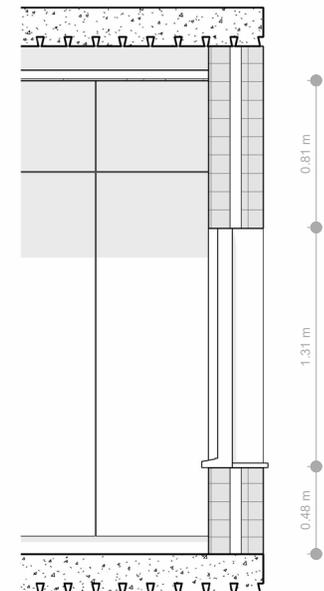


Figura 13. Sección T Entorno Generado A

Escenario B

Ubicación:

**Valencia, España; 39.4729461669922,
-0.353930234909058**

Metraje cuadrado:

25m²

Altura piso-cielo raso:

2.30m

Orientación:

Este-Oeste

Tipología de abertura:

Lateral, Ventana típica de 1.20m x 1.80m

Alféizar: 0.80m

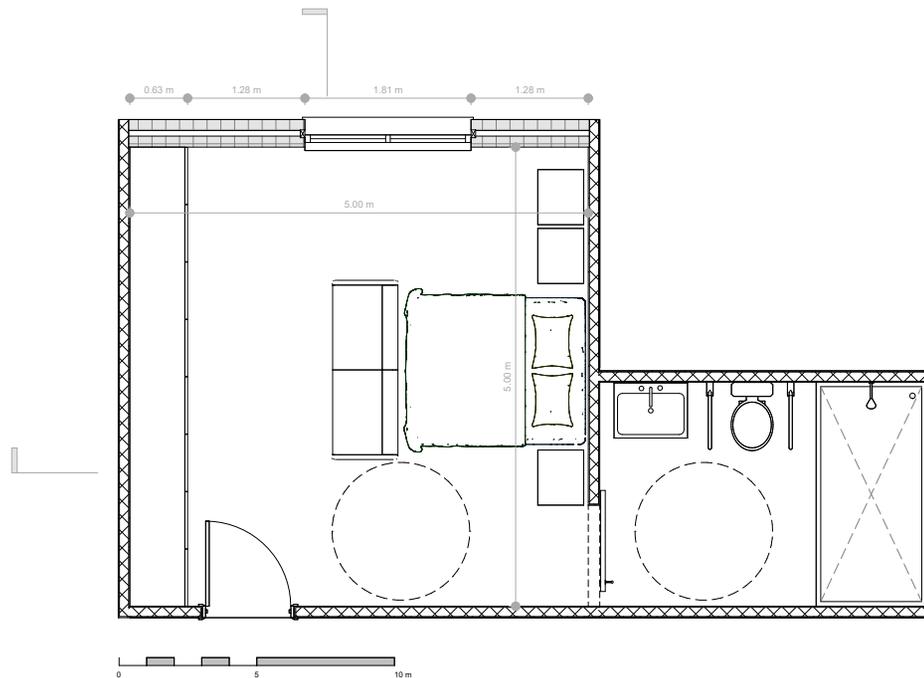


Figura 14. Planta Entorno Generado B

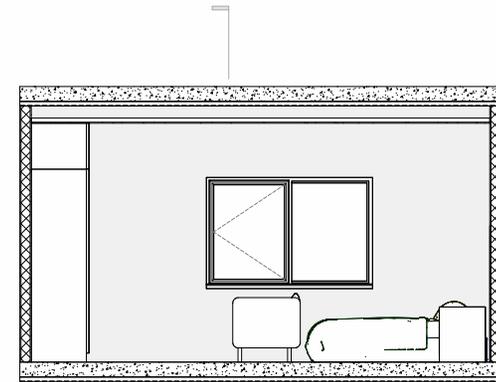


Figura 15. Sección L Entorno Generado B

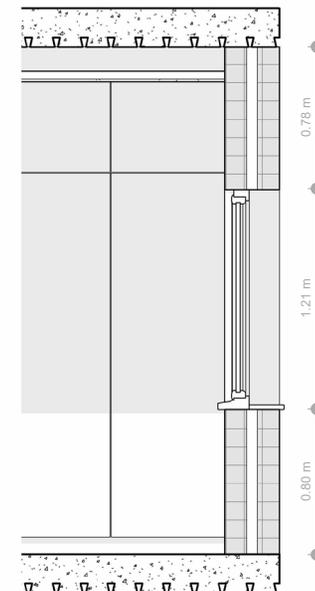


Figura 16. Sección T Entorno Generado B

Escenario C

Ubicación:

**Valencia, España; 39.4729461669922,
-0.353930234909058**

Metraje cuadrado:

25m²

Altura piso-cielo raso:

2.30m

Orientación:

Este-Oeste

Tipología de abertura:

Lateral, Muro cortina h: 2.10

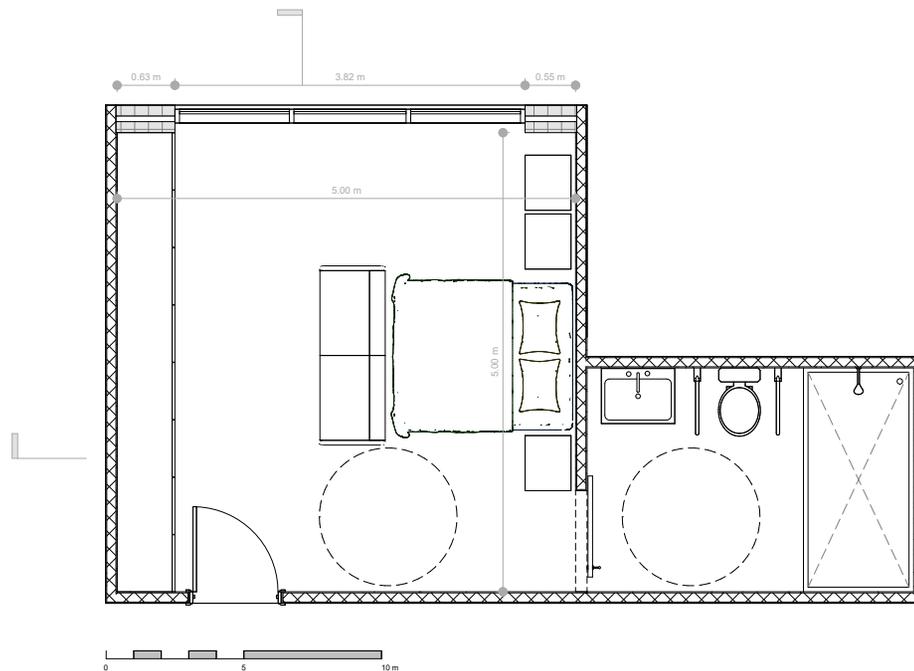


Figura 17. Planta Entorno Generado C

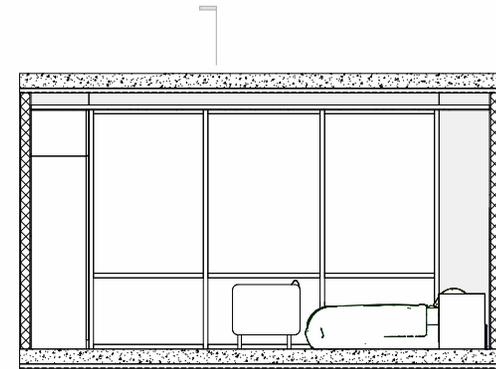


Figura 18. Sección L Entorno Generado C

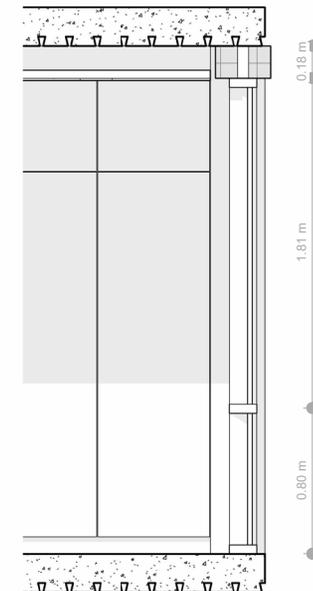


Figura 19. Sección T Entorno Generado C

Escenario D

Ubicación:

**Valencia, España; 39.4729461669922,
-0.353930234909058**

Metraje cuadrado:

25m²

Altura piso-cielo raso:

2.30m

Orientación:

Este-Oeste

Tipología de abertura:

Lateral, Muro cortina h: 2.10 + Fachada Ventilada

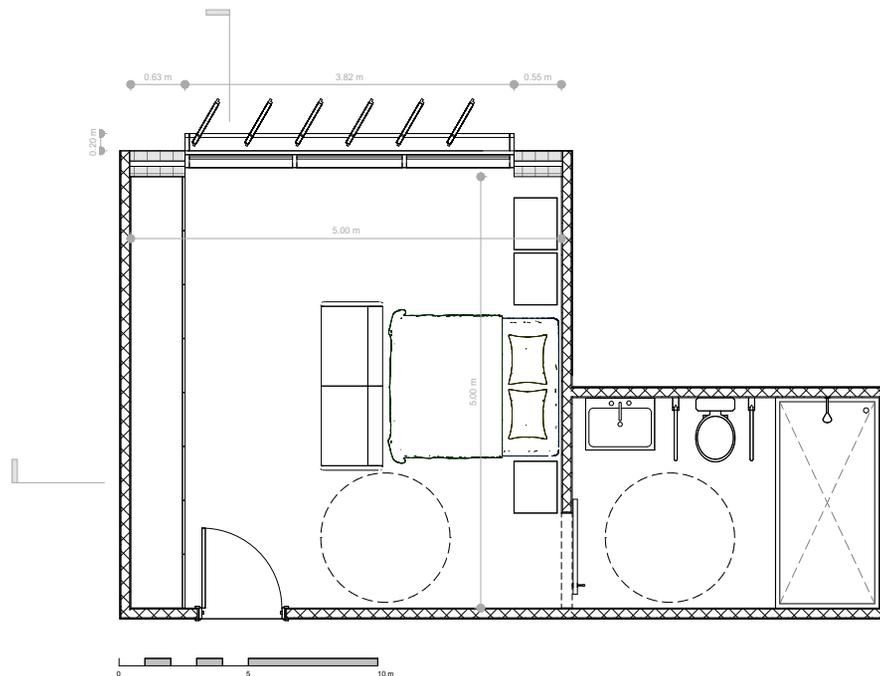


Figura 20. Planta Entorno Generado D

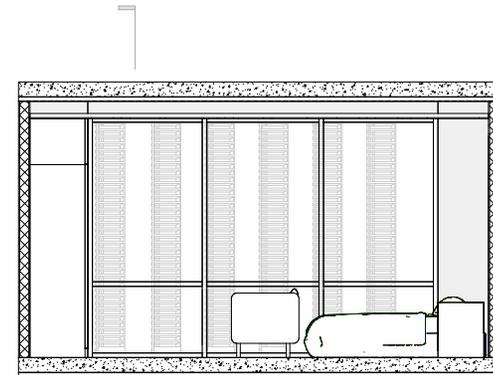


Figura 21. Sección L Entorno Generado D

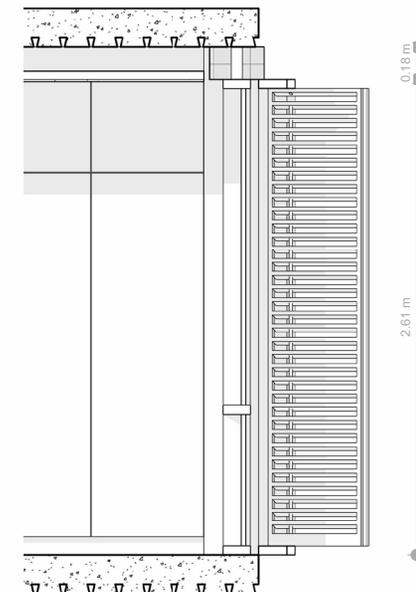


Figura 22. Sección T Entorno Generado D

3.1.3 Limitaciones y alcances

Idealmente, al utilizar la realidad virtual (VR), los investigadores pueden medir y analizar las reacciones del cuerpo y del cerebro de individuos que están inmersos y caminando en entornos controlados y diseñados. Esto es especialmente relevante dado que numerosos textos de arquitectura sugieren la importancia del movimiento para la percepción y las emociones. (Medhat H, Khodeir L, Fathy F, 2023). Sin embargo, estudios han probado que para fines de sensaciones, percepción y estímulos entre los enfoques bidimensional (que se utilizará en esta investigación) y el tridimensional (provisto por VR). (Baños et al. 2008; Cauwerts and Bodart 2011)

Al tratarse de un trabajo fin de máster, se plantea un experimento piloto con el que se pueda evaluar la hipótesis de la incidencia de luz solar en centros de rehabilitación en un espacio controlado. De la misma manera y por razones ajenas al período de tiempo establecido para el desarrollo, se ha optado por un enfoque empírico que puede fungir como base para estudios científicos en laboratorios de neuroarquitectura con herramientas de realidad virtual y medidores fisiológicos y biométricos.

3.1.4 Descripción Geográfica y Ambiental del Objeto de Estudio

La misión principal de este estudio es entender la importancia de la incidencia de la iluminación natural en espacios de rehabilitación. Dicha premisa debe ser aplicable en todo el mundo, hasta el punto de que en Oslo se está experimentando la manera en cómo replicar en interiores condiciones de IL Taques et. al (2022). Aun así, para replicar fenómenos de orientación e iluminancia, se ha tomado en cuenta para el modelo virtual la ciudad de Valencia como constante en las imágenes creadas (Khalili, 2021) en Revit y Lumion.

A grandes rasgos podemos resumir las medidas climáticas de la siguiente manera. Rahman (2001) para la Comunidad Valenciana (Agencia Estatal de Meteorología). En su estudio, Miró et.al (2016):

“Las condiciones bioclimáticas de Valencia, España, se ven principalmente afectadas por su clima mediterráneo, que se distingue por temperaturas bajas en la costa y diferencias más notables en el interior. Valencia exhibe un clima mediterráneo subtropical en áreas litorales y mediterráneo-continental en zonas montañosas e interiores, lo que conlleva inviernos de moderada intensidad y veranos calurosos con patrones de lluvias irregulares. Esta zona sufre cambios considerables debido a su intrincada geografía, la cual causa diferencias climáticas entre sus montañas y planicies costeras.

En cuanto a la temperatura, los promedios anuales oscilan entre los 15°C y 18°C, con registros

más altos en zonas interiores de alta altitud. Las lluvias también presentan diferencias; en la región montañosa del norte se vive un clima subhúmedo con hasta 800 mm de precipitación anual, en cambio, en el sur predomina un clima semiárido con menos de 300 mm anuales. La diversidad en la altitud geográfica también influye en la bioclimatología local, creando microclimas particulares y promoviendo la conservación de especies autóctonas en zonas montañosas de gran importancia ecológica, como la Sierra Mariola y el Parque Natural de la Tinença de Benifassà.”

Mes	M. Asoleamiento (horas/día)	Temperatura Media (°C)	Humedad Relativa	Precipitación Media (l/m2)
Octubre 2023	9	19 °C	70%	7.1 l/m2
Noviembre 2023	9	14.3 °C	60%	2.5 l/m2
Diciembre 2023	9	10.3 °C	65%	3.7 l/m2
Enero 2024	6	10.8 °C	70%	20.3 l/m2
Febrero 2024	9	11.8 °C	65%	11.9 l/m2
Marzo 2024	8	12.7 °C	65%	36.3 l/m2
Abril 2024	12	14.6 °C	60%	10.0 l/m2
Mayo 2024	12	17.9 °C	55%	13.5 l/m2
Junio 2024	13	21.5 °C	70%	61.8 l/m2
Julio 2024	14	25.7 °C	60%	9.4 l/m2
Agosto 2024	12	25.8 °C	70%	19.4 l/m2
Septiembre 2024	9	20.8 °C	70%	75.5 l/m2

Tabla 6. Datos climatológicos de Valencia. Aemet (2024)

En invierno, el sol alcanza un ángulo de inclinación menor (alrededor de 25° en el solsticio de invierno), mientras que en el verano este ángulo es mucho mayor, alcanzando alrededor de 72° en el solsticio de verano. Esto genera sombras más largas en invierno y más cortas en verano.

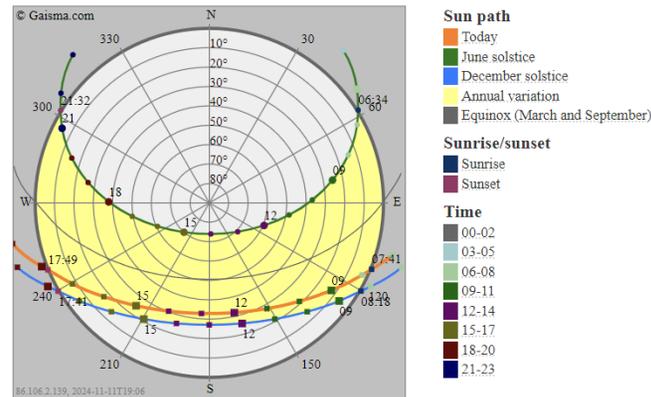


Figura 23. Carta Solar Valencia. Gaisma (2024)

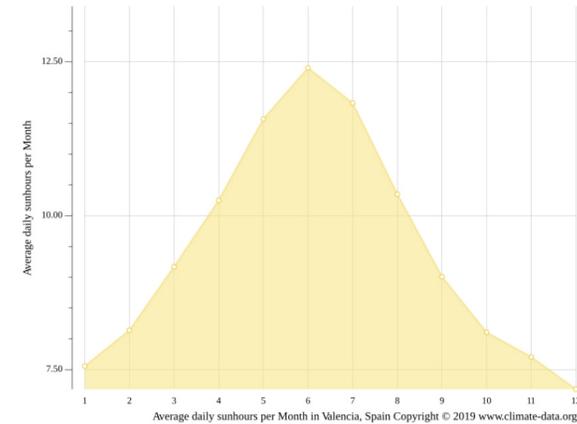


Figura 24. Gráfico horas solares Valencia. Climate Data (2024)

Al ser una ciudad cuyo clima soleado es constante, se ha tomado como parámetro orientar las habitaciones este-oeste, colocando la abertura en el norte para un control de la incidencia evitando sobre exposiciones.

3.1.5 Selección de la Muestra

Tras una revisión de varios estudios relacionados a espacios hospitalarios, (Rahman 2011):

“Se encontró que los efectos de la luz natural en la mejora clínica se han analizado en diferentes grupos de usuarios como, pacientes de cirugía de tiroidectomía, apendicectomía, ginecología, hemorroidectomía, otorrinolaringología, ortopedia y cirugías de columna cervical y lumbar, sin criterios particularmente claros para la selección de muestra específica.

Las posibles razones identificadas, luego de analizar el contexto de cada investigador, incluyen la disponibilidad de datos y la facilidad de acceso a los hospitales y datos clínicos. Investigaciones más exhaustivas (por ejemplo, Park, 2006; Walch et al., 2005 y Ulrich, 1984) eligieron pacientes quirúrgicos como muestra de sus estudios. En la mayoría de los casos, los pacientes de cirugía deben seguir un procedimiento médico estandarizado antes y después de la operación.

Generalmente, los pacientes quirúrgicos se encuentran en condiciones fisiológicas comparables tras la cirugía al regresar a las salas desde la unidad de cuidados postoperatorios, lo que facilita la comparación del impacto de elementos terapéuticos en pacientes con un estado de salud similar.”

Idealmente, al tratarse este trabajo de espacios de rehabilitación, más que espacios propiamente mencionados en el texto citado. La muestra debería estar relacionada con pacientes que hayan sido usuarios de centros de internamiento para la salud mental, como parámetro principal de la selección. Para establecer un modelo confiable, en este estudio los siguientes criterios de selección, se implementarían para la elección de la muestra:

- a. Tomar una población de pacientes uniforme (por ejemplo, pacientes que se someten o hayan habitado espacios de rehabilitación previamente).
- b. No seleccionar una muestra de una enfermedad particular entendiendo que los espacios deben ser democráticos y que la decisión de generar calidades distintas debe estar basado en evidencia y en las experiencias de profesionales de la salud mental.
- c. Asegurar que los pacientes seleccionados sigan un procedimiento de tratamiento estándar.
- d. Seleccionar personas que no hayan estado por más de un año en internamiento.

Sin embargo, por razones de tiempo y burocracia, se han escogido participantes jóvenes, de edades inferiores a los 35 años y que no han sido diagnosticados con alguna afección mental como prueba piloto para posible implementación futura en experimentaciones sucesivas.

3.1.6 Selección de las Variables a estudiar

Para desarrollar un análisis detallado sobre el impacto de las condiciones espaciales en habitaciones hospitalarias, se seleccionaron variables específicas orientadas a medir el efecto de la luz natural y la disposición espacial en la percepción del usuario. La investigación se centra en el diseño de una habitación de características simples: paredes blancas para maximizar la percepción de luz, mobiliario mínimo para reducir distracciones y sin fuentes de luz artificial, a fin de que el único elemento de variación sea el diseño de las aperturas en el muro orientado hacia una explanada verde.

- a. *Sensación de Confort*: Evaluar la sensación de confort es esencial, ya que este elemento

está directamente relacionado con la satisfacción del paciente y su bienestar psicológico (Ulrich, 1984). La luz natural desempeña un papel importante en la reducción de niveles de estrés, contribuyendo a una recuperación más rápida y mejorando la percepción de comodidad en el espacio hospitalario (Andrade et al., 2017).

b. Sensación de Seguridad: La percepción de seguridad en una habitación hospitalaria es fundamental, pues ambientes que carecen de iluminación adecuada o de una vista clara pueden inducir ansiedad en los pacientes (Dijkstra et al., 2006). En este caso, se evalúa cómo el tipo y tamaño de las aperturas afecta la percepción de seguridad, asumiendo que la visibilidad hacia el exterior y la entrada controlada de luz pueden influir en la percepción de protección.

c. Privacidad: La privacidad es otro factor crítico, ya que influye en el sentido de dignidad y en el bienestar del paciente (Harris, 2000). Las aperturas o ventanas en la habitación deben estar diseñadas para ofrecer una vista sin comprometer la intimidad del usuario. La investigación busca medir cómo las características espaciales pueden equilibrar el acceso a luz natural y vistas exteriores sin generar sensación de exposición.

d. Claridad de la Visión al exterior: Las vistas al exterior juegan un rol terapéutico demostrado, especialmente en el ámbito hospitalario. Los pacientes expuestos a vistas de vegetación tienden a experimentar mejoras en su estado anímico y una recuperación más rápida (Ulrich et al., 2008). La claridad de la vista desde la habitación será evaluada en términos de cómo el diseño de las aperturas permite o limita la interacción visual con la explanada verde.

e. Ratio de Apertura para Entrada de Luz Natural: La proporción de apertura en los muros orientados al exterior es fundamental para asegurar una cantidad de luz natural adecuada sin comprometer el confort térmico ni visual (Boyce, 2014). Se estudiará cómo diferentes ratios de apertura afectan la intensidad y distribución de la luz, considerando factores como orientación y tamaño de los huecos. Este análisis permitirá establecer recomendaciones para optimizar el acceso a luz natural, elemento clave en la promoción del bienestar y en la eficiencia energética de los espacios hospitalarios.

Este enfoque permite un análisis detallado del impacto de las variables espaciales en la percepción de confort y bienestar del usuario, aportando datos valiosos para futuras mejoras en el diseño de espacios de salud.

3.1.7 Cuestionario Implementado

Para la evaluación de esta experiencia en las habitaciones de centros de rehabilitación en términos de calidad, confort y satisfacción del usuario estudiado, se han tomado como referencia los cuestionarios validados de:

- a. *Patient Room Environment Quality (PREQ)*: Este, permite evaluar variables de calidad del entorno en habitaciones hospitalarias, incluidos factores ambientales, comodidad, seguridad, privacidad y control percibido sobre el entorno. Porcel, M., Pati, D., y col. (2016).
- b. *Healthcare Environmental Quality Assessment (HEQ)*: Evalúa dimensiones específicas de los entornos de salud, incluyendo iluminación, ruido, temperatura y limpieza, además de otros factores como orientación y acceso a vistas exteriores. Ulrich, R. S., Zimring, C., et al. (2008).
- c. *Patient Satisfaction With Hospital Room (PSHR)*: mide la satisfacción de los pacientes con el diseño de las habitaciones, cubriendo áreas como el control de iluminación, ventilación, comodidad del mobiliario, y privacidad. Andrade, C. C., y Devlin, A. S. (2015).
- d. *Patient Room Lighting Quality (PRLQ)*: Se centra en evaluar la calidad de la iluminación en las habitaciones de los pacientes, examinando aspectos como la cantidad, el tipo y la distribución de la luz, así como la capacidad de control sobre la misma. Veitch, J. A., Galasiu, A. D. (2012).
- e. *Hospital Consumer Assessment of Healthcare Providers and Systems (HCAHPS)*: este cuestionario incluye ítems relacionados con la calidad percibida de la habitación y el entorno, ayudando a vincular la calidad del espacio físico con la experiencia general de los pacientes. Centers for Medicare & Medicaid Services (CMS).
- f. *Patient-Reported Outcomes Measurement Information System (PROMIS)*: se puede utilizar para explorar cómo factores del ambiente de la habitación afectan el bienestar físico y emocional de los pacientes. Cella, D., Gershon, R., et al. (2007).
- g. *WHO Quality of Life-BREF (WHOQOL-BREF)*: Es útil para comprender cómo el entorno de la habitación afecta la calidad de vida del paciente. Organización Mundial de la Salud (2004).

Cuestionario implementado de carácter cualitativo para evaluar el confort en los dormitorios generados para un centro de rehabilitación x con la finalidad de analizar los efectos en el LoS de los usuarios.

DATOS PERSONALES

Nombre del Participante:

Edad del Participante:

Sexo del Participante

Nacionalidad del Participante:

¿Ha necesitado alguna vez acompañamiento de un profesional de la salud mental?

¿Ha sido diagnosticado con algún trastorno de salud mental?

¿Ha sido internado por algún trastorno de sa-lud mental?

En caso de ser afirmativa la pregunta anterior, ¿Por cuánto tiempo?

POR FAVOR, RESPONDA CADA PREGUNTA PENSANDO EN SU EXPERIENCIA EN ESTA HABITACIÓN HOSPITALARIA. UTILICE LA ESCALA DE 1 A 5, SIENDO:

1 = Muy insatisfecho 2 = Insatisfecho 3 = Neutral 4 = Satisfecho 5 = Muy satisfecho

Interrogante	1	2	3	4	5
1. ¿Qué tan fácil imaginas que sería orientarte y encontrar lo necesario dentro de esta habitación?					
2. ¿Te provoca seguridad las condiciones de iluminación en este momento del día?					
3. Si cambiamos la escena a una nocturna ¿Te provocaría seguridad las condiciones de iluminación en este momento del día?					
4. ¿La distribución del mobiliario te permite movilizarte libremente y sin obstáculos?					
5. Esta opción, ¿Te brinda privacidad suficiente?					

Interrogante	1	2	3	4	5
6. ¿Te sientes cómodo/a con el espacio personal en la habitación?					
7. ¿Considerarías que esta opción contribuiría a tu descanso y recuperación?					
8. ¿Consideras que es necesario algún elemento privativo, como persianas, cortinas y/o estores para protegerte del deslumbramiento?					
9. ¿La luz natural que entra a la habitación es suficiente durante el día?					
10. ¿Desearías que esté la posibilidad de ajustar la iluminación según tus preferencias?					
11. ¿Qué tan satisfecho/a se siente con el entorno general de su habitación?					
12. ¿Consideras que el diseño y las condiciones de la habitación influyen positivamente en su bienestar emocional?					
13. ¿Siente que la habitación le ofrece una experiencia satisfactoria en cuanto a confort y calidad de vida durante su estancia?					

En esta segunda sección del cuestionario, el usuario debe valorizar cada opción presentada por separado sin ser contaminado previamente, sino que van descubriendo las alternativas según se vaya completando el cuestionario, esto se implementa como una forma de evaluar las respuestas dependiendo de la percepción que cada participante trae previamente haciendo referencia a la teoría ecológica de la percepción por James Gibson (1979) que postula que el cerebro es capaz de dar respuesta a estímulos con la información que el propio ambiente le provee.

Y POR ÚLTIMO, DESTAQUE LOS ADJETIVOS QUE MEJOR DESCRIBA CADA OPCIÓN:

ESTANCIA A		ESTANCIA B		ESTANCIA C		ESTANCIA D	
Eficiente en Iluminación Natural	Deficiente en Iluminación Natural	Eficiente en Iluminación Natural	Deficiente en Iluminación Natural	Eficiente en Iluminación Natural	Deficiente en Iluminación Natural	Eficiente en Iluminación Natural	Deficiente en Iluminación Natural
Fría	Calurosa	Fría	Calurosa	Fría	Calurosa	Fría	Calurosa
Visión Agradable	Visión Desagradable						
Paz	Intranquilidad	Paz	Intranquilidad	Paz	Intranquilidad	Paz	Intranquilidad
Cómoda	Incómoda	Cómoda	Incómoda	Cómoda	Incómoda	Cómoda	Incómoda
Equilibrada	Desequilibrada	Equilibrada	Desequilibrada	Equilibrada	Desequilibrada	Equilibrada	Desequilibrada
Íntima	Pública	Íntima	Pública	Íntima	Pública	Íntima	Pública
Amplia	Reducida	Amplia	Reducida	Amplia	Reducida	Amplia	Reducida

Tabla 7. Tabla resumen de la sección 3 del cuestionario implementado

En la tercera sección del cuestionario, donde de igual manera se responde por cada estancia, los participantes seleccionarán el adjetivo que mejor describa la imagen presentada. Aquí no solo se evalúa la IN, sino más aspectos que deben tomarse en cuenta para la toma de decisiones al diseñar.

En la última sección del cuestionario se muestran simultáneamente a los participantes las cuatro estancias de forma que, con la información previa vista por completo, los mismos puedan evaluar o reevaluar sus decisiones mediante la última sección del cuestionario que implica una respuesta de desarrollo.

YA CONOCIENDO TODAS LAS OPCIONES QUE PERMITEN LA ENTRADA DE ILUMINACIÓN NATURAL AL ESPACIO GENERADO. ¿EN CUÁL DE ELLAS ENTIENDES QUE LA RECUPERACIÓN SERÍA DE MAYOR CALIDAD Y EFICIENTE?

3.1.8 Análisis de la data

El diseño experimental incluyó la exposición de los participantes a diferentes imágenes simuladas de habitaciones con variaciones en la apertura de las ventanas que permiten la incidencia de luz natural en el ambiente. Para la muestra de la data recopilada a través del cuestionario anterior, se desglosa en tres etapas:

a. Etapa muestral: En esta etapa se llevó a cabo la categorización exhaustiva de las características de la población participante con el objetivo de establecer un perfil detallado que permita un análisis más preciso y significativo de los datos obtenidos. Se consideraron variables clave como el sexo, la edad, el lugar de procedencia y la experiencia previa de haber requerido asistencia de un profesional de la salud mental.

La variable de sexo, donde el 40% de los participantes son hombres y el 60% mujeres, permite identificar posibles diferencias en la percepción de los entornos en función del género, mientras que la edad, donde el 40% se encuentran en el rango de 18 a 25 años y el 60% pertenece a edades entre 26 y 30 años, se utiliza para clasificar a los participantes en rangos etarios que podrían influir en sus respuestas debido a las etapas de desarrollo cognitivo y emocional.

La procedencia geográfica, donde un 50% proviene de la República Dominicana, un 30% de Colombia, 10% de Ecuador y 10% de Argentina, ayuda a evaluar si factores culturales o contextuales podrían influir en las percepciones y comportamientos observados, brindando una perspectiva más amplia sobre las preferencias y necesidades individuales.

Finalmente, se incluyó la variable relacionada con la asistencia previa a un profesional de salud mental, donde para este experimento piloto la proporción fue del 50% para casos afirmativos y negativos, para explorar si las experiencias previas con tratamientos psicológicos o psiquiátricos podrían impactar en la valoración de los espacios analizados.

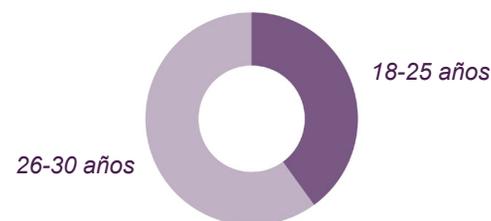


Figura 25. Gráfico Edad



Figura 26. Gráfico Sexo

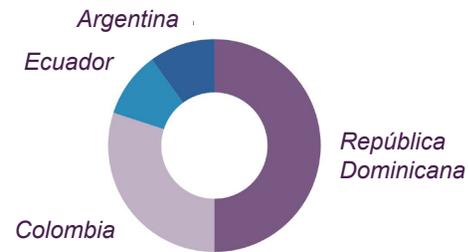


Figura 27. Nacionalidad



Figura 28. Usuario de PSM

Esta categorización no sólo permite agrupar la muestra en subgrupos comparables, sino que proporciona una base para examinar correlaciones o patrones emergentes entre las diferentes características de los participantes y su percepción del entorno construido.

b. Etapa evaluativa: En esta fase del estudio, se llevó a cabo un análisis detallado de las percepciones de los participantes en relación con las variables cualitativas clave: confort, seguridad, privacidad, y claridad de visión al exterior. Estas variables fueron evaluadas en función de los espacios virtuales diseñados para un centro de rehabilitación, los cuales fueron presentados previamente a la población muestral.

El confort se valoró considerando la percepción subjetiva de los participantes respecto a la comodidad física y emocional que ofrecían los espacios. Este aspecto incluyó factores como la adecuación del mobiliario virtual, la distribución espacial, y la calidad ambiental simulada en los entornos.

Por su parte, la seguridad se midió a través de la percepción de protección y resguardo en el espacio, evaluando elementos relacionados con la dimensión de las ventanas, que provocan sensaciones de vulnerabilidad o resguardo, y la disposición espacial que pudiera influir en la tranquilidad de los usuarios.

La variable privacidad se centró en la sensación de intimidad y control que los usuarios percibieron al interactuar con los espacios virtuales, considerando la presencia de barreras visuales, así como la capacidad de mantener la autonomía en su uso.

Por último, la claridad de visión al exterior evaluó el grado en el que las ventanas, aperturas y vistas hacia el entorno natural simulado fueron percibidas como beneficiosas para la conexión con el exterior, la entrada de luz natural, y la calidad del espacio como una herramienta terapéutica.

Para el espacio virtual A, Se presentan las gráficas correspondientes para cada respuesta:



Figura 29. Imagen generada de la Estancia A

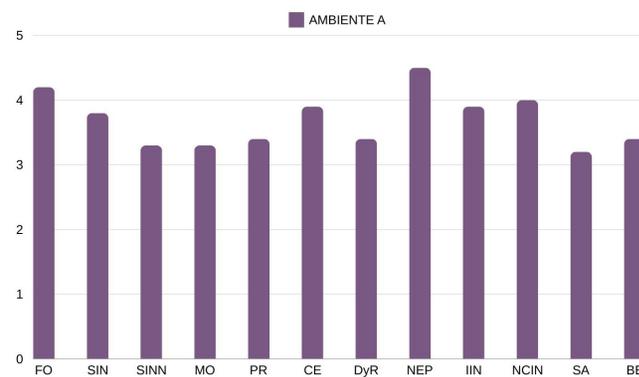


Figura 30. Gráfico de la sección 2 para Estancia A

Identificador	Descripción	Valor Promediado
FO	Facilidad de Orientación	4.20
SIN	Seguridad con Iluminación Natural	3.80
SINN	Seguridad con Iluminación Natural Nocturna	3.30
MO	Movilidad	3.30
PR	Privacidad	3.40
CE	Comodidad Espacial	3.90
DyR	Descanso y Recuperación	3.40
NEP	Necesidad de Elemento Privativo	4.50
IIN	Incidencia de Iluminación Natural	3.90
NCIN	Necesidad de Control de Iluminación Natural	4.00
SA	Satisfacción	3.20
BE	Bienestar Emocional	3.40

Tabla 8. Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia A

Para este ambiente, los resultados del cuestionario arrojan que:

El confort en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 3.90 sobre 5.00, por su parte, se muestra que la calidad asumida que ofrece este espacio para la recuperación es de 3.40 sobre 5.00, lo que indica que este espacio puede considerarse como medianamente satisfactorio para este aspecto.

La seguridad en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 3.80 sobre 5.00, aun así, la movilidad obtuvo una calificación de 3.30 sobre 5.00, lo que indica que independientemente de la puntuación que obtuvo en seguridad, la IN es incapaz por completo de brindar esa sensación.

La privacidad en este espacio virtual se mide en la necesidad que mostraron los participantes de elementos privativos, donde el puntaje promedio para ello fue de 4.50 sobre 5.00 denotando la necesidad sobre el control de su entorno.

La claridad de visión al exterior obtuvo una calificación promediada de 3.90 sobre 5.00, de igual manera la incidencia de Iluminación Natural fue de 3.90 indicando que las aperturas provistas tienen buena relación con el exterior.

Las graficas siguientes muestran la Valoración según los adjetivos propuestos, donde el morado más intenso representa las valoraciones positivas, el morado claro las valoraciones negativas y en gris las valoraciones nulas o abstenidas.

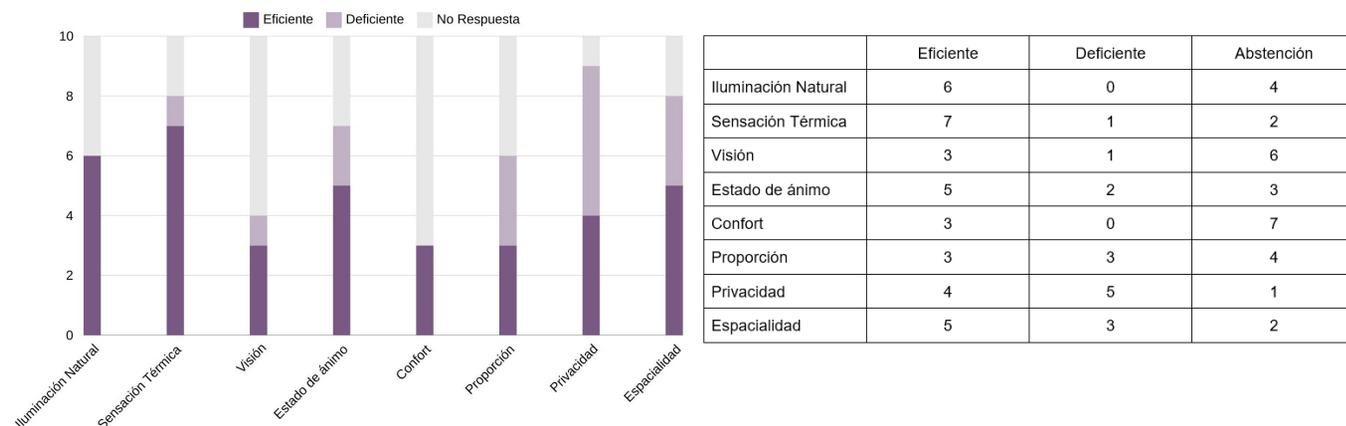


Figura 31. Gráfico de la sección 3 para Estancia A

Tabla 9. Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia A

Para el espacio virtual B, Se presentan las gráficas correspondientes para cada respuesta:



Figura 32. Imagen generada de la Estancia B

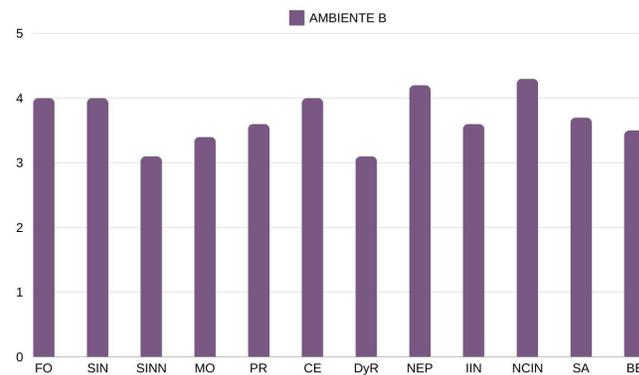


Figura 33. Gráfico de la sección 2 para Estancia B

Identificador	Descripción	Valor Promediado
FO	Facilidad de Orientación	4.00
SIN	Seguridad con Iluminación Natural	4.00
SINN	Seguridad con Iluminación Natural Nocturna	3.10
MO	Movilidad	3.40
PR	Privacidad	3.60
CE	Comodidad Espacial	4.00
DyR	Descanso y Recuperación	3.10
NEP	Necesidad de Elemento Privativo	4.20
IIN	Incidencia de Iluminación Natural	3.60
NCIN	Necesidad de Control de Iluminación Natural	4.30
SA	Satisfacción	3.70
BE	Bienestar Emocional	3.50

Tabla 10. Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia B

Para este ambiente, los resultados del cuestionario arrojan que:

El confort en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 4.00 sobre 5.00, por su parte, se muestra que la calidad asumida que ofrece este espacio para la recuperación es de 3.10 sobre 5.00, lo que indica que este espacio puede considerarse en este aspecto que los resultados arrojan discrepancias, donde el primer resultado es bueno y el siguiente es medio.

La seguridad en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 4.00 sobre 5.00, aun así, la movilidad obtuvo una calificación de 3.40 sobre 5.00, lo que indica que independientemente de la puntuación que obtuvo en seguridad, la IN es incapaz por completo de brindar esa sensación.

La privacidad en este espacio virtual se mide en la necesidad que mostraron los participantes de elementos privativos, donde el puntaje promedio para ello fue de 4.20 sobre 5.00 denotando la necesidad sobre el control de su entorno.

La claridad de visión al exterior obtuvo una calificación promediada de 4.00 sobre 5.00, de igual manera la incidencia de Iluminación Natural fue de 3.60 indicando que las aperturas provistas tienen buena relación con el exterior.

Las graficas siguientes muestran la Valoración según los adjetivos propuestos, donde el morado más intenso representa las valoraciones positivas, el morado claro las valoraciones negativas y en gris las valoraciones nulas o abstenidas.

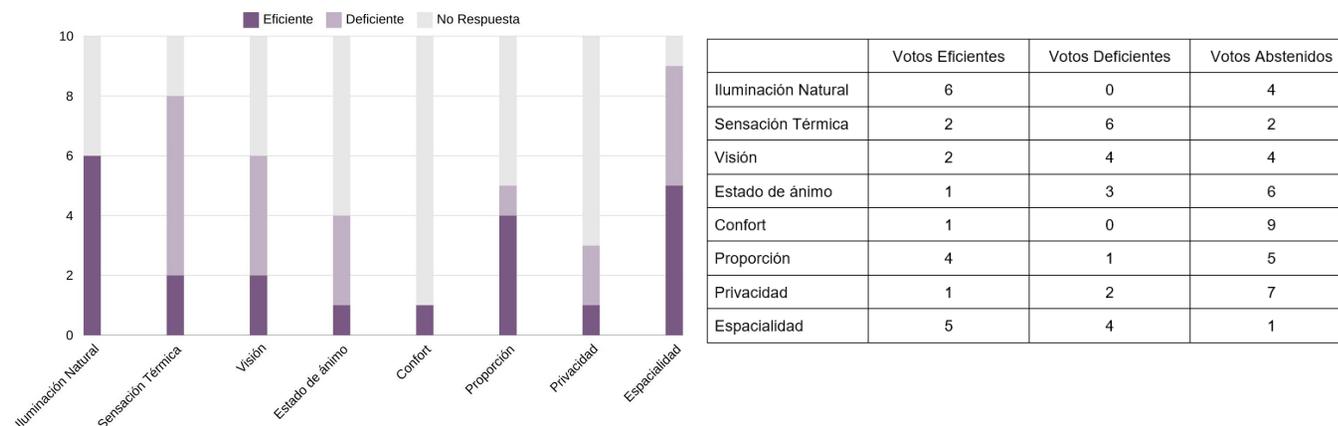


Figura 34. Gráfico de la sección 3 para Estancia B

Tabla 11. Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia B

Para el espacio virtual C, Se presentan las gráficas correspondientes para cada respuesta:



Figura 35. Imagen generada de la Estancia C

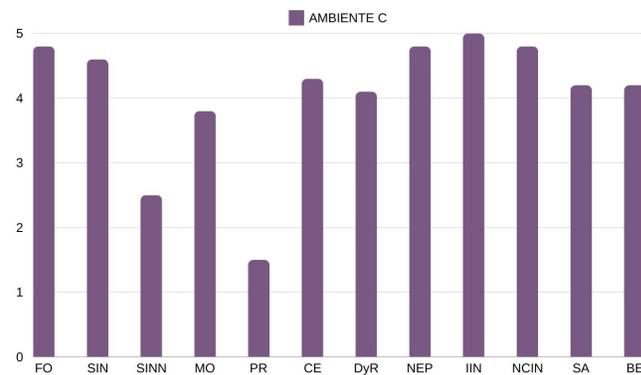


Figura 36. Gráfico de la sección 2 para Estancia C

Identificador	Descripción	Valor Promediado
FO	<i>Facilidad de Orientación</i>	4.80
SIN	<i>Seguridad con Iluminación Natural</i>	4.60
SINN	<i>Seguridad con Iluminación Natural Nocturna</i>	2.50
MO	<i>Movilidad</i>	3.80
PR	<i>Privacidad</i>	1.50
CE	<i>Comodidad Espacial</i>	4.30
DyR	<i>Descanso y Recuperación</i>	4.10
NEP	<i>Necesidad de Elemento Privativo</i>	4.80
IIN	<i>Incidencia de Iluminación Natural</i>	5.00
NCIN	<i>Necesidad de Control de Iluminación Natural</i>	4.80
SA	<i>Satisfacción</i>	4.20
BE	<i>Bienestar Emocional</i>	4.20

Tabla 12. Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia C

Para este ambiente, los resultados del cuestionario arrojan que:

El confort en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 4.30 sobre 5.00, por su parte, se muestra que la calidad asumida que ofrece este espacio para la recuperación es de 4.10 sobre 5.00, lo que indica que este espacio fue valorado como muy bueno.

La seguridad en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 4.60 sobre 5.00, aun así, la movilidad obtuvo una calificación de 3.80 sobre 5.00, lo que indica que la IN ofrecida aquí es satisfactoria para proveer ambas necesidades.

La privacidad en este espacio virtual se mide en la necesidad que mostraron los participantes de elementos privativos, donde el puntaje promedio para ello fue de 4.80 sobre 5.00 denotando la alta necesidad sobre el control de su entorno.

La claridad de visión al exterior obtuvo una calificación promediada de 4.30 sobre 5.00, de igual manera la incidencia de Iluminación Natural fue de 5.00 indicando que las aperturas provistas tienen excelente relación con el exterior.

Las graficas siguientes muestran la Valoración según los adjetivos propuestos, donde el morado más intenso representa las valoraciones positivas, el morado claro las valoraciones negativas y en gris las valoraciones nulas o abstenidas.

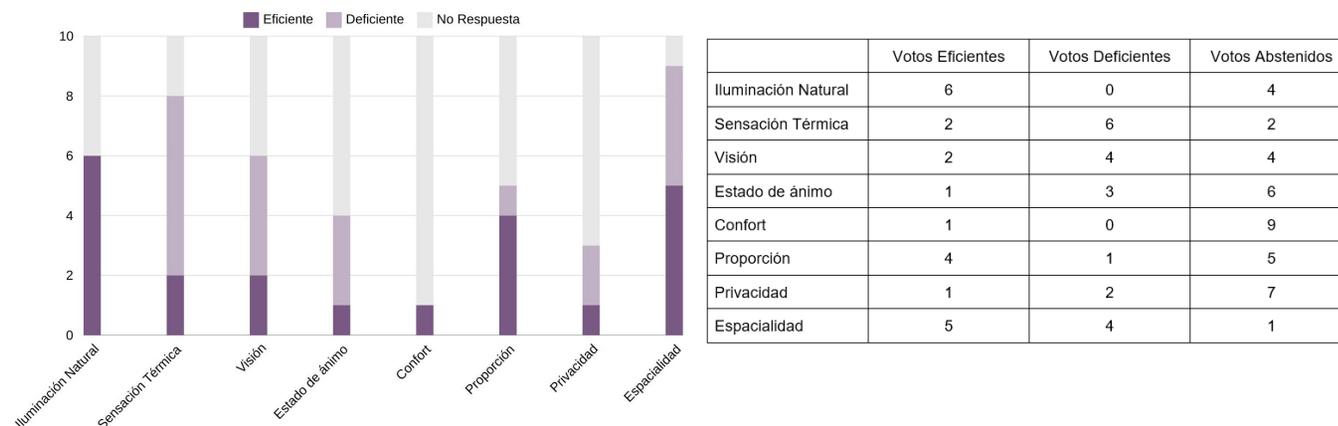


Figura 37. Gráfico de la sección 3 para Estancia C

Tabla 13. Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia C

Para el espacio virtual D, Se presentan las gráficas correspondientes para cada respuesta:



Figura 38. Imagen generada de la Estancia D

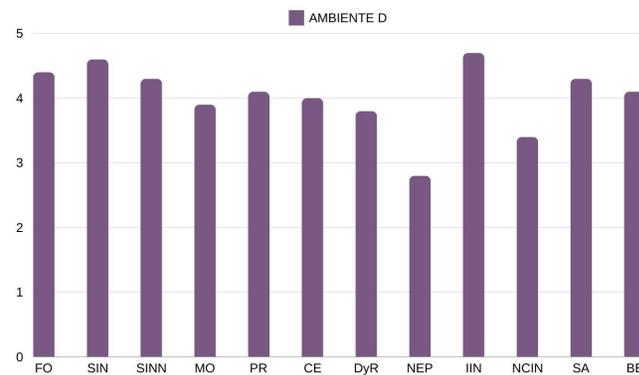


Figura 39. Gráfico de la sección 2 para Estancia D

Identificador	Descripción	Valor Promediado
FO	Facilidad de Orientación	4.40
SIN	Seguridad con Iluminación Natural	4.60
SINN	Seguridad con Iluminación Natural Nocturna	4.30
MO	Movilidad	3.90
PR	Privacidad	4.10
CE	Comodidad Espacial	4.00
DyR	Descanso y Recuperación	3.80
NEP	Necesidad de Elemento Privativo	2.80
IIN	Incidencia de Iluminación Natural	4.70
NCIN	Necesidad de Control de Iluminación Natural	3.40
SA	Satisfacción	4.30
BE	Bienestar Emocional	4.10

Tabla 14. Tabla de Resultados de la sección 2 para Estancia D

Para este ambiente, los resultados del cuestionario arrojan que:

El confort en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 4.00 sobre 5.00, por su parte, se muestra que la calidad asumida que ofrece este espacio para la recuperación es de 3.80 sobre 5.00, lo que indica que este espacio fue valorado como muy bueno.

La seguridad en este espacio virtual obtuvo una calificación promediada de 4.60 sobre 5.00, aun así, la movilidad obtuvo una calificación promediada de 3.90 sobre 5.00, lo que indica que la IN es satisfactoria para proveer de ambas necesidades.

La privacidad en este espacio virtual se mide en la necesidad que mostraron los participantes de elementos privativos, donde el puntaje promedio para ello fue de 2.80 sobre 5.00 denotando que los elementos de segunda fachada proveen de la suficiente capacidad del dominio espacial.

La claridad de visión al exterior obtuvo una calificación promediada de 4.00 sobre 5.00, de igual manera la incidencia de Iluminación Natural fue de 4.70 indicando que las aperturas provistas tienen excelente relación con el exterior.

Las graficas siguientes muestran la Valoración según los adjetivos propuestos, donde el morado más intenso representa las valoraciones positivas, el morado claro las valoraciones negativas y en gris las valoraciones nulas o abstenidas.

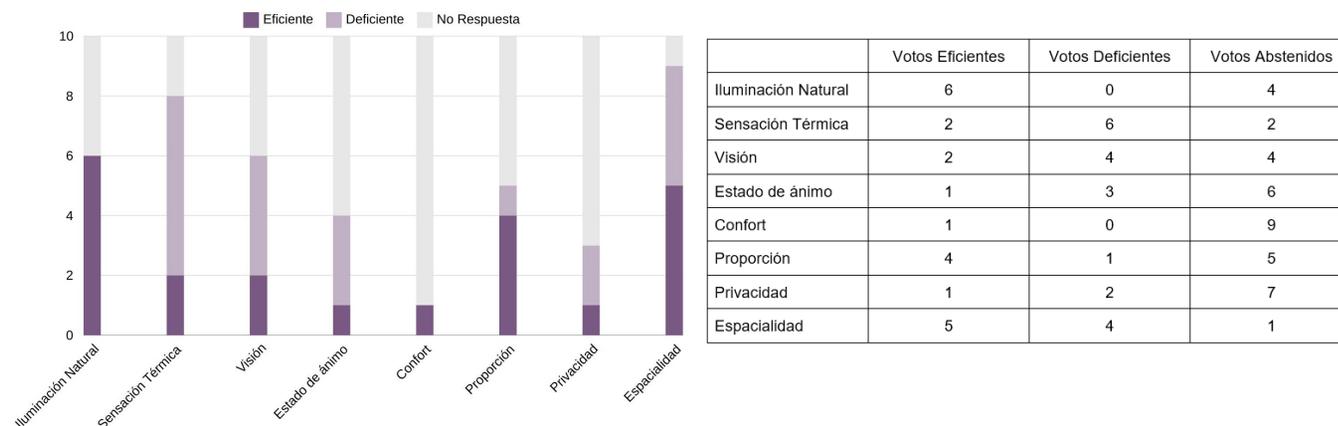


Figura 40. Gráfico de la sección 3 para Estancia D

Tabla 15. Tabla de Resultados de la sección 3 para Estancia D

c. Etapa comparativa: En esta fase del estudio, se llevó a cabo un análisis de las preferencias de los participantes al ser expuestos a diferentes opciones de dormitorios para un centro de rehabilitación. Las alternativas presentadas se centraron en distintas configuraciones de iluminación natural, incluyendo variaciones en el tamaño, y la ubicación de las aperturas hacia el exterior.

Durante esta etapa, los participantes tuvieron la oportunidad de comparar las opciones, expresar sus preferencias personales y reflexionar sobre cómo cada diseño influía en su percepción del entorno. Se recopilaron datos sobre la importancia que atribuían a la iluminación natural en su experiencia en un espacio de rehabilitación.

Asimismo, se profundizó en el impacto que la iluminación natural tiene en variables relacionadas con el bienestar, como la sensación de amplitud, el confort emocional, y la percepción de un ambiente saludable y estimulante. Los participantes también señalaron cómo ciertos diseños promueven una atmósfera más acogedora y menos institucional, lo que consideraron un aspecto clave en su elección.

El análisis comparativo permitió identificar patrones y tendencias en las preferencias, mostrando que la iluminación natural no solo es un elemento funcional, sino también un componente crítico en la creación de entornos que potencian la recuperación y el bienestar. Estos hallazgos subrayan la relevancia de integrar estrategias de diseño que optimicen la luz natural en los espacios de rehabilitación, adaptándose a las necesidades y expectativas de los usuarios.

El proceso de valoración incluyó tanto evaluaciones individuales como la discusión grupal de las impresiones sobre cada espacio presentado, con el objetivo de recoger información detallada sobre las preferencias, necesidades y áreas de mejora percibidas por los participantes. Estos resultados proporcionan información valiosa para optimizar el diseño de entornos rehabilitadores que potencien el bienestar y la recuperación de los usuarios. Ver también anexo xxx para las respuestas de la interacción.

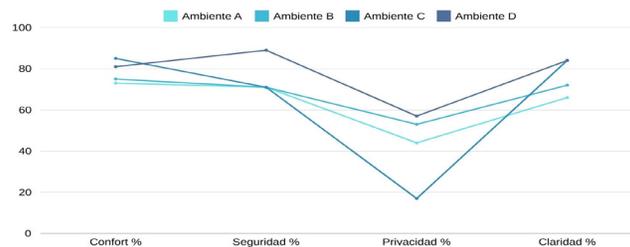


Figura 41. Gráfico de la sección 4 de la valoración comparativa

	Ambiente A	Ambiente B	Ambiente C	Ambiente D
Confort	73%	75%	85%	81%
Seguridad	71%	71%	71%	89%
Privacidad	44%	53%	17%	57%
Claridad	66%	72%	84%	84%

Tabla 16. Tabla de Resultados de la sección 4

3.1.9 Conclusiones del estudio piloto

Puesto que este estudio piloto tiene como objetivo principal explorar la relación entre la incidencia de la iluminación natural (IN) y su influencia en los espacios de rehabilitación, cabe destacar la importancia de gestionar este recurso de manera óptima para maximizar sus beneficios. A partir de los datos obtenidos, se analizan cuatro configuraciones espaciales que simulan distintos tipos de ventanas:

Situación A: Abertura lateral con ventanas de arcos características de edificios antiguos de estilo clásico.

Situación B: Abertura lateral con ventana típica de 1.20m x 1.80m y alféizar a 0.80m.

Situación C: Abertura lateral con muro cortina de altura 2.10m.

Situación D: Abertura lateral con muro cortina de 2.10m complementado con una fachada ventilada.

Al ser expuestos a las 4 variantes del espacio, podemos clasificar los resultados mostrados en los gráficos de la sección anterior clasificados en:

1. Importancia de la iluminación natural y el paisaje

Los participantes destacaron la relevancia de la iluminación natural en los espacios. Sin embargo, no solo el nivel de luz era considerado importante, sino también la calidad del paisaje visible a través de los huecos. Esto refuerza la idea de que el diseño de ventanas no debe limitarse a maximizar la entrada de luz, sino también a enmarcar vistas que contribuyan a la experiencia emocional de los usuarios.

2. Relación entre el tamaño del hueco y la percepción de seguridad

Se identificó una correlación directa entre el tamaño del hueco de la ventana y la percepción de seguridad en el espacio. Un mayor tamaño de apertura proporcionaba mayor iluminación, pero también planteaba preocupaciones en torno a la privacidad. La exposición visual, por un lado, puede generar incomodidad, pero, por otro, un equilibrio bien diseñado puede transmitir confianza y apertura sin comprometer la privacidad del usuario.

3. Autonomía en el control de la iluminación natural

La capacidad de los usuarios para regular la entrada de luz natural fue un factor clave en la valoración de las opciones presentadas. La posibilidad de controlar la pertinencia o el bloqueo de la luz natural influyó significativamente en las variables de seguridad y privacidad. Esto subraya la importancia de incluir elementos como cortinas, persianas o sistemas inteligentes que permitan a los usuarios personalizar

su experiencia lumínica en función de sus necesidades y preferencias.

4. Confort y percepción de recuperación anticipada

El confort fue un tema recurrente en las respuestas, vinculado a la percepción de bienestar y a una recuperación más rápida en los espacios menos asociados con características hospitalarias tradicionales. Los participantes enfatizaron que los entornos que integraban elementos contemporáneos, tanto en diseño como en materiales, generaban una sensación de mayor calidad y bienestar emocional. Esto refuerza la importancia de crear espacios que se sientan acogedores y alejados de la estética hospitalaria clásica, asociada muchas veces con frialdad o incomodidad.

Se considera que este estudio piloto resalta la complejidad y relevancia del diseño de ventanas en espacios de rehabilitación (sabiendo las limitaciones existentes y que estos resultados deben entenderse como una guía para el diseño de un estudio superior de carácter científico, a través de instrumentos de recolección y procesamiento de datos más sofisticado y no como la culminación del estudio como parámetro exacto a la hora de diseñar espacios de rehabilitación). La iluminación natural no solo afecta directamente las sensaciones de confort, seguridad y privacidad, sino que también contribuye a la percepción del entorno como un lugar terapéutico y restaurador. A partir de estas observaciones, futuras investigaciones podrían profundizar en cómo estas variables interactúan en diferentes contextos culturales y climáticos, ampliando la muestra de manera significativa y cómo integrar tecnologías avanzadas para optimizar la experiencia del usuario.

CAPÍTULO 4

Conclusión

4.1.1 Conclusiones Generales

Este trabajo de investigación enfocado en la iluminación natural en espacios de rehabilitación se apoya en la neuroarquitectura como disciplina transversal que explora la relación entre los entornos construidos y el funcionamiento del cerebro humano, este enfoque se ha posicionado como parte esencial en el diseño de espacios dedicados al bienestar y la salud. (Eberhard, 2009)

Tras ser demostrado de múltiples formas que el diseño puede influir en las emociones, comportamientos y procesos cognitivos, gracias a los aportes y avances en investigaciones, dicha disciplina ofrece herramientas para crear entornos que no solo sean funcionales, sino también terapéuticos.

Históricamente, los hospitales han evolucionado desde espacios rudimentarios centrados exclusivamente en el tratamiento de enfermedades, hasta instituciones complejas que integran aspectos psicológicos y sociales en su diseño. Este cambio de paradigma ha llevado a reconocer que el entorno físico puede desempeñar un papel fundamental en los procesos de recuperación y adaptación de los pacientes.

Es en este contexto, que el aprovechamiento de la iluminación natural no solo mejora la percepción espacial, sino que también está relacionado con beneficios fisiológicos, como la regulación del ritmo circadiano, y psicológicos, como la reducción del estrés y la mejora del estado de ánimo. (Ulrich, 1984).

Asimismo, la incorporación de estrategias sostenibles en el diseño de espacios de salud, como el uso eficiente de la luz natural, no solo refuerza el compromiso con el medio ambiente, sino que también responde a las crecientes demandas de eficiencia energética en las edificaciones. Esto fomenta una relación simbiótica entre sostenibilidad y bienestar, donde el diseño arquitectónico se alinea con los objetivos globales de cuidado del planeta.

Teniendo todo lo anterior en cuenta y agregándole a ello estudios e investigaciones previas que dieron pie al estado de la cuestión y base teórica, es que se propone el diseño de un estudio piloto cuya metodología se contempla como base para un estudio científico profundo, con el rigor competente para aportar de forma significativa hallazgos que puedan tomarse en cuenta para campos de investigación y difusión académica, como lo son la Academia Internacional de Neurociencia y Arquitectura (ANFA), The Center for Health Design (CHD), Society for Neuroscience and Architecture (SNA), Neuroarchitecture Network (NAN), entre otras.

Para sentar bases en la presente línea de investigación, se propuso el diseño de un experimento piloto que presenta distintas configuraciones ventanales en un mismo espacio y en el mismo día del año,

donde las características climáticas presentadas se georeferencian a la ciudad de Valencia en durante el equinoccio de otoño como punto de ejecución del ambiente virtual generado. En el mismo se busca evaluar variables de confort, privacidad, seguridad y claridad, factores cualitativos importantes en el proceso de recuperación (Choi J, Beltran L Kim H 2011).

Los resultados de este experimento subrayan la importancia de considerar el tamaño de las aperturas, la calidad del paisaje visible y la autonomía en el control de la iluminación natural, como elementos fundamentales para optimizar la experiencia del usuario. A través de simulaciones digitales y evaluaciones cualitativas, este trabajo sentó las bases para futuras investigaciones que podrían profundizar en el impacto de estas variables en la salud de los pacientes.

En fin, este estudio reafirma la relevancia de un diseño arquitectónico consciente, que integre principios de neuroarquitectura, sostenibilidad y bienestar. La iluminación natural no solo es un recurso técnico, sino también un medio poderoso para mejorar la calidad de vida en entornos de salud. Al unir conocimiento histórico, innovaciones tecnológicas y la experiencia de los usuarios, se pueden construir espacios de calidad humana cuya premisa principal sea promover la sanación y el bienestar integral.

4.1.2 Futuras líneas de investigación

A partir de las conclusiones obtenidas en este estudio piloto, se identifican diversas áreas de interés para futuras investigaciones que podrían enriquecer y ampliar el conocimiento sobre la influencia de la iluminación natural en espacios de rehabilitación. Estas líneas de investigación abordan tanto aspectos técnicos como emocionales, considerando las interacciones entre los usuarios y su entorno construido.

En la optimización del diseño de aperturas y paisajes visibles, el estudio destaca que el diseño de ventanas no debe limitarse a la cantidad de luz que permiten ingresar, sino también a la calidad del paisaje visible. Futuras investigaciones podrían explorar cómo diferentes tipos de vistas (urbanas, naturales o mixtas) afectan el bienestar psicológico y emocional de los usuarios. Además, sería relevante investigar el impacto de los paisajes en diferentes horarios y estaciones del año, considerando cambios en la intensidad y dirección de la luz.

En la privacidad y exposición en entornos de rehabilitación se identificó una relación directa entre el tamaño del hueco y la percepción de seguridad y privacidad. En este sentido, futuras investigaciones podrían centrarse en evaluar cómo distintas configuraciones de ventanas o dispositivos de sombreado impactan en la percepción de privacidad y cómo equilibrar esta necesidad con el acceso a iluminación natural. La incorporación de sistemas dinámicos de control de luz y privacidad, como vidrios inteligentes

o cortinas automatizadas, también podría ser un tema de interés.

El impacto de la autonomía en el control de la iluminación destaca la importancia de permitir a los usuarios controlar la entrada de luz en el espacio. Una línea de investigación futura podría analizar cómo esta autonomía afecta el bienestar general, la percepción de control y la recuperación. Además, sería útil explorar la implementación de tecnologías inteligentes que permitan personalizar la iluminación según las necesidades de cada usuario, optimizando el balance entre confort y funcionalidad.

Evaluaciones longitudinales del impacto de la iluminación natural sería interesantes abordarlas. Aunque este estudio fue limitado en su alcance temporal, futuras investigaciones podrían adoptar un enfoque longitudinal para analizar cómo la exposición prolongada a entornos con diferentes configuraciones de iluminación natural afecta la recuperación física y psicológica de los pacientes. Esto permitiría establecer relaciones causales más sólidas entre la iluminación y los resultados en la salud.

El impacto de la iluminación natural puede variar según el contexto cultural y climático. Investigaciones futuras podrían replicar este estudio en diversas regiones geográficas para analizar cómo las preferencias y necesidades de los usuarios cambian en función de las condiciones ambientales y las costumbres locales.

Integración de simulaciones avanzadas como la utilización de herramientas digitales como RadianceIES, software de renderizado avanzado y exploración en la realidad virtual, como en estudios elaborados por Chamilothori K, Wienold J, Andersen M (2018), se podrían lograr alcances más significativos y convertirse en una línea de investigación prometedora. Estas simulaciones podrían prever cómo diferentes configuraciones arquitectónicas afectan las variables de confort, seguridad y privacidad, permitiendo un análisis previo a la construcción de los espacios.

En fin, estas mejoras identificadas como parte del proceso de desarrollo son claves para fijar un norte del cual se pueda continuar para el crecimiento de la literatura hacia la generación de espacios saludables, sostenibles y humanos.(Wokje Abrahamse, 2019)

CAPÍTULO 5

Lista de Referencias

Abrahamse, W. (2019). Encouraging Pro-Environmental Behavior: What works, what doesn't, and why (Vols. 3–10). Pp 147-151. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128113592/encouraging-pro-environmental-behaviour>

Aalto, L., Sirola, P., Kalliomäki-Levanto, K.-L., Lahtinen, M., Ruohomäki, V., Salonen, H., & Reijula, K. (2019). User-centric work environments in modular healthcare facilities. Kari Reijula, 26(6). https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ecam-04-2018-0169/full/html?casa_token=MEwmtv7XSncAAAAA%3ARRV62hnVtiHbvG4_b-5mnXF-2kvvWeN7t5IQPa4lvshQAK-9KlIrHKTxVNPTiliF3SWs2ugKiVzerBI6SoddmKFdr9vEbdH0AU6AiLDFoeMBXoA9_g

American Institute of Architects. (2014). Sustainable Design Guidelines for Healthcare Facilities. pp. 26-32. Extraído de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://content.aia.org/sites/default/files/2016-11/AAH-AcademyJournal-16th-edition.pdf>

Andrade, C. C., Devlin, A. S., Pereira, C. R., & Lima, M. L. (2017). Do the hospital rooms make a difference for patients' stress? A multilevel analysis of the role of perceived control, positive distraction, and social support. *Journal of environmental psychology*, 53, 63-72. Extraído de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494417300816?casa_token=iAo2PSzeeKwAAAAA:TSLqKAX_p_DzX-4j0kfN7uMzaTO21EB1ezpdrBz6JNUVuTFXYoo8IGO-ANG5fWs4uqANrcoL

Arnheim, R. (2004). *Art and Visual Perception, Second Edition: A Psychology of the Creative Eye*. Univ of California Press.

Assem, H. M., Khodeir, L. M., & Fathy, F. (2023). Designing for human wellbeing: The integration of neuroarchitecture in design – A systematic review. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102102. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447922004130#b0065>

Baker, J., & Cameron, M. (1996). The effects of the service environment on affect and consumer perception of waiting time: An integrative review and research propositions. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 24, 338–349. Extraído de: <https://link.springer.com/article/10.1177/0092070396244005>

Baker, N.V., Fanchiotti, A., & Steemers, K. (1993). *Daylighting in Architecture: A European Reference Book* (1st ed.). Disponible en. <https://doi.org/10.4324/9781315073620>

Baker, N., & Steemers, K. (2002). *Daylight Design of Buildings: A Handbook for Architects and Engineers* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315073750>

Beauchemin, K. M., & Hays, P. (1996). Sunny hospital rooms expedite recovery from severe and refractory depressions. *Journal of affective disorders*, 40(1-2), 49-51. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165032796000407?via%3Dihub>

Beauchemin, K. M., & Hays, P. (1998). Dying in the dark: sunshine, gender and outcomes in myocardial infarction. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 91(7), 352-354. Extraído de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/014107689809100703>

Banham, R. (1984). *The architecture of the well-tempered environment* (Second edition). University of Chicago Press. Extraído de: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=3326243>

Baños RM, Botella C, Rubió I, Quero S, García-Palacios A, Alcañiz M. 2008. Presence and emotions in virtual environments: the influence of stereoscopy. *Cyberpsychol Behav*. 11:1–8. [doi:10.1089/cpb.2007.9936](https://doi.org/10.1089/cpb.2007.9936)

Brown DMY, Ross T, Leo J, Buliung RN, Shirazipour CH, Latimer-Cheung AE and Arbour-Nicitopoulos KP (2021) A Scoping Review of Evidence-Informed Recommendations for Designing Inclusive Playgrounds. *Front. Rehabil. Sci*. 2:664595. doi: 10.3389/fresc.2021.664595. Extraído de: <https://www.frontiersin.org/journals/rehabilitation-sciences/articles/10.3389/fresc.2021.664595/full>

Boucharlat, R. (2014). *Persepolis, le rêve du Roi* (The King's Dream: The Architecture of Persepolis).

Bower, I., Tucker, R., & Enticott, P. G. (2019). Impact of built environment design on emotion measured via neurophysiological correlates and subjective indicators: A systematic review. *Journal of environmental psychology*, 66, 101344. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027249441930012X>

Boyce, P. R. (2014). *Human Factors in Lighting*, third edition. CRC Press.

Boyce, P. R., Hunter, C., & Howlett, O. (2003). *The benefits of daylight through windows*. Rensselaer Polytechnic Institute.

Burgess, N., Maguire, E. A., & O'Keefe, J. (2002). The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35(4), 625-641. Extraído de: [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(02\)00830-9](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(02)00830-9)

Castilla Cabanes, N. (2015). La Iluminación Artificial En Los Espacios Docentes (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/54109>

Cáraves Silva, P. La ciudad abierta de Amereida. Arquitectura desde la Hospitalidad. Tesis doctoral, UPC, Departament de Projectes Arquitectònics, 2007. ISBN 9788469110348. DOI [10.5821/dissertation-2117-94120](https://hdl.handle.net/2117/94120) . Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/94120>.

Cauwerts C, Bodart M. 2011. Investigation of 3D projection for qualitative evaluation of daylight spaces. In: Proceedings of PLEA 2011; Louvain-la-Neuve, Belgium. 13–15. July 2011.

Chamilothori K, Wienold J, Andersen M, (2019). Adequacy of Immersive Virtual Reality for the Perception of Daylit Spaces: Comparison of Real and Virtual Environments, *LEUKOS*, 15:2-3, 203-226, DOI: [10.1080/15502724.2017.1404918](https://doi.org/10.1080/15502724.2017.1404918)

Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and instruction*, 8(4), 293-332. Extraído de: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s1532690xci0804_2

Choi, J. H., Beltran, L. O., & Kim, H. S. (2012). Impacts of indoor daylight environments on patient average length of stay (ALOS) in a healthcare facility. *Building and environment*, 50, 65-75. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132311003593>

Czeisler, C. A., & Gooley, J. J. (2007). Sleep and circadian rhythms in humans. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. Extraído de: <https://symposium.cshlp.org/content/72/579.full.pdf+html>

Dalke, H., Little, J., Niemann, E., Camgoz, N., Steadman, G., Hill, S., & Stott, L. (2006). Colour and lighting in hospital design. *Optics & Laser Technology*, 38(4-6), 343-365. Extraído de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030399205001283?casa_token=rxqDWq9kQ-EAAAAA:zJdWEatjQlu1JQlrQNeZVH6vF6ihZ5kvWdYfjkJQDt0XLcXO3gkZyAPEWwIVgwkG0hCEjCYW

DeKay, M., & Brown, G. Z. (n.d.). Sun, wind & light (Third edition). Wiley. Pp. 50-70. Extraído de: [https://books.google.at/books?hl=es&lr=&id=vMVFP_7zlaIC&oi=fnd&pg=PR3&dq=DeKay,+M.,+%26+Brown,+G.+Z.+\(n.d.\).+Sun,+wind+%26+light+\(Third+edition\).+Wiley.+Pp.+50-70.&ots=N-EPbGju31P&sig=VaP5E_mtaK654SKl4Mra_ZpnYKA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.at/books?hl=es&lr=&id=vMVFP_7zlaIC&oi=fnd&pg=PR3&dq=DeKay,+M.,+%26+Brown,+G.+Z.+(n.d.).+Sun,+wind+%26+light+(Third+edition).+Wiley.+Pp.+50-70.&ots=N-EPbGju31P&sig=VaP5E_mtaK654SKl4Mra_ZpnYKA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Dijkstra, K., Pieterse, M., & Pruyn, A. (2006). Physical environmental stimuli that turn healthcare facilities into healing environments through psychologically mediated effects: systematic review. *Journal of advanced nursing*, 56(2), 166-181. Extraído de: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2648.2006.03990.x?casa_token=VTs0PU6kqQcAAAAA%3Aise5opeT246iKCC1zBwSb-neu31x9XRSbyB1t5eIMjKWMILa_Rb-1BgTaG9sH2MpR8sy5-24MCQt_A

Dowling, J. E. (2012). *The retina: An Approachable Part of the Brain*, Revised Edition. Belknap Press. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/The_Retina/gpKyDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Dowling,+J.+E.+\(2012\).+The+retina:+An+Approachable+Part+of+the+Brain,+Revised+Edition.+Belknap+Press.&pg=PT525&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/The_Retina/gpKyDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Dowling,+J.+E.+(2012).+The+retina:+An+Approachable+Part+of+the+Brain,+Revised+Edition.+Belknap+Press.&pg=PT525&printsec=frontcover)

Duffie, J. A., Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Reino Unido: Wiley. Extraído de: https://www.google.es/books/edition/Solar_Engineering_of_Thermal_Processes/5uDdUfMgXYQC?hl=es&gbpv=0

Eberhard, J. P. . (2008). *Brain landscape the coexistence of neuroscience and architecture*. Oxford University Press. pp. 4-11. Extraído de: [https://books.google.es/s?hl=es&lr=&id=dcTrXljdAoC&oi=fnd&pg=PR17&dq=Eberhard,+J.+P.+\(2009\).+Brain+Landscape:+The+Coexistence+of+Neuroscience+and+Architecture.+Oxford+University+Press.&ots=pMmDT997rB&sig=2uOlo8kpdtopl2_6inoWWnf-7fY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/s?hl=es&lr=&id=dcTrXljdAoC&oi=fnd&pg=PR17&dq=Eberhard,+J.+P.+(2009).+Brain+Landscape:+The+Coexistence+of+Neuroscience+and+Architecture.+Oxford+University+Press.&ots=pMmDT997rB&sig=2uOlo8kpdtopl2_6inoWWnf-7fY#v=onepage&q&f=false)

Edwards, L, & Torcellini, P (2002). *Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*. United States. <https://doi.org/10.2172/15000841>

Ergan, S., Radwan, A., Zou, Z., Tseng, H. A., & Han, X. (2019). Quantifying human experience in architectural spaces with integrated virtual reality and body sensor networks. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(2), 04018062. Extraído de: https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29CP.1943-5487.0000812?casa_token=fr0moaTv9WQAAAAA%3A78EHd2Qw8LuKQIYrYHTynjYT0iQJ2rcXb8gHwJ7wTlkglm6z-HTGVIP7VjWiIORE8FyfivOp

Evans, L. (2006). The Architecture of Happiness, by Alain de Botton. SPECTATOR-LONDON-WEEKLY-, 9276, 41, pp.516. Extraído de: <https://muse.jhu.edu/pub/4/article/316414/summary>

Evans, R. (2010). The Fabrication of Virtue: English Prison Architecture, 1750-1840. Reino Unido: Cambridge University Press.

Edelstein, E., & Macagno, E. (2012). Neuroscience and architecture: A timely dialogue in the design of health care environments. Health Environments Research & Design Journal.

Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Extraído: [https://library.uniq.edu.iq/storage/books/file/The%20Ecological%20Approach%20to%20Visual%20Perception%20Approach/1667383098The%20Ecological%20Approach%20to%20Visual%20Perception%20Classic%20Edition%20\(James%20J.%20Gibson\)%20\(z-lib.org\)%20\(1\).pdf](https://library.uniq.edu.iq/storage/books/file/The%20Ecological%20Approach%20to%20Visual%20Perception%20Approach/1667383098The%20Ecological%20Approach%20to%20Visual%20Perception%20Classic%20Edition%20(James%20J.%20Gibson)%20(z-lib.org)%20(1).pdf)

Golden, R. N., Gaynes, B. N., Ekstrom, R. D., Hamer, R. M., Jacobsen, F. M., Suppes, T., ... & Nemeroff, C. B. (2005). The efficacy of light therapy in the treatment of mood disorders: a review and meta-analysis of the evidence. American Journal of Psychiatry, 162(4), 656-662. Extraído de: <https://psychiatryonline.org/doi/full/10.1176/appi.ajp.162.4.656>

Goswami, D. Y. (2022). Principles of solar engineering. CRC press. Extraído de: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781003244387/principles-solar-engineering-yogi-goswami>

Guenther, R., & Vittori, G. (2008). Sustainable Healthcare Architecture. John Wiley & Sons.

Frampton, K. (1992). Modern Architecture: A Critical History. Thames & Hudson.

Hamilton, D. K., & Watkins, D. H. (2008). Evidence-based design for multiple building types. John Wiley & Sons. Extraído de: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=h9DcaOuEw5cC&oi=fnd&pg=PR7&dq=-+Hamilton,+D.+K.,+%26+Watkins,+D.+H.+\(2009\).+*Evidence-based+design+for+multiple+building+types*.+John+Wiley+%26+Sons.&ots=i9-L8IVIO3&sig=Woo_qCpZIkOgWM4Cmohrb2c-tq8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=h9DcaOuEw5cC&oi=fnd&pg=PR7&dq=-+Hamilton,+D.+K.,+%26+Watkins,+D.+H.+(2009).+*Evidence-based+design+for+multiple+building+types*.+John+Wiley+%26+Sons.&ots=i9-L8IVIO3&sig=Woo_qCpZIkOgWM4Cmohrb2c-tq8#v=onepage&q&f=false)

Harris, D. D. (2000). "A review of the effects of interior design on wellness." Journal of Healthcare Design, 12, pp, 27-32.

Heschong, L. (2002). Daylighting and human performance. ASHRAE Journal. Extraído de: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.livingdaylights.nl/wp-content/uploads/2016/12/Heschong-2002.-Daylighting-and-Human-performance..pdf>

Dalke H., Little J., Niemann E., Camgoz N., Steadman G., Hill S., Stott L. (2006). Colour and lighting in hospital design. Optics & Laser Technology. Volumen 38, Issues 4-6. pp. 343-365. Extraído de: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2005.06.040>

Higuera Trujillo, J. L. (2021). Neuroarquitectura: nuevas métricas para el diseño arquitectónico a través del uso de neurotecnologías (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <http://hdl.handle.net/10251/171261>

Higuera-Trujillo, J. L., Llinares Millán, C., Montañana i Aviñó, A., & Rojas, J. C. (2019). Multisensory stress reduction: a neuro-architecture study of pediatric waiting rooms. Building Research & Information, 48(3), pp, 269–285. Extraído de: <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1612228>.

Hobday, R. A. (1997). Sunlight therapy and solar architecture. Medical history, 41(4), 455-472. Extraído de: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8A22D374344BE18218FFF37F46591C82/S0025727300063043a.pdf/sunlight-therapy-and-solar-architecture.pdf>

Hollander, J. B., Sussman, A., Lowitt, P., Angus, N., & Situ, M. (2021). Eye-tracking emulation software: a promising urban design tool. Architectural Science Review, 64(4), 383-393. Extraído de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2021.1929055>

Holick, M. F. (2004). Sunlight and Vitamin D for Bone Health and Prevention of Autoimmune Diseases, Cancers, and Cardiovascular Disease. The American Journal of Clinical Nutrition. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916522037674>

Hughes, P.C, 1980, The use of light and color in health, en Hastings, A.C, Fadiman, J, Gordon, J.S. (eds), The complete guide to Holistic Medicine: Health for the Whole Person, Boulder, CO, Westview Press. Extraído de: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429052088-20/use-light-color-health-philip-hughes>

Gibson, J. J. (1986). The ecological approach to visual Perception. Psychology Press. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/The_Ecological_Approach_to_Visual_Percep/DrhCCWmJpWUC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Gibson,+J.+J.+\(2013\).+The+ecological+approach+to+visual+Perception.+Psychology+Press.&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/The_Ecological_Approach_to_Visual_Percep/DrhCCWmJpWUC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Gibson,+J.+J.+(2013).+The+ecological+approach+to+visual+Perception.+Psychology+Press.&printsec=frontcover)

Gibson, J. J. (1986). The ecological approach to visual Perception. Psychology Press. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/The_Ecological_Approach_to_Visual_Percep/DrhCCWmJpWUC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Gibson,+J.+J.+\(2013\).+The+ecological+approach+to+visual+Perception.+Psychology+Press.&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/The_Ecological_Approach_to_Visual_Percep/DrhCCWmJpWUC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Gibson,+J.+J.+(2013).+The+ecological+approach+to+visual+Perception.+Psychology+Press.&printsec=frontcover)

Gleeson, B. (2001). Disability and the open city. Urban studies, 38(2), 251-265. Extraído de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1080/00420980123531>

Gregory, R. L. (2015). Eye and Brain: The Psychology of Seeing - Fifth Edition. Princeton University Press.

Goswami, D. Y. (2022). Principles of solar engineering. CRC press. Extraído de: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781003244387/principles-solar-engineering-yogi-goswami>

Jamshidi, S., Parker, J., & Hashemi, S. (2020). The effects of environmental factors on the patient outcomes in hospital environments: A review of literature. Frontiers of Architectural Research, 9(2). Extraído de; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263519300779#sec4>

Jiang, S. (2022). Nature Through a Hospital Window: The Therapeutic Benefits of Landscape in Architectural Design. Reino Unido: Taylor & Francis. Extraído de: https://www.google.es/books/edition/Nature_through_a_Hospital_Window/ZLZZEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1

Huisman, E. R., Morales, E., Van Hoof, J., & Kort, H. S. (2012). Healing environment: A review of the impact of physical environmental factors on users. Building and environment, 58, 70-80. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132312001758>

Kalogirou, S. A. (2023). Solar energy engineering: processes and systems. Elsevier. Extraído de: [https://books.google.es/s?hl=es&lr=&id=8C2gEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kalogirou,+S.+A.+\(2009\).+*Solar+Energy+Engineering:+Processes+and+Systems*.+Academic+Press.&ots=2-CJc9TTy9R&sig=uivJVZS_TpCEYd6bBIDSYzclXtg#v=onepage&q=Kalogirou%2C%20S.%20A.%20\(2009\).%20*Solar%20Energy%20Engineering%3A%20Processes%20and%20Systems*.%20Academic%20Press.&f=false](https://books.google.es/s?hl=es&lr=&id=8C2gEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kalogirou,+S.+A.+(2009).+*Solar+Energy+Engineering:+Processes+and+Systems*.+Academic+Press.&ots=2-CJc9TTy9R&sig=uivJVZS_TpCEYd6bBIDSYzclXtg#v=onepage&q=Kalogirou%2C%20S.%20A.%20(2009).%20*Solar%20Energy%20Engineering%3A%20Processes%20and%20Systems*.%20Academic%20Press.&f=false)

Khalili, A. (2021). An XML-based approach for geo-semantic data exchange from BIM to VR applications. Automation in Construction, Volume 121. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580520310050>

Kellert, S.R, Heerwagen, J., & Mador, M. (2011). Biophilic design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to life. John Wiley & Sons. P.1989-1997. Extraído de: https://www.google.es/books/edition/Biophilic_Design/FyNer_cience,+and+Practice+of+Bringing+Buildings+to+Life.+John+Wiley+%26+Sons.&printsec=frontcover

Koffka, K. (1999). Principles of gestalt Psychology. Psychology Press. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/Principles_Of_Gestalt_Psychology/tWxHAQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Koffka,+K.+\(1999\).+Principles+of+gestalt+Psychology.+Psychology+Press.&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/Principles_Of_Gestalt_Psychology/tWxHAQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Koffka,+K.+(1999).+Principles+of+gestalt+Psychology.+Psychology+Press.&printsec=frontcover)

Köhler, W. (1970). Gestalt Psychology: An Introduction to New Concepts in Modern Psychology. Liveright Publishing Corporation.

Lambert, G. W., Reid, C., Kaye, D. M., Jennings, G. L., & Esler, M. D. (2002). Effect of sunlight and season on serotonin turnover in the brain. The Lancet, 360(9348), 1840-1842. Extraído de: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(02\)11737-5/abstract?cc=y%3D](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(02)11737-5/abstract?cc=y%3D)

Laver, K. (2020). Virtual reality for stroke rehabilitation. In Virtual reality in health and rehabilitation (pp. 19-28). CRC Press. Extraído de: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429351365-3/virtual-reality-stroke-rehabilitation-kate-laver>

Leather, P., Beale, D., Santos, A., Watts, J., & Lee, L. (2003). Outcomes of environmental appraisal of different hospital waiting areas. Environment and Behavior, 35(6), pp, 842-869. Extraído de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0013916503254777>

Lechner, N. (2014). Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects. John Wiley & Sons. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/Heating_Cooling_Lighting/WjetCwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Lechner,+N.+\(2014\).+Heating,+Cooling,+Lighting:+Sustainable+Design+Methods+for+Architects.+John+Wiley+%26+Sons&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/Heating_Cooling_Lighting/WjetCwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Lechner,+N.+(2014).+Heating,+Cooling,+Lighting:+Sustainable+Design+Methods+for+Architects.+John+Wiley+%26+Sons&printsec=frontcover)

Lindberg, D. C. (1976). Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler. University of Chicago Press, pp, 18-32. Extraído de: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-8A_auBvyFoC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Lindberg,+D.+C.+\(1976\).+Theories+of+Vision+from+Al-Kindi+to+Kepler.+University+of+Chicago+Press.&ots=ly7ybXpZxU&sig=7cw0e4nkGsZI6T7mXggOjXCI5cs&redir_esc=y#v=onepage&q=Lindberg%2C%20D.%20C.%20\(1976\).%20Theories%20of%20Vision%20from%20Al-Kindi%20to%20Kepler.%20University%20of%20Chicago%20Press.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-8A_auBvyFoC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Lindberg,+D.+C.+(1976).+Theories+of+Vision+from+Al-Kindi+to+Kepler.+University+of+Chicago+Press.&ots=ly7ybXpZxU&sig=7cw0e4nkGsZI6T7mXggOjXCI5cs&redir_esc=y#v=onepage&q=Lindberg%2C%20D.%20C.%20(1976).%20Theories%20of%20Vision%20from%20Al-Kindi%20to%20Kepler.%20University%20of%20Chicago%20Press.&f=false)

Liou, K. N. (2002). An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/An_Introduction_to_Atmospheric_Radiation/6xUpdPOPLckC?hl=es-419&gbpv=1&dq=\(Liou,+K.+N.+\(2002\).+An+Introduction+to+Atmospheric+Radiation.+Academic+Press\).&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/An_Introduction_to_Atmospheric_Radiation/6xUpdPOPLckC?hl=es-419&gbpv=1&dq=(Liou,+K.+N.+(2002).+An+Introduction+to+Atmospheric+Radiation.+Academic+Press).&printsec=frontcover)

Loomis JM, Da Silva JA, Philbeck J, Fukusima S. 1996. Visual perception of location and distance. *Curr Dir Psychol Sci.* 5:72–77. [doi:10.1111/1467-8721.ep10772783](https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10772783).

Malkin, J. (2008). A visual reference for evidence-based design. Center for Health Design.

Marcus, C. C., & Sachs, N. A. (2013). Therapeutic Landscapes: An Evidence-Based Approach to Designing Healing Gardens and Restorative Outdoor Spaces. Extraído: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kbgzAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Marcus,+C.+C.,+%26+Sachs,+N.+A.+\(2013\).+Therapeutic+Landscapes:+An+Evidence-Based+Approach+to+Designing+Healing+Gardens+and+Restorative+Outdoor+Spaces.&ots=C46yacRgpW&sig=vScm3iiGAS-VYgKG5C61X11RGUw#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=kbgzAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Marcus,+C.+C.,+%26+Sachs,+N.+A.+(2013).+Therapeutic+Landscapes:+An+Evidence-Based+Approach+to+Designing+Healing+Gardens+and+Restorative+Outdoor+Spaces.&ots=C46yacRgpW&sig=vScm3iiGAS-VYgKG5C61X11RGUw#v=onepage&q&f=false)

Marr, D., Ullman, S., & Poggio, T. (1982). Vision: A Computational Investigation Into the Human Representation and Processing of Visual Information. MIT Press (MA). Extraído de: https://www.google.es/books/edition/_/D8XxCwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1

McCullough, C. S. (2010). Evidence-based design for healthcare facilities. Sigma Theta Tau.

Mehrabian, A. (1974). An approach to environmental psychology. Massachusetts Institute of Technology. 23-30.

Miró, J,J, Estrela, MJ, Caselles, V, Olcina-Cantos, J. (2016). Fine-scale estimations of bioclimatic change in the Valencia region, Spain, Atmospheric Research. Extraído de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/56128/2/2016_Miro_etal_AtmosRes_accepted.pdf

Montello, D. R. (1993). Scale and multiple psychologies of space. In European conference on spatial information theory (pp. 312-321). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Extraído de: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-57207-4_21

Myung, E. C., & Mi, J. K. (2013). Measurement of user emotion and experience in interaction WI [Design, Kyung Hee]. Extraído de: https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.3130/jaabe.16.99?src=getftr&utm_source=sciencedirect_contenthosting&getft_integrator=sciencedirect_contenthosting

Nanda, U., Pati, D., & McCurry, K. (2009). Neuroesthetics and healthcare design. HERD: Health Environments Research & Design Journal, 2(2), pp, 116–133. Extraído de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/193758670900200210>

Nicolini, E. (2022). Built Environment and Wellbeing—Standards, Multi-Criteria Evaluation Methods, Certifications. Sustainability, 14(8), 4754. Extraído de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/8/4754>

Nightingale, F. (1860). Notes on Nursing: What it Is, and what it is Not. Reino Unido: D. Appleton. Extraído de: https://www.google.es/books/edition/Notes_on_Nursing/fAAIAAAIAAJ?hl=es&gbpv=1

O’Daly, G. (1999). Augustine’s Philosophy of Mind. University of California Press, p.87-101. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/Augustine_s_Philosophy_of_Mind/bp1_-WB2Bx4C?hl=es&gbpv=1&dq=O%27Daly,+G.+\(1999\).+Augustine%27s+Philosophy+of+Mind.+University+of+California+Press.&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/Augustine_s_Philosophy_of_Mind/bp1_-WB2Bx4C?hl=es&gbpv=1&dq=O%27Daly,+G.+(1999).+Augustine%27s+Philosophy+of+Mind.+University+of+California+Press.&printsec=frontcover)

Odum, E. P. (1996). Ecology : a bridge between science and society. Estados Unidos: Sinauer Associates. Extraído de: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19980613652>

Orellana, B., López-Hidalgo, A., Maldonado, J., & Vanegas, V. (2017). Fundamentos de la biofilia y neuroarquitectura aplicada a la concepción de la iluminación en espacios físicos. Maskana, 8, 111–120. Extraído: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1881>

Osibona, O., Solomon, B. D., & Fecht, D. (2021). Lighting in the Home and Health: A Systematic Review. International journal of environmental research and public health, 18(2), pp, 609. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020609>

Pallasmaa, J. (2024). EYES OF THE SKIN : architecture and the senses 4e. WILEY-BLACKWELL. Extraído de: <https://books.google.es/s?hl=es&lr=&id=drbtEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=The+Eye+of+the+Skin:+Architecture+and+the+Senses.+John+Wiley+%26+Sons.&ots=Pfl1sLqV6g&sig=y1ZUyS8q6sHoMkUsbgASmCpnYQ#v=onepage&q=The%20Eyes%20of%20the%20Skin%3A%20Architecture%20and%20the%20Senses.%20John%20Wiley%20%26%20Sons.&f=false>

Panofsky, E. (1946). Gothic Architecture and Scholasticism. Meridian Books. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/La_arquitectura_g%C3%B3tica_y_la_escol%C3%A1stica/IMdEPZxIDjUC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Panofsky,+E.++\(1946\).+Gothic+Architecture+and+Scholasticism.+Meridian+Books.&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/La_arquitectura_g%C3%B3tica_y_la_escol%C3%A1stica/IMdEPZxIDjUC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Panofsky,+E.++(1946).+Gothic+Architecture+and+Scholasticism.+Meridian+Books.&printsec=frontcover)

Patel, S., et al. (2021). Wearable Devices and the Recognition of Movement Patterns. Healthcare Technology Letters.

Péres, R (1983). Los Hospitales en la Edad Media. Biblioteca virtual de Castilla la Mancha. Extraído de: <https://ceclmdigital.uclm.es/pdf.raw?query=id:0001684913&page=5&lang=en&view=global>

Porter, R. (1999). The Greatest Benefit to Mankind: A Medical History of Humanity from Antiquity to the Present. Reino Unido: Fontana Press. Extraído de; https://www.researchgate.net/profile/Heather-Macdougall/publication/311619405_The_Greatest_Benefit_to_Mankind_A_Medical_History_of_Humanity_from_Antiquity_to_the_Present_Roy_PorterThe_Greatest_Benefit_to_Mankind_A_Medical_History_of_Humanity_from_Antiquity_to_the_Present_Roy_Po/links/609429f492851c490fbf8fce/The-Greatest-Benefit-to-Mankind-A-Medical-History-of-Humanity-from-Antiquity-to-the-Present-Roy-PorterThe-Greatest-Benefit-to-Mankind-A-Medical-History-of-Humanity-from-Antiquity-to-the-Present-Roy-Po.pdf

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., & McNamara, J. O. (2013). Neuroscience (5th ed.). Sinauer Associates. Extraído de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10799/>

Plummer, H. (2012). The Architecture of Natural Light. Italia: Thames & Hudson.
Solís, A. M. E., & Herrera, N. L. R. (2017). El espacio físico y la mente: Reflexión sobre la neuroarquitectura. Cuadernos de Arquitectura, 7(07), 41-47.

Quigley A, Myezwa H and McArthur C (2023). Editorial: Equity, diversity, and inclusion in rehabilitation sciences. Front. Rehabil. Sci. 4:1334054. doi: 10.3389/fresc.2023.1334054. Extraído de: <https://www.frontiersin.org/journals/rehabilitation-sciences/articles/10.3389/fresc.2023.1334054/full>

Ray, P. P., Dash, D., & Kumar, N. (2020). Sensors for internet of medical things: State-of-the-art, security and privacy issues, challenges and future directions. Computer Communications, 160, 111-131. Extraído de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366420300086?casa_token=zKAoffPzOOoAAAAA:mJBIsbYigST9VQDhwm_eBf39xaV-uJcdLmaJD_KMFkbJ1NT6WZ_0_VnISaT-38tIhisETdF7

Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178. Extraído de: <https://doi.org/10.1037/h0077714>

Russell, J. A., & Barrett, L. F. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: dissecting the elephant. *Journal of personality and social psychology*, 76(5), 805. Extraído de: <https://doi.org/10.1037/0022-3514.76.5.805>

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2013). *Physics for Scientists and Engineers*. Cengage Learning.

Sternberg, E. M., Sternberg MD, E. M. (2009). *Healing Spaces: The Science of Place and Well-Being*. Alemania: Harvard University Press. Extraído de: https://www.google.es/books/edition/Healing_Spaces/l8sK8kRCykQC?hl=es&gbpv=1

Stevenson, R., (2009). Lighting quality and visual environment: Its importance for patients in healthcare settings. *Journal of Environmental Psychology*.

Szokolay, S. (2012). *Introduction to Architectural Science*. Reino Unido: Taylor & Francis. Extraído de: https://www.google.es/books/edition/Introduction_to_Architectural_Science/RuFtWHXyg3EC?hl=es&gbpv=1

Udovičić, G., Đerek, J., Russo, M., & Sikora, M. (2017). Wearable emotion recognition system based on GSR and PPG signals. In *Proceedings of the 2nd international workshop on multimedia for personal health and health care* (pp. 53-59). Extraído de: https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3132635.3132641?casa_token=K6euUxxFRX8AAAAA:u579uNZ4XNREkR7zhD-lsmFag9EgR3RwRaUAQT6X5f4uvsxZpfFXR4Sr9uxYLrZ35LDYILrGuw8

Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *science*, 224(4647), 420-421. Extraído de: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.6143402>

Ulrich, R. S., et al. (2008). The role of the physical environment in the hospital of the 21st century: A once-in-a-lifetime opportunity. *The Center for Health Design*.

Ulrich, R. S., Zimring, C., Zhu, X., DuBose, J., Seo, H. B., Choi, Y. S., ... & Joseph, A. (2008). A review of the research literature on evidence-based healthcare design. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 1(3), 61-125. Extraído de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/193758670800100306>

Ulrich, R. S. (2001). Effects of healthcare environmental design on medical outcomes. International Academy for Design and Health, pp. 49-59. Extraído de: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/3910295/Roger-Ulrich-WCDH2000-libre.pdf?1390835309=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEffects_of_Healthcare_Environmental_Desi.pdf&Expires=1734456625&Signature=AUtE2jyrL yj6avbGXGuTktJmrKoFQ4Pq7-ozrB1pwgdcBpAj577o0SriXuqQ0pCXkQCP-bdTuzGGKaNo-wuenvxrUIEwHRcSB3nSS6oQFiJ96CPGWai2ztzsAJYIZAhpzvgrHoyut0zWLC-TW~u8kyTQAWWv8xmQ86rcANVMMGxsYEcUJBHHiwoGJJbJVH22Crsl0~koRjmfQ-jTpRUZ1D8cZuQcpc1RV5BSzRYa~wbsi~Xde-LA9cgnkBsTQrxf-0AOVjnlWAw3oCEncLPT~D4TRtbrhQqQ1unbSvr~LpzZdE8KNUrA6lzWnuJVaN28lJwaFB-o-b~NW8hZXqA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Ulrich, R. S. (2008). Effects of healthcare environmental design on medical outcomes. International Journal of Health Care Quality Assurance, 21(2), 95-105. Extraído de: https://www.researchgate.net/publication/273354344_Effects_of_Healthcare_Environmental_Design_on_Medical_Outcomes

Ulrich, R., Zimring, C., Zhu, X., DuBose, J., Seo, H.-B., Choi, Y.-S., Quan, X., & Joseph, A. (2008). A review of the research literature on evidence-based healthcare design. HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 1(3), pp 61-125. Extraído de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/193758670800100306>

Van den Beld, G., et al. (2014). Lighting for health and well-being in healthcare environments. International Journal of Healthcare.

Van Hoof, J., Aarts, M. P., Rense, C. G., & Schoutens, A. M. (2009). Ambient bright light in dementia: Effects on behaviour and circadian rhythmicity. Building and Environment, 44(1), 146-155. Extraído de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308000279?via%3Dihub>

Veitch, J. A., & Galasiu, A. D. (2011). The physiological and psychological effects of windows, daylight, and view at home (pp. 1-6). Ottawa, ON, Canada: National Research Council of Canada. Extraído de: <https://oaresource.library.carleton.ca/wcl/2016/20161117/NR24-30-2011-eng.pdf>

Vergara, D. P. G. (2022). Vivienda psicológicamente saludable para ciudades más humanas: luz natural en espacios emocionantes, enfoque desde la Neuroarquitectura (Master 's thesis, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile).

Wertheimer, M. (1938). Laws of organization in perceptual forms. In W. D. Ellis (Ed.), *A source book of Gestalt psychology* (pp. 71–88). Kegan Paul, Trench, Trubner & Company. Extraído de: <https://doi.org/10.1037/11496-005>

Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Reino Unido: Harvard University Press.. Extraído de: [https://www.google.es/books/edition/Biophilia/J?hl=es&gbpv=1&dq=Wilson,+E.+O.+\(1984\).+Biophilia.+Harvard+University+Press.&printsec=frontcover](https://www.google.es/books/edition/Biophilia/J?hl=es&gbpv=1&dq=Wilson,+E.+O.+(1984).+Biophilia.+Harvard+University+Press.&printsec=frontcover)

Wright, K. P., McHill, A. W., Birks, B. R., Griffin, B. R., Rusterholz, T., & Chinoy, E. D. (2013). Entrainment of the human circadian clock to the natural light-dark cycle. *Current Biology*, 23(16), 1554-1558. Extraído de: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0960-9822%2813%2900764-1>

Zamani, M., Kheirollahi, M., Asghari Ebrahim Absd, M. J., Rezaee, H., & Vafaei, F. (2022). Evaluating the impact of architectural space on human emotions using biometrics data. *Creative City Design*, 5(2), 65-80. Extraído de: https://sanad.iau.ir/journal/crcd/article_693202.html

Zhang, Y., Tang, Y., Wang, X., & Tan, Y. (2024). The effects of natural window views in classrooms on college students' mood and learning efficiency. *Buildings*, 14(6), 1557. <https://doi.org/10.3390/buildings14061557> . Extraído de: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/6/1557>

Zhao, M., & Peng, G. (2021). Regulatory mechanisms of retinal photoreceptors development at single cell resolution. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16), 8357. <https://doi.org/10.3390/ijms22168357> . Extraído de: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/16/8357>

Zhu, Z., Heng, B. H., & Teow, K. L. (2020). “Overview of the Healthcare System in Singapore.” En *Encyclopedia of Health Economics*. Esto explora el papel de la tecnología avanzada en la personalización y monitoreo en entornos de salud.