



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

El color en el Alzheimer: Estrategias de diseño para la
enfermedad del Alzheimer en el marco del uso del color en
la Arquitectura Interior.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje,
Urbanismo y Diseño

AUTOR/A: Silva González, Stephanie Carolina

Tutor/a: Serra Lluch, Juan de Ribera

Cotutor/a: Torres Barchino, Ana María

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

*Master Universitario en Arquitectura
Avanzada, Paisaje, Urbanismo y Diseño*

El color en el Alzheimer

Estrategias de diseño para la Enfermedad del
Alzheimer en el marco del uso del color en la
Arquitectura Interior

Autor: Stephanie Carolina Silva González
Tutor: Juan Serra Lluch
Cotutora: Ana María Torres Barchino

Curso: 2023/2024



Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo exponer cómo la arquitectura puede ser una primera línea de tratamiento para las personas con la Enfermedad del Alzheimer, enfatizando en el uso óptimo del color como estrategia esencial de intervención en el diseño del entorno físico.

La Enfermedad del Alzheimer es la principal causa de demencia en el mundo. Es una enfermedad neurodegenerativa que causa la pérdida progresiva de las funciones cerebrales superiores, responsables de recibir, procesar e interpretar la realidad.

Las alteraciones neuronales afectan también el sistema visual. Esto influye en el reconocimiento y comprensión de objetos, rostros, colores, formas e incluso la profundidad. Es por esto que se hace imprescindible plantear diseños arquitectónicos que respondan a las necesidades reales de la enfermedad y ayuden a las personas a distinguir los elementos del entorno, mejorando la capacidad de orientación y ayudando a reducir el estrés y la confusión.

En este contexto, se plantea el uso del color como estrategia arquitectónica, enfatizando en el contraste tonal para el diseño del entorno físico. Por otra parte, este trabajo desarrolla un concepto básico de vivienda unifamiliar para una persona con Alzheimer, en donde se incluyen las soluciones que benefician la seguridad, accesibilidad y autonomía.

Palabras clave: *Alzheimer, Demencia, Diseño para el Alzheimer, Diseño para la demencia, Color, Percepción del color*

Abstract

This work aims to expose how architecture can be a first line of treatment for people with Alzheimer's disease, emphasizing the optimal use of color as an essential strategy of intervention of the physical environment.

Alzheimer's disease is the leading cause of dementia in the world. It is a neurodegenerative disease that causes the progressive loss of higher brain functions, responsible for receiving, processing and interpreting reality.

Neural alterations also affect the visual system. This influences the recognition and understanding of objects, faces, colors, shapes and even depth. This is why it is essential to propose architectural designs that respond to the real needs of the disease and help people to distinguish the elements of the environment, improving the ability to orient themselves and helping to reduce stress and confusion.

In this context, it is proposed the use of color as an architectural strategy, emphasizing the tonal contrast for the design of the physical environment. On the other hand, this work develops a basic concept of single-family housing for a person with Alzheimer's disease, including solutions that benefit safety, accessibility and autonomy.

Keywords: Alzheimer's, Dementia, Design for Alzheimer's, Design for dementia, Color, Color Perception

Agradecimientos

A mi familia...

A Lore, mi agradecimiento infinito. ¡GRACIAS POR TODO!

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTOS	4
INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVOS	8
METODOLOGÍA.....	8
1 INTRODUCCIÓN A LA ENFERMEDAD DE ALZHEIMER	9
1.1 Qué es la demencia	10
1.1.1 Clasificación de la demencia	10
1.2 Enfermedad del Alzheimer	12
1.2.1 Fisiopatología.....	12
1.2.2 Síntomas, fases de deterioro y diagnóstico	13
1.2.3 Alteraciones visuales.....	16
2 COLOR EN LA ENFERMEDAD DEL ALZHEIMER	21
2.1 Introducción al sistema visual	21
2.1.1 Estructuras visuales.....	22
2.1.2 Proceso visual.....	24
2.1.3 Percepción visual.....	25
2.2 La visión del color	28
2.2.1 Fotorreceptores.....	28
2.2.2 Atributos del color.....	31
2.3 Deficiencias de la visión del color en la Enfermedad de Alzheimer	33
2.3.1 Alteraciones de la visión cromática.....	34
2.3.2 Detección de las anomalías del color en la Enfermedad de Alzheimer	36
2.3.3 Disminución de la sensibilidad del contraste.....	37
2.4 Fundamentos de la teoría del color.....	38
2.4.1 Esquemas de combinación de colores.....	40
2.4.2 Sistema de representación del color CIELAB.....	43
2.4.3 Reflectancia de luz y contraste de color.....	44
3 DISEÑO DEL ESPACIO PARA PERSONAS CON ALZHEIMER.....	47

3.1	Entorno construido como intervención terapéutica inicial.....	47
3.1.1	Impacto del ambiente físico en la Enfermedad del Alzheimer	49
3.2	Principios de diseño para la demencia	49
3.2.1	Enfoques y consideraciones generales de diseño.....	50
3.2.2	Pautas de diseño según parámetros arquitectónicos.....	55
3.2.3	Pautas de diseño según los síntomas de la enfermedad	58
3.3	Guía: 'Design for Dementia'	64
3.3.1	Modelo de vivienda para la demencia: Diseño de un bungalow	64
3.3.2	Principios de diseño.....	67
3.3.3	Pautas de diseño para la degeneración visual.....	69
4	ESTUDIO DE PROYECTOS PARA EL ALZHEIMER	73
4.1	Proyecto: Abbeyfield Winnersh Society	74
4.1.1	Parámetros y medidas arquitectónicas según la sintomatología	75
4.1.2	Análisis del uso del color	77
4.2	Proyecto: Norra Vram Nursing Home	81
4.2.1	Parámetros y medidas arquitectónicas según la sintomatología	82
4.2.2	Análisis del uso del color	83
5	PROPUESTA DE ADECUACIÓN EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	87
5.1	La vivienda existente.....	88
5.1.1	Perfil del usuario	90
5.2	Propuesta	91
5.2.1	Criterios de intervención.....	91
5.2.2	Adaptación de la vivienda.....	92
5.2.3	Parámetros arquitectónicos.....	93
5.2.4	Coste de la reforma.....	94
5.3	Color: Estrategia terapéutica de intervención	96
5.3.1	Paleta cromática de la propuesta	98
5.3.2	Análisis del uso del color	100
5.3.3	Posible alteración de la visión del color en el eje tritán (azul)	106
6	CONCLUSIONES.....	108
7	BIBLIOGRAFÍA	113
8	ANEXOS.....	123

Introducción

La enfermedad del Alzheimer es la principal causa de demencia en el mundo, representando entre el 60 y 70% de los casos, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023). Aunque su origen es aún desconocido, se ha vinculado a la presencia de depósitos proteicos que forman placas seniles y drusas oculares en el cerebro, principalmente en el hipocampo y la corteza cerebral, también en la retina y el nervio óptico, que forman parte de la vía visual (Gonzales et al., 2010).

Esta enfermedad neurodegenerativa provoca la pérdida de memoria, alteraciones en las funciones ejecutivas como la planificación, organización y toma de decisiones, problemas con el lenguaje, dificultades en la realización de actividades cotidianas, alteraciones perceptivas y espaciales, cambios en la personalidad y conducta, y pérdida de habilidades motoras. El Alzheimer también afectan el sistema visual, influyendo en el reconocimiento y comprensión de objetos, rostros, colores, formas e incluso la profundidad.

Debido a la naturaleza progresiva de la enfermedad, es fundamental que el diseño arquitectónico del entorno construido responda adecuadamente a las necesidades de las personas con Alzheimer. Las dificultades en la orientación espacial y el reconocimiento de estancias como el baño o la habitación pueden aumentar el estrés y la confusión. Por lo tanto, diseñar espacios accesibles, seguros y comprensibles es esencial para mejorar la calidad de vida de estos individuos. Esto requiere abordar la arquitectura desde una nueva perspectiva, convirtiéndola como una intervención terapéutica inicial (Timón Sánchez et al. 2013).

En las investigaciones de (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019), (Quesada García and Valero Flores 2017) (Zeisel 2013) se ofrecen principios de diseño que ayudan a crear entornos adecuados para personas con Alzheimer. Además, Pablo José Flores en su tesis doctoral: *'Influencia del entorno espacial en usuarios con Alzheimer. Parámetros, criterios proyectuales y pautas de diseño arquitectónico'*, presenta pautas arquitectónicas de diseño extraídas de una extensa investigación. Estos criterios se exponen según la sintomatología del Alzheimer y las fases de la enfermedad, (Valero Flores 2023).

El uso óptimo del color y el contraste son estrategias fundamentales en el diseño de entornos para personas con Alzheimer. Debido a la pérdida de memoria y la capacidad de razonamiento, estos individuos dependen en gran medida de lo que pueden ver. El color se convierte así en un componente clave para la comprensión, orientación y uso del espacio. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el Alzheimer puede causar alteraciones en la visión del color, lo que refuerza la necesidad de un diseño cuidadoso.

En conclusión, la arquitectura puede ser una herramienta terapéutica para las personas con Alzheimer. Este trabajo se propone desarrollar un concepto básico de vivienda unifamiliar que incluya soluciones de diseño que beneficien la seguridad, accesibilidad y autonomía de los usuarios, con un enfoque en el uso del color y el contraste.

Objetivos

Objetivo principal

Demostrar cómo la arquitectura puede servir como una intervención inicial en el tratamiento para las personas con la Enfermedad del Alzheimer, destacando el uso del color como un elemento clave para mejorar la comprensión del entorno construido y aplicando pautas arquitectónicas que aseguren la calidad de vida del usuario.

Objetivos específicos

- Exponer las bases teóricas de la Enfermedad del Alzheimer y profundizar en los conceptos de la alteración de la percepción visual, siendo un aspecto fundamental para proyectar arquitectura que realmente resuelva las necesidades del usuario con la enfermedad.
- Desarrollar pautas arquitectónicas basadas en evidencia sobre el diseño de espacios destinados a personas con demencia.
- Demostrar cómo el uso del color puede ayudar a crear espacios legibles, seguros y accesibles para usuarios con la Enfermedad del Alzheimer.
- Plantear el concepto de adaptación de una vivienda unifamiliar, aplicando los conceptos estudiados en el presente trabajo.

Metodología

Parte 1: En el primer capítulo, se desarrolla una investigación que abarca los conceptos básicos de la demencia y la Enfermedad del Alzheimer. En el segundo capítulo, se enfatiza sobre las alteraciones en la percepción visual, la teoría básica del color y el Valor de Reflectancia de Luz (LRV) como indicador de contraste.

Parte 2: En el tercer capítulo, se extraen investigaciones sobre principios arquitectónicos para los entornos físicos de personas con demencia y en el cuarto, se presentan proyectos que aplican estas pautas y en donde se analiza el uso del color.

Parte 3: Por último, en el quinto capítulo, se adapta una vivienda unifamiliar para una persona con la Enfermedad del Alzheimer, basándose en los síntomas de la fase inicial de la enfermedad

Capítulo 1

Introducción a la
Enfermedad del Alzheimer



1.1 Qué es la demencia

Es un síndrome clínico asociado a enfermedades que afectan el sistema nervioso central, que pueden tener un origen degenerativo, vascular, metabólico, infeccioso, autoinmune, entre otros, (Nitrini and Dozzi 2012). Estas afecciones provocan la destrucción de las células nerviosas, lo que genera un daño cerebral. La demencia implica la pérdida progresiva de las funciones cognitivas superiores, responsables de recibir, procesar e interpretar la información del entorno. Estas funciones abarcan áreas como la atención, memoria, funciones ejecutivas, lenguaje, así como las funciones visoperceptivas y visoespaciales, prácticas y conductuales. (Fontán 2012)

La demencia afecta a las personas mayores, se estima que entre un 5% y un 8% de la población mayor de los 60 años experimenta demencia en algún momento y empeora con el paso del tiempo (OMS 2023). Este síndrome afecta la capacidad de realizar actividades profesionales o sociales (Nitrini and Dozzi 2012), ya que se pierden gradualmente las habilidades necesarias para entender e interactuar con el entorno.

Según la Organización Mundial de la Salud, la demencia ocupa actualmente el séptimo lugar entre las causas de mortalidad y representa uno de los principales factores de discapacidad y dependencia en la población de tercera edad a nivel mundial. Además, la cifra de personas afectadas por la demencia supera a los cincuenta y cinco millones a nivel mundial y cada año, se registran casi diez millones de casos nuevos. (OMS 2023)

1.1.1 Clasificación de la demencia

Existen diversas categorías de la demencia, pero la más común está basada en las enfermedades que la originan (Nitrini and Dozzi 2012), también conocida como clasificación nosológica. En la **tabla 1** se presentan los principales grupos de enfermedades causantes de la demencia. De igual manera, la Clasificación Internacional de Enfermedades, décima revisión (CIE-10), divide la demencia en tres tipos principales: Demencia en la enfermedad de Alzheimer, Demencia Vascular y Demencias agrupadas en otras categorías (Ministerio de Sanidad 2022).

- **Demencia en la Enfermedad del Alzheimer**

La Enfermedad del Alzheimer (EA) es una afección cerebral degenerativa de origen desconocido. Por lo general, el trastorno se manifiesta de manera gradual y luego avanza de manera lenta pero constante a lo largo de los años. La CIE- 10 clasifica la enfermedad en comienzo temprano, tardío y mixto.

La demencia en la EA de comienzo temprano, inicia antes de los 65 años. El deterioro es rápido, afecta las funciones cerebrales superiores presentando diferentes trastornos. La demencia en la EA de comienzo tardío, se manifiesta después de los 65 años con una progresión lenta y su característica principal es el deterioro de la memoria. Por último, la demencia en la EA mixta es una demencia atípica.

- **Demencia Vascolar**

La Demencia Vascolar surge como resultado de un infarto cerebral, también puede manifestarse por la repetición de pequeños infartos cerebrales que al acumularse afectan progresivamente las conexiones neuronales. Los accidentes cerebrovasculares se originan por obstrucciones o fallas de irrigación de vasos sanguíneos. Entre los principales se encuentran la trombosis, la embolia y la hemorragia.

- **Demencia agrupada en otras categorías**

Dentro de esta categoría se encuentran todas aquellas enfermedades que no constituyen las causas de la demencia vascular ni tampoco la enfermedad del Alzheimer. Según Ricardo Nitrini y Sonia Maria Dozzi (Nitrini and Dozzi 2012), son también las llamadas demencias secundarias, las cuales algunas son potencialmente reversibles y tratables. Cabe destacar que estas enfermedades no causan necesariamente la demencia, pero sí pueden presentar síntomas del trastorno.

Las enfermedades que incluye la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) en 'Demencia agrupada en otras categorías' son la Enfermedad de Parkinson, Enfermedad de Pick, Enfermedad de Huntington y Enfermedad por Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH). Además, de incluir una lista de enfermedades dentro de la categoría de 'Demencia en otras enfermedades'.

Enfermedades que causan demencia	
Enfermedades degenerativas	Trastornos metabólicos
Demencia como síndrome principal	Enfermedades Sistémicas
Demencia como síndrome asociada	Intoxicaciones
Enfermedades Vasculares Cerebrales	Carencias nutricionales
Enfermedades infecciosas	Enfermedades autoinmunes
Hidrocefalias	Procesos expansivos (tumores, quistes)
Enfermedades Desmielinizantes	Traumatismo Craneoencefálico
Enfermedades Priónicas	Estado post-anóxico
Epilepsia	Demencias mixtas (más de una causa posible)
Enfermedades de depósito	

Tabla 1. Enfermedades que causan la demencia. Fuente: Elaboración propia en base a (Nitrini and Dozzi 2012)

1.2 Enfermedad del Alzheimer

La enfermedad del Alzheimer es la principal causa de demencia en el mundo, representando entre el 60 y 70% de los casos, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023). Afecta principalmente al hipocampo y la corteza cerebral. El hipocampo es fundamental para la formación de la memoria y la navegación espacial, mientras que la corteza cerebral es responsable de funciones cognitivas superiores, como la percepción, el pensamiento, el lenguaje y la toma de decisiones (Gonzales et al. 2010). Se trata de una demencia progresiva que inicia con la pérdida de memoria y avanza lentamente, presentando deterioro en diversas funciones cognitivas.

Aunque su origen es aún desconocido, se ha vinculado a la presencia de depósitos proteicos que forman placas seniles y drusas oculares en el cerebro, principalmente en el hipocampo y la corteza cerebral. Estos depósitos también pueden encontrarse en la retina y el nervio óptico, que forman parte de la vía visual (Gonzales et al., 2010).

1.2.1 Fisiopatología

Se ha identificado que la degeneración cerebral y la pérdida de conexiones sinápticas (comunicación entre neuronas) están vinculadas a la presencia de depósitos proteicos tanto extracelulares como intracelulares, (Gonzales et al. 2010). Los primeros responden a la acumulación de la proteína β -amiloide, que dan lugar a la formación de placas seniles alrededor de las neuronas. En cuanto a los depósitos intracelulares, estos se generan por la acumulación anormal de la proteína Tau, originando ovillos neurofibrilares dentro de las neuronas (figura 1).

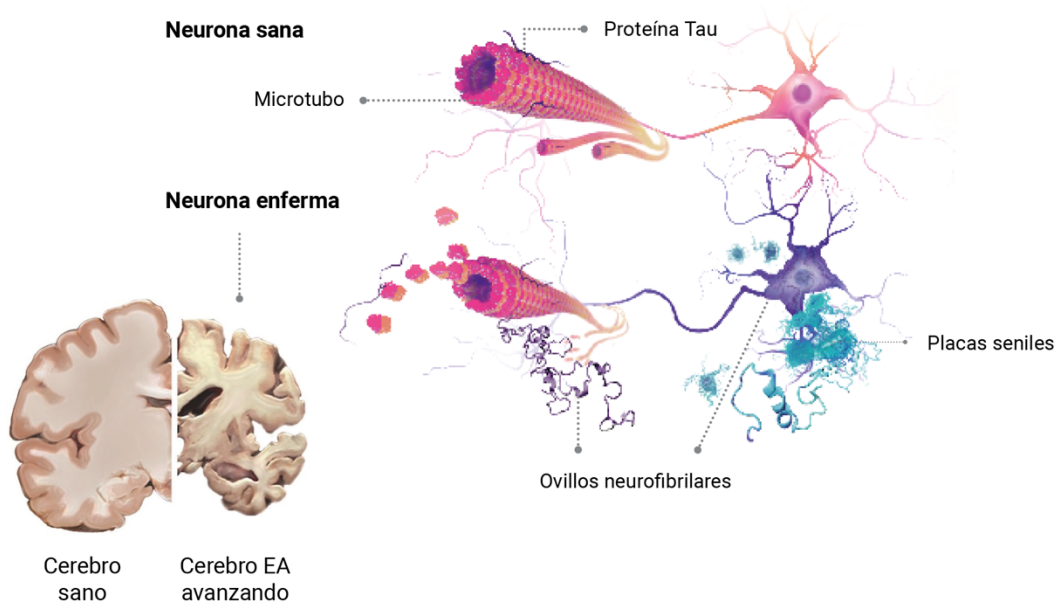


Figura 1. Cerebro y Neuronas afectadas por la Enfermedad del Alzheimer. Adaptado de (Ernstmeyer and Christman 2021)

El modelo más importante de la patología molecular de la EA hasta la fecha, es la 'Hipótesis de la cascada amiloidea' (ACH), la cual expone que los depósitos de A β constituyen la primera causa patológica en la enfermedad (Armstrong 2009). Esto se debe a una alteración en el metabolismo de la proteína APP (proteína precursora de amiloide), la cual provoca un incremento en su producción y la acumulación anormal de depósitos de β -amiloide. Este proceso conduce a la formación de ovillos neurofibrilares, la muerte celular y, en última instancia, al desarrollo de demencia.

Según el artículo '*Últimos avances en el diagnóstico moleculares y por imagen de la enfermedad de Alzheimer*', el deterioro cerebral comienza dos o tres décadas antes de que la enfermedad se manifieste clínicamente, (Gonzales et al. 2010). El número de placas y ovillos neurofibrilares incrementan durante este periodo, alcanzando un nivel que supera un umbral y desencadena la aparición de los primeros síntomas.

1.2.2 Síntomas, fases de deterioro y diagnóstico

La pérdida de memoria es el principal síntoma de la Enfermedad del Alzheimer. Esto ocurre por la destrucción neuronal en el hipocampo, que es la región encargada de almacenar la memoria. Con el progreso de la enfermedad, el daño neuronal se extiende a otras áreas principalmente a la corteza cerebral, manifestándose en alteraciones de las funciones cerebrales superiores (Fontán 2012):

- Pérdida de memoria (Olvido de situaciones recientes, pérdida de objetos y dificultad para retener nueva información).
- Alteraciones en las funciones ejecutivas (planificar, organizar y tomar decisiones)
- Problemas con el lenguaje (Afasia)
- Dificultad en realizar actividades cotidianas (Apraxia)
- Alteración perceptiva y espacial (Agnosias)
- Cambios en la Personalidad y Conducta
- Pérdida de habilidades motoras

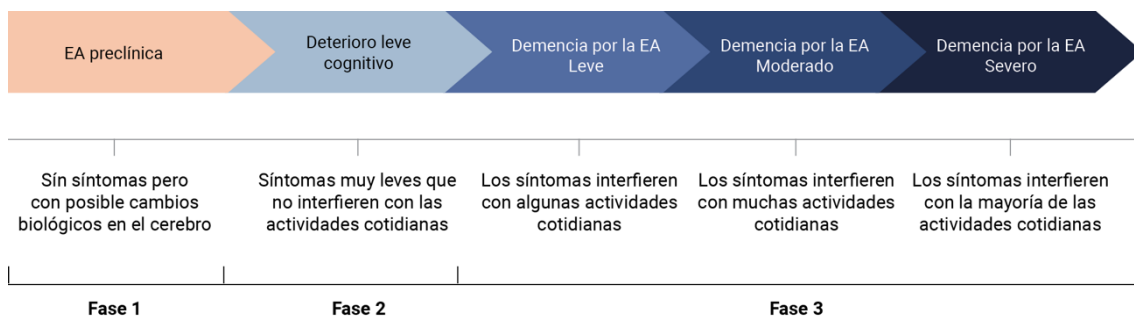
En las etapas más avanzadas, otras áreas del cerebro se ven afectadas, conduciendo a un estado vegetativo, y eventualmente al fallecimiento. (Gonzales et al. 2010). Las alteraciones cerebrales se pueden categorizar en tres grupos según el progreso de la enfermedad: cognitiva, conductual y funcional. (Gonzales et al. 2010). **Tabla 2**

Categorías de la Enfermedad del Alzheimer		
Características progresivas	Deterioro gradual de la habilidad de la persona para recordar, comprender, razonar y comunicar	
Deterioro cognitivo	Memoria y capacidad de decisión	- Disminución de la capacidad de recordar, razonar y pensar. - Olvido de eventos recientes, nombres y rostros, así como olvido de objetos en lugares que no corresponden. - Confusión espaciotemporal y desorientación, especialmente en lugares poco familiares
	Comunicación	- Dificultad en la comunicación y uso del lenguaje. Problemas para encontrar las palabras correctas.
Limitaciones funcionales	Dificultad en mantener las rutinas diarias	- Problemas para dormir y descansar por la noche. - Mayor inestabilidad en los pies y mayor probabilidad de errores. - Necesidad progresiva de más ayuda con las rutinas diarias: vestirse, ir al baño y comer.
Cambios de comportamiento	Alucinaciones	Alucinaciones visuales donde se ven objetos, personas o animales cuando no existen.
	Personalidad y comportamiento	- Cambios de humor o comportamiento (apatía, irritabilidad o pérdida de confianza con algunas personas). - Tristeza y depresión. Aumento de la ansiedad, fobias, enfados y agitación.

Tabla 2. Categorías de la enfermedad del Alzheimer. Fuente: Elaboración propia en base a (Romano and Nissen 2007)

- **Fases de deterioro**

Según expone la Asociación de Alzheimer, (Alzheimer’s Association 2023) la enfermedad se presenta en tres fases: Enfermedad de Alzheimer preclínica, Deterioro Cognitivo Leve (DCL) y demencia debido a la Enfermedad del Alzheimer **Figura 2**. En la última etapa de la enfermedad, se identifican tres subetapas: leve, moderada y grave.



* Aunque las flechas son del mismo tamaño, la duración es distinta en cada etapa.

Figura 2. Evolución de la Enfermedad del Alzheimer. Fuente: Elaboración propia en base a (Alzheimer’s Association 2023)

Fase 1. Enfermedad de Alzheimer preclínica

El deterioro degenerativo aparece entre dos o tres décadas antes que la enfermedad se manifieste clínicamente a través de los síntomas, (Gonzales et al. 2010). Comienzan a presentarse cambios de algunos de los biomarcadores cerebrales, como los niveles anormales de la proteína β -amiloide y Tau.

Fase 2. Deterioro Cognitivo Leve (DCL) debido a la Enfermedad de Alzheimer

En esta etapa, el cerebro no puede compensar los daños causados por la muerte neuronal a diferencia de la etapa preclínica. Como resultado, aparecen los primeros síntomas, como la pérdida de memoria, dificultades con el lenguaje y el razonamiento. Sin embargo, no interfieren con la capacidad de realizar actividades cotidianas. Según la Asociación de Alzheimer, alrededor del 15% de las personas que presentan DCL desarrollan demencia después de los dos años. (Alzheimer's Association 2023)

Fase 3. Demencia debido a la Enfermedad del Alzheimer

A medida que la enfermedad progresa y nuevas regiones cerebrales se ven afectadas, las alteraciones cognitivas empeoran y empiezan a manifestarse alteraciones conductuales y funcionales adicionales. En esta etapa, los síntomas sí interfieren en la capacidad de la persona de funcionar en la vida diaria y requieren de asistencia externa. Cabe resaltar, que la progresión de la enfermedad varía de persona a persona.

- **Demencia Leve:** Las personas comienzan a requerir de ayuda, aunque aún son independientes para realizar algunas actividades. Las alteraciones perceptivas y espaciales aparecen (agnosias), además de los cambios de comportamiento.
- **Demencia Moderada:** Suele ser la etapa más larga y el cuadro sintomático es más profundo. Se presenta una pérdida de memoria significativa, dificultades en el lenguaje, dificultad en realizar actividades cotidianas y cambios en la personalidad.
- **Demencia Severa:** Debido al daño considerable del cerebro, en esta etapa se requiere de atención las 24 horas del día. Además, por los daños en las regiones que involucran el movimiento, las personas entran a un estado vegetativo.

Diagnóstico

En la actualidad, la enfermedad de Alzheimer sólo se puede diagnosticar post mortem con un examen del tejido del cerebro (Romano and Nissen 2007). Los diagnósticos clínicos premortem se consideran inexactos en un 10-15% de los casos, (Javaid et al. 2016), los cuales tratan de un examen médico detallado, pruebas psicológicas, pruebas de sangre, electrocardiograma, electroencefalograma y tomografía computarizada.

No obstante, y considerando que existe evidencia significativa de la patología ocular, existe la posibilidad de realizar un enfoque mínimamente invasivo para examinar los daños a través del ojo, (Javaid et al. 2016). El ojo es considerado como una extensión del Sistema Nervioso Central (SNC), las neuronas de la retina son comparables en muchos sentidos con el cerebro, además el nervio óptico genera sinapsis directamente con distintas áreas de la corteza visual.

1.2.3 Alteraciones visuales

En la Enfermedad de Alzheimer, las alteraciones visuales se manifiestan por los daños neuronales en las regiones encargadas de la función visual. Los depósitos patológicos de las proteínas β -amiloide, aparecen en la retina formando placas seniles y drusas oculares¹, destruyendo las neuronas (Garzón P et al. 2018). Estas patologías llevan a una disminución del grosor de la retina a medida que la enfermedad progresa y en la reducción de los axones que forman el nervio óptico, siendo este el responsable de emitir las señales eléctricas a la corteza visual. **Figura 3**

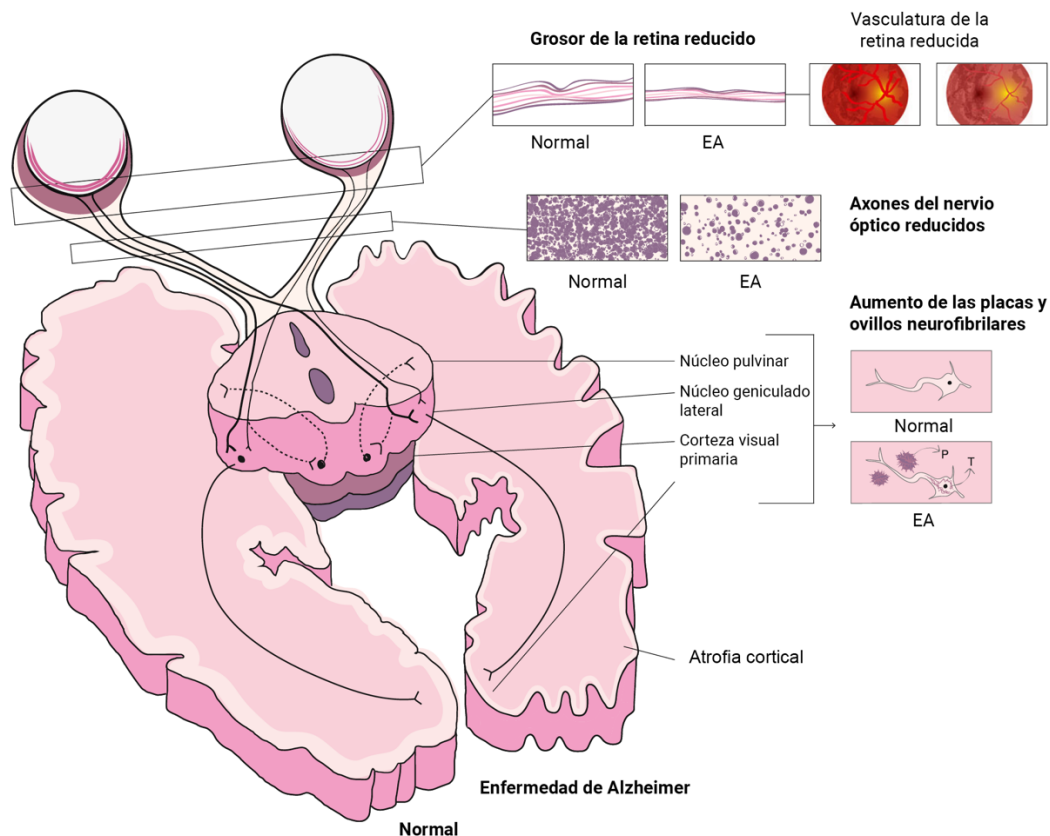


Figura 3. Cambios visuales en el hemisferio derecho por la Enfermedad de Alzheimer. Adaptado de (Kusne et al. 2017)

¹ Son depósitos extracelulares anormales en la retina formados por residuo celular.

Las células clave para el procesamiento visual de la retina, son los fotorreceptores (conos y bastones), células bipolares y células ganglionares, (Garzón P et al. 2018). En cuanto al adelgazamiento de la retina en la EA, investigaciones histopatológicas han revelado que este fenómeno se atribuye a la disminución de la capa neuronal conformada por las células ganglionares, que son las responsables de la emisión de las señales eléctricas a través de los axones que conforman el nervio óptico.

- **Deterioro visual en la Enfermedad del Alzheimer**

Como se ha señalado anteriormente, la acumulación anormal de proteínas en la retina conduce a las alteraciones neurodegenerativas y a la disfunción sináptica tanto en la retina como en el nervio óptico. No obstante, investigaciones han identificado que, otras estructuras oculares también se ven alteradas, como el lente cristalino, la pupila y el coroides. (Garzón P et al. 2018)

Los síntomas visuales que se presentan en la enfermedad de Alzheimer, incluyen la disminución de la agudeza visual, déficit en la sensibilidad al contraste, alteraciones del campo visual, anomalías en la visión del color, cambios en la reacción de la pupila, deterioro en la percepción de profundidad, problemas con la percepción de movimiento y dificultades motoras. (Chang et al. 2014). A continuación, se explican en detalle:

- **Disminución agudeza visual:** Es la capacidad del ojo para percibir detalles y distinguir objetos nítidos a una determinada distancia. En la EA esta disminuye después de la alteración de la estructura de la retina. Por tanto, se presenta dificultad en la detección, reconocimiento y locación de objetos.
- **Dificultad en reconocer el contraste:** Es el reconocimiento de objetos en relación con el nivel de luminancia de fondo. Las personas que padecen EA avanzada se quejan con frecuencia de una sensibilidad al contraste reducida. Puede percibirse como una 'neblina' en la visión, incluso cuando la agudeza visual es cerca de 20/20.
- **Cambios en la respuesta pupilar:** En la EA, la pupila se contrae más lento en respuesta a la luz, lo cual empeora a medida que avanza la enfermedad. El tamaño de la pupila es regulado por los músculos esfínter y dilatador del iris, controlados por el sistema nervioso autónomo. El sistema simpático dilata la pupila en condiciones de baja luminosidad, mientras que el sistema parasimpático la contrae en situaciones de mayor luminosidad o durante el enfoque cercano.
- **Anomalías en la visión del color:** Las alteraciones en la visión de color en la EA están aún en estudio. Algunos informes indican que puede haber alteraciones en

la visión del color en el eje azul-amarillo del espectro (Eje Tritan), mientras que otros afirman deficiencias en la percepción de los colores en el eje rojo-verde del espectro (Eje Deutan). Sin embargo, otros estudios no encuentran diferencias significativas en la visión del color, (Chang et al. 2014).

- **Pérdida del campo visual:** Según (Javaid et al. 2016), la pérdida del campo visual en la EA surge a medida que avanza la enfermedad y probablemente está vinculada a cambios degenerativos y la disfunción sináptica por la acumulación de la proteína β -amiloide.
- **Deterioro en la percepción de profundidad (estereopsis):** La estereopsis es la capacidad de percibir la profundidad. Se logra gracias a la visión binocular, la cual combina la información recibida por ambos ojos. Algunas investigaciones han demostrado que las personas con EA tienen una estereopsis reducida.
- **Problemas con la percepción de movimiento:** En la EA, se observa una dificultad en las personas para seguir objetos en movimiento, así como una percepción alterada de la velocidad (más lenta o más rápida). Estas alteraciones provocan fallos de coordinación entre la percepción visual y la respuesta motora.

Por otra parte, el estudio titulado '*Visual impairment in Alzheimer's disease: A critical review*' de (Kirby, Bandelow, and Hogervorst 2010) señala que las disfunciones predominantes en la Enfermedad de Alzheimer fueron visuoconstructivas (87.3%), seguidas por las anomalías visuoperceptuales (63.6%), agnosia de objetos (47.3%), prosopagnosia (45.5%), alucinación visual (27.3%) y simultagnosia (12.7%).

- **Alteraciones visuoconstructivas (87.3%):** Incluyen la dificultad para copiar patrones visuales o figuras geométricas, problemas en la construcción de objetos tridimensionales, organización espacial y un deterioro en la escritura.
- **Anomalías visuoperceptuales (63.6%):** Se refieren a los cambios en la percepción visual que afecta la interpretación de la información. Dentro de las anomalías se encuentra la agnosia visual (dificultad para reconocer y comprender objetos, rostros, colores o formas, incluso cuando la agudeza visual esté intacta), deterioro de percepción de la profundidad y la distancia entre objetos, y la coordinación de la información visual con los movimientos motores.
- **Agnosia de objetos (47.3%):** Es un tipo de agnosia visual vinculada con la dificultad de reconocer y nombrar objetos familiares. Las personas con la EA pueden tener problemas de asociar significado a los elementos que perciben, aunque los puedan ver con claridad.

- **Prosopagnosia (45.5%):** Es otra agnosia visual asociada a un trastorno de la percepción facial, manifestándose a la dificultad de reconocer y recordar rostros.
- **Alucinación visual (27.3%):** Esta alteración se presenta en etapas avanzadas de la enfermedad y se refiere a ver cosas que no existen o percibir de manera incorrecta situaciones u objetos reales.
- **Simultagnosia (12.7%):** Es un tipo de agnosia visual que se refiere a la dificultad de percibir varios elementos en el campo visual al mismo tiempo. Es decir, la persona sólo puede observar y procesar un elemento a la vez e ignorar el contexto completo.

Capítulo 2

El color en la Enfermedad del Alzheimer



2 Color en la Enfermedad del Alzheimer

Como se comentó en el capítulo anterior, las anomalías de la visión de color en la enfermedad de Alzheimer (EA) continúan siendo tema de investigación. Algunos estudios exponen que pueden existir alteraciones en la visión del color, mientras que otras investigaciones no encuentran diferencias significativas, (Chang et al. 2014). Sin embargo, el objetivo de este capítulo es exponer las alteraciones que se han presentado respecto a la visión del color. Se busca identificar variables que puedan replicarse en la arquitectura destinada a personas con la enfermedad de Alzheimer, considerando que el color es una variable fundamental en el diseño del espacio arquitectónico.

Además, con el fin de comprender la complejidad del proceso visual y como se ve afectado por la Enfermedad de Alzheimer, definen los conceptos básicos del sistema visual, proceso y percepción visual, la visión del color, las deficiencias en la visión cromática, así como las alteraciones en el reconocimiento del contraste.

Por otra parte, se articula cómo el óptimo uso del color y el contraste son estrategias fundamentales para la intervención del diseño del espacio. Una persona con demencia que sufre de la memoria y de la capacidad de razonamiento, dependerá en gran medida de lo que puede ver, por lo tanto, el color se convierte en un componente clave de diseño para la comprensión, orientación y uso del espacio.

2.1 Introducción al sistema visual

El ser humano dispone de sistemas perceptuales que interpretan la información sensorial y permiten la interacción con el entorno. Estos sistemas están conformados por los receptores sensoriales (la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto), circuitos neuronales, procesamiento cerebral y de respuestas motoras (Susana et al. 2011). Los sistemas perceptuales incluyen el sistema de orientación básica, el sistema háptico, sistema del gusto-olfato, sistema auditivo y el sistema visual.

El sistema visual es uno de los más importantes, la mayoría de las actividades que el ser humano realiza, depende de la información que llega a la retina y que posteriormente es procesada por la corteza visual. (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

Este sistema se compone por una serie de estructuras biológicas que se extienden desde el ojo hasta el cerebro y su función es generar una serie de operaciones (proceso visual) para lograr la percepción visual, que consiste en la interpretación del estímulo recibido, (Torrades and Pérez-Sust 2008). La interpretación se refiere a las características espaciales y temporales que extrae la corteza visual, relacionadas al color, forma, textura y movimiento.

En cuanto a la Enfermedad de Alzheimer, el deterioro de las estructuras biológicas visuales (retina, nervio óptico y corteza visual), crea anomalías en el proceso de interpretar la información. La información que llega al cerebro se ve alterada y este no tiene la capacidad de dar una respuesta cognitiva acorde a la realidad.

2.1.1 Estructuras visuales

Las estructuras visuales se refieren a las partes que componen el sistema visual, incluyen el globo ocular (conformado por la pupila, el cristalino y la córnea), la vía visual y la corteza visual. La vía visual inicia en la retina y termina en la corteza visual primaria, con varias estructuras anatómicas de por medio (encontrándose el nervio óptico). La corteza visual, es el área cerebral donde se realiza el procesamiento de la información visual que viene de la señal emitida por la retina. **Figura 4.**

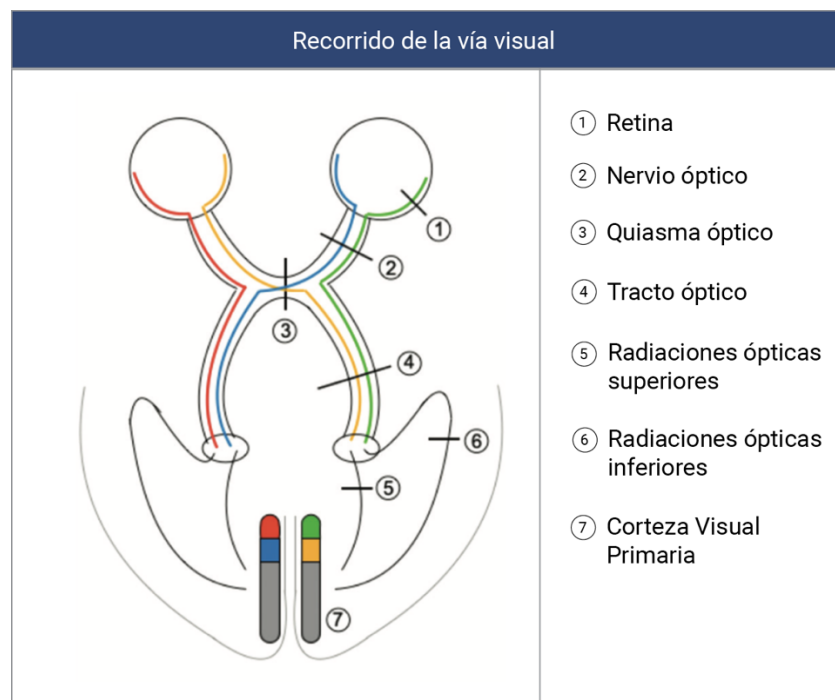


Figura 4. Recorrido de la vía visual. Adaptado de (Suárez-Escudero et al. 2022)

Las funciones visuales son (Suárez-Escudero et al. 2022):

- **Agudeza visual:** Permite ver detalles con claridad a cualquier distancia.
- **Visión cromática:** Posibilita diferenciar objetos, tamaños y formas.
- **Estereopsis:** Permite la percepción de la profundidad en la visión tridimensional.
- **Sensibilidad al contraste:** Contribuye a distinguir un objeto de su fondo, especialmente en situaciones de poca luz
- **Visión de los campos visuales:** Permite la capacidad de percibir y procesar información en áreas visuales, tanto centrales como periféricas.

En cuanto a la Enfermedad de Alzheimer, investigaciones han demostrado que la retina, el nervio óptico y la corteza visual son áreas afectadas por daños neuronales debido a los depósitos patológicos, (Kusne et al. 2017). A continuación, se presentan de manera resumida estas estructuras anatómicas:

- **Retina**

La retina es una capa delgada que recubre la zona posterior del ojo y su función es convertir la luz en señales eléctricas que el cerebro interpreta como imágenes. Se compone de diez capas neuronales conectadas entre sí mediante sinapsis, las cuales convierten a luz y envían la información al cerebro a través del nervio óptico. En el procesamiento visual de la retina, las células involucradas clave son los fotorreceptores, células bipolares y células ganglionares. (Garzón P et al. 2018) **Figura 5**

La capa de fotorreceptores, se compone de conos y bastones, los conos son los responsables de la visión diurna y los bastones de la visión nocturna o de baja luminosidad. (Serrano, Benítez, and Fonseca 2006). Las células bipolares transmiten las señales desde los fotorreceptores hasta las células ganglionares, las cuales emiten axones que forman el nervio óptico. De esta manera, las señales visuales son enviadas a la corteza visual mediante la emisión de potenciales de acción.²

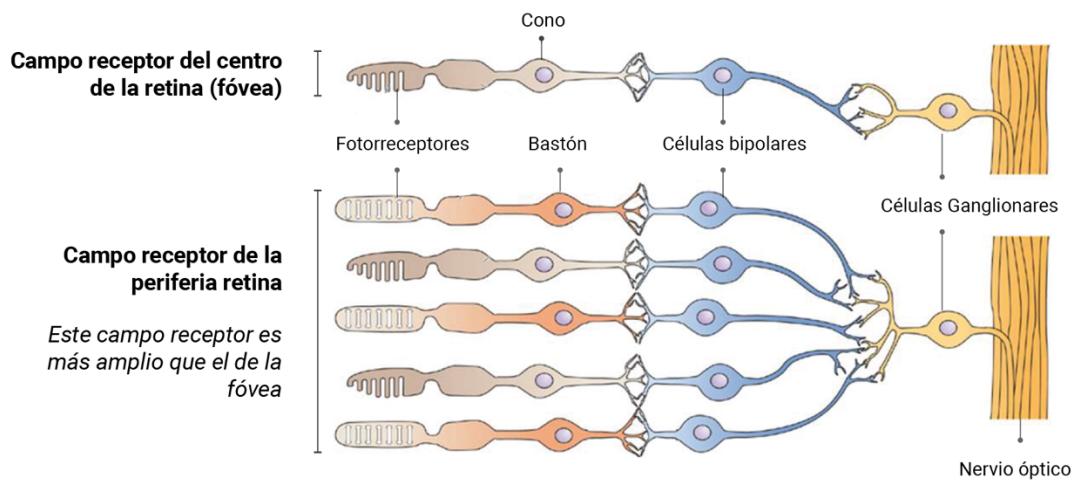


Figura 5. Estructura de los campos receptores en la retina central y en la retina periférica

Daño neuronal por la Enfermedad de Alzheimer: Por la presencia de la proteína β -amiloide, se reduce la capa neuronal de las células ganglionares por tanto la cantidad de axones que se originan en ellas y que conforman el nervio óptico.

² Potenciales de acción: Son impulsos eléctricos que se generan en las células excitables (neuronas, células musculares, células del sistema endocrino y del sistema inmunológico).

- **Nervio óptico**

El nervio óptico está formado por axones que surgen de las células ganglionares de la retina y viajan hasta el lóbulo occipital en donde se encuentra la corteza visual, para procesar la información, (Kusne et al. 2017). El nervio óptico está recubierto de las meninges tal como en el encéfalo, que son la duramadre, las aracnoides y la piamadre.

Daño neuronal por la Enfermedad de Alzheimer: Reducción del número de axones que conforman el nervio óptico, emitiendo menos señales eléctricas a la corteza visual.

- **Corteza visual**

La corteza visual se halla en el lóbulo occipital del cerebro. Está dividida en la corteza estriada donde se encuentra la corteza visual V1 y la corteza extraestriada que se subdivide en diferentes áreas V2, V3, V3, V4 y V5. (de Fez Saiz and Viqueira 2014) Las funciones de las distintas áreas son:

V1: Punto de entrada de la señal eléctrica que viene del Núcleo Geniculado Lateral.

V2: Distribuye la información a la corteza extraestriada (V3, V4 Y V5)

V3: Reconoce la forma y profundidad (además cierta información del movimiento).

V4: Percibe el color (además procesa la orientación de líneas)

V5: Es responsable de detectar el movimiento y la profundidad estereoscópica.

Daño neuronal por la Enfermedad de Alzheimer: Como consecuencia de los depósitos patológicos de las proteínas β -amiloide y TAU, se genera una pérdida neuronal y una alteración sináptica, presentándose anomalías en la función visual con la pérdida de la percepción del color, el reconocimiento del contraste, la profundidad y el movimiento.

2.1.2 Proceso visual

El proceso visual se refiere a la serie de operaciones que deben ocurrir en las diferentes estructuras anatómicas para generar la percepción visual. Este proceso sucede en la vía visual que inicia en los fotorreceptores ubicados en la retina y termina en la corteza donde se crea la interpretación de los estímulos (percepción visual).

(Urtubia Vicario 2004) expone que el proceso visual se puede categorizar en seis etapas, las primeras cinco conectadas a la vía visual y la sexta etapa, englobando los sistemas que articulan la información mediante un proceso de retroalimentación visual:

1. **Organización del estímulo luminoso:** Información visual captada por la retina.

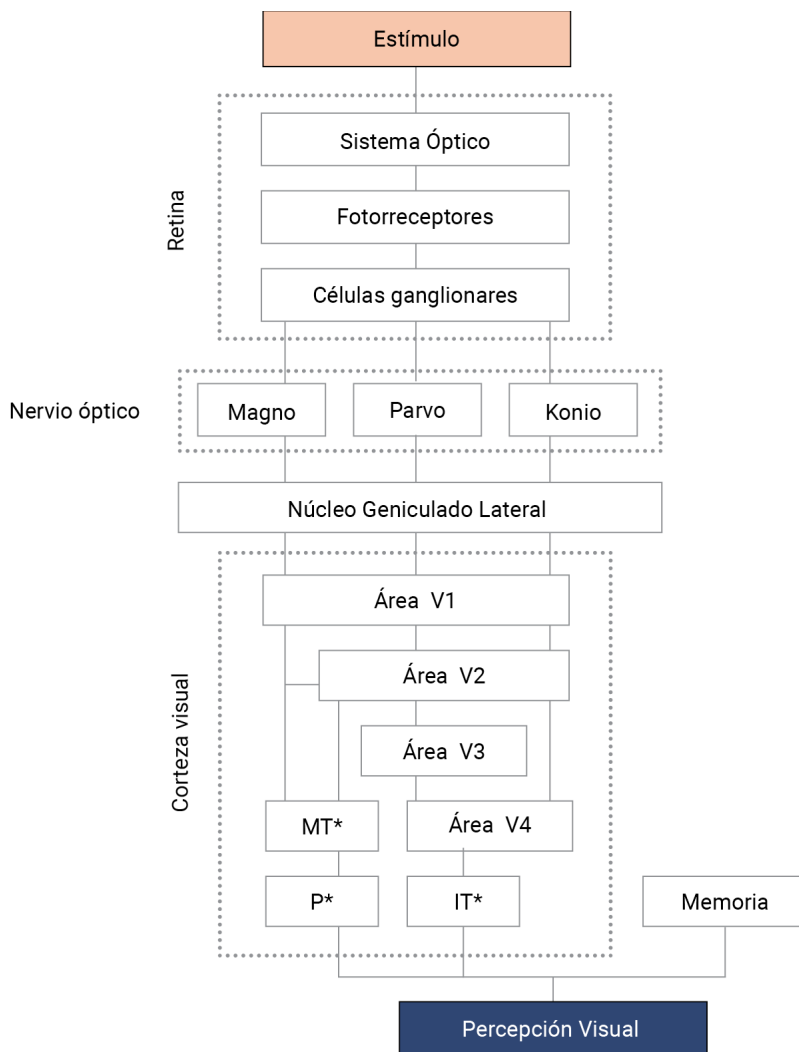
2. **Fototransducción:** Transformación de los fotones luminosos en una señal eléctrica a través de la fotoquímica. La fototransducción ocurre en los fotorreceptores (conos y bastones).
3. **Codificación de la señal en la retina:** Procesamiento de la señal eléctrica en las otras capas neuronales de la retina. Las células bipolares reciben la información de los fotorreceptores y se transmite hacia las células ganglionares, cuyos axones forman el nervio óptico y por el cual se envía la señal eléctrica.
4. **Codificación de la señal visual en el tálamo:** Amplificación de la señal eléctrica que viene del nervio óptico en el Núcleo Geniculado Lateral (LGN), que funciona como una estación intermedia en la ruta de la información hacia la corteza visual pero no la modifica.
5. **Codificación de la señal visual en la corteza:** La señal eléctrica entra a la corteza visual primaria (V1), que posteriormente es dirigida hacia las demás áreas de asociación (V2 – V5) y finaliza con la percepción visual.
6. **Retroalimentación en el sistema visual:** Se refiere a los reflejos del sistema visual, tal como la graduación de la abertura pupilar, la acomodación y el control de los movimientos oculares.

2.1.3 Percepción visual

La percepción visual es una representación del medio exterior, que resulta de la respuesta del sistema visual ante un estímulo luminoso. Al observar una escena, este sistema extrae una interpretación visual de los objetos, determinando características espaciales y temporales (de Fez Saiz and Viqueira 2014, 215). Las primeras están relacionadas a la forma, textura, profundidad y el color; y las segundas a la duración, movimiento y persistencias.

La percepción visual (figura 6) es un proceso complejo que implica la interpretación de la información visual y consta de distintas etapas interconectadas, las cuales son:

1. Recepción de la señal luminosa que ocurre en la retina
2. Transmisión de la información visual a través del nervio óptico
3. Punto de entrada de la información en la corteza visual primaria (V1), que posteriormente es enviada a las áreas extraestriadas a través de la V2.
4. Se procesa el color, la forma y profundidad (V3), color (V4) y movimiento (V5).
5. Integración de la información formando una imagen.



Área V1	Procesamiento básico de la información (bordes, contrastes y movimientos simples).
Área V2	Forma, color y la percepción de la profundidad.
Área V3	Forma de los objetos en movimiento.
Área V4	Percepción del color y formas complejas.
Área V5 (MT*)	Middle Temporal. Misma área V5. Procesa el movimiento.
P*	Corteza Parietal. Información espacial y coordinación visomotora.
IT*	Corteza Inferotemporal. Formas complejas, como rostros y objetos.

Figura 6. Proceso visual. Adaptado de (de Fez Saiz and Viqueira 2014, 215)

- **El reconocimiento de la escena de la escena visual**

La capacidad del sistema visual para reconocer la escena depende de la corteza visual primaria (V1) que se encuentra en el lóbulo occipital y de la corteza extraestriada (V2-V5) que se encuentra en el lóbulo temporal y parietal. Las áreas extraestriadas, se estructuran en dos vías distintas que responden a la percepción del «qué» y el reconocimiento del «dónde» de la escena visual, (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

Vía ventral del «qué»: Es la identificación del objeto (color, tamaño y forma). Ocurre en el lóbulo temporal e incluye las áreas V1- V2 -V4 (color). En cuanto a las lesiones que se generan en esta vía y que también se presentan en la Enfermedad de Alzheimer son:

- **Agnosia asociativa:** Dificultad para reconocer objetos, aunque la agudeza visual esté intacta. Se pueden describir y dibujar, pero no reconocer.
- **Prosopagnosia:** No se reconocen, ni recuerdan caras.
- **Agnosia del color:** No se reconoce ni denomina los colores, a pesar de tener una percepción cromática correcta.

Vía dorsal del «dónde»: Es la posición espacial del objeto que incluye también el movimiento. Ocurre en el lóbulo parietal e incluye las áreas V1- V2 -V3 (forma y profundidad) -V5 (movimiento). En cuanto a las lesiones que se generan en esta vía y que también se presentan en la Enfermedad de Alzheimer son:

- **Ataxia óptica:** Incapacidad para alcanzar objetos con la mano guiándose a través de los movimientos oculares.
 - **Apraxia óptica:** No se puede mantener la fijación en los objetos.
 - **Simultagnosia:** Dificultad para percibir varios elementos al mismo tiempo, sólo se ve un objeto a la vez.
-
- **Integración final de la información visual**

Es importante destacar que la percepción visual, es un proceso cognitivo complejo que implica tanto la corteza visual, como áreas corticales cerebrales. (de Fez Saiz and Viqueira 2014). Estas áreas son las que llevan a cabo las funciones cerebrales superiores, las cuales permiten interpretar y organizar la información sensorial para lograr una comprensión del entorno, incluyendo la atención y la memoria. A continuación, se presenta la relación de estas funciones en el proceso de integración final de la escena visual, según (de Fez Saiz and Viqueira 2014):

Atención: El sistema visual procesa solamente los objetos considerados importantes. Esta selección se ve influenciada por factores tanto cognitivos como automáticos.

Memoria: Estudios de resonancia magnética han demostrado que al visualizar mentalmente una escena (recuerdo), el patrón de actividad cerebral es casi idéntico al de una escena real cuando se observa. Por lo tanto, la memoria no sólo está influenciada por la percepción, sino que también las cualidades que se perciben a través del sistema visual están asociadas con imágenes y experiencias almacenadas en la memoria.

2.2 La visión del color

La percepción del color es el resultado de la codificación de la señal luminosa que ocurre en la Vía Ventral del «qué» y comprende de las zonas V1, V2 y V4 de la corteza visual. La señal luminosa es recibida por la corteza visual primaria (V1) como una señal eléctrica, la cual resulta de la fototransducción que realizan los fotorreceptores por medio de la fotoquímica del estímulo de luz recibido (Torrades and Pérez-Sust 2008).

La luz es una forma de energía electromagnética que se propaga en ondas y es perceptible para el sistema visual dentro del rango de longitudes de onda entre los 400 y los 700 nanómetros (nm), conocido como el espectro visible. Las longitudes de onda corresponden a diferentes colores: las ondas más cortas se perciben como violetas y las más largas a las rojas. Las ondas que están por debajo de los 400 nm corresponden a los rayos ultravioleta y las superiores a los 700 nm a los rayos infrarrojos.

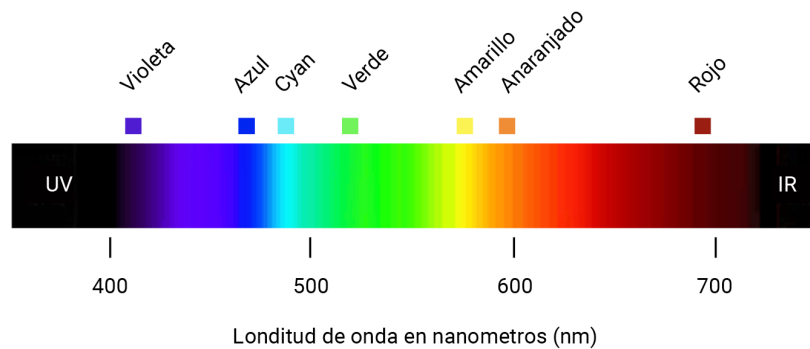


Figura 7. Espectro electromagnético visible. (IR = Infrarrojo, UV = Ultravioleta)

2.2.1 Fotorreceptores

Los fotorreceptores son los responsables de convertir el estímulo luminoso en una señal eléctrica por medio de la fototransducción. Los fotorreceptores están conformados por conos y bastones. Los conos son los responsables de la visión fotópica (visión diurna) y los bastones de la visión escotópica (visión en bajas condiciones de baja luminosidad).

Los conos tienen la capacidad de percibir el color a diferencia de los bastones. Esto se debe por la existencia de tres tipos de conos con fotopigmentos diferentes (azul, verde y rojo) (Kim et al. 2022), que varían según su sensibilidad ante diferentes longitudes de onda de luz. En cambio, los bastones contienen solamente un pigmento visual, por tanto, solamente perciben la escala de grises. En la **tabla 4** se exponen las características fisiológicas de los fotorreceptores según (Serrano, Benítez, and Fonseca 2006).

Características fisiológicas de los fotorreceptores	
Conos	Bastones
Mayor sensibilidad a la luz	Sensibilidad a la luz dispersa
Visión diurna	Visión en condiciones de baja luminosidad (nocturna)
Mejor agudeza visual	Menor agudeza visual
Percepción de colores: Tres pigmentos azul (420 nm), verde (531nm) y rojo (558 nm)	Percepción de escala de grises: Un pigmento Luz "verde azulada" (500 nm)

Tabla 3. Características fisiológicas de los receptores. Adaptado de (Serrano, Benítez, and Fonseca 2006).

En la retina, hay aproximadamente 125 millones de bastones y 7 millones de conos (Suárez-Escudero et al. 2022). La zona central de la retina tiene el mayor número de conos, y en la foveola, que es la parte más central, los conos son el único tipo de fotorreceptor presente. Esta zona proporciona la visión más aguda que la periférica, ya que cada cono se conecta directamente con una célula ganglionar, permitiendo una transmisión precisa de la información visual. En cambio, en la zona periférica de la retina, donde predominan los bastones, varios de estos fotorreceptores convergen en una célula ganglionar (Urtubia Vicario 2004). **figura 8.**

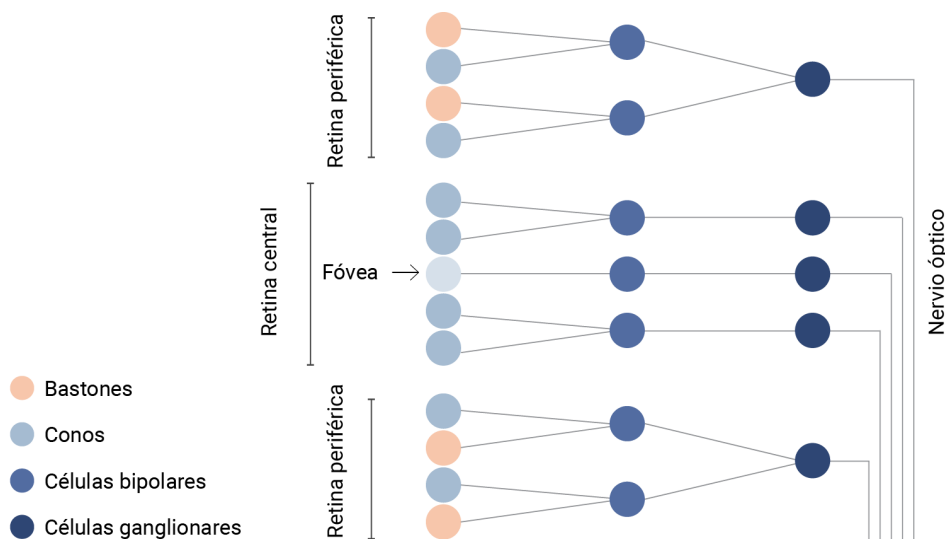


Figura 8. Esquema de la estructura sináptica de la retina central y periférica. Adaptado de (Plou Campo, 2007)

- **Conos**

Existen tres tipos de conos L, M y S. Cada uno contiene un fotopigmento diferente que determina cómo responde ante las diferentes longitudes de onda de luz. Los conos se nombran según la zona del espectro donde tienen mayor respuesta: los conos L (long) son sensibles a longitudes de onda largas que responden a los 400 nm, los conos M (middle) a longitudes de ondas medias y S (short) a longitudes de onda corta (700 nm).

Los conos L, M y S responden a diferentes longitudes de onda de luz. Los conos L son más sensibles a las longitudes de onda amarillas verdosas (565 nm), los conos M a las longitudes de onda verdes (540 nm), y los conos S a las longitudes de onda azul violeta (445 nm). Cada tipo de cono contiene un fotopigmento específico que les permite percibir estos rangos de color: eritrolabio en los conos L, clorolabio en los M y cianolabio en los S (MacEvoy 2005).

En cuanto a la cantidad de cada tipo de cono (de Fez Saiz and Viqueira 2014) exponen que se encuentran a una proporción de 10:5:1 (L:M:S). Por lo tanto, por cada cono sensible al espectro azul (S) hay cinco sensibles al verde (M) y diez sensibles al rojo (L).

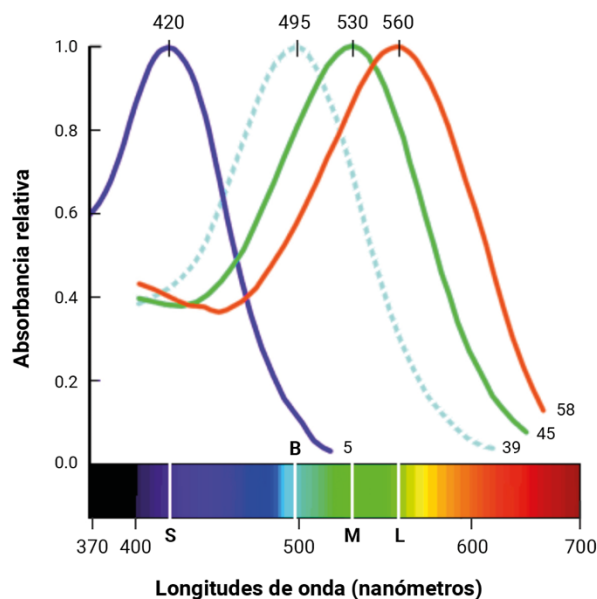


Figura 9. Curvas de absorción de fotopigmentos humanos. Conos S = 420 nm. Conos M = 530 nm. Conos L = 560 nm. Bastones = 495 nm

- **Bastones**

Existe solamente un tipo de bastón con un único fotopigmento llamado 'rodopsina', que se adapta a las condiciones de baja luminosidad. Los bastones son sensibles a las longitudes de onda 'verde' alrededor de los 505 nm.

- **Distribución células fotorreceptoras**

Los conos, responsables de la visión diurna y del color, se concentran en la fovea (área central de la retina), mientras que los bastones, que permiten la visión en baja luminosidad, se encuentran en la periferia. Los conos M y L están en la foveola, la cual es la zona central de la fovea, y los S en el borde de esta área. Este diseño permite que la fovea enfoque detalles finos (agudeza visual) y colores, mientras que la visión periférica detecta mejor la luz tenue y el movimiento. (Plou Campo 2007)

- **Sensibilidad espectral: Visión fotópica y escotópica**

La retina sirve para dar soporte a dos sistemas de fotodetección: Fotópico y escotópico, como se observa en la **Figura 10**. El sistema fotópico (visión diurna) funciona por altos niveles de iluminación, en donde los conos permiten la agudeza visual y la visión de los colores. En cambio, el sistema escotópico, que funciona en bajas condiciones de iluminación o visión nocturna, se activa con los bastones que solamente son capaces de distinguir niveles de grises.

En la iluminación intermedia, surge la visión mesópica, en donde tanto los bastones como los conos actúan, sin embargo, ninguno funciona en su rango óptico de rendimiento. Por lo tanto, en condiciones de alta iluminación, la visión se produce a través de los conos, mientras que los bastones dejan de funcionar, y viceversa en entornos con baja luminosidad. No obstante, en situaciones de iluminación intermedia, como al atardecer, ambos fotorreceptores contribuyen al proceso visual.

- **Visión escotópica:** Sensibilidad en iluminancias inferiores a 0,1 lux³.
- **Visión mesópica:** Sensibilidad en iluminancias entre 0,1 lux y 10 lux.
- **Visión fotópica:** Sensibilidad en iluminancias superiores a 10 lux.

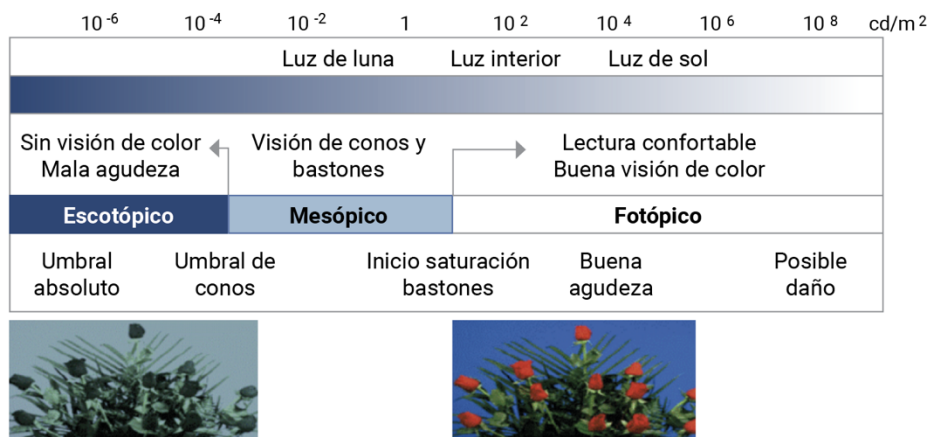


Figura 10. Tipos de visión según la cantidad de luz (cd/m²). Adaptada de (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

2.2.2 Atributos del color

El color es el resultado de la percepción que el cerebro realiza ante estímulos luminosos, es decir, ante la radiación electromagnética que produce diferentes longitudes de onda del espectro visible.

³ Lux: Es la unidad de medida de la luminancia, que es la cantidad de luz que incide sobre una superficie.

Según (de Fez Saiz and Viqueira 2014) la percepción del color depende de tres factores (figura 11): El estímulo cromático, el iluminante y el sistema visual del observador. El estímulo cromático se refiere a la radiación que viene del exterior por medio de ondas electromagnéticas y es captada por el sistema óptico. El iluminante es cualquier fuente de luz que emite una radiación en el espectro visible (iluminación natural o artificial) y el sistema visual que incluye también, el procesamiento neuronal del estímulo.

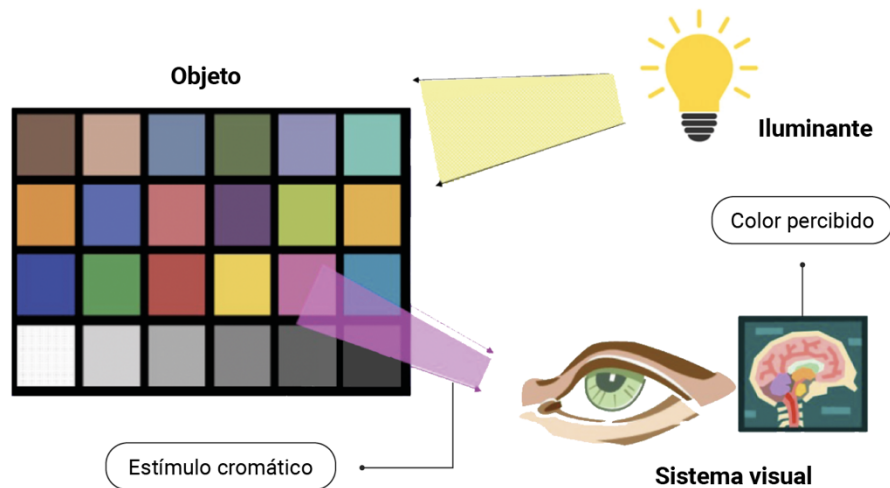


Figura 11. Factores que determinan el color percibido: Iluminante, reflectancia de objeto y el sistema visual que recoge la información. El estímulo crómico sólo incluye los factores externos al observador. Adaptado de: (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

El color puede clasificarse de dos maneras: Atributos perceptuales y atributos de propiedades físicas. Los atributos perceptuales se vinculan a la experiencia visual del observador, incluyendo variables como el tono, la luminosidad y la saturación. Por otro lado, las propiedades físicas del color están relacionadas con las características físicas de la luz y de los objetos que la reflejan, y son medidas y cuantificadas por instrumentos. Aquí se incluye la longitud de onda, la luminancia y la pureza colorimétrica.

Ambas formas de categorización están estrechamente relacionadas (tabla 4). Por ejemplo, si se cambia la longitud de onda de la luz que incide en un objeto, esto afectará cómo se percibe su color. Por lo tanto, cualquier modificación en las propiedades físicas también influirá en nuestras percepciones sensoriales del color.

Descriptor perceptual	Descriptor físico
Tono	Longitud de onda (nm)
Luminosidad	Luminancia
Saturación	Pureza colorimétrica

Tabla 4. Relación entre descriptores físicos y descriptores perceptuales del color. Adaptado de (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

En la década de 1850, Hermann Grassmann y Hermann von Helmholtz identificaron el Tono, la Luminosidad y la Saturación como los atributos más importantes en la percepción del color. (figura 12) Helmholtz también investigó y apoyó la teoría tricromática de la visión, que propone la existencia de tres tipos de conos (S, M y L), cada uno sensible a diferentes longitudes de onda de luz, lo que determina la percepción del color. A continuación, se describen los atributos tono, saturación y luminosidad:

- **Tono:** El tono permite distinguir los colores que responden a una longitud de onda diferente dentro del espectro visible (rojo, azul, verde, amarillo, anaranjado). Es el estado puro del color sin agregados blancos o negros.
- **Saturación o intensidad:** Es la pureza o intensidad del color. Un color saturado no contiene mezcla del blanco, por tanto, es 'vibrante'. En cambio, un color desaturado que es mezclado con el blanco, parece más 'suave'
- **Luminosidad o valor:** Se relaciona con el brillo o la intensidad lumínica que emite o refleja una superficie. Por lo tanto, se refiere a la claridad u oscuridad del color. Los valores más claros de tono tienen blanco y se denominan **tintes**, por otro lado, los valores más oscuros que contienen negro se denominan **matices**.

Otra manera de representar visualmente los atributos del color para su entendimiento, es a través del sistema de ordenación del color HSV (figura 13), que define los colores en función de estos tres atributos: Matiz (H), Saturación (S) y Luminosidad (V).

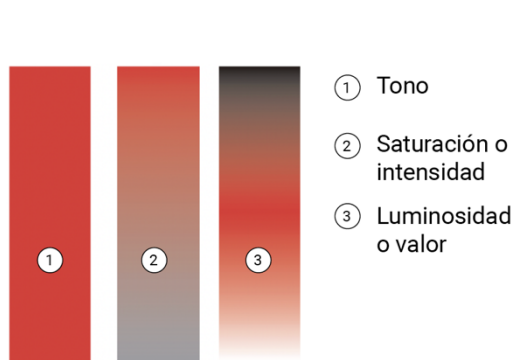


Figura 12. Atributos perceptuales del color: Tono, saturación o intensidad y luminosidad o valor.

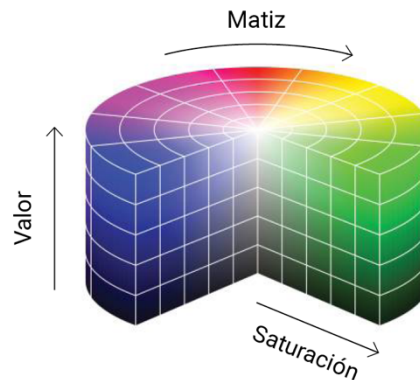


Figura 13. Sistema de ordenación de color HSV. Matiz (H), saturación (S) y valor (V).

2.3 Deficiencias de la visión del color en la Enfermedad de Alzheimer

Según estudios, la causa anatómica de las anomalías en la visión del color en las personas con la Enfermedad de Alzheimer, puede estar relacionada con la pérdida de las células ganglionares de la retina, así como el deterioro neuronal de la región V4 de la corteza visual asociada al procesamiento del color.

No obstante, a diferencia del deterioro neuronal en la retina, que se presenta desde las primeras etapas de la enfermedad, la afectación en la zona V4 parece manifestarse en las etapas avanzadas de la enfermedad.

2.3.1 Alteraciones de la visión cromática

Las alteraciones en la visión de color en la EA son aún objeto de estudio. Algunos estudios demuestran alteraciones en la visión del color, mientras que otros no encuentran diferencias significativas, (Chang et al. 2014). Dentro de los estudios que reportan alteraciones, la mayoría afirman anomalías en la percepción de los colores en el eje azul-amarillo del espectro (Eje Tritán), mientras que otros exponen deficiencias en la percepción de los colores en el eje rojo-verde del espectro (Eje Deután y Protán).

La regla de Köllner describe la alteración en la visión del color en relación con la estructura anatómica visual afectada. Esta regla establece que las enfermedades de la retina externa y coroides conducen a un daltonismo progresivo entre el azul-amarillo, mientras que las enfermedades en la retina interna, nervio óptico, vía óptica y corteza visual producen anomalías en los colores rojo – verde (Kim et al. 2022). La regla de Köllner se aplica para las alteraciones de color adquiridas y no congénitas.

Por otra parte, es importante destacar que debido al envejecimiento y a la exposición de los rayos UV, el cristalino del ojo se endurece, se vuelve opaco y tiende a volverse amarillento. Como consecuencia del color amarillento, el lente absorbe las longitudes de onda corta, haciendo difícil la discriminación de esta parte del espectro. Por ejemplo, el lente de las personas con cataratas es amarillento, lo que contribuye a la pérdida de la visión de la intensidad del color y existe mayor dificultad en percibir los tonos.

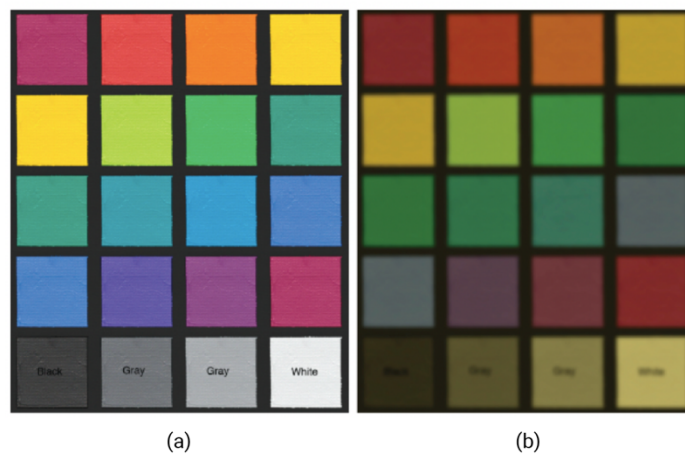


Figura 14. Simulación visual de una persona que necesita cirugía de catarata. (a) Visión normal (b) Catarata. Imagen extraída de (Roy Choudhury, 2014)

- **Deficiencias de la visión cromática**

La visión del color se clasifica en normal y anormal. Las deficiencias en la visión del color pueden ser congénitas (presentes desde el nacimiento) o adquiridas (desarrolladas a lo largo de la vida). Las deficiencias adquiridas pueden resultar del envejecimiento, enfermedades oculares, lesiones, o trastornos neurodegenerativos como la Enfermedad de Alzheimer.

La visión que permite distinguir los diferentes colores del espectro visual se llama **visión tricromática**. Se basa en la sensibilidad de los tres conos (S, M, L) para percibir las distintas longitudes de luz. Las anomalías en los conos, pueden llevar a alteraciones en la percepción del color. Estas se pueden clasificar en tres grupos principales: tricromasia anormal, discromatopsia y acromatopsia. (Cáceres Navarrete 1977)

- **Tricromacia anormal:** Los tres tipos de conos están presentes, pero no funcionan bien, lo que dificulta la percepción de algunos colores. Se clasifica en:
 - **Protanomalia:** Sensibilidad reducida en la percepción del rojo
 - **Deuteranomalia:** Sensibilidad reducida en la percepción del verde
 - **Tritanomalia:** Sensibilidad reducida en la percepción del azul
- **Discromatopsia:** Se refiere a la ceguera parcial cromática, donde las personas pueden ver solamente dos colores del espectro. Esta anomalía se divide en:
 - **Protanopia:** Incapacidad de percibir el rojo
 - **Deuteranopia:** Incapacidad de percibir el verde
 - **Tritanopia:** Incapacidad de percibir el azul.
- **Acromatopsia:** Las personas sólo pueden ver el negro, blanco y la gama de grises.

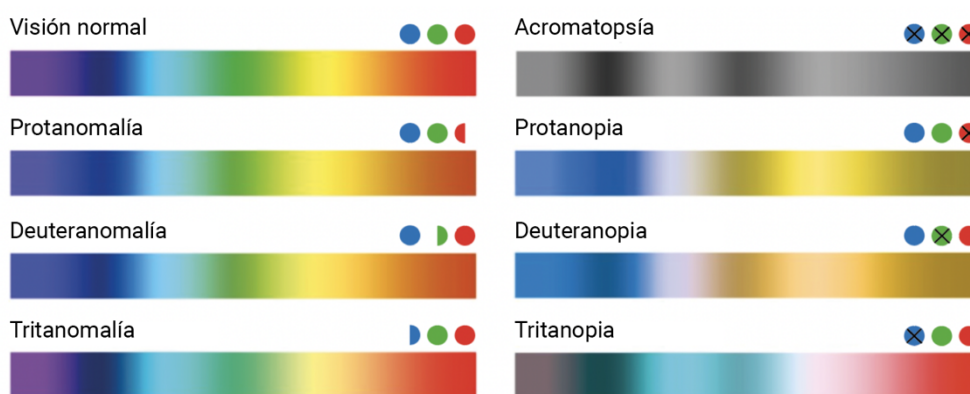


Figura 15. Tipos de alteraciones en la visión de color .

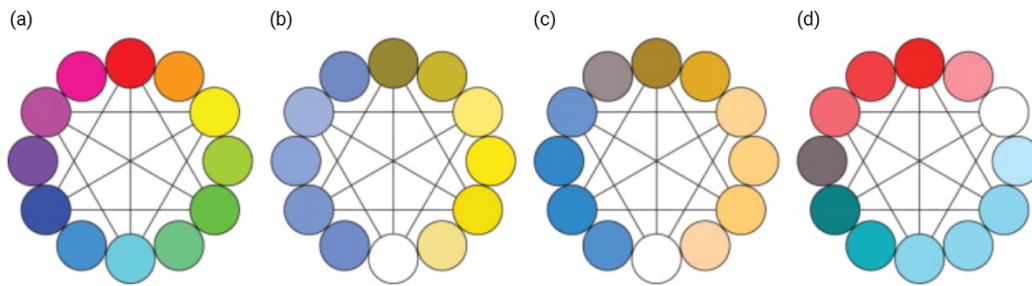


Figura 16. Varios colores de un círculo cromático percibidos por observadores (a) visión normal y discromatopsia en el eje (b) protán, (c) deután y (d) tritan. Adaptado de (Roy Choudhury, 2014).

En relación con las alteraciones del color en la Enfermedad de Alzheimer, algunos estudios exponen que se presentan en el Eje Tritán (azul-amarillo), mientras que otros en los ejes Deután (verde) y Protán (rojo) (Chang et al. 2014). Sin embargo, es importante tener en cuenta que, debido al envejecimiento natural del ojo, el espectro del azul tiende a perderse primero debido al color amarillento del cristalino.

2.3.2 Detección de las anomalías del color en la Enfermedad de Alzheimer

Es importante implementar pruebas sencillas que sean fácilmente aplicables en la detección de anomalías de color para las personas con EA, (Chang et al. 2014). Se recomienda el test Ishihara para identificar alteraciones en los ejes rojo (Protán) y verde (Deután). Este consta de 38 láminas, divididas en cuatro grandes grupos: láminas de patrón de transformación, de confusión, de dígito oculto y de diagnóstico.

En cuanto al test Ishihara, (Kim et al. 2022) proponen una prueba específica llamada RGB-vision para detectar deficiencias en la visión de los colores rojo y verde en personas con EA. Esta prueba, basada en la placa 22 del test de Ishihara—una placa de diagnóstico que evalúa el tipo y la gravedad del déficit de color—, consta de 31 láminas que presentan diferentes tonos RGB (figura 17).

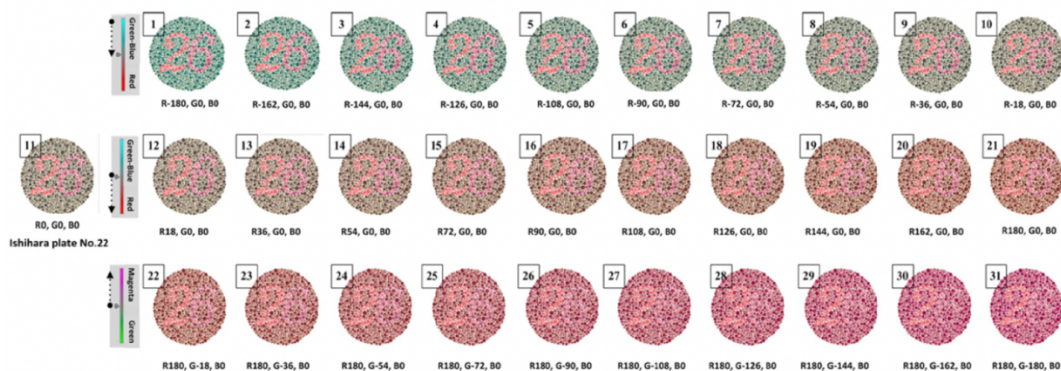


Figura 17. Placa RGB-vision (Kim et al. 2022)

En conclusión, la alteración de visión del color es un posible indicador de la Enfermedad del Alzheimer que todavía está en investigación. Algunos estudios sugieren que las anomalías en la visión del color pueden comenzar a manifestarse en el eje azul (Tritán) en las etapas tempranas de la enfermedad, aunque también se ha observado que esta alteración puede estar relacionada con el proceso natural de envejecimiento del ojo.

Además, investigaciones post mortem han demostrado que en las etapas avanzadas de la enfermedad, se presentan anomalías en los tres ejes del color: rojo (Protán), verde (Deután) y (Tritán). En este sentido (Chang et al. 2014) sugiere utilizar el test Ishihara como prueba clínica para detectar deficiencias de la visión del color en el eje rojo y verde. Por otro lado, (Kim et al. 2022) propone el uso de la placa RGB-vision, que se deriva de la placa 22 del test Ishihara, para identificar el tipo específico de déficit que se presenta.

Indicador	Cambios tempranos	Cambios tardíos	Prueba clínica
Visión del color	Anomalías de la visión del color en el eje tritan (azul - amarillo)	Anomalías en los tres ejes del color, siendo el tritan el más significativo	Prueba Ishihara adaptada

Tabla 5. Posibles pruebas oculares para biomarcadores de la Enfermedad del Alzheimer. Adaptado de (Chang et al. 2014)

2.3.3 Disminución de la sensibilidad del contraste

La sensibilidad al contraste se refiere a la capacidad de distinguir la intensidad luminosa entre las diferentes partes de una imagen visual (de Fez Saiz and Viqueira 2014), es decir, la capacidad visual de distinguir un objeto de su fondo. Por otro lado, el contraste del color es la diferencia visual perceptible entre dos o más colores en términos de los atributos del color (tono, saturación y brillo).

En relación a la Enfermedad del Alzheimer, estudios han demostrado que la sensibilidad al contraste puede verse afectada por los daños neuronales de la corteza visual, siendo un biomarcador que aparece en las etapas tempranas de la enfermedad (Chang et al. 2014). Esta disminución perjudica la capacidad de percibir detalles y distinguir objetos o partes de una imagen, lo que puede dificultar el reconocimiento de caras y objetos, así como en la lectura y orientación en el entorno.

La sensibilidad al contraste se mide mediante frecuencias espaciales, que se dividen en tres rangos: bajas, medias y altas, (Javaid et al. 2016). En la Enfermedad de Alzheimer, se observa una alteración en la percepción de las frecuencias bajas, que se relacionan con los cambios en el contraste que no implica detalles finos, por ejemplo, la diferencia de color entre las paredes de un espacio. Cuando la sensibilidad al contraste disminuye, la persona puede no distinguir el cambio del tono entre las paredes.

En la figura 18, presentada por (de Fez Saiz and Viqueira 2014) se muestra cómo se ve una imagen al eliminar cada una de los tres tipos de frecuencias espaciales. La imagen de la izquierda corresponde a la eliminación de las frecuencias bajas, la del centro representa las frecuencias medias y la imagen de la derecha a las frecuencias altas.

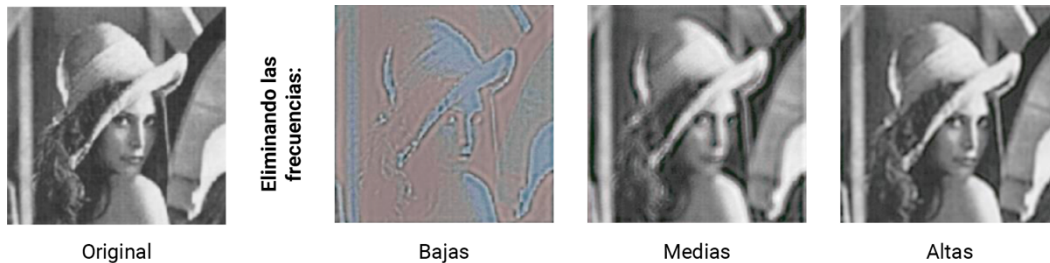


Figura 18. Selección de la gama de frecuencias de una imagen. Se eliminan las frecuencias bajas, medias y altas de la fotografía original. Adaptado de (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

Por lo tanto, al eliminar bandas frecuenciales se deja de percibir información. Si se eliminan las frecuencias medias o altas, la imagen, aunque desenfocada, sigue siendo perceptible, lo que no dificulta el reconocimiento del objeto, a diferencia como sí sucede eliminando las frecuencias bajas. Es por esto que los cambios en la sensibilidad al contraste pueden afectar la capacidad de las personas con Alzheimer para percibir detalles y diferencias en su entorno visual, contribuyendo a problemas de orientación y reconocimiento de objetos. Esto implica considerar los contrastes de color y las diferencias de contraste para diseñar entornos que sean claros, accesibles y legibles.

2.4 Fundamentos de la teoría del color

Como se mencionó anteriormente, el ser humano puede percibir una amplia gama de colores gracias a las diferentes longitudes de onda de luz del espectro visible. Además, debido a que el ser humano tiene una visión tricromática, donde los tres tipos de conos perciben las longitudes de onda roja, azul y verde, se suelen utilizar tres colores primarios para aplicaciones humanas, (Roy Choudhury 2014). Estos colores primarios se pueden clasificar según su mezcla aditiva o sustractiva.

- **Colores primarios aditivos y sustractivos**

Los colores primarios aditivos son aquellos producidos a partir de la combinación de luces que, al mezclarse, generan una amplia gama de colores incluyendo el blanco. Estos colores son el rojo (R), verde (G) y el azul (B). Las formas más comunes de aplicar la luz aditiva son en las pantallas de ordenadores o televisores, donde la luz se emite y combina para producir imágenes.

Por otro lado, los colores primarios sustractivos se forman por la luz absorbida de los pigmentos aplicados sobre las superficies. Cuando se combinan generan una amplia gama de colores, resultando en una luminosidad oscura, debido a que su sumatoria absorbe la luz. La mezcla proporcional de los tres colores genera el negro. Estos colores son el cian (C), magenta (M) y amarillo (Y), y se utilizan en impresión.

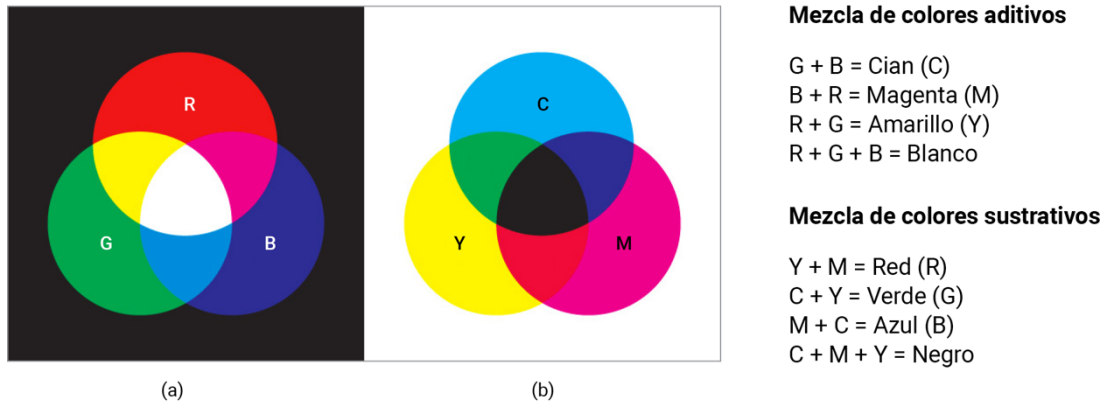


Figura 19. (a) Colores primarios aditivos (b) Colores primarios sustractivos. Imagen extraída de (Roy Choudhury, 2014)

En la imagen (a) de la figura 19, se observa cómo los colores secundarios que resultan de la mezcla de los colores primarios aditivos, son los colores primarios sustractivos. De la misma manera ocurre con los colores primarios sustractivos, los colores secundarios que resultan de su mezcla son los colores primarios aditivos, tal como se observa en la imagen (b).

- **Círculo cromático**

La percepción del color se ve influenciada por los colores circundantes o por la perspectiva del espectador, los colores no están aislados entre sí. Una manera de comprender la relación entre ellos es a través del círculo cromático, (Roy Choudhury 2014). Esta es una organización ilustrativa de los tonos, que representan las longitudes de onda del espectro visible, el cual muestra las relaciones entre los colores primarios, secundarios, terciarios, e incluso complementarios.

Johannes Itten desarrolló una propuesta de rueda cromática, la cual parte de un triángulo con los tres colores primarios: amarillo, azul y rojo. Alrededor de este triángulo se disponen los colores secundarios, que surgen de la mezcla de los colores primarios (figura 20).

Luego, se traza una rueda concéntrica dividida en doce secciones iguales, donde se ubican los colores primarios y secundarios, dejando un espacio entre cada uno. Esta organización da lugar a los colores terciarios, que resultan de la mezcla de los colores primarios y secundarios.

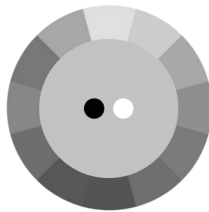


Figura 20. Círculo cromático de Johannes Itten

2.4.1 Esquemas de combinación de colores

Los esquemas de combinación de colores son métodos que se utilizan para combinar los colores de manera armoniosa para el efecto visual. Bride M. Whelan en su libro *“La armonía del color”* expone diez esquemas de combinaciones: Acromático, análogo, complementario, de choque, monocromático, neutro, complementario dividido, esquemas primarios, secundarios y terciarios. A continuación, se expone la definición de los esquemas con su respectiva representación visual en el círculo cromático. Además, se agrega el esquema análogo con acento que no está incluido en el libro de la autora, pero que es frecuentemente aplicado en el diseño visual.

Esquema acromático
Solamente se utiliza el blanco, gris o negro.



Esquema monocromático
Consta de un tono, pero con diferentes tintes y matices.



Esquema complementario
Se utilizan colores opuestos entre sí.



Esquema análogo
Se utilizan 2 o 3 tonos consecutivos del círculo cromático o cualquiera de sus matices.



Complementario dividido
Consta de un tono y dos tonos a ambos lados de su complementario



Esquema choque
Combina un color con el tono que está a la derecha o izquierda de su complementario.



Triada primaria

Es la combinación de los tonos puros: amarillo, rojo y azul.



Triada secundaria

Es la combinación de los tonos secundarios naranja, verde y violeta.



Triada terciaria

Son las combinaciones de los colores terciarios, cada una con tonos equidistantes entre sí.



Análogo con acento

Colores consecutivos junto con un color complementario para añadir contraste.



Figura 21. Contrastes de color Johannes Itten. Elaboración propia.

Esquema Neutro: Utiliza un tono que se ha neutralizado o disminuido con el agregado de su complementario.

- **Contraste de color**

El contraste del color es la diferencia perceptible entre dos o más colores. El contraste sirve para crear efectos visuales, mejorar la legibilidad o incluso llamar la atención. Johannes Itten al desarrollar la rueda cromática, identificó siete tipos de contrastes de colores: Tono, luminosidad, temperatura, colores complementarios, simultaneidad, cualitativo (saturación) y cuantitativo (relación de proporciones).

En relación a la Enfermedad del Alzheimer es importante que exista un alto contraste tonal, debido a la neurodegeneración que afecta capacidades visoperceptivas.

Contraste por tono (De color por sí mismo):

Colores puros que se distinguen entre sí. La tríada azul, amarillo y rojo representa el máximo de este tipo de contraste. La intensidad del contraste baja, a medida que se aleja de los colores primarios.

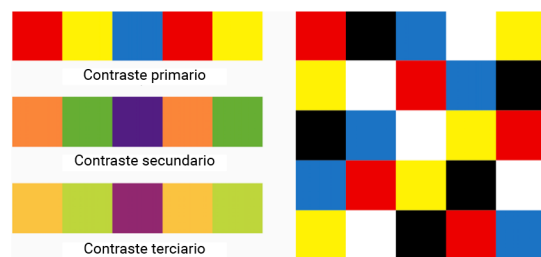


Figura 22

Contraste por luminosidad (claro-oscuro): Este tipo de contraste se genera con varios valores de un mismo tono. Es decir, con distintos tipos de luminosidades.

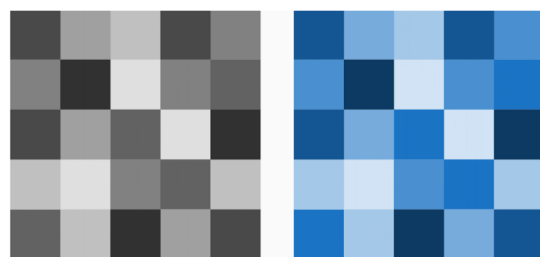


Figura 23

Contraste por temperatura (caliente-frío):

La clasificación de colores cálidos y fríos responden a asociaciones que realiza el cerebro. Los tonos cálidos corresponden el rojo, naranja y amarillo, mientras que los fríos al azul, verde y violeta.

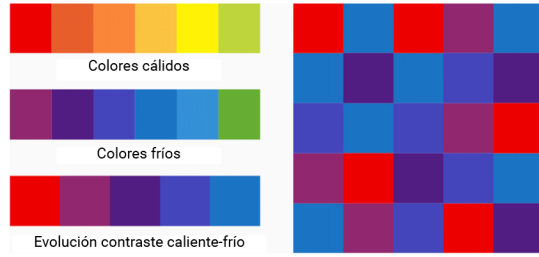


Figura 24

Contraste complementario: Son los colores cuya mezcla genera un gris–negro tono neutro. En el círculo cromático son los colores que están diametralmente opuestos.

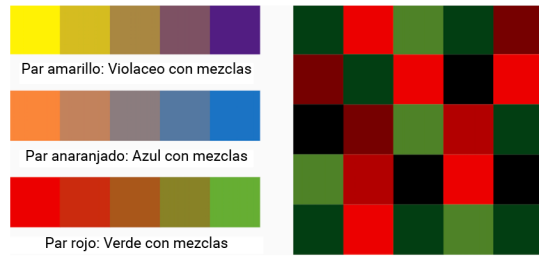


Figura 25

Contraste simultáneo: La percepción del color se ve influenciada por los colores que lo rodean, asociándose al complementario. Ej: Al observar un recuadro gris sobre una superficie de color, el ojo percibirá el gris con un tinte del color complementario. (Superficie amarilla: cuadro gris violáceo)

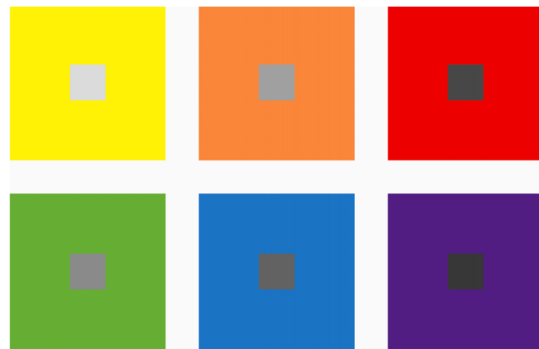


Figura 26

Contraste por saturación (cualitativo): Se refiere al contraste de colores del mismo tono, pero con diferente saturación. Este contraste genera dinamismo y profundidad a la composición visual.

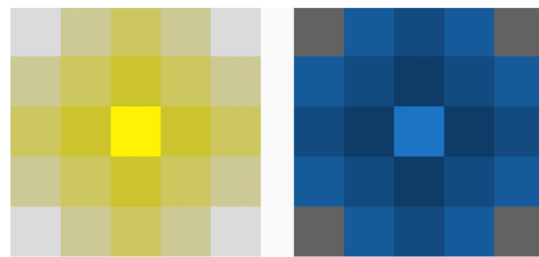


Figura 27

Contraste por proporciones (cuantitativo):

Implica la diferencia de la cantidad de color entre dos áreas. Para lograr el equilibrio visual, el tamaño del color más luminoso debe ser inversamente proporcional a la luminosidad del más oscuro.

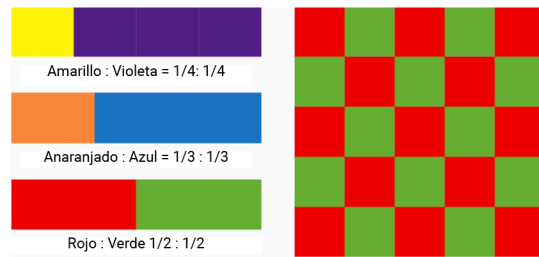


Figura 28

Esto significa que, si un color es más luminoso, su área o tamaño en la composición debería ser menor en comparación con un color más oscuro. Este principio ayuda a mantener un equilibrio visual armonioso y una distribución adecuada de los elementos en una composición.

2.4.2 Sistema de representación del color CIELAB

Los sistemas de ordenación del color son métodos para medir, ordenar y definir los colores según sus atributos y se aplican en distintos contextos. Los sistemas de representación más comunes son Atlas Munsell, PANTONE, RGB, CMYK y CIELAB.

Al diseñar espacios para las personas con Alzheimer, es fundamental definir elementos distinguibles y tener presente la importancia de crear un contraste tonal también con un contraste de LRV (valor de reflectancia de luz), es decir, valores de luminosidad significativamente diferentes. El sistema CIELAB puede ayudar a evaluar la diferencia entre colores en un espacio de color estandarizado.

CIELAB fue desarrollado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) en 1976, se basa en la relación entre el estímulo físico y la respuesta visual humana, utilizando los valores triestímulo (RGB) (de Fez Saiz and Viqueira 2014). Es el modelo más utilizado en aplicaciones industriales, como en pinturas, textiles y plásticos. Aunque no considera factores importantes en la apariencia del color como la textura de la superficie y el brillo, es una herramienta indicada para especificar y medir colores, (Roy Choudhury 2014).

CIELAB genera unas coordenadas L^* , a^* y b^* (figura 29). La luminosidad percibida en este espacio de color está representada por L^* , donde un valor de 100 corresponde al blanco y un valor de 0 al negro. Las coordenadas de color a^* y b^* se basan en la teoría de color de Ewald Hering, quien propuso que tres pares de ejes producen todos los colores: rojo y verde; amarillo y azul; y blanco y negro.

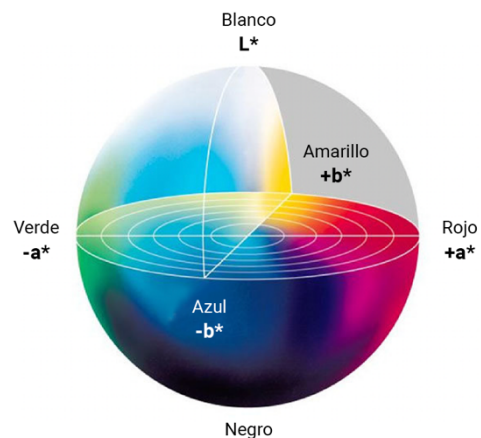


Figura 29. Sistema CIELAB. $L^*a^*b^*$

Para calcular la diferencia del color (ΔE) entre dos muestras en un modelo de visión cromática (ATD) como CIELAB, se utiliza una fórmula matemática basada en los descriptores físicos L^* , a^* y b^* (de Fez Saiz and Viqueira 2014):

Fórmula de diferencia de color (ΔE):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$
$$\Delta E = \sqrt{(L2^* - L1^*)^2 + (a2^* - a1^*)^2 + (b2^* - b1^*)^2}$$

- **Calcular los valores L^* , a^* y b**

En el capítulo 7 del libro *“Principles of Color and Appearance Measurement”* de A K Roy Choudhury, se expone que no existen fórmulas simples para convertir los valores RGB o CMYK a $L^*a^*b^*$ porque estos modelos dependen del dispositivo. Por lo tanto, deben transformarse en primer lugar en un espacio de color absoluto específico, como sRGB o Adobe RGB. Una vez que los valores RGB o CMYK han convertido, se pueden transformar al espacio de color CIE 1931 y luego a $L^*a^*b^*$.

Un método para convertir los valores RGB o CMYK a espacio absoluto y posteriormente a $L^*a^*b^*$, es a través de Photoshop siguiendo los siguientes pasos:

1. Abrir la imagen o render que se desea transformar
2. Convertir el espacio de color de la imagen si es que está en RGB o CMYK: Edición, convertir en perfil, elegir Adobe RGB o SRGB
3. Convertir a $L^*a^*b^*$: Imagen, modo, elegir color $L^*a^*b^*$
4. Ver los valores de $L^*a^*b^*$: Ventana, información y con el cuentagotas (I) seleccionar el color.

2.4.3 Reflectancia de luz y contraste de color

El valor de reflectancia de luz representa la proporción de luz reflejada por una superficie del total de la luz incidente. Se mide en porcentaje y varía de 0 (sin reflectancia) a 100 (reflectancia absoluta). Un valor bajo indica que la superficie absorbe casi toda la luz, por lo tanto, el ojo humano lo percibe más oscuro. Por el contrario, un valor alto indica que la superficie refleja la mayor parte de la luz, por lo que se percibe más luminoso.

El valor de reflectancia de luz es importante para especificar y definir los contrastes entre los materiales y superficies dentro del entorno construido. La norma BS 8300:2009 del British Standards Institute (BSI) que proporciona directrices para el diseño arquitectónico y urbano para personas con discapacidad, sugiere que cuanto mayor sea la diferencia en los valores de LRV entre dos superficies visualmente adyacentes, mayor será la capacidad de percibir el contraste. Esta norma recomienda una diferencia mínima de 30 puntos entre los valores de LRV para un contraste visual adecuado, cuando la iluminación sea superior a 200 lux. (British Standards Institution 2018)

Aunque la medición del LRV se realiza con el espectrofotómetro, es posible obtener una aproximación utilizando los valores Lab en Photoshop u otros programas de edición de imágenes que contengan el espacio CIELAB. La luminosidad L^* representa la percepción de luz por el ojo humano.

Ejemplo:

Se toma una fotografía del pasillo de Alzheimer's Respite Centre (figura 30) y en Photoshop se convierte el espacio de color a Adobe RGB, obteniendo dos valores Lab* de las tres muestras seleccionadas.

Al comparar los valores de luminosidad (L^*) de las muestras 1 y 2, se observa que la diferencia es baja. Esto implica que, aunque el contraste de tonal alto, la similitud de luminosidad podría dificultar la percepción del contraste en personas con degeneración visual. Sin embargo, al comparar la muestra 3 con las muestras 1 o 2, se observa una alta diferencia en luminosidad, lo que asegura que el contraste es adecuado.

En este sentido, se deduce que la intención arquitectónica era demarcar las entradas a las habitaciones, generando un contraste tonal con una alta diferencia del valor de luminosidad, que responde a la recomendación sugerida en la norma BS 8300:2009 del British Standards Institute (BSI) sobre una diferencia de LRV de 30 puntos.



Contraste
por tono y
luminosidad

Valores Lab*

Muestra 1

$L^* = 42$
 $a^* = -14$
 $b^* = 44$

Muestra 2

$L^* = 38$
 $a^* = 44$
 $b^* = 39$

Muestra 3

$L^* = 75$
 $a^* = 4$
 $b^* = 16$

Figura 30. Pasillo Alzheimer's Respite Centre

Diferencia de luminosidad

Muestra 1 - 2

L^* muestra 1 = 42
 L^* muestra 2 = 38
Diferencia = 4

Muestra 2 - 3

L^* muestra 1 = 42
 L^* muestra 3 = 75
Diferencia = 33

Muestra 2 - 3

L^* muestra 1 = 38
 L^* muestra 3 = 75
Diferencia = 37

Capítulo 3

Diseño del espacio para
personas con Alzheimer



3 Diseño del espacio para personas con Alzheimer

“¿Cómo proyectar para la ausencia de memoria?”

(Quesada García and Valero Flores 2017)

Diseñar espacios para las personas con demencia requiere abordar la arquitectura desde una nueva perspectiva, observando a la persona no como un enfermo, sino como un habitante que requiere un espacio físico que se pueda adaptar a sus necesidades a lo largo del tiempo. (Quesada-García and Valero-Flores 2017). Como se expuso en los capítulos anteriores, las personas con la enfermedad del Alzheimer perciben la realidad de una manera diferente debido al daño neuronal, por lo tanto, la arquitectura debe responder con soluciones óptimas que beneficien a la calidad de vida del individuo.

El objetivo de este capítulo es exponer cómo la arquitectura y el medio ambiente son las primeras líneas de tratamiento para las personas con la enfermedad del Alzheimer, considerando los tres niveles de intervención planteados por (Quesada-García and Valero-Flores 2017): Seguridad, accesibilidad y personalización.

En la primera parte se desarrollan los conceptos básicos de la Psicología Ambiental. El propósito es enfatizar cómo el ambiente tiene un efecto en la conducta y cognición de las personas, tal cómo se expuso en el capítulo dos, la percepción es el resultado de la interpretación que el cerebro realiza de los estímulos externos. Posteriormente, se presentan principios de diseño propuestos por (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019), (Quesada García & Valero Flores, 2017),(Zeisel et al. 2003) y (Valero Flores 2023).

3.1 Entorno construido como intervención terapéutica inicial

La Psicología Ambiental es la disciplina que se enfoca en comprender cómo el ambiente físico influye en los procesos psicológicos y en el comportamiento humano (Baldi and Quiroga 2005). Uno de los pioneros en reconocer su importancia fue Kurt Lewin, quien destacó cómo la interacción entre las personas y su entorno afecta directamente la calidad de vida. La calidad de vida es definida como un *“estado de bienestar completo, físico, mental y social”* que no se limita a la ausencia de la enfermedad, (OMS 1983).

En la enfermedad de Alzheimer, la demencia causa un deterioro progresivo en la cognición y funcionamiento social, con síntomas como apatía, agresión, inquietud, impulsividad, bajo estado de ánimo, ansiedad, estrés y delirio. Por lo tanto, el entorno físico debe ser familiar, distintivo, legible cómodo y seguro, (Halsall and Macdonald 2015). En este sentido, la arquitectura se convierte en una intervención clave para mejorar el bienestar de las personas (Timón Sánchez et al. 2013).

- **Calidad de vida**

Tanto la Organización Mundial de la Salud como investigadores del campo de la ciencia, han afirmado que no existe un tratamiento para curar la enfermedad del Alzheimer. No obstante, la OMS destaca que existen oportunidades para apoyar a los familiares, pacientes y trabajadores, y mejorar su calidad de vida. (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019). Estas oportunidades pueden presentarse a través las intervenciones ‘ecopsicosociales’, que tienen como objetivo mejorar la calidad de vida y el bienestar emocional mediante modificaciones en el entorno físico y social. (Zeisel et al. 2016)

El arquitecto John Zeisel propone las intervenciones ecopsicosociales como un enfoque terapéutico alternativo al tratamiento farmacéutico para la demencia. Asimismo, el estudio *“Espacios óptimos para quienes viven con demencia: Principios y evidencias”* propuesto por John Zeisel, Peter Barret y Monika Sharma, expone tres dimensiones dentro del entorno de la persona que contribuyen a la experiencia vivida: Entorno farmacológico/médico, entorno social y de atención, y entorno material. De los cuales los dos últimos constituyen los factores ecopsicosociales propuestos por Zeisel. (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019).

- **Entorno Farmacológico:** Se refiere a los tratamientos médicos para mejorar los síntomas de la condición del paciente.
- **Entorno Social:** Comprende el cuidado por parte de la familia, personas cercanas, asistentes médicos. Además, de las actividades sociales que incluyan distintos niveles de participación.
- **Entorno material:** Incluye el espacio construido y la tecnología.

En la figura 31 se presenta un modelo de la calidad de vida de las personas con demencia a lo largo del tiempo. Este modelo considera los aspectos sociales, farmacológicos y materiales.

La línea roja representa el declive general en la calidad de vida del individuo, la línea negra la calidad de vida con tratamiento farmacológico, la línea azul refleja la calidad de vida con apoyo social y asistencial, y la línea verde indica la calidad de vida al potenciar entornos físicos.

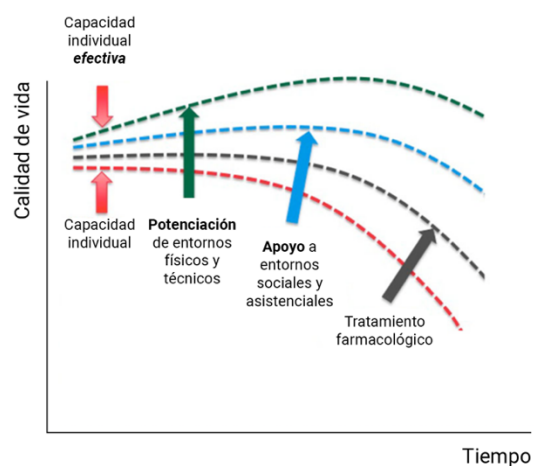


Figura 31. Panorama holístico de intervención sobre la demencia Adaptado de (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019)

3.1.1 Impacto del ambiente físico en la Enfermedad del Alzheimer

En el artículo *“Psicología ambiental: Interfase entre conducta y naturaleza”* Erick Roth expone los principios de la psicología ambiental la cual se argumenta en dos enfoques: La influencia del ambiente sobre la conducta y el segundo y la influencia conductual sobre el medio ambiente. Siendo el ambiente todo aquello que rodea al ser humano y que tiene la capacidad de determinar y afectar la conducta, (Baldi and Quiroga 2005).

Según (Lotito Catino 2009), el ambiente se puede clasificar en tres categorías: Ambiente natural, ambiente fabricado y el ambiente social. El ambiente natural, se refiere a la influencia del ecosistema en la percepción e interacción de la persona con el entorno, el ambiente fabricado es el ambiente físico construido que puede ser permanente como una edificación o efímera tal como un pabellón y el ambiente social, considera el espacio personal, la intimidad, la territorialidad geográfica y la interacción social.

En cuanto al entorno construido, la psicología ambiental propone el diseño ambiental como el área que se focaliza en estudiar las condiciones necesarias para ofrecer calidad de vida a través de las intervenciones físicas como naturales. (Roth 2000) menciona que el ambiente físico constituye en sí mismo una intervención terapéutica, por lo tanto, puede modificarse según las necesidades que tenga el usuario. En el caso de la enfermedad del Alzheimer, tiene la capacidad de ayudar a reducir los síntomas de la demencia tal como la agitación, la agresión, los síntomas psicóticos, la depresión y el retraimiento social. (Zeisel et al. 2003).

3.2 Principios de diseño para la demencia

(Barrett, Sharma, and Zeisel 2019), (Quesada García and Valero Flores 2017) (Zeisel 2013) presentan investigaciones que ofrecen principios de diseño eficaces para los arquitectos que buscan crear espacios adaptados a las necesidades de personas con Alzheimer. Asimismo, Pablo José Flores en su tesis doctoral: *‘Influencia del entorno espacial en usuarios con Alzheimer. Parámetros, criterios proyectuales y pautas de diseño arquitectónico’*, establece pautas de diseño basadas en la sintomatología del Alzheimer y las fases de la enfermedad, (Valero Flores 2023).

Por otra parte, en el Reino Unido se desarrolló la guía *‘Design for dementia’* basada en el proyecto *‘Innovate Dementia Europe’* y la investigación elaborada por el arquitecto Bill Halsall de Halsall Lloyd Partnership (HLP architects) y el Dr. Rob MacDonald de la Universidad John Moores de Liverpool. El proyecto Innovate Dementia es parte de un programa de cooperación transnacional, que tiene como objetivo desarrollar soluciones innovadoras para personas que viven con demencia.

3.2.1 Enfoques y consideraciones generales de diseño

(Barrett, Sharma, and Zeisel 2019) proponen que el diseño de espacios para personas con demencia debe centrarse en tres aspectos: la carga cognitiva manejable, la secuenciación clara y niveles adecuados de estimulación en el contexto personal y privado; estos principios resumidos en diez parámetros. Por otra parte, (Quesada García and Valero Flores 2017) plantean la seguridad, la accesibilidad y la personalización como parámetros de diseño, ofreciendo soluciones arquitectónicas basadas en los síntomas de la enfermedad. (Zeisel 2013) presenta ocho tipos de pautas de diseño que sintetizan las investigaciones realizadas en años anteriores.

1. Carga cognitiva manejable, secuenciación clara y niveles adecuados de estimulación (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019)

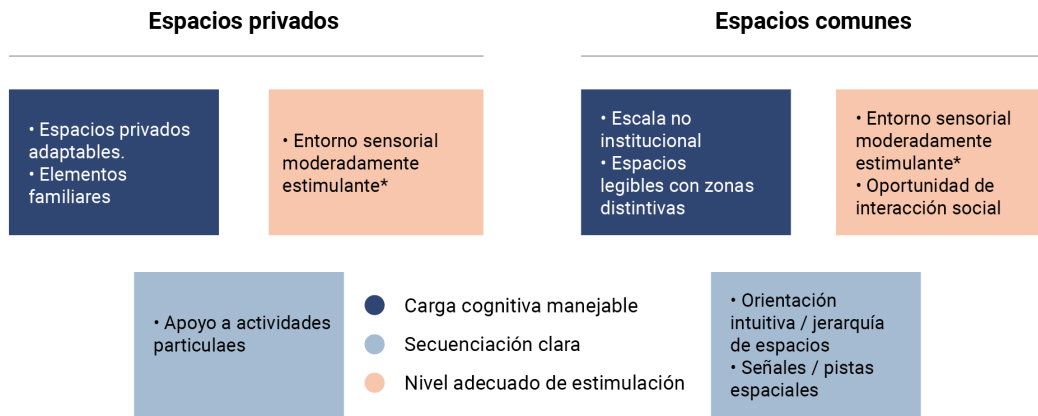
Los criterios de diseño para espacios destinados a personas que viven con demencia, se basan en el análisis de 185 artículos publicados entre 1981 y 2016.

- **Carga cognitiva manejable:** Hace referencia a la familiaridad de los espacios. En las áreas privadas, se recomienda incluir elementos personales y familiares, mientras que en los espacios compartidos, se sugiere que estén cerca a los espacios comunes, la accesibilidad a espacios al aire libre y la creación de jardines paisajísticos.
- **Secuenciación clara:** Implica diferenciar los caminos en las áreas comunes a través de conexiones espaciales bien definidas y con señalización de fácil entendimiento. En los espacios privados, se enfoca en brindar indicaciones que apoyen las actividades diarias de la persona.

Pasillos con ambiente hogareño/doméstico. Número reducido de puertas y puntos de salida. Control de salidas mediante técnicas de camuflaje (murales, cerraduras electrónicas silenciosas). Señalización legible, objetos visibles y eliminación de elementos que puedan confundir, baños con fácil acceso visual. Señalización adaptada a las personas con Alzheimer: Cajones etiquetados, objetos visibles, fotografías, modificación de armarios, evitar desorden.

- **Nivel adecuado de estimulación:** Crear un entorno cómodo y moderadamente estimulante. Esto implica ayudar a mejorar el estado de ánimo y el bienestar emocional, al mismo tiempo se reduce la incidencia de los factores estresantes y desencadenantes en el entorno físico que puedan provocar agitación y estrés.

Iluminación: Incremento de la iluminación en el área del comedor, mejorar el contraste de la vajilla. Evitar niveles altos de luminosidad directa. **Ruido:** Nivel moderado del sonido, estímulos auditivos. **Color y contraste:** Alto contraste de color en mobiliario y decoración, cambio de patrones de suelo.



* Un entorno sensorial adecuado, determinado por: la iluminación, la calidad del aire, la temperatura, el ruido, el color, el contraste, el patrón, la textura, el acceso a la naturaleza...

Figura 32. Principios de diseño en el entorno construido. Adaptado de (Barrett et al., 2019).

2. Seguridad, accesibilidad y personalización. (Quesada García and Valero Flores 2017)

En el artículo *Proyectar espacios para habitantes con Alzheimer, una visión desde la Arquitectura* de (Quesada García and Valero Flores 2017) se presenta cómo abordar las necesidades de esta enfermedad desde la arquitectura como arte y técnica, destacando en la escala doméstica. Los autores enfatizan la intervención del espacio a partir de la seguridad, accesibilidad y personalización cómo parámetros de diseño.

- **Seguridad:** La persona Alzheimer pierde capacidades cognitivas y autonomía a medida que avanza la enfermedad. Es por esto que el espacio debe adaptarse según la fase de la enfermedad, ofreciendo seguridad y cuidado.
- **Accesibilidad:** El espacio debe garantizar la inclusión y comodidad de todas las personas independiente de sus capacidades físicas o cognitivas. Un espacio accesible aporta seguridad.
- **Personalización:** Debido a la pérdida de memoria, es importante ayudar a las personas con Alzheimer a desarrollar el sentido de pertenencia e identidad con el espacio que habitan. Una de las maneras de hacerlo es conservando la familiaridad del espacio a través de objetos, decoración o mobiliario. Esto es aplicable tanto al entorno doméstico como al residencial.

Por otra parte, (Quesada García and Valero Flores 2017), presentan la importancia de proyectar para la ausencia de memoria con la estimulación sensorial, la autonomía personal y la reducción del estrés o ansiedad. Los autores proponen soluciones arquitectónicas en función de las necesidades y la evolución de la enfermedad:

- **Frente a la pérdida de memoria:** Es importante la personalización del entorno, la utilización de elementos de referencia pictográfica: fotografías, símbolos visuales, imágenes gráficas, íconos que representen acciones o conceptos específicos. Además, la Identificación de espacios a través de la estimulación sensorial: luz, materiales, colores, olores. Y diseñar recorridos dirigidos con iluminación led de colores y detectores de presencia.
- **Frente a la desorientación:** Distribuir el espacio según las prioridades según su función y uso, integrar las estancias mediante el uso de visuales interconectadas, comunicaciones claras y elementos de referencia evidentes. Por otra parte, implementar la triangulación por radiofrecuencia dentro del entorno doméstico (herramienta de monitoreo que puede mejorar la seguridad y bienestar de las personas con Alzheimer).
- **Frente a los altos niveles de estrés/ansiedad:** Estimular sensorialmente mediante el manejo de las condiciones ambientales: Temperatura, humedad, sonido e iluminación. Diseñar con predominancia de luz natural y control de deslumbramientos. También emplear colores cálidos sin patrones complejos.
- **Frente al razonamiento equivocado:** Incorporar ayuda para las tareas cotidianas como comer, vestirse y asearse. Crear indicaciones en instrumentos de uso diario para orientar. También, reforzar las medidas de seguridad en baños y cocina. Instalar sistemas de alarma para incendios, fugas de gas e inundaciones. Emplear grifos con función de encendido y apagado automático, junto con reguladores de temperatura. Implementar sensores de movimiento en las salidas de las estancias y de la vivienda.
- **Frente a la deficiencia de la percepción visual o acústica (estimulación cognitiva):** Seleccionar materiales que sean distintivos y se caractericen por su tono cálido. Usar el contraste del color para diferenciar espacios, además utilizar colores familiares para asociar aromas con recuerdos. Incorporar en los pasillos un sistema de iluminación con sensores de posición para ajustar la intensidad de la luz. Estos sensores detectan la ubicación de una persona en relación a un punto de referencia.

- **Frente a la deficiencia de la movilidad (accesibilidad y seguridad):** Emplear sistemas de seguimiento y control, como los dispositivos RFID, que emiten en tiempo real la ubicación de las personas que pueden tener la tendencia a deambular. Diseñar y adaptar el mobiliario para que sea accesible para todos los habitantes. Implementar sistemas de detección de movimiento como cámaras o sensores que utilizan la luz visible o infrarroja (sistemas ópticos).



Figura 33. Vivienda flexible, adaptada y adaptable de dos dormitorios, (Valero Flores, 2023). Arquitecto: Santiago Quesa-da- García. Autor foto: Fernando Alda

3. Ocho parámetros de diseño para la demencia (Zeisel 2013)

El Dr. John Zeisel es un sociólogo experto en el cuidado de la Enfermedad del Alzheimer mediante el entorno físico y social. Es presidente y fundador de 'Hearthstone Alzheimer Care', una fundación que tiene como objetivo ayudar a reducir los síntomas y mejorar la calidad de vida utilizando el entorno físico como parte del tratamiento. A lo largo de su trayectoria profesional, Zeisel ha realizado varias investigaciones para estudiar el efecto del entorno en la calidad de vida en las personas con Alzheimer. Ha demostrado cómo un diseño adecuado, puede fomentar la independencia y seguridad de los pacientes.

En 2013, escribió una investigación titulada '*Improving person-centered care through effective design*' en castellano, '*Mejorando la atención centrada en la persona mediante un diseño eficaz*'. En este artículo describe ocho parámetros de diseño para la demencia en residencias que sintetizan las pautas propuestas por varios expertos: Control de salidas, senderos peatonales, espacios comunes, privacidad y personalización, acceso a jardines, carácter residencial, comprensión sensorial y apoyo a la capacidad.

1. Control de salidas

Las salidas controladas permiten la independencia

Las puertas suelen atraer a las personas con demencia, por lo tanto, es importante diseñarlas menos llamativas e incluso camuflarlas. Si las puertas no invitan a fugarse y los límites son seguros, los residentes pueden utilizar el entorno libremente y no intentar abandonar el espacio. En el espacio doméstico, las puertas y ventanas controladas ayudan a evitar salidas no deseadas y fomentan la seguridad en el hogar.

2. Caminos peatonales

Los pasillos claros ayudan a definir los destinos

Los pasillos que no muestran claramente el destino, pueden causar confusión en las personas con demencia. Por eso, los senderos con puntos de referencia que definan los espacios y destinos pueden mejorar el sentido de ubicación. Las personas reconocen dónde están cuando ven objetos familiares, por lo tanto, colocar fotografías u objetos con señaléticas puede ayudarles a orientarse en el espacio.

3. Espacios comunes

Los indicadores de uso de la sala mejoran el comportamiento de las personas

Los espacios comunes compartidos en una residencia como salas, salas de música, jardines o comedores, permiten a las personas con demencia desarrollar su sentido personal y de grupo. Estos lugares no sólo fomentan el comportamiento apropiado, sino que también ofrecen a las personas la oportunidad de elegir el entorno en el que desean estar, contribuyendo al desarrollo del sentido de pertenencia.

4. Privacidad y personalización

La habitación debe ser un santuario

Debido al deterioro cognitivo por la pérdida de memoria en el Alzheimer, las personas pierden la capacidad de realizar la conexión semántica entre el contorno y el contexto. Por lo tanto, es fundamental mantener la familiaridad del ambiente a través de objetos, fotografías y elementos que permitan realizar asociaciones y ayuden a activar la memoria y la identidad del residente. Esto mejora el bienestar y la calidad de vida.

Asimismo, la privacidad en las residencias es fundamental. Por eso, se recomienda que máximo dos personas compartan la misma habitación, asegurando que cada espacio esté personalizado y mantenga la privacidad visual y auditiva. Además, es importante adaptar el entorno según las necesidades individuales de cada residente.

5. Acceso a jardines

Los jardines deben ser seguros y de fácil acceso

Los jardines terapéuticos ofrecen la posibilidad de experimentar bienestar y estimular los sentidos. Sin embargo, es clave considerar medidas de seguridad y accesibilidad para la autonomía e independencia, sin estar requiriendo de la presencia de un cuidador. También, generar que un jardín sea accesible, puede ayudar a reducir la agitación o el aburrimiento y contribuye a regular el ritmo circadiano. Por eso, cuanto más diseñado esté el jardín de manera terapéutica, más cómoda y en control se sentirá la persona.

6. Carácter residencial/doméstico

La sensación de hogar es clave para la comodidad de los residentes y la familia

El entorno físico puede suavizar las transiciones del deterioro cognitivo. Es por esto que, crear ambientes que brinden la sensación de hogar puede ayudar a disminuir la agitación, la ansiedad, la agresión y apatía. Es fundamental evitar la estética institucional en el mobiliario que se elige, la decoración, ropa de cama, vestimenta del personal, entre otros aspectos.

7. Comprensión sensorial

Los residentes se guían por detalles sensoriales que comprenden

A medida que avanza la enfermedad y debido al deterioro de la percepción sensorial y cognitiva, las personas con Alzheimer pueden depender más de los sentidos para interpretar y comprender su realidad. En este sentido, estimular sensorialmente a través del uso de texturas, olores familiares, colores con alto valor de luminosidad, sonidos ambientales puede ayudarlos a sentirse más conectados y orientados con su entorno.

8. Apoyo a la capacidad

Fomentar la independencia ayuda a mantenerla

Cuanto más se adapte el entorno físico a las capacidades individuales, mayor será la autonomía de la persona y mayor sentido de identidad genera. Además, al ser más independiente, los cuidadores la tratarán como una persona y no un paciente.

3.2.2 Pautas de diseño según parámetros arquitectónicos

Pablo José Flores en su tesis doctoral: *'Influencia del entorno espacial en usuarios con Alzheimer. Parámetros, criterios proyectuales y pautas de diseño arquitectónico'*, presenta pautas de diseño basadas en parámetros arquitectónicos y según la sintomatología de la enfermedad en sus fases de desarrollo (Valero Flores 2023). La información se extrae de una investigación que incluye estudios, visitas y recorridos a centros, así como encuestas a enfermos, familiares y cuidadores.

La muestra participante consta de 42 usuarios con Alzheimer y 114 cuidadores familiares y profesionales.

Cabe mencionar que los síntomas que se presentan, son los mismos del artículo *'Proyectar espacios para habitantes con Alzheimer, una visión desde la Arquitectura'* que realizó junto a Santiago Quesada en el 2013. (Quesada García and Valero Flores 2017).

- **Parámetros arquitectónicos**

Los parámetros arquitectónicos son aspectos relevantes a tener en cuenta y ofrecen soluciones concretas de diseño. Estos son: Dimensión, recorrido, iluminación, relación con el entorno, control climático y estimulación sensorial.

1. **Dimensión:** Estudios demuestran que los espacios de gran tamaño provocan mayor agitación y estrés en las personas con Alzheimer. Se presentan conflictos territoriales, invasiones del espacio y agresividad entre los residentes. Por el contrario, los espacios de menor tamaño provocan menos ansiedad y depresión.

Sugerencias de diseño:

- **Dimensiones espaciales:** Definir espacios reconocibles y adecuados al usuario, y según el número de residentes. Se recomienda un promedio de 47 m² por usuario en las unidades o módulos de vivienda.
 - **Dormitorio:** Aumentar la superficie del dormitorio a medida que avanza la enfermedad, con un tamaño promedio de 13 a 17 m², incluyendo áreas adicionales como zonas de estar o espacios para otros usuarios y familiares.
 - **Cuartos húmedos:** Modificar gradualmente los baños para cumplir con criterios de accesibilidad, aumentando su tamaño a 8 m² en fases avanzadas de la enfermedad para incluir sistemas de asistencia geriátrica.
 - **Flexibilidad de la vivienda:** Unificar los cuartos húmedos en un núcleo central y utilizar tabiquería móvil para facilitar la versatilidad y cambios en la estructura organizativa de la vivienda según las necesidades del usuario.
2. **Recorridos:** Para facilitar la orientación en el espacio, es importante que los recorridos dispongan de visuales interconectadas y reconocibles. Además, se sugiere evitar los pasillos longitudinales.

Sugerencias de diseño:

- **Recorridos cortos:** Diseñar trayectos sin giros bruscos ni salidas sin retorno, asegurando recorridos interiores en zonas de vivienda de menos de 12-15 m.
- **Acceso y movimiento:** Permitir el acceso a estancias reconocibles para el usuario, restringiendo el acceso a áreas peligrosas de forma discreta.
- **Orientación de la vivienda:** Ajustar la orientación según el emplazamiento geográfico y las condiciones climáticas.
- **Visuales cruzadas:** Crear visuales hacia espacios de referencia y estancias importantes, como baños, para ayudar en la orientación del usuario.

3. **Iluminación:** Estudios han demostrado que los espacios con poca iluminación generan mayores niveles de estrés, ansiedad y agitación. Se sugiere mantener una elevada iluminación natural, regular la artificial y evitar el deslumbramiento.

Sugerencias de diseño:

- **Iluminación natural:** Mantener una iluminación constante de 200-350 lux, preferiblemente natural con apoyo de luz artificial si es necesario, evitando deslumbramientos y sombras indeseadas, y asegurando el control de la incidencia solar directa mediante parasoles o sistemas regulables.
 - **Iluminación artificial:** Disponer de iluminación artificial regulada que se adapte a los ritmos circadianos.
4. **Relación con el entorno:** Las personas con Alzheimer necesitan desarrollar el sentido de pertenencia e identidad con el espacio que habitan, por eso es importante establecer conexiones en el interior y en el exterior. Un espacio es un almacén de memorias, formado por la distribución espacial, el mobiliario, las texturas, decoración y los materiales. Un diseño cuidadoso puede evocar la sensación de familiaridad y crear un ambiente acogedor y hogareño.

Sugerencias de diseño:

- **Conexión exterior:** Facilitar la relación visual con el exterior mediante la apertura de vanos y el acceso a espacios ajardinados.
 - **Conexión interior:** Disponer de elementos que ayuden a realizar asociaciones.
5. **Control climático:** Las personas con Alzheimer no son conscientes de los cambios de temperatura. Por lo tanto, es fundamental mantener una temperatura regulada del espacio interior acorde a los cambios estacionales.

Sugerencias de diseño:

- **Control de temperatura:** Mantener una temperatura constante ($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en invierno y $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en verano), evitando cambios bruscos entre estancias o entre el interior y exterior.
6. **Estimulación sensorial:** Es importante evitar la sobreestimulación sensorial ya sea el uso de materiales, colores y texturas, además a causa de ruidos y olores. La sobreestimulación puede generar agitación, estrés y confusión.

Sugerencias de diseño:

- **Materiales y texturas:** Utilizar materiales cálidos y texturas suaves en elementos, como agarraderas, pasamanos y en superficies verticales y horizontales.
- **Control acústico:** Evitar ruidos indeseados y excesivos, y ecos. Limitar el número de usuarios por estancia, emplear materiales acústicos absorbentes.
- **Materiales no reflectantes:** Usar materiales que no provoquen reflejos indeseados, deslumbramientos ni riesgos de resbalones.

3.2.3 Pautas de diseño según los síntomas de la enfermedad

A continuación, se presentan las pautas de diseño según los parámetros arquitectónicos, los síntomas de la enfermedad y su evolución a lo largo del tiempo.

Síntoma: *Deficiencia visual / acústica*

Solución arquitectónica general: La vivienda debe ofrecer espacios diferenciadores, reconocibles y personalizados. También, es importante intensificar la estimulación sensorial según las necesidades que se requieran.

		Fase 01	Fase 02	Fase 03
Síntoma	Deficiencia visual y/o acústica	Inicio o primeros síntomas asociados a pérdida visual y acústica.	Se agudiza la pérdida visual / acústica.	Grandes dificultades acústicas y visuales.
Parámetros arquitectónicos	Dimensión	Control de escala y tamaño en las estancias. Control regulado de las alturas.	Espacios control de escala y alturas, evitar reverberaciones indeseadas. Reducir número de usuarios.	
	Recorrido y Orientación	Recorridos prioritariamente rectos y cortos.		
	Iluminación	Mantener niveles constantes de iluminación entre estancias. Aporte predominante de luz solar.	Aumentar el aporte solar con luz artificial en todas las estancias de la vivienda, especialmente en pasillo y lugares de circulación.	Mantener iluminación en espacios de noche.
	Relación con el entorno		Evitar la entrada de ruidos indeseados del exterior. Mantener espacios claros y directos de visuales exteriores.	
	Control climático		Dispositivos de control automático, termostatos.	Temperatura interior constante – controlada. (valor medio 24oC).
	Estimulación sensorial	Evitar ruido, espacios con reverberación, o altos niveles sonoros indeseados.	Potenciar materiales con contrastes tanto en texturas / acabados, como en color. Evitar materiales con alto brillo, que generen.	

Tabla 06. Pautas arquitectónicas frente a la deficiencia visual y/o acústica. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Síntoma: *Pérdida de memoria*

Solución arquitectónica general: Se requieren espacios reconocibles mediante referencias que permitan al usuario asociar la funcionalidad y utilidad de cada estancia a sus necesidades personales.

		Fase 01	Fase 02	Fase 03
Síntoma	Perdida de memoria	Experimenta cambios leves de pérdida de memoria.	Dificultad para recordar hechos recientes.	Olvida los hechos recientes y pasados. No reconoce a su cónyuge o a sus hijos. Conserva la memoria emocional.
Parámetros arquitectónicos	Dimensión		Control de dimensiones en estancias. Potenciar relación salón / zonas de estar – dormitorio. Emplazar en segundo plano usos y/o estancias no prioritarias.	
	Recorrido y Orientación	Pasillos interiores cortos (< 10-15 ml) recorridos sin cambios bruscos de dirección, prioritariamente rectos.	Fomentar las visuales cruzadas a espacios de primera necesidad. Recorridos medio – corto. (< 10+/-2 ml) entre estancias prioritarias de uso cotidiano.	Redimensionar y reorganizar la vivienda, en la que el dormitorio / estancia principal del usuario con EA, disponga orientación con aporte de luz solar la mayor parte del día.
	Iluminación	Mantener iluminación constante y controlada en las estancias de la vivienda. Aporte prioritario solar. (valor medio 200 - 300lux).	En estancias de uso prioritario (baños – dormitorios) sistemas reguladores de control y encendidos lumínico.	Potenciar en unidad de estancias (dormitorio) aporte de luz solar.
	Relación con el entorno		Fomentar las visuales y conexiones desde el interior de la vivienda, a espacios exteriores reconocibles.	Establecer visuales desde el espacio de la cama al exterior / relación con elementos del entorno reconocibles.
	Control climático		Disponer de sistemas de control térmicos automáticos. (valor medio vivienda en invierno 21 oC – verano 25oC).	
	Estimulación sensorial	Utilizar materiales / con colores significativos que establezcan contraste visual.	Vincular espacios de primera necesidad por estímulos sensitivos (luz, materiales, colores u olores).	

Tabla 7. Pautas arquitectónicas frente a la pérdida de memoria. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Síntoma: *Desorientación*

Solución arquitectónica general: El espacio debe ser estructurado y comprensible mediante referencias visuales y espaciales

		Fase 01	Fase 02	Fase 03
Síntoma	Desorientación	Desorientación puntual en el desarrollo de sus actividades diarias.	Se agudiza la desorientación espacio – tiempo. No identifica hora – día.	Grandes niveles de desorientación.
Parámetros arquitectónicos	Dimensión		Espacios de escala y tamaño reconocibles y fácilmente identificables visualmente. Evitar estancias de grandes alturas (<3m).	
	Recorrido y Orientación	Recorridos prioritariamente rectos, con visual directa principio – final. Evita trayectos sin retorno / sin salida.	Evitar pasillos largos, potenciar recorridos anchos, con visuales a otras estancias. Establecer hitos de referencia visuales interiores y exteriores.	Visuales directas a elementos concretos de primera necesidad desde la cama (ejem. WC), visual al exterior.
	Iluminación	Aporte solar prioritario. Estancias bien iluminadas (sistemas automáticos de control lumínico) (valor medio 200 - 350 lux).	Estancias de primera necesidad bien iluminadas, evitar presencia de espacios oscuros o sombras arrojadas indeseadas. Aporte luz solar.	
	Relación con el entorno	Potenciar conexión desde el interior de las viviendas a elementos exteriores reconocibles.	Reorganización interior espacial, que permita visualmente disponer de elementos identificables.	En la estancia permanente del usuario (dormitorio) aporte e incidencia solar, Orientación sur – este.
	Control climático	Evitar cualquier cambio brusco de temperatura entre estancias o incluso en salidas al exterior.	Temperatura interior constante – controlada.	
	Estimulación sensorial	Potenciar el contraste por materiales y colores entre estancias.	Evitar sobre estimulación (ruido / colores), que confunda al usuario. Potenciar materiales y colores cálidos.	

Tabla 8. Pautas arquitectónicas frente a la desorientación. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Síntoma: *Altos niveles de estrés*

Solución arquitectónica general: El espacio debe estar diseñado para minimizar estímulos no deseados o la sobreestimulación.

		Fase 01	Fase 02	Fase 03
Síntoma	Altos niveles de estrés / ansiedad	Cambios puntuales de personalidad. Agitación.	Cambios significativos de personalidad / comportamiento. Estrés ante acciones equivocadas, ansiedad ante lo desconocido.	Frecuentes alteraciones, desinhibición, identificación errónea.
Parámetros arquitectónicos	Dimensión	Control de escala y tamaño en las estancias. Control regulado de las alturas.	Evitar estancias de grandes dimensiones. Control y/o limitación del número de usuarios por estancias.	
	Recorrido y Orientación	Recorridos reconocibles, intuitivos y no extensos en tamaño.	Recorridos que permitan las visuales directas a espacios de primera necesidad. Evitar cualquier recorrido sin salida	Visuales directas a elementos concretos de primera necesidad desde espacios como la cama (ejem. WC), y visual al exterior.
	Iluminación	Mantener niveles constantes de iluminación entre estancias. Evitar espacios oscuros o faltos de luz.	Evitar deslumbramientos indeseados (potenciar encendidos graduales en horarios de noche). Potenciar la regulación de luz natural (incidencia solar).	En estancias para larga duración del usuario (dormitorios), priorizar la entrada de luz solar.
	Relación con el entorno	Mantener elementos visuales de conexión y relación exterior con espacios reconocibles. (Arraigo espacial – social).	Disposición de espacios visuales / apertura de huecos en caso de ser necesarios, desde el interior de la vivienda, a elementos externos – hitos. Potencia la conexión con el espacio exterior / naturaleza.	Establecer visuales desde el espacio de estar y/o cama a elementos exteriores familiares.
	Control climático	Mantener niveles constantes de temperatura entre estancias y evitar cambios bruscos de temperatura. Especialmente evitar altas temperaturas.	Potenciar la regulación térmica (dispositivos electrónicos termostatos) que horas principales del día (mayor calor) mantengan automáticamente valores constantes preestablecidos.	
	Estimulación sensorial	Evitar ruido, espacios con reverberación, o altos niveles sonoros indeseados. Predominio de materiales cálidos.	Evitar materiales con alto brillo, que generen reflejos indeseados. O materiales efecto espejo, que sorprendan de manera indeseada. Potenciar la relación con el exterior / naturaleza.	

Tabla 9. Pautas arquitectónicas frente al estrés o la ansiedad. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Síntoma: Razonamiento equivocado

Solución arquitectónica general: La arquitectura debe ayudar a reconocer fácilmente las tareas diarias, reforzar las medidas de control y seguridad, especialmente en baños, cocinas y salidas no deseadas.

		Fase 01	Fase 02	Fase 03
Síntoma	Razonamiento equivocado	Confusión y actuación errónea en la realización de tareas complejas / abstractas. Inicios de falta de concentración.	Dificultad agudizada en la concentración y pensamientos abstractos. Complejidad en el desarrollo de AIVD.	Se agudiza la toma de decisiones erróneas. Grandes niveles de falta de concentración. Imposibilidad en el desarrollo sobre conceptos abstractos.
Parámetros arquitectónicos	Dimensión		Estancias preferiblemente con dimensiones reducidas, que permita evitar distracciones o obstaculizar el razonamiento de la tarea a desarrollar dentro de esta.	Evitar en las estancias de noche, espacios sobredimensionados, espacios ajustados a las necesidades y el grado de atención de cada usuario.
	Recorrido y Orientación	Potenciar recorridos sin giros indeseados y con trayectos cortos.	Recorridos con visuales directas a estancias de primera necesidad. Apertura de huecos / ampliación de ventanales, ect.	
	Iluminación	Aporte de luz natural exterior, que permita la identificación / cambio de tiempo – horario.	Aporte de luz artificial para estancias de primera necesidad y espacios de trabajo.	Mantener iluminación en la vivienda incluido espacios de noche.
	Relación con el entorno	Mantener y potenciar el arraigo al entorno social en el que el usuario vive. Reordenar distribución formal interior que posibilite las referencias visuales externas.		
	Control climático		Evitar cualquier contraste brusco de temperatura entre estancias que cree confusión / alteración. Mantener temperatura constante.	Temperatura interior constante – controlada. (valor medio 24oC).
	Estimulación sensorial	Mantener mobiliarios como objetos de referencia / hitos personales asociados a las estancias. Potenciar el contraste por materiales y colores entre estancias.	Evitar sobre estimulación (ruido / colores), que confunda al usuario. Potenciar materiales y colores cálidos y terminaciones, con contrastes, que permita la identificación del objeto o estancia.	

Tabla 10. Pautas arquitectónicas frente al razonamiento equivocado. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Síntoma: *Deficiencia de la movilidad*

Solución arquitectónica general: La vivienda o la residencia deben disponer de espacios adaptados y adaptables que posibiliten el uso independiente de la persona con Alzheimer.

		Fase 01	Fase 02	Fase 03
Síntoma	Deficiencia en la movilidad	Inicio o primeros síntomas asociados a la pérdida de movilidad.	Problemas constantes de movilidad. Requiere de ayuda puntual de terceras personas.	Incapacidad para el desplazamiento.
Parámetros arquitectónicos	Dimensión		Estancias prioritariamente no de grandes dimensiones. Control y/o limitación del número de usuarios por estancias.	stancias adaptadas a las condiciones particulares del usuario y el grado de movilidad. Con adaptación al equipamiento auxiliar para apoyo al desplazamiento.
	Recorrido y Orientación	Recorridos libres de obstáculos, rectos y sin giros.	Recorridos que rectos, con mayor amplitud / anchura, libres de obstáculos, con elementos auxiliares de ayuda y protección.	Implantación de elementos para apoyo al desplazamiento (equipos auxiliares, grúas).
	Iluminación	Mantener niveles de iluminación constante. Focalizado al plano horizontal (suelo). Aporte prioritario de luz solar, evitar sombras y otros obstáculos indeseados.	Potenciar el nivel óptimo de iluminación, en cuartos húmedos. (aporte de luz artificial). Iluminación permanente en zonas de circulación / pasillos.	
	Relación con el entorno		Potenciar la recorridos adaptados y conexionados a espacios exteriores.	Establecer visuales desde el espacio de estar y/o cama a elementos exteriores familiares.
	Control climático		Potenciar la regulación térmica (dispositivos electrónicos termostatos) que en horas principales del día (mayor calor) mantengan automáticamente valores constantes preestablecidos.	
	Estimulación sensorial	Evitar materiales en pavimentos que generen resbaladidad. Utilizar materiales de texturas y acabados cálidos, que permita el agarre, sujeción y utilización del usuario. Evitar cualquier material que se pueda desplazar o mover de manera indeseada.	Evitar materiales con alto brillo, que generen reflejos indeseados, confusión o dudas en los desplazamientos.	

Tabla 11. Pautas arquitectónicas frente a la movilidad. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

3.3 Guía: 'Design for Dementia'

La guía 'Design for dementia' ofrece pautas para diseñar espacios que respondan a las necesidades de las personas con demencia. Se desarrolló a partir del proyecto *Innovate Dementia Europe* y las investigaciones sobre ambientes terapéuticos del arquitecto Bill Halsall de Halsall Lloyd Partnership (HLP architects), junto al Dr. Rob MacDonald de la Universidad John Moores de Liverpool. Este proyecto, parte de un programa de cooperación transnacional, se centra en desarrollar soluciones innovadoras para mejorar la calidad de vida de quienes viven con demencia (Halsall & Macdonald, 2015).

La guía incluye tres proyectos de investigación con un enfoque participativo, de los cuales se extraen los principios clave de diseño:

1. **Tarjetas con referencia fotográfica 'Living lab':** Este proyecto investigó la inclusividad de la ciudad de Liverpool para las personas con demencia, en donde se identificaron los desafíos que enfrentan al recorrer la ciudad y utilizar sus instalaciones. En los talleres, se utilizaron tarjetas con diferentes imágenes fotográficas para estimular las respuestas y se incluyó a personas con demencia, cuidadores y profesionales.
2. **Conectando mentes a través del 'Sandplay':** Es una técnica de imaginación desarrollada por Dora Kaldd basada en la psicología analítica de Carl Jung, sobre la expresión de las artes como terapia. Tiene como objetivo fomentar la creatividad, la conciencia sensorial y la memoria. Las personas utilizan la bandeja de arena, las figuras y símbolos para crear escenas tridimensionales que reflejan aspectos de su psique. El 'sandplay'. Puede compararse con la pintura, el dibujo o la escultura libre.
3. **Diseño de un bungalow:** Este proyecto presenta a través de un 'bungalow' ideal una serie de soluciones a las necesidades de las personas con demencia, usando una vivienda como modelo de referencia.

3.3.1 Modelo de vivienda para la demencia: Diseño de un bungalow

El diseño del bungalow se realizó de manera participativa, utilizando una maqueta de espuma desmontable que incluye mobiliario y elementos que facilitan el diseño. Este enfoque práctico permite adaptar el espacio a las necesidades reales de las personas con demencia, tomando como referencia las normativas y el clima del Reino Unido. En las figuras 34 y 35 se exponen las plantas arquitectónicas con el programa funcional. La figura 34 representa el interior de la vivienda y la figura 35 el exterior.

Propuesta arquitectónica del espacio interior

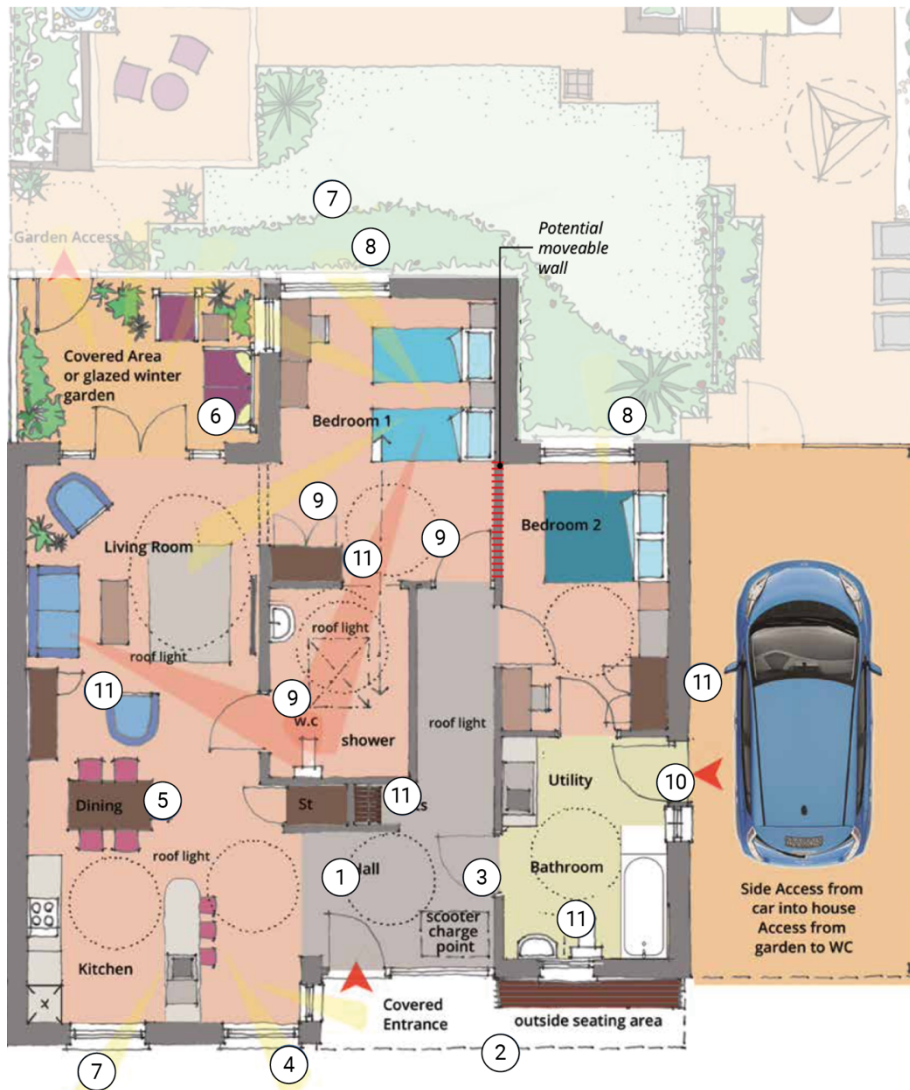


Figura 34. Diseño del espacio interior. Adaptado de (Halsall & Macdonald, 2015).

Disposición funcional:

1. El diseño de espacios abiertos desde el hall permite una conexión visual fluida entre las estancias, lo que reduce el estrés causado por las puertas.
2. La entrada cubierta, junto con una mampara de vidrio, brinda mayor seguridad y permite la observación del exterior, ayudando a identificar quién llega.
3. El Hall es fácilmente accesible y cuenta con espacio para cargar scooters eléctricos de movilidad.
4. La cocina y el comedor cuentan con luz natural y vistas al exterior.
5. El diseño de planta abierta entre el comedor y la sala de estar fomenta una mayor interacción y una sensación de inclusión.
6. La terraza trasera cubierta, permite disfrutar al aire libre y maximiza la exposición al sol, lo que contribuye a la producción de vitamina D.

7. Todas las estancias ofrecen vistas al jardín delantero y trasero. Se implementa un diseño paisajístico terapéutico que busca estimular sensorialmente.
8. Ambos dormitorios tienen vistas al jardín. Además, se establece una conexión directa entre la sala de estar y el dormitorio para facilitar la supervisión y fomentar la inclusión.
9. Se diseñaron conexiones visuales entre todas las estancias, incluyendo el baño.
10. El baño adicional tiene acceso directo desde el segundo dormitorio y el estacionamiento. Está ubicado en un área de servicio separado para evitar que los ruidos y olores, afecten la cocina y la sala de estar.
11. El almacenamiento está diseñado en función a cada espacio.

Propuesta arquitectónica del espacio exterior

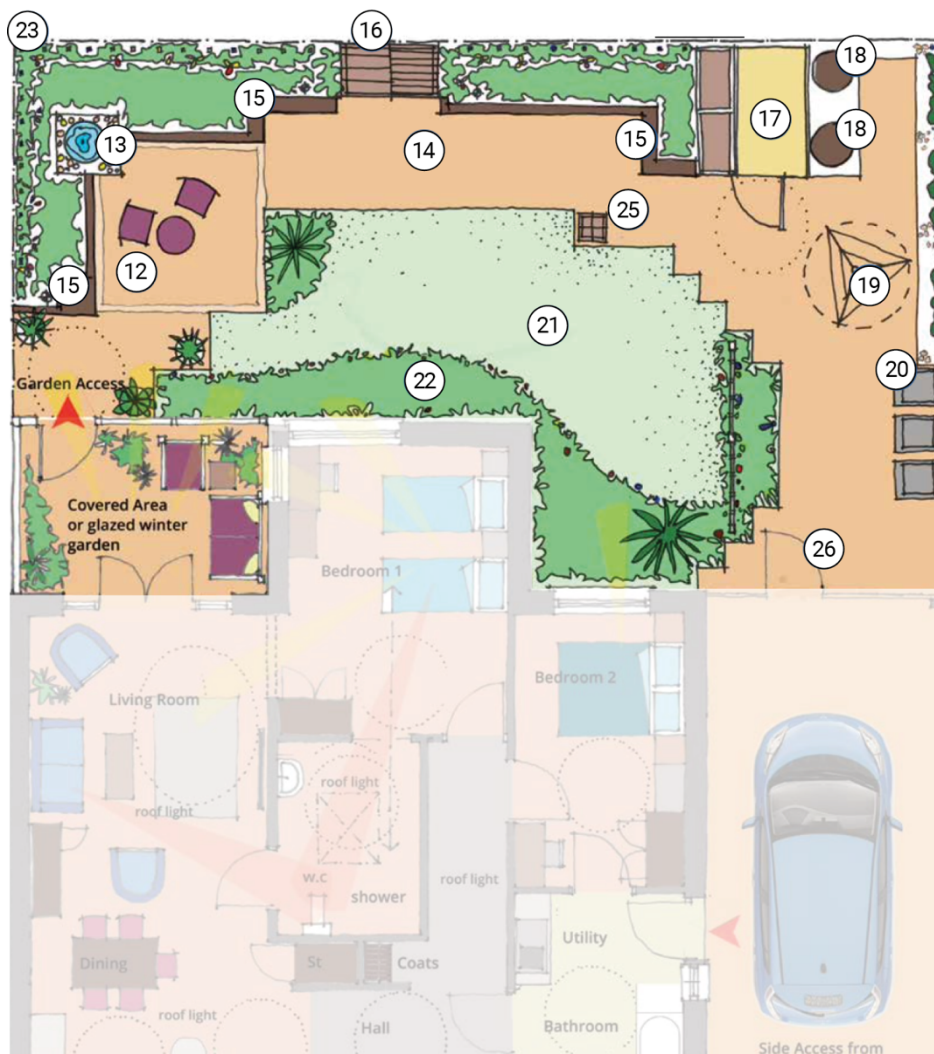


Figura 35. Diseño del espacio exterior. Adaptado de (Halsall & Macdonald, 2015).

Disposición funcional:

12. Terraza al aire libre con mobiliario para comer, descansar o realizar actividades.
13. Estimulación visual y auditiva a través de la fuente de agua.
14. Caminos anchos y despejados para facilitar el tránsito.
15. Jardineras elevadas con zonas para sentarse.
16. Pérgola con asientos para relajarse.
17. Invernadero o cobertizo para actividades de jardinería.
18. Contenedores de abono y depósito de agua.
19. Tendedero.
20. Contenedores de reciclaje, ocultos por un cerramiento de madera.
21. Zona de césped.
22. Plantas aromáticas de baja altura cerca de las ventanas que generan aromas.
23. Cerramiento perimetral diseñado con plantas trepadoras.
24. Iluminación para disfrutar del jardín por la noche.
25. Estructura para proveer agua y alimento a las aves, fomentando su visita.
26. Puerta y valla de seguridad

3.3.2 Principios de diseño

El arquitecto Bill Halsall presenta seis principios de diseño en la guía para la demencia, los cuales son aplicables en el ámbito de la atención especializada, el diseño de viviendas o la planificación del entorno en general:

- 1. Familiaridad:** Las personas que viven con demencia frecuentemente dependen de la familiaridad de su entorno a través de los lugares, objetos o puntos de referencia para orientarse y sentirse seguras. Además, los rostros familiares como los de amigos, familiares o vecinos, adquieren gran importancia.

Sugerencias de diseño:

- Los recuerdos pueden activarse a través de la estimulación de los sentidos: vista, tacto, olfato, oído y gusto.
 - Diseñar un ambiente doméstico en lugar de institucional.
 - Plantear un diseño paisajístico del exterior para estimular sensorialmente durante todo el año, con biodiversidad que atraiga aves, abejas y mariposas.
- 2. Ambientes distintivos:** Con el objetivo de ayudar a las personas con demencia a moverse libre y de manera independiente, los entornos deben brindar una sensación de pertenencia y seguridad. Por lo tanto, es importante que sean reconocibles y familiares, con distintivas de diseño que les permitan orientarse y sentirse cómodas.

Sugerencias de diseño:

- Personalización del espacio.
- En entornos de asistencia personalizada, diseñar distintos tipos de estancias para realizar variedad de actividades, tanto en el interior como en el exterior.
- Diseñar 'umbrales'/espacios que suavicen la transición entre estancias.

- 3. Legibilidad:** Para que puedan moverse con facilidad por el entorno, las personas necesitan referencias que les ayuden a orientarse y comprender dónde desean ir.

Sugerencias de diseño:

- Claridad en el diseño y la distribución espacial. Es importante ofrecer la visibilidad de los destinos y las entradas en posiciones de fácil entendimiento.
- Diseño visual integrando el color, materiales, la iluminación y la distribución espacial.
- Para el exterior de la vivienda, incorporar patrones de movimiento simples y claros que faciliten encontrar el camino alrededor de la vivienda o el vecindario.
- Entradas destacadas e identificables.
- Diseño de iluminación que proporcione la claridad de los caminos.
- Dormitorios con vistas al jardín.

- 4. Accesibilidad:** El diseño de los entornos y estancias deben responder a las necesidades de diferentes tipos de usuarios, incluidos las personas con demencia.

Sugerencias de diseño:

- Circulación que permita accesibilidad de las sillas de ruedas, andaderas y scooters de movilidad.
- Elegir materiales que no generen reflectancias o que sean oscuros y que puedan confundir la percepción. De igual manera, diseñar los patrones de los pisos o pavimentos que no confundan o perturben a las personas con demencia.
- Evitar escalones o escaleras. Si se requieren, disponer de manera visible la rampa o el ascensor que ayude a la accesibilidad.
- Reducir el desorden y las obstrucciones, especialmente en los pasillos.
- Las necesidades de otros usuarios también deben considerarse como parte de un diseño integral. Por ejemplo, las personas con discapacidad visual requieren de bordes táctiles y áreas identificables con demarcación de áreas seguras.

5. **Ambientes confortables y estimulantes:** Los entornos físicos deben ayudar a reducir el estrés y la desorientación, además de promover la interacción, participación y realización de actividades.
6. **Seguridad:** Es fundamental diseñar tanto el espacio interior como el exterior de tal forma que garanticen la seguridad de las personas.

3.3.3 Pautas de diseño para la degeneración visual

La diseñadora de interiores Janice Macdonald, expone en la 'Guía para la Demencia' sugerencias de diseño para las alteraciones visoperceptivas que ocurren con la demencia, enfatizando en el uso del color y el contraste medido en reflectancia de luz. Por otra parte, expone que para lograr un espacio interior que cumpla las necesidades reales de las personas con demencia, las cualidades clave a tener en cuenta son que este sea sencillo, lógico, funcional, silencioso y que fomente la independencia.

- **Sencillo:** Los diseños deben ser fáciles de entender y ordenados.
- **Lógico:** Los diseños deben facilitar la navegación.
- **Funcional:** Deben responder a las necesidades reales de la demencia.
- **Silencioso:** Utilizar materiales acústicos para evitar la agitación y el estrés.
- **Independencia:** El diseño debe ser seguro y proporcionar estímulos multisensoriales para fomentar la independencia y autonomía

Pautas de diseño: Tono y contraste

- Se recomienda personalizar los espacios privados, utilizando colores y patrones que resulten familiares para la persona y que contrasten entre sí.
- El uso de patrones en textiles o empapelados pueden ayudar a mantener la familiaridad del espacio. Es importante que el patrón no debe provocar agitación o estrés.
- Las puertas no accesibles pintarlas del mismo color de la pared y las puertas de acceso con colores que contrasten (figura 37).



Figura 37. Tono y contraste en la degeneración visual.

Pautas de diseño: Tono y saturación

Debido al color amarillento del cristalino, la percepción de las longitudes de onda del azul del espectro es la primera en deteriorarse. Por lo tanto, se recomienda utilizar colores cálidos con mayor saturación e intensidad para compensar el deterioro visual y ayudar a reducir el estrés. En la figura 36, se observa cómo un ojo envejecido altera la percepción del color azul, transformándose en tonos más rojizos y menos saturados.

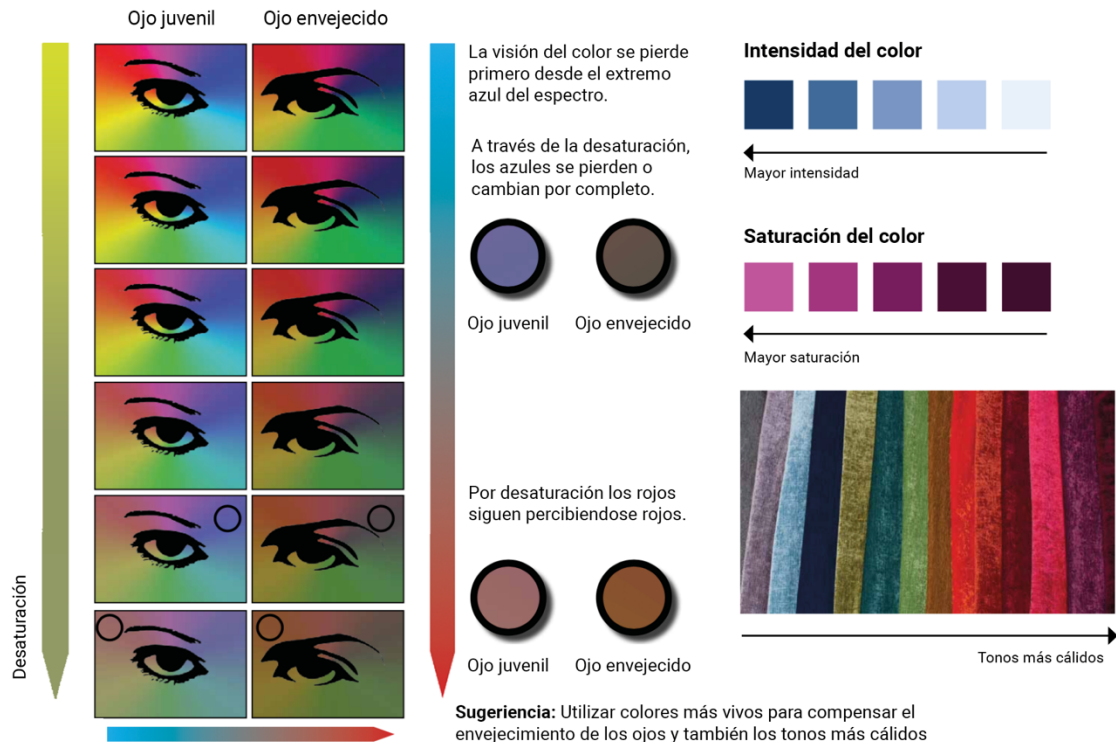


Figura 36. Intensidad o iluminación y saturación de los colores. Adaptado de (Halsall & Macdonald, 2015).

Pautas de diseño: Contraste tonal medido en reflectancia de luz

Para facilitar la percepción del entorno a personas con demencia, la diseñadora sugiere utilizar el contraste tonal basado en la reflectancia de luz (LRV). La LRV mide el porcentaje de luz que una superficie refleja en relación con la luz incidente, que se mide entre el 0% al 100%. Una LRV del 0% implica que la superficie absorbe toda la luz, resultando en un color oscuro, mientras que una LRV del 100% significa que toda la luz es reflejada, haciendo que la superficie parezca más clara.

Este contraste tonal basado en la LRV permite diferenciar colores, incluso en personas que experimentan pérdida parcial o total de la visión de los colores. En el caso de la demencia, el deterioro de la visión comienza afectando las longitudes de onda del extremo azul del espectro. Por tanto, la reflectancia de luz se convierte en una herramienta importante para el diseño arquitectónico.

En la guía, se sugiere un valor de reflectancia del 30% para un adecuado contraste, igual como recomienda la norma BS 8300:2009, (British Standards Institution 2018).

Una herramienta útil para medir los niveles de reflectancia entre materiales, colores o texturas, es la opción de vista monocromática del móvil (figura 38). O como se expuso en el capítulo 2, la diferencia del LRV en imágenes, puede obtenerse mediante los valores de luminosidad (L^*) en un programa de edición de imágenes como Photoshop.



Figura 38. Medición LRV con vista monocromática del móvil. Adaptado de (Halsall & Macdonald, 2015).

En conclusión, diseñar espacios para personas con Alzheimer requiere un enfoque arquitectónico centrado en sus necesidades cambiantes a lo largo de la enfermedad. El daño neuronal altera la percepción y experiencia de la realidad, lo que demanda soluciones arquitectónicas que mejoren la calidad de vida. En este sentido, la arquitectura y el entorno se convierten en las primeras líneas de tratamiento, enfatizando la capacidad del espacio para adaptarse a las condiciones del usuario y considerando tres niveles de intervención: **seguridad, accesibilidad y personalización**.

Por otra parte, es fundamental que los principios de diseño consideren los síntomas de la enfermedad y su evolución a lo largo del tiempo: la pérdida de memoria, desorientación, estrés o ansiedad, razonamiento equivocado, deficiencia visual y/o acústica y deficiencia de movilidad. Asimismo, los principios de diseño están relacionados con los parámetros arquitectónicos propuestos por (Valero Flores 2023): el recorrido y orientación, iluminación, relación con el entorno, control climático y estimulación sensorial.

Capítulo 4

Estudio de proyectos
para el Alzheimer



4 Estudio de proyectos para el Alzheimer

Después de abordar los aspectos teóricos de la enfermedad del Alzheimer en los capítulos anteriores y de proponer cómo la arquitectura puede ser una intervención inicial para aliviar los síntomas de la enfermedad, este capítulo presenta los principios de diseño y los parámetros arquitectónicos aplicados en dos residencias para adultos mayores con demencia. Además, se analiza el uso del color en diferentes entornos de estos proyectos, siguiendo los criterios estudiados en esta tesis.

Los proyectos analizados son extraídos de la investigación doctoral de (Valero Flores 2023) en la que se organiza la información según los seis parámetros arquitectónicos desarrollados en el capítulo 3 (Dimensión, recorridos, iluminación, relación con el entorno, control climático y estimulación sensorial) y según los síntomas de la enfermedad (pérdida de memoria, desorientación, estrés o ansiedad, razonamiento equivocado, deficiencia visual y/o acústica y deficiencia de movilidad).

El primer proyecto es el Norra Vram Nursing Home, una residencia de adultos mayores con espacios adaptados para personas con demencia, ubicada en Billesholm, Suecia, y diseñada en el 2008 por Marge Arkitekter. El segundo proyecto es el Abbeyfield Winnersh Society, ubicado en Winnersh en el Reino Unido y diseñado por Edmund Williams en 2016.

- **Análisis del uso del color**

El análisis del color se realiza mediante fotografías y extrayendo los colores usando Adobe Color. Es importante mencionar que los colores pueden variar respecto a su aspecto real debido al tipo de iluminación, el efecto de sombras, el tipo de superficies y texturas, y el balance de blancos de la cámara (influye en cómo se capturan los colores bajo diferentes tipos de luz). No obstante, el objetivo es aproximarse al uso del color y evaluar su beneficio para personas con demencia. Se hace énfasis en el contraste de iluminación para crear espacios legibles, seguros y accesibles.

El valor de reflectancia de luz (LRV) se utiliza para definir y especificar los contrastes en el entorno construido. La norma BS 8300:2009 del British Standards Institute (BSI) que ofrece directrices para el diseño arquitectónico y urbano para personas con discapacidad, recomienda una diferencia mínima de 30 puntos entre los valores de LRV para asegurar un contraste visual adecuado cuando la iluminación sea superior a los 200 lux. (British Standards Institution 2018) Aunque la medición del LRV se realiza con el espectrofotómetro, es posible obtener una aproximación, utilizando los valores Lab en Photoshop u otros programas de edición de imágenes que contengan el espacio CIELAB. La luminosidad L^* representa la percepción de luz por el ojo humano.

4.1 Proyecto: Abbeyfield Winnersh Society

Estudio de Arquitectura: Edmund Williams

Año de construcción: 2016

Ubicación: Winnersh, Reino Unido

Abbeyfield Winnersh Society es una residencia especializada en demencia. El proyecto fue planificado para brindar un enfoque innovador en el cuidado del síndrome que puede ser causado por diversas enfermedades, buscando aliviar las alteraciones de la percepción, movimiento y orientación. Este enfoque se resuelve con la creación de cuatro volúmenes circulares interconectados que asemejan la forma de una mariposa.



Figura 39. Proyecto: Abbeyfield Winnersh Society.

Tipología: Consta de dos volúmenes con dos plantas de altura y otros dos con una sola planta. Cada módulo contiene 10 habitaciones, un comedor, y distintas estancias con programas específicos. La relación con el entorno es significativa, cada volumen tiene patios interiores y las habitaciones de planta baja tienen acceso al exterior.

Programa: Cuenta con 62 habitaciones individuales, cocina, comedor, sala de estar, lavandería, biblioteca, cine, tienda, salón de belleza, spa, sala de visitas y sala de té.

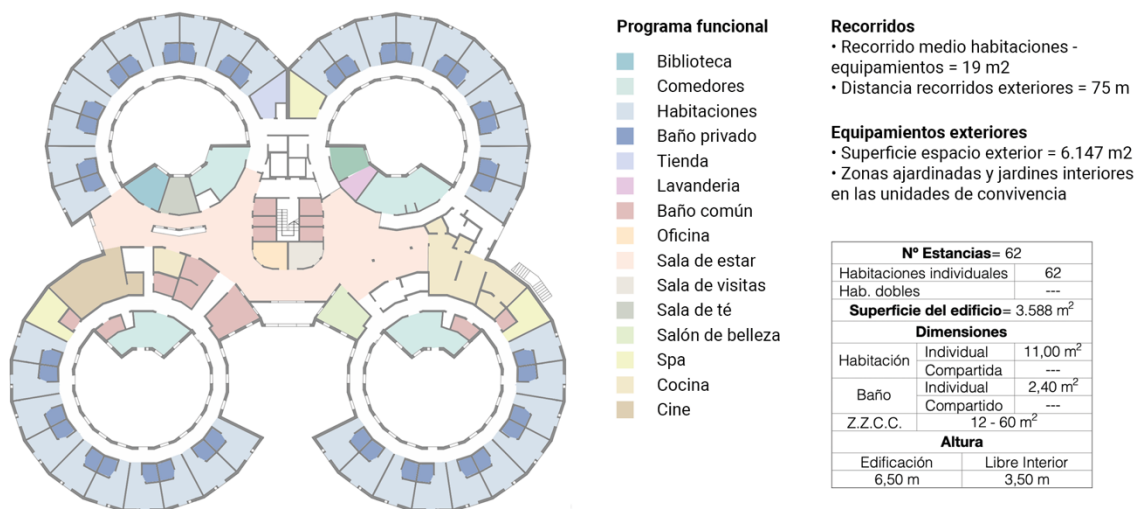


Figura 40. Programa funcional. Abbeyfield Winnersh Society. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

4.1.1 Parámetros y medidas arquitectónicas según la sintomatología

- **Parámetros arquitectónicos**

1. **Orientación:** El diseño circular, con numeración en las puertas de las habitaciones y pintadas con diferentes colores, y las estanterías en los pasillos que contienen recuerdos personales, ayudan a los residentes a orientarse, reconociendo y navegando con facilidad por el espacio. Además, los pasillos que rodean jardines interiores con vistas al exterior crean un ambiente acogedor.
2. **Iluminación:** El sistema de iluminación está diseñado para apoyar el ritmo circadiano, ajustándose a la iluminación natural que es predominante en este proyecto, y presente tanto en las habitaciones como en las zonas comunes.

En los pasillos, la iluminación nocturna se asemeja a la de una calle después del anochecer, aunque con suficiente luz. Durante el día, la luz principal se enciende para complementar la luz natural directa durante las horas más oscuras del año. Además, se programan períodos de transición para los horarios de la mañana y la tarde. Las luminarias de los pasillos son: De techo en el pasillo central, empotradas en las estanterías y apliques que asemejan ser farolas.

3. **Control climático:** Las habitaciones tienen radiadores con sistemas de control de temperaturas y en las zonas comunes, la climatización es por termostato.
4. **Estimulación sensorial:** En cuanto a los **materiales**, se utiliza la madera, moquetas y suelos cerámicos. Los paramentos son de **texturas** lisas. Los **colores** predominantes son los cálidos y el blanco. En relación a la **vegetación**, el edificio está rodeado de zonas ajardinadas visibles desde el interior.
5. **Otros:** Se instalaron ascensores y baños asistidos para mejorar la accesibilidad, además de barandillas en los pasillos para garantizar la seguridad.

En este proyecto se destaca la búsqueda de recrear un escenario urbano con el diseño de los pasillos en el sector de las habitaciones, como se observa en la figura 41. Esta intención responde a los principios de diseño estudiados en esta tesis, como la secuenciación clara planteada por (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019), la cual sugiere crear conexiones espaciales claras y el uso de señalización de fácil entendimiento. En los pasillos, las puertas de entrada de las habitaciones tienen colores diferentes, además disponen de buzones, farolas y estanterías que asemejan ser ventanas.



Figura 41. Secuenciación clara, Abbeyfield Winnersh Society.

- **Medidas de diseño según la sintomatología**

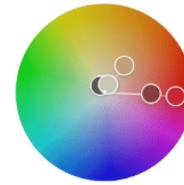
La sintomatología evaluada para implementar las medidas arquitectónicas en este proyecto incluye la pérdida de memoria, la dificultad en el desarrollo de las tareas diarias, desorientación temporal y espacial, cambios en el comportamiento, ansiedad y estrés.

- **Pérdida de memoria:** Se dispone de mobiliario y fotografías personales, estas ubicadas en las estanterías que se encuentran en los pasillos junto a las puertas de las habitaciones.
- **Tareas diarias:** los espacios son organizados en función del horario en el que son utilizados, además se diferencian las zonas de descanso y los espacios de convivencias.
- **Cambios en el comportamiento:** Se utilizan colores cálidos que armonizan y tranquilizan el ambiente.
- **Estrés y ansiedad:** Se controla con la eliminación de barreras físicas y manteniendo un nivel de ruido muy bajo. Además, las vistas al exterior desde cada estancia y una iluminación uniforme contribuyen a reducir la ansiedad.

4.1.2 Análisis del uso del color



Espacio privado: Habitación



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por tono, iluminación y saturación

	Diferencia de Luminosidad (L*)				
	Cabecero 1 / pared	28		#853E42	L: 36 a: 31 b: 12
	Pared / sillón	35		#C92736	L: 45 a: 62 b: 35
	Cabecero 1 / Cab 2	16		#CCC4B7	L: 80 a: 1 b: 8
	Pared / Cortina	44		#DAC9AB	L: 68 a: 10 b: 25
				#C29F79	L: 82 a: 3 b: 17
				#7C7C72	L: 52 a: -1 b: 5

Figura 42. Uso del color: Habitación - Abbeyfield Winnersh Society.

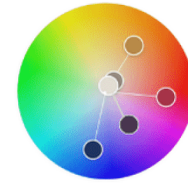
- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

Esta fotografía evidencia que el uso del contraste de iluminación y saturación en la habitación fue la estrategia utilizada para demarcar objetos. Tal como se observa en la tabla, los contrastes de la cortina y la silla en relación con la pared tienen una diferencia de luminosidad superior a 30 puntos, lo que facilita la identificación de sus funciones.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**
- Legibilidad del espacio.
- Identificación de funciones.
- Disminución de la ansiedad debido a los colores cálidos.
- El uso de patrones en los cojines añade familiaridad y la percepción de un ambiente doméstico.



Espacio común: Pasillo



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por tono, luminosidad y saturación

		Diferencia de Luminosidad (L*)
	Pared / baranda	26
	Puerta 1 / pared	47
	Puerta 2 / suelo	45
	Suelo / pared	30



#A63348	L: 40	a: 49	b:16
#B88A48	L: 61	a: 13	b: 42
#E0DACA	L: 87	a: 0	b: 8
#93867D	L: 57	a: 4	b: 7
#49354F	L: 25	a: 13	b: -12
#0E1F46	L: 12	a: 5	b: -27

Figura 43. Uso del color: Pasillo - Abbeyfield Winnersh Society.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

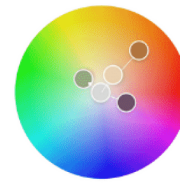
La alta diferencia de luminosidad entre la pared y las puertas, permite que los usuarios identifiquen las habitaciones con facilidad. Sin embargo, debido a la disminución de la visión del color en las longitudes de onda cortas (azul), la propuesta cromática elegida para las puertas puede provocar confusión entre los colores azul y violeta. Así mismo, un zócalo en la zona inferior de las puertas con un tono y valor de luminosidad similar al del suelo, puede llegar a confundir a las personas con degeneración visual.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**

- El tono de la baranda y su contraste de luminosidad respecto a la pared promueve la accesibilidad, seguridad y legibilidad del espacio.
- Los tonos con valor bajo de las puertas ayudan a ser identificadas con facilidad.
- Disponer de estanterías con fotografías en las entradas de las habitaciones ayuda a los usuarios a reconocerlas, fomentando el sentido de identidad y pertenencia.









Espacio común: Comedor



Esquema de color
Complementario y monocromático

Contraste Johannes Itten
Contraste por tono y luminosidad

		Diferencia de Luminosidad (L*)
		Sillón / suelo 50
		Suelo / estantería 30
		Sillón / pared 52



#6D485A	L: 35	a: 18	b: -4
#AAAB89	L: 69	a: -5	b: 17
#D7D9D8	L: 87	a: -1	b: 0
#EAD1B2	L: 85	a: 5	b: 19
#B1743E	L: 55	a: 21	b: 40

Figura 44. Uso del color: Comedor - Abbeyfield Winnersh Society.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

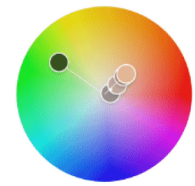
Tal como se observa en la tabla, existe una clara diferencia de luminosidad entre las paredes y el mobiliario, así mismo entre el suelo y el mobiliario. Esto demarca el espacio haciéndolo legible y accesible.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**

- Legibilidad del espacio.
- Identificación de funciones.
- Disminución de la ansiedad debido a los colores cálidos y la armonía del color.
- La textura de los sillones y los patrones de los cojines añaden familiaridad y la percepción de un ambiente doméstico.



Espacio común: Cocina



Esquema de color
Monocromático

Contraste Johannes Itten
Contraste por luminosidad y saturación

		Diferencia de Luminosidad (L*)
	Pared / cocina	0
	Cocina / suelo	15
	Árbol / pared	47

	#B2937D	L: 63	a: 10	b: 16
	#E0B79C	L: 78	a: 12	b: 20
	#C7BDC0	L: 78	a: 4	b: 0
	#988E8D	L: 60	a: 4	b: 2
	#36511E	L: 31	a: -18	b: 26

Figura 45. Uso del color: Cocina - Abbeyfield Winnersh Society.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

En este espacio se destaca la elección del camuflaje de la puerta revestida con paneles de madera como las paredes, con el objetivo de evitar que los usuarios con Alzheimer las utilicen. Por otra parte, la nula diferencia de luminosidad entre las paredes y los gabinetes de la cocina, puede provocar que no se diferencien entre sí, generando confusión, a menos que la intención haya sido no resaltarla para su uso. En este espacio también se destaca el contraste de tono entre el interior y exterior del espacio.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**

Los tonos cálidos y la elección madera ayudan a disminuir el estrés y la ansiedad.

4.2 Proyecto: Norra Vram Nursing Home

Estudio de Arquitectura: Marge Arkitekter

Año de construcción: 2008

Ubicación: Billesholm, Suecia



Figura 46. Proyecto: Norra Vram Nursing Home.

Norra Vram Nursing Home es una residencia de adultos mayores que se centra en desarrollar entornos interiores y exteriores que estimulen sensorialmente a tres grupos principales de personas: Los residentes, sus familiares y el personal. Esta residencia es una mansión reformada y ampliada de finales del siglo XIX, que busca asemejarse estéticamente a las antiguas granjas suecas generando una integración con el entorno.

Tipología: Norra Vram consta de varios volúmenes paralelos que se encuentran ubicados perpendicularmente al volumen principal de acceso. Estos crean patios interiores, los cuales integran la vegetación como componente arquitectónico y además permiten el contacto visual entre los espacios residenciales y comunes.

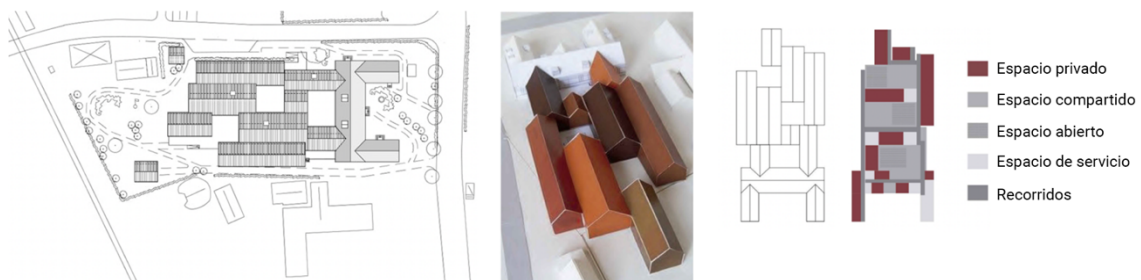


Figura 47. Proyecto: Norra Vram Nursing Home.

Programa: El edificio dispone de 32 habitaciones individuales, 4 habitaciones dobles, cafetería, cocina, comedor, sala de estar, sala de estancias cortas, biblioteca, sala para personas con discapacidad, sala para personas con demencia y patios interiores.



Programa funcional

■ Biblioteca	■ Baño privado	■ Baño común	■ Cafetería - bar
■ Comedores	■ Sala para personas con demencia	■ Sala de estar	■ Habitaciones dobles
■ Habitaciones	■ Sala para personas con discapacidad	■ Cocina	

Recorridos

• Superficie espacio exterior= 1.000 m² • Zonas ajardinadas exteriores y patios interiores.

Equipamientos exteriores

• Recorrido medio habitaciones-equipamientos= 24 m.
• Distancias recorridos exteriores = 70-80 m.

Nº Estancias= 36	
Habitaciones individuales	32
Hab. dobles	4
Superficie del edificio= 1.400 m²	
Dimensiones	
Habitación Individual	9,00 m ²
Habitación Compartida	11,00 m ²
Baño Individual	2,90 m ²
Baño Compartido	3,60 m ²
Z.Z.C.C.	30 - 60 m ²
Altura	
Edificación	Libre Interior
6,50 m	3,50 m

Figura 48. Programa funcional. Norra Vram Nursing Home. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

4.2.1 Parámetros y medidas arquitectónicas según la sintomatología

• Parámetros arquitectónicos

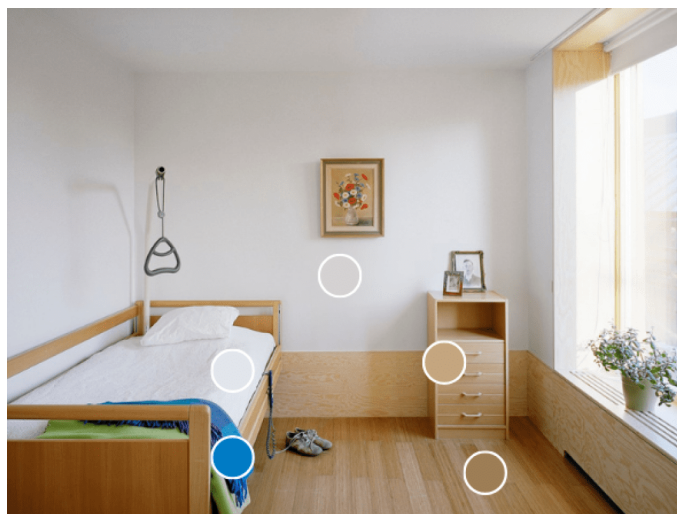
- Orientación:** Los edificios generan contactos visuales entre los espacios privados y los espacios comunes, eliminando los largos pasillos entre las estancias. Todas las estancias, incluidas las habitaciones, tienen vista al exterior del edificio.
- Iluminación:** La iluminación predominante es la luz natural y entra a través de los ventanales de las fachadas y lucernarios. Las habitaciones son los espacios que reciben mayor luz natural, mientras que los pasillos son los que menos reciben.
- Control climático:** En las habitaciones se disponen radiadores con sistemas de control de temperaturas específicos.
- Estimulación sensorial:** En cuanto a los **materiales**, se utiliza el ladrillo rojizo de distintos tonos, parquet y madera. Los paramentos son de **texturas** lisas. Los **colores** predominantes son los cálidos y el blanco. En relación a la **vegetación**, el edificio está rodeado de zonas verdes visibles desde el interior.
- Otros:** Se instalaron ascensores y baños asistidos para mejorar la accesibilidad, además de barandillas en los pasillos y zonas comunes para garantizar la seguridad.

• Medidas de diseño según la sintomatología

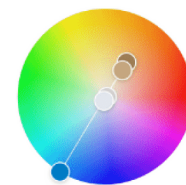
La sintomatología evaluada para implementar las medidas arquitectónicas en este proyecto incluye la dificultad en el desarrollo de las tareas diarias, problemas con el lenguaje, desorientación temporal y espacial, el juicio disminuido, problemas con el pensamiento abstracto, ansiedad y estrés.

Para abordar la dificultad en el desarrollo de tareas diarias, problemas con el lenguaje y juicio disminuido, se dispone de una sala especializada para personas con demencia. La desorientación temporal y espacial se reduce mediante las vistas al exterior y la percepción de luz natural. Respecto a los problemas con el pensamiento abstracto, se habilita una sala para personas con discapacidad física o mental. La ansiedad se reduce utilizando colores cálidos, mientras que el estrés se controla eliminando barreras físicas y manteniendo un nivel de ruido muy bajo.

4.2.2 Análisis del uso del color



Espacio privado: Habitación



Esquema de color

Monocromático con acento complementario

Contraste Johannes Itten: Contraste por luminosidad y complementario

	Diferencia de Luminosidad (L*)
Suelo / colchón	36
Pared / suelo	29
Mesa / suelo	15



#987D59	L: 55	a: 8	b: 27
#C4A67F	L: 70	a: 7	b: 25
#E2E6EC	L: 91	a:-1	b: -3
#D5D1D2	L: 84	a: 2	b: 0
#007BC5	L: 49	a: -8	b: -47

Figura 49. Uso del color: Habitación - Norra Vram Nursing Home.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

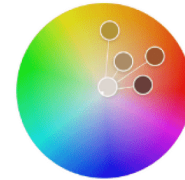
Existe una diferencia de luminosidad superior a 30 entre el suelo y el colchón, lo cual genera el contraste mínimo necesario para identificar la diferencia entre superficies. También la diferencia de luminosidad entre la pared y el suelo permite que el contraste sea perceptible para las personas con degeneración visual, aunque el valor sea de 29. No obstante, el zócalo cuyo material aparenta ser similar al de la mesa, puede generar confusión afectando la posibilidad de identificar la profundidad e incluso los colores.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**

- La diferencia de color entre el suelo y la cama, ayuda a reconocerla.
- La diferencia de color entre el suelo y pared define los límites del espacio. Sin embargo, el zócalo puede confundir a las personas con demencia.
- Ayuda a identificar la manta gracias al contraste del complementario.
- Los colores cálidos reducen la ansiedad



Espacio privado: Habitación



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por tono

		Diferencia de Luminosidad (L*)						
		Pared 1 / pared 2	23		#693E3A	L: 31	a: 19	b: 11
		Pared 1 / sillón	55		#9B522E	L: 44	a: 29	b: 35
		Sillón / suelo	17		#AB8C67	L: 61	a: 8	b: 24
					#DDD6D0	L: 86	a: 2	b: 4
					#B39437	L: 63	a: 5	b: 52

Figura 50. Uso del color: Habitación - Norra Vram Nursing Home.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

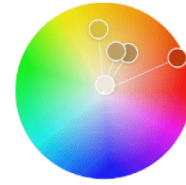
Aunque se usan tonos contrastantes en ambas paredes para definir el espacio, la diferencia de luminosidad de 23 no cumple con el mínimo establecido por la norma BS 8300:2009 del British Standards Institute (BSI), lo que podría generar confusión. No obstante, el textil de baja luminosidad del sillón, que tiene una diferencia de 55 puntos con la pared más luminosa (pared 1), destaca su función y reduce la posible confusión causada por la baja diferencia de luminosidad con el suelo.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**

- Estimula sensorialmente para usar el mobiliario (el sillón y la mesa de almacenaje).
- Delimita el espacio.
- Los colores cálidos reducen la ansiedad.



Espacio común: Comedor



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por tono

		Diferencia de Luminosidad (L*)
	Puerta / pared	24
	Pared / cocina	14
	Suelo / Silla	16



#DBBE2E	L: 61	a: 12	b: 33
#BDA065	L: 68	a: 5	b: 35
#DABF41	L: 78	a: 0	b: 64
#EEE9DD	L: 92	a: 0	b: 7
#BF3A10	L: 45	a: 53	b: 53

Figura 51. Uso del color: Comedor - Norra Vram Nursing Home.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

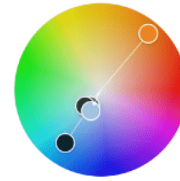
Siguiendo los parámetros de la norma BS 8300:200, la diferencia de luminosidad es inferior a 30 puntos entre los distintos elementos que conforman el espacio. No obstante, se resalta el uso de los colores cálidos para distinguir funciones.

También, se destaca la elección de los tonos cálidos que corresponden a las longitudes de onda media y larga del espectro visible. Este aspecto es relevante debido a las anomalías en la visión del color en el eje azul-amarillo del espectro (Eje Tritán) que puede presentarse en las etapas tempranas del Alzheimer, según sugieren algunos estudios, igualmente relacionados por el envejecimiento natural del ojo.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**
- Legibilidad del espacio.
- Diferenciación de funciones: Cocina, sillas y mesas.
- Disminución de la ansiedad debido a los colores cálidos.



Espacio común: Exterior



Esquema de color
Complementario

Contraste Johannes Itten
Luminosidad, temperatura y
complementario

		Diferencia de Luminosidad (L*)
		Edificio / cielo 16
		Pav 1 / Pav 2 43
		Edificio / Pav 1 6

	#132B34	L: 16	a: -7	b: -9
	#2A3739	L: 22	a: -5	b: -3
	#7D91A3	L: 59	a: -4	b: -12
	#AECFF2	L: 82	a: -5	b: -21
	#EC8424	L: 66	a: 36	b: 65

Figura 52. Uso del color: Exterior - Norra Vram Nursing Home.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

En el espacio exterior se evidencia la estrategia de demarcar los caminos con diferentes tonos de materiales que varían en su valor de luminosidad. Esto se puede observar en la tabla con los diferentes valores de luminosidad de los pavimentos. Sin embargo, la diferencia entre el pavimento y el edificio es muy baja, lo que puede generar confusión en personas con anomalías en la visión del color al recorrer el espacio.

Se destaca también la elección del tono cálido como elemento representativo de los paramentos de las fachadas de los edificios que conforman la composición arquitectónica dentro del entorno. A su vez, el color es complementario al color del cielo, generando un equilibrio visual.

- **¿Cómo ayuda el color a las personas con demencia?**
- Legibilidad del espacio.
- Diferenciación de caminos
- Disminución de la ansiedad debido a los colores cálidos

Capítulo 5

Propuesta de adecuación en
una vivienda unifamiliar



El objetivo de este capítulo es adaptar una vivienda unifamiliar para una persona con la enfermedad del Alzheimer, basando la adaptación arquitectónica al cuadro sintomatológico de la fase inicial. Se toma un piso existente como modelo de intervención, en el cual se plantea el diseño conceptual de la reforma basado en los principios de diseño y parámetros arquitectónicos analizados en los capítulos anteriores. Además, se hace un especial énfasis en el uso del color como herramienta clave para crear entornos legibles, seguros y accesibles.

Es importante recordar que, debido a la pérdida de la memoria, la percepción de las personas con Alzheimer se ve alterada. Por lo tanto, la vivienda se convierte en un espacio de conexión física y emocional, permitiendo mantener referencias sensitivas del entorno gracias las asociaciones visuales, sonoras e incluso olfativas que pueden generar. Como se explicó en el capítulo 2, el Alzheimer genera daños en el cerebro que alteran la percepción, la cual resulta de las asociaciones que el cerebro de los estímulos sensoriales recibidos y los procesos que realizan las funciones cerebrales superiores.

En este sentido, el espacio doméstico es un “*almacén de memorias*” que genera un sentido de identidad y pertenencia, (Zeisel 2013). Esta representación se constituye por distintos elementos que conforman la atmósfera de la vivienda y representa el lugar en el cual la persona interactúa en función a los estímulos sensoriales recibidos. Los elementos arquitectónicos que componen la identidad del espacio incluyen tanto el mobiliario, las estancias, materiales, decoración, texturas, así como la iluminación.

Este capítulo se divide en tres áreas: el perfil usuario, la descripción del estado de la vivienda actual y en la última parte que corresponde a la propuesta, se plantean los criterios de intervención, los parámetros arquitectónicos en base a la sintomatología y la propuesta de la reforma del espacio adaptada a las necesidades del usuario.

5.1 La vivienda existente

El piso de 80m², está ubicado en la ciudad de Ávila, dentro del casco antiguo amurallado por una muralla militar románica, declarada *Patrimonio de la Humanidad* por la UNESCO⁴ en 1985. Sin embargo, el edificio en el que se encuentra la vivienda no tiene valor histórico, ya que fue construido en 1975. En ese momento, la arquitectura priorizaba el ahorro del espacio, por lo que la distribución tomaba el modelo típico de una vivienda para una familia de clase trabajadora, con tres habitaciones, un baño, una pequeña cocina, pasillos amplios y un salón reducido que se abre a una terraza cubierta.



Figura 53. Distribución espacial entre el estado original de la vivienda y la reforma realizada.

Actualmente, el piso ha sido reformado adaptando el programa funcional y la distribución para una familia de dos o tres personas, enfatizando en las áreas sociales de la vivienda. La reforma de esta vivienda, de estilo escandinavo, se utilizará como referencia para la hipotética reforma para una persona con la enfermedad del Alzheimer.

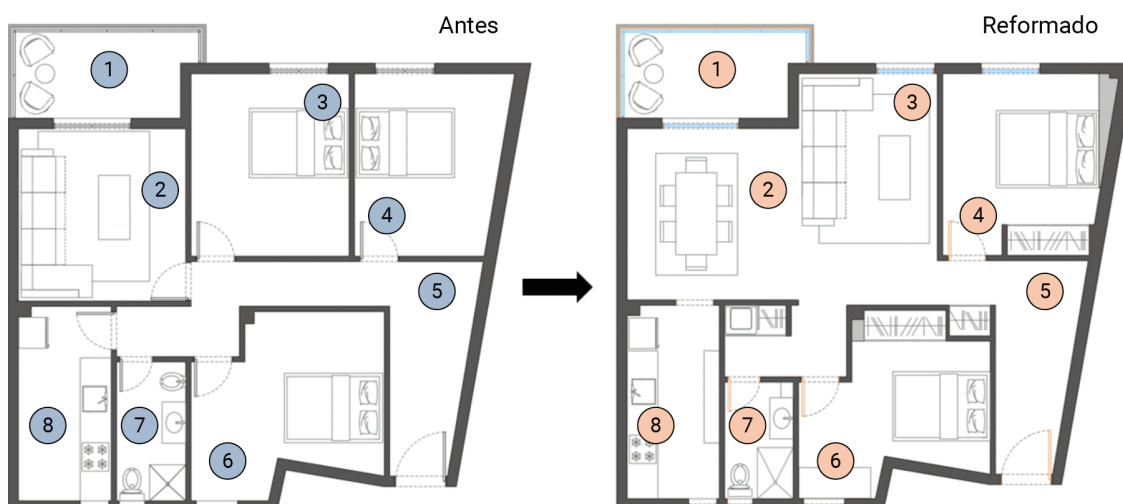




Figura 54: Plano estado inicial de la vivienda existente con imágenes de antes y después de la reforma.

5.1.1 Perfil del usuario

Con el objetivo de abordar el proyecto de la manera más realista posible y teniendo en cuenta que cada persona tiene necesidades particulares, se define un perfil hipotético del usuario: José tiene 75 años y fue diagnosticado con Alzheimer en la fase inicial de la enfermedad. Vive con su esposa Elena, llevan casados 40 años y tienen 3 hijos que no viven en casa. Dos de sus hijos viven en el extranjero y el tercero suele visitarlo todos los domingos para la comida, siendo un encuentro tradicional de la familia.

- **Síntomas que presenta:** Tiene episodios de pérdida de memoria, a veces se confunde en la realización de las tareas diarias y se agita cuando encuentra los objetos con facilidad.
- **Gustos e intereses:** José fue periodista y trabajó como escritor en revistas y distintos medios de comunicación. Desde que se jubiló, se recrea leyendo libros y escribe historias basadas en sus aventuras de la juventud. Además de su pasión por la escritura, dedicó parte de su vida a la fotografía de entornos naturales. Disfrutó de las caminatas matutinas por su barrio y tomar el café todas las mañanas en el balcón. Todas las noches después de cenar, le gusta ver TV antes de dormir.

5.2 Propuesta

Una vez descrito el usuario hipotético y el estado de la vivienda antes y después de la reforma, se establece un nuevo concepto para la distribución de espacios, aplicando criterios proyectuales definidos para usuarios con la enfermedad del Alzheimer. El diseño interior es la segunda parte del proyecto, en la que se consideran elementos como el mobiliario, materiales, decoración y texturas para facilitar la conexión emocional y generar referencias por asociaciones que reactiven la memoria del usuario. Como objetivo final, se presenta una comparación real del coste entre la intervención adaptada al usuario con la EA y una reforma completa convencional de la misma vivienda, diseñada para un cliente con necesidades estándar.

5.2.1 Criterios de intervención

A continuación, se exponen una serie de criterios proyectuales que se utilizan como estrategia base para el diseño de la vivienda que sea óptima y adaptada a un usuario con la enfermedad de Alzheimer. Estos criterios son propuestos por el arquitecto Pablo Valero en su tesis *doctoral "Influencia del entorno espacial en usuarios con Alzheimer. Parámetros, criterios proyectuales y pautas de diseño arquitectónico"* (Valero Flores 2023). Los criterios de intervención son:

- 1. Configurar el programa:** Se define el programa en función de potenciar la autonomía y la seguridad, partiendo de la premisa que sea flexible, modificable y adaptable en el tiempo según avanza la enfermedad.
 - Se crearán visuales cruzadas entre las estancias.
 - Los espacios responderán a las necesidades reales.
- 2. Expandir los límites del espacio:** Se buscará promover la conexión social con estancias interiores y exteriores que permitan la interacción con familiares u otras personas. Además, vinculando el entorno natural con la vegetación, iluminación natural y los espacios abiertos y luminosos.
- 3. Personalizar el espacio:** Según las necesidades del usuario en la fase inicial de la enfermedad y teniendo presente cómo se puede adaptar a medida que avanza. Se enfocará en la accesibilidad y la estimulación sensorial y cognitiva.
 - Se establecerán estímulos sensoriales controlados por medio de la temperatura, colores, materiales y tipo de iluminación teniendo en cuenta la sintomatología.
 - Se diseñarán recorridos legibles y seguros con dimensiones adecuadas.

- La orientación espacio – temporal se plantearán con visuales cruzadas, recorridos, control lumínico y térmico.
- 4. Crear un entorno amigable y cercano:** Se busca mantener la familiaridad del ambiente no solamente a través de objetos, fotografías y elementos que permitan realizar asociaciones, ayudando a activar la memoria y la identidad del usuario. También, evitando alterar la composición del espacio que pueda confundir a la persona, ni creando espacios sobredimensionados.
- 5. Incorporar innovaciones tecnológicas y constructivas:** Se utilizará tecnología beneficie a la seguridad, la legibilidad y accesibilidad del espacio.
- Iluminación para la identificación de pasillos
 - Sistemas de apertura y cierre en instalaciones o griferías
 - Control de opacidad en los espejos.
 - Iluminación artificial regulada para el control de los estímulos sensoriales, además de sistemas constructivos y ventanas que reduzcan el ruido.

5.2.2 Adaptación de la vivienda

Una vez establecidos los criterios de intervención, se dispone a realizar la adaptación del espacio en base a la reforma existente de la vivienda. La distribución se centra en el usuario hipotético descrito al inicio de este capítulo, planteándose los espacios como parte del refuerzo cognitivo y según sus necesidades y cualidades personales. Por otra parte, la disposición espacial se establece según los parámetros arquitectónicos y la sintomatología de la enfermedad en la fase inicial.

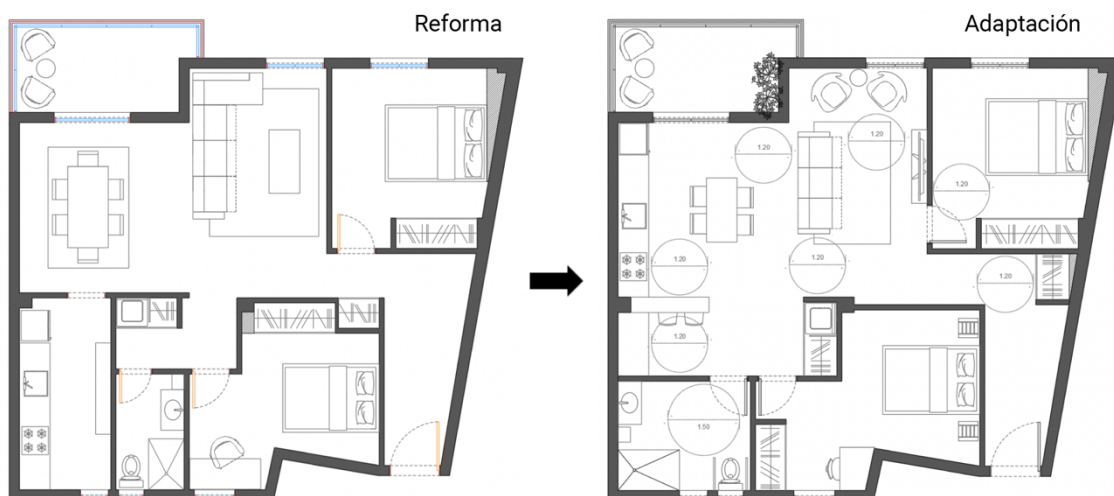


Figura 56. Adaptación espacial para un usuario con Alzheimer a partir de la reforma realizada.

La vivienda cuenta con una habitación principal, una habitación de visita que también puede servir para la persona de ayuda sanitaria cuando la enfermedad del usuario entre en una etapa más avanzada. También con una zona de lectura integrada al salón, el comedor, zona de café y la cocina con salida a la terraza cubierta. Además, un baño adaptado para movilidad reducida y un área menos visual y cerrada para evitar posibles ruidos de los servicios de lavandería.



Figura 55. Plano de distribución de la propuesta.

5.2.3 Parámetros arquitectónicos

1. **Orientación:** Las diferentes zonas se configuran para permitir contactos visuales entre los espacios privados y los espacios comunes, eliminando pasillos entre estancias y generando privacidad en la zona de visitas. Todas las estancias para uso de la persona con la enfermedad de Alzheimer tienen vista al exterior del edificio.
2. **Iluminación:** Gracias a la orientación de la vivienda, predomina la luz natural, que entra principalmente por la terraza cubierta y ventanas de las habitaciones. Con la nueva distribución, el pasillo de acceso es el único espacio que requiere iluminación artificial ya que recibe menos luz natural. La iluminación artificial se utiliza como ayuda para reforzar la estimulación y el apoyo cognitivo del usuario.
3. **Control climático:** Se propone calefacción centralizada en la vivienda, con radiadores de agua en cada estancia y un termostato digital de control de temperatura con diferentes configuraciones incluso a distancia.

Para regular la temperatura de la vivienda en los días calurosos y en caso de requerirse, se propone una consola de aire acondicionado conectada al termostato. De esta manera, se mantiene estable la sensación térmica durante todo el año.

4. **Estimulación sensorial:** En cuanto a los **materiales**, se mantiene el ladrillo caravista de la terraza, en el interior se utiliza el uso de papel pintado de motivos sencillos en áreas específicas. Los suelos son de tarima en tono madera claro, y en el baño se usa su versión cerámica. Las paredes son de **texturas** lisas, predominando los **colores** cálidos y el blanco. En cuanto a la **vegetación**, se propone un pequeño jardín vertical y plantas decorativas en la terraza, visibles desde el interior.
5. **Otros:** Se amplía el baño para mejorar la accesibilidad y permitir asistencia en caso de ser necesitada. También, se propone utilizar fotografías familiares, así como cuadros y decoraciones que pertenezcan al usuario hipotético descrito al inicio de este capítulo. Además, se incorpora señalización a través de imágenes visuales que etiquetan e indican diferentes actividades.

5.2.4 Coste de la reforma

Adaptar o reformar una vivienda implica un coste que en algunas ocasiones no es posible asumir. Aunque esta tesis se enfoca en los parámetros de diseño y criterios de intervención para adecuar una vivienda a las necesidades reales de una persona con la enfermedad del Alzheimer, es importante considerar el gasto real que implica una reforma que el usuario y/o familiar afronta junto con la enfermedad. A continuación, se presentan dos cuadros comparativos reales que muestran el costo de la reforma total realizada a la vivienda tomada para el proyecto, y el valor de la reforma si se adapta la misma vivienda para el usuario propuesto.

Presupuesto de la reforma actual				
Desglose por estancia o servicio		Coste mano de obra	Coste de material	Total por estancia
Cocina	Retirar muebles viejos. Cambiar azulejos de suelo y paredes con nuevo enfoscado y solera. Cambiar toda la instalación de fontanería y electricidad creando nuevos puentes para los electrodomésticos de la cocina. Montaje de muebles de cocina con nueva salida de humos.	5.532,00 €	6.265,20 €	11.797,20 €
Baño	Cambiar piezas sanitarias y azulejos de suelo y paredes con nuevo enfoscado y solera. Cambiar toda la instalación de electricidad y fontanería para las nuevas piezas sanitarias.	3.480,00 €	2.201,35 €	5.681,35 €
Electricidad	Cambiar el cuadro eléctrico y todo el sistema de electricidad de la vivienda, incluyendo tuberías por suelo, paredes y techo con las rozas necesarias, así como cajas de registro, interruptores, enchufes y luces. Incluye material para cableado y el cuadro eléctrico con protecciones de circuitos.	5.900,00 €	515,00 €	6.415,00 €

Calefacción	Realizar instalacion de calefaccion en toda la vivienda con empotrado de tuberias por paredes y suelo. Cambio de caldera y tubo de ventilacion. Conexión de caldera al gas con modificacion de tuberias.	8.300,00 €	1.138,30 €	9.438,30 €
Albañilería y pintura	Romper tabiques del salon, dormitorio y baño. Realizar nuevos tabiques según nueva distribucion. Tapar huecos de cajos de antiguas persianas y antigua puerta de cocina. Realizar falso techo de pladur en toda la vivienda. Incluye material para nuevos tabiques y techo. Alisado y pintura de paredes de toda la vivienda.	9.640,00 €	960,00 €	10.600,00 €
Suelo	Instalacion de suelo de tarima flotante en toda la vivienda. Instalacion de rodapiés de madera.	896,00 €	1.354,25 €	2.250,25 €
Puertas y armarios	Instalacion de nueva puerta de entrada y puertas de paso de toda la vivienda, incluyendo instalacion de casoneto para puerta corredera de cocina. Montaje de armarios empotrados.	3.370,00 €	4.257,50 €	7.627,50 €
Ventanas	Cambio de ventanas en toda la vivienda, incluido puerta de terraza.	1.010,00 €	3.387,00 €	4.397,00 €
Otros	Material de obra y transporte. Suministro de contenedores de escombros.	2.700,00 €	- €	2.700,00 €
Coste total de la reforma		40.828,00 €	20.078,60 €	60.906,60 €

Tabla 12: Presupuesto real de la reforma realizada de la vivienda.

Presupuesto de la reforma para la propuesta				
Desglose por estancia o servicio		Coste mano de obra	Coste de material	Total por estancia
Cocina	Retirar muebles viejos. Cambiar azulejos de suelo y paredes con nuevo enfoscado y solera. Cambiar toda la instalacion de fontaneria y electricidad creando nuevos puentes para los electrodomesticos de la cocina. Montaje de muebles de cocina con nueva salida de humos.	5.220,00 €	6.713,40 €	11.933,40 €
Baño	Cambiar piezas sanitarias y azulejos de suelo y paredes con nuevo enfoscado y solera. Cambiar toda la instalacion de electricidad y fontaneria para las nuevas piezas sanitarias.	5.080,00 €	2.234,40 €	7.314,40 €
Electricidad	Cambiar el cuadro electrico y todo el sistema de electricidad de la vivienda, incluyendo tuberias por suelo, paredes y techo con las rozas necesarias, así como cajas de registro, interruptores, enchufes y luces. Incluye material para cableado y el cuadro electrico con protecciones de circuitos.	5.900,00 €	515,00 €	6.415,00 €
Calefacción	Realizar instalacion de calefaccion en toda la vivienda con empotrado de tuberias por paredes y suelo. Cambio de caldera y tubo de ventilacion. Conexión de caldera al gas con modificacion de tuberias. Instalacion de Aire acondicionado.	8.840,00 €	2.368,30 €	11.208,30 €

Albañilería y pintura	Romper tabiques del salón, dormitorio y baño. Realizar nuevos tabiques según nueva distribución. Tapar huecos de cajas de antiguas persianas y antigua puerta de cocina. Realizar falso techo de pladur en toda la vivienda. Incluye material para nuevos tabiques y techo. Alisado y pintura de paredes de toda la vivienda.	9.640,00 €	960,00 €	10.600,00 €
Suelo	Instalación de suelo de tarima flotante en toda la vivienda. Instalación de rodapiés de madera.	896,00 €	1.354,25 €	2.250,25 €
Puertas y armarios	Instalación de nueva puerta de entrada y puertas de paso de toda la vivienda, incluyendo instalación de casoneto para puerta corredera de cocina. Montaje de armarios empotrados.	3.095,00 €	3.802,50 €	6.897,50 €
Ventanas	Cambio de ventanas en toda la vivienda, incluido puerta de terraza.	1.010,00 €	3.387,00 €	4.397,00 €
Otros	Material de obra y transporte. Suministro de contenedores de escombros.	2.700,00 €	- €	2.700,00 €
Coste total de la reforma		42.381,00 €	21.334,85 €	63.715,85 €

Tabla 13: Presupuesto de la reforma adaptada para una persona con Enfermedad de Alzheimer.

Tal como se puede observar entre la tabla 12 y 13, la reforma adaptada para una persona con la Enfermedad de Alzheimer incrementa solamente en 2.809,25 € en relación a una reforma común. Por lo tanto, el espacio adaptado no constituye una gran diferencia, al contrario, puede ser una intervención inicial de tratamiento para los síntomas de la enfermedad. Es importante mencionar que esta modificación del espacio puede servir de igual manera para personas que padecen demencia o tienen alguna discapacidad.

5.3 Color: Estrategia terapéutica de intervención

Como se ha expuesto en el presente trabajo, se decide utilizar el uso del color como una estrategia para ayudar a reducir los síntomas de personas con demencia, en el caso de esta vivienda unifamiliar, es José, el usuario hipotético quien padece la enfermedad.

Es importante mencionar que las alteraciones neurológicas del Alzheimer, pueden provocar anomalías en la percepción del color, manifestándose en el eje azul, aunque también se ha observado que puede estar relacionado con el proceso natural de envejecimiento del ojo. Por lo tanto, en la adaptación de la vivienda se implementa una paleta cromática cálida con colores saturados para la elección del mobiliario. Además, se crean contrastes de color con diferencias de luminosidad para definir elementos del entorno construido. El objetivo es crear espacios legibles y seguros, que permitan la orientación, la comprensión en el espacio y su uso funcional (figura 57).

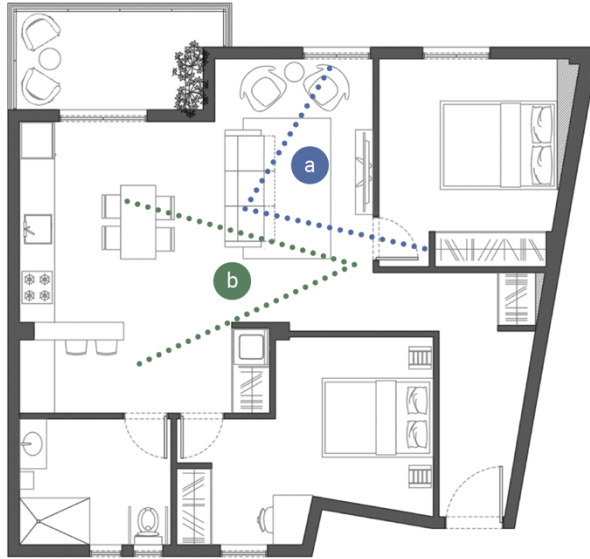


Figura 57. Orientación mediante visuales cruzadas y uso óptimo del color



5.3.1 Paleta cromática de la propuesta

Se decide utilizar una paleta cromática cálida, con contraste de temperatura. Los tonos elegidos con variantes de luminosidad y saturación son amarillo, rojo y verde. El esquema de color análogo representado por los tonos cálidos, se utiliza en las sillas, sillones y el sofá. Mientras que el contraste del tono frío, en algunos mobiliarios contenedores como el armario de la habitación, los muebles de la cocina y las cortinas.

- **Mobiliario**

A continuación, se expone una parte del mobiliario que se utilizará para el diseño de interiorismo de la vivienda y que aparecen en las imágenes de los renders:



Figura 58. Sofá rinconero Columbus 131 (Kronos 02)

Sofá rinconero Columbus 131 (Kronos 02)

Tienda Muebles.es

Precio: 835 euros

El sofá es una solución sencilla, cómoda y clásica que se convierte en un lugar para dormir. Utiliza tapicería "Kronos" que es una tela de felpa suave y delicada resistente a la luz, por lo que se puede colocar en un lugar soleado. El tejido no acumula pelusa.



Figura 59. Butaca de lectura mostaza, modelo Astrid. Klast Home

Butaca de lectura mostaza. Modelo Astrid

Tienda Klast Home

Precio 180 euros c/u

La butaca de lectura Astrid en color mostaza es perfecta para la lectura y complementar la decoración del dormitorio, salón o recibidor. Tiene un look nórdico que encaja perfectamente con un estilo tradicional.



Silla comedor amarilla oliva. Modelo Arnold

Tienda: Maisons du Monde

Precio 125 euros c/u

La silla crea un ambiente hogareño y acogedor. El color atemporal de la silla aporta dinamismo a la decoración y un toque energético. Ideal para disfrutar cómodamente de las comidas gracias a su generoso tapizado y acolchado.

Figura 60. Silla comedor amarilla oliva, modelo Arnold. Maison du Monde



Cocina: Combinación Modelo Chicago verde y modelo Roma de puertas de vitrina. Encimera DEKTON ENTZO mate 12 mm

Tienda: Leroy Merlin

Precio: 6700 aprox. Sin electrodomésticos.

El uso de los dos colores y estilos en la cocina permite no sólo resaltar sus funciones sino mezclar el estilo clásico con el nórdico. La encimera destaca como zona de trabajo gracias a las vetas de su textura.

Figura 61. Cocina: Combinación de modelos marca Leroy Merlin



Cabecero modelo Beat con tapizado color Hada Gris

Tienda: Kenay Home

Precio: 359 euros

Una composición de diseño simple y atemporal, perfecto para crear un espacio acogedor en la habitación. El marco de madera nogal puede adaptarse a medida con más grosor y pintado un barniz más oscuro. El color del tapizado también se escoge según el estilo al que se necesite adaptar.

Figura 62. Cabecero modelo Beat. Kenay Home



Cama de madera Nogal con cajones. Modelo Sato

Tienda: Westwing

Precio: 999 euros

Cama de gran firmeza y robustez al no tener patas pero con un estilo elegante y cálido por su madera color Nogal. Se adapta al proyecto, aplicando un barniz más oscuro a juego con la madera del cabecero. Los cajones bajo la cama aportan un extra para el almacenaje.

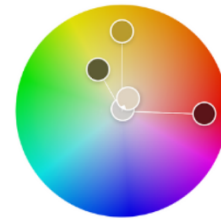
Figura 63. Cama de madera nogal, modelo Sato. Kenay Home

- **Estrategia de memoria**
- En la zona de la cocina, se define y separa visualmente la zona del café por medio de una barra de desayuno, dejando expuesto el equipamiento a utilizar.
- En el mobiliario superior de la cocina, incluida el área del café, se utilizan puertas de vidrio que permiten visualizar los diferentes elementos para uso cotidiano.
- Se utiliza, en la decoración de las paredes, cuadros de molduras con alta saturación y baja luminosidad, para enmarcar y resaltar las fotografías que despierten la memoria de las diferentes etapas en la vida del usuario.
- Para las puertas de interior, así como armarios que formen parte de los usos para la persona con EA, se utilizan tonos con baja luminosidad para diferenciarlos de las paredes. Por el contrario, para las puertas que se desean 'camuflar', se emplea la misma luminosidad que el color de las paredes.

5.3.2 Análisis del uso del color

El análisis del color que se presenta a continuación se realiza utilizando renders interiores y exteriores, y extrayendo los colores usando Adobe Color. Es importante señalar que los colores pueden variar respecto a su aspecto real debido al tipo de iluminación, el efecto de sombras, el tipo de superficies y texturas, y el balance de blancos en el renderizado. Se hace énfasis en el contraste de iluminación a través del valor de reflectancia de luz (LRV) para definir y especificar los contrastes en el entorno construido. La norma BS 8300:2009 del British Standards Institute (BSI) recomienda una diferencia mínima de 30 puntos entre los valores de LRV para asegurar un contraste visual adecuado. Aunque la medición del LRV se realiza con el espectrofotómetro, en este trabajo se utilizan los valores Lab obtenidos en Photoshop en el espacio CIELAB, donde la luminosidad L^* representa la percepción de luz por el ojo humano.

Análisis del color: Salón comedor



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por temperatura y
luminosidad

	Diferencia de Luminosidad (L*)
Silla / suelo	30
Suelo / cortina	50
Suelo / sofá	65

#5C5B33	L: 30	a: -4	b:23
#A17F31	L: 55	a: 7	b: 46
#DFD3C1	L: 85	a: 2	b:11
#D0CECB	L: 83	a: 0	b: 2
#5B1419	L: 20	a: 33	b: 17

Figura 64. Uso del color: Salón comedor

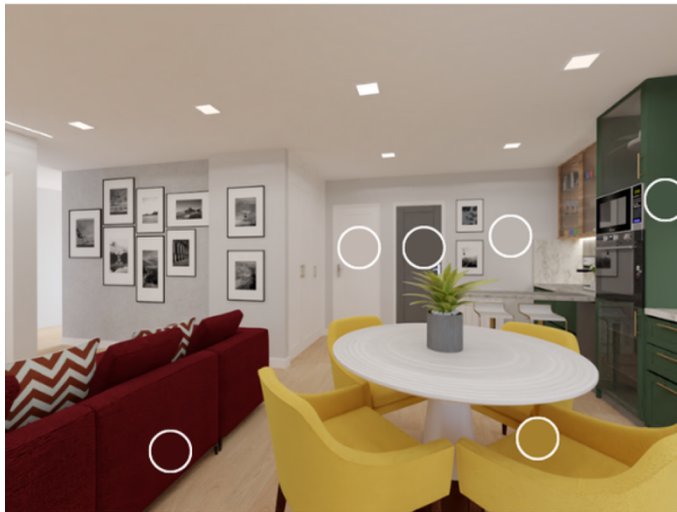
- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

Con el objetivo de diferenciar la funcionalidad de los espacios y ayudar a estimular sensorialmente al usuario con Alzheimer, los textiles del mobiliario tienen una paleta cromática cálida con alta saturación que contrastan con los demás elementos del espacio. Este contraste además, es generado por medio de la luminosidad. En la tabla se observa una alta diferencia de luminosidad entre el tono amarillo de las sillas del comedor, el tono verdoso de las cortinas y el tono rojizo del sofá, en relación al tono del suelo con valor alto y baja saturación. La diferencia de luminosidad supera los 30 puntos, que tal como se explicó, es el valor mínimo sugerido por la norma BS 8300:200. Por otra parte, se disponen de cuadros con fotografías en las paredes, cuyos marcos de valor bajo contrastan con la pared, demarcándolos para llamar la atención en el usuario.

- **¿Cómo ayuda el color al usuario con Alzheimer?**

Los tonos con alta saturación ayudan a la orientación, definición de las funciones y permiten la legibilidad del espacio. Por ejemplo, tanto el tono amarillo de las texturas de las sillas del comedor y de la zona de lectura, como el tono rojizo del sofá, invitan a sentarse. Además, el tono cálido ayuda a disminuir la agitación, estrés y ansiedad. Por otra parte, la textura de los sillones y los patrones de los cojines añaden familiaridad y la percepción de un ambiente doméstico.

Análisis del color: Puertas camufladas



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por temperatura y
luminosidad

		Diferencia de Luminosidad (L*)
	Puerta 1 / puerta 2	38
	Pared / puerta 1	2
	Mueble / pared	39
	Silla / sofá	23

	#435341	L: 34	a: -10	b: 8
	#A47F2D	L: 56	a: 9	b: 48
	#C1B6B0	L: 75	a: 3	b: 5
	#BAB3AD	L: 73	a: 2	b: 4
	#5C554F	L: 37	a: 2	b: 5
	#3F080B	L: 11	a: 27	b: 13

Figura 65. Uso del color: Pared y puertas.

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

Lo más importante en el caso particular de esta imagen, es resaltar la intención de camuflar dos puertas que no son para uso de la persona con Alzheimer. Una puerta es de la habitación de visita y la segunda, son las puertas del armario donde se encuentra la zona de lavado. Se puede observar en la tabla una muy baja diferencia de luminosidad de sólo 2 puntos, entre la pared y la puerta de la habitación de visita. Esta intención desvía la atención del usuario para solamente observar la puerta de color gris en donde se encuentra el baño común la cual tiene una diferencia de luminosidad superior de 30 puntos en relación a la pared y las puertas que no son acceso.

- **¿Cómo ayuda el color al usuario con Alzheimer?**

Al limitar el acceso a una estancia o actividad determinada no solo se evita la desorientación del usuario, sino que se conduce su atención únicamente a la zona a del baño. Al ser la única puerta diferenciada en el espacio común, junto con la habitación, utilizará el recuerdo por asociación para dirigirse a la estancia que necesite.

Análisis del color: Habitación



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por temperatura y
luminosidad

		Diferencia de Luminosidad (L*)
	Suelo / closet	33
	Closet / cama	54
	Cama / sillón	31

	#364332	L: 27	a: -8	b: 9
	#987024	L: 50	a: 11	b: 46
	#A88C6D	L: 60	a: 8	b: 21
	#CFC7C0	L: 81	a: 2	b: 5
	#1B130E	L: 7	a: 3	b: 4

Figura 66. Uso del color: Habitación

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

En la habitación se decidió utilizar el contraste de luminosidad para resaltar la cama, el closet, las cortinas, asimismo demarcar los marcos de los cuadros. En la tabla se observan valores superiores a 30 en la diferencia de luminosidad entre los distintos elementos. En cuanto a la elección del color de los materiales utilizados, se establece el contraste de temperatura, focalizando el acento de color cálido en sólo dos elementos del interiorismo. Es importante resaltar que, si el usuario comienza a tener alteraciones de la visión en el eje azul, los tonos verdes se pueden ver grises, sin embargo, la funcionalidad del espacio continúa siendo clara.

- **¿Cómo ayuda el color al usuario con Alzheimer?**

El objetivo es generar un diseño inclusivo y funcional en el que el usuario pueda comprender la usabilidad del espacio y que el color le permita orientarse y realizar las actividades habituales que se llevan a cabo en la habitación. La base de la cama y el cabezal de un tono rojo con una luminosidad de 7, la cual es muy baja, demarca la cama y se contrasta respecto a la pared y el suelo, cuyos valores de luminosidad son superiores a 60. Asimismo, el closet de un tono verde con un valor de 27, contrasta de manera suficiente en cuanto a su luminosidad y tono, además al destacarse sus tiradores metálicos, resultan funcionar como señalética para su uso.

Análisis del color: Terraza



Esquema de color
Complementario dividido

Contraste Johannes Itten
Contraste por temperatura y
luminosidad

		Diferencia de Luminosidad (L*)
	Sillón / pared 1	60
	Pared 1 / pared 2	38
	Marco / pared 1	80

	#D4D5D7	L: 85	a: 0	b: -1
	#8D6458	L: 47	a: 16	b: 14
	#682031	L: 25	a: 34	b: 8
	#111113	L: 5	a: 0	b: -1
	#1B2822	L: 15	a: -7	b: 2

Figura 67. Uso del color: Terraza

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

La alta diferencia de luminosidad entre los sillones y la pared 1, permite resaltar los sillones y por el recuerdo de asociación, el usuario podrá comprender su uso. Por otra parte, se decide crear una alta diferencia de luminosidad del exterior respecto al interior, para crear una atmósfera en la terraza diferenciada en la que se vincula el entorno exterior por medio del ventanal. Es importante señalar que la intención de resaltar el ventanal con perfiles oscuros es para estimular a mayor escala la memoria del usuario, de misma manera como ocurre con las fotografías presentes en las paredes de la vivienda que se resaltan con marcos negros.

- **¿Cómo ayuda el color al usuario con Alzheimer?**

La terraza busca ser un espacio terapéutico, en el que el usuario pueda sentir la vinculación con el exterior, pero manteniendo las medidas de seguridad y accesibilidad. Esto fomenta la autonomía e independencia, contribuyendo a reducir la agitación y el aburrimiento, además de regular el ritmo circadiano. Por otra parte, se genera una carga cognitiva manejable, en donde el uso del color se utiliza para resaltar la zona de los sillones en donde el usuario disfruta al sentarse todas las mañanas a tomar el café.

Análisis del color: Baño



Esquema de color
Análogo

Contraste Johannes Itten
Contraste por temperatura y
luminosidad

		Diferencia de Luminosidad (L*)					
	Inodoro / pared 1	32		#777948	L: 50	a: -7	b:27
	Suelo / pared 2	28		#E6E1DE	L: 90	a: 1	b: 2
	Pared 2 / mueble	37		#CCCBC9	L: 82	a: 0	b: 1
				#B29779	L: 62	a: 9	b: 21
				#947861	L: 53	a: 9	b: 17

Figura 68. Uso del color: Baño

- **Reflectancia de luz / Diferencia de luminosidad**

En el baño, así como en todas las estancias de la vivienda el uso del color con contraste de temperatura y luminosidad se utiliza para resaltar la funcionalidad. En este espacio, se destaca la ubicación del inodoro, el espacio de la ducha, el lavamanos y la estantería. Aunque la percepción de los tonos varía en el render debido al iluminante, se puede observar que de igual manera hay una clara diferenciación entre los distintos elementos.

Por otra parte, el espejo tiene control de opacidad de valor alto que se camufla con la pared. La iluminación led del espejo, funciona con un interruptor ubicado detrás del mismo para ser utilizado únicamente por los otros habitantes del espacio. De esta manera, al estar apagada esta iluminación junto con la opacidad del espejo, se evita que este resulte llamativo al usuario. Es importante resaltar que debido a la pérdida de la memoria, la persona al observar su reflejo en el espejo puede no reconocerse, lo que puede provocar agitación y una posible alteración conductual.

- **¿Cómo ayuda el color al usuario con Alzheimer?**

El color permite diferenciar las zonas y los elementos del baño, como como las barras de apoyo antideslizantes que ayudan al usuario en el caso que eventualmente tenga un problema de movilidad.

5.3.3 Posible alteración de la visión del color en el eje tritán (azul)

Como se ha mencionado en este trabajo, las alteraciones en la percepción del color en personas con Alzheimer están aún en estudio. Algunos estudios indican anomalías en el eje Tritán (azul-amarillo) del espectro visual, mientras que otros en el eje Deután (verde) Protán (rojo). Sin embargo, es importante tener en cuenta que, debido al envejecimiento natural del ojo, el espectro del azul suele ser el primer en deteriorarse debido al color amarillento del cristalino.

A continuación, se representa en los renders cómo se percibe la alteración de la visión del color del eje Tritán (azul), presentando la tricromacia anormal y una discromatopsia. En la tricromacia los tres conos están presentes, pero no funcionan correctamente, cuando afecta el cono (S) que percibe el azul, se denomina tritanomalía. Por otro lado, la discromatopsia es una ceguera parcial del color causada por la ausencia de uno de los conos, y cuando ocurre en el eje Tritán, se llama tritanopia.

La simulación de los distintos tipos de daltonismo de los renders se realizó en el siguiente enlace: <https://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>



Figura 69. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Comedor



Figura 70. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Zona de lectura



Figura 71. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Pared y puertas

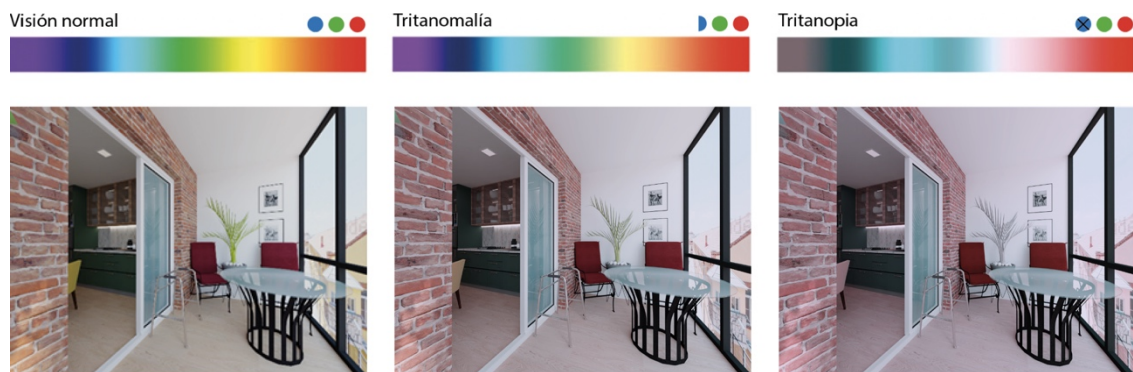


Figura 72. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Terraza



Figura 73. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Habitación



Figura 74. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Baño

Capítulo 6

Conclusiones



Tanto la Organización Mundial de la Salud como investigadores del campo de la ciencia, han afirmado que no existe un tratamiento para curar la enfermedad del Alzheimer. No obstante, la OMS destaca que existen oportunidades para apoyar a los familiares, pacientes y trabajadores, y mejorar su calidad de vida (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019), mediante intervenciones en el entorno físico y social. (Zeisel et al. 2016)

Al finalizar este trabajo, se concluye que existe poca evidencia en la literatura que demuestre de manera específica cómo desarrollar entornos físicos adecuados para personas con Alzheimer. Es importante que exista mayor interés en este tema, dado que esta enfermedad es la principal causa de demencia en el mundo, representando entre el 60 y 70% de los casos, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023). Por lo tanto, se requiere abordar la arquitectura como una intervención terapéutica inicial (Timón Sánchez et al. 2013), diseñando espacios accesibles, seguros y comprensibles es esencial para mejorar la calidad de vida.

Por esta razón, se invita a los profesionales en arquitectura, paisajismo y diseño a comprender en profundidad los síntomas del Alzheimer y su evolución a lo largo del tiempo. Al ser una enfermedad neurodegenerativa que provoca alteraciones de la percepción visual debido a la acumulación de proteínas en el sistema visual, afecta la capacidad de comprender objetos, rostros y formas, así como la percepción del color y la profundidad. Además, el Alzheimer provoca una sintomatología que incluye la pérdida de memoria, alteraciones en las funciones ejecutivas como la planificación, organización y toma de decisiones, problemas con el lenguaje, dificultades en la realización de actividades cotidianas. Además, cambios en la personalidad y conducta, y pérdida de habilidades motoras.

En la información analizada, se destacan los diferentes estudios realizados por los autores John Zeisel y Pablo José Flores Valero sobre la creación de espacios destinados a personas con demencia. Estos autores proponen soluciones prácticas que pueden resolver las necesidades reales y particulares de los usuarios con Alzheimer, especialmente en la tesis doctoral *'Influencia del entorno espacial en usuarios con Alzheimer. Parámetros, criterios proyectuales y pautas de diseño arquitectónico'* (Valero Flores 2023). Esta investigación ofrece pautas de diseño basadas en los síntomas de la enfermedad y se definen seis parámetros arquitectónicos que son extraídos de una extensa investigación de la literatura de la demencia y el Alzheimer. Estos parámetros que son: Dimensión, recorrido y orientación, iluminación, relación con el entorno, control climático y estimulación sensorial, se aplican en la propuesta de diseño desarrollada y presentada en esta tesis, para un usuario en etapa inicial de la enfermedad de Alzheimer.

El objetivo de este trabajo fue enfatizar en el uso del color como herramienta que sirve para definir espacios legibles que permitan la comprensión y orientación en el espacio por parte de los usuarios con Alzheimer. En términos de (Valero Flores 2023), se resume en diseñar para la adecuada estimulación sensorial. No obstante, es importante destacar que se encontró poca literatura que defina cómo aplicar el color en entornos arquitectónicos diseñados para personas con Alzheimer, considerando también los otros síntomas como la pérdida de memoria. El arquitecto Pablo José Flores Valero, realiza una aproximación con el estudio de residencias de adultos mayores, analizando la estimulación sensorial en cada proyecto. En esta tesis se presentaron los proyectos Abbey Winnterish Society y Norra Vram Nursing Home.

Con el objetivo de encontrar posibles soluciones arquitectónicas mediante el color, se investigaron los cambios biológicos del sistema visual en personas con Alzheimer. Durante el análisis, se encontró que la alteración de visión del color es un posible indicador de la enfermedad del Alzheimer debido a la muerte neuronal que ocurre en la retina, donde se encuentran los fotorreceptores que son los encargados de percibir la luz y transmitir la señal eléctrica al cerebro. Los bastones son responsables de la visión nocturna, mientras que los conos, la visión diurna y gracias a los fotopigmentos, permiten la percepción del color al captar las diferentes ondas de luz del espectro visible

Algunos estudios sugieren que las anomalías en la visión del color en la enfermedad del Alzheimer pueden comenzar a manifestarse en el eje azul (Tritán), aunque también se ha observado que esta alteración puede estar relacionada con el proceso natural de envejecimiento del ojo. Por lo tanto, se concluye la importancia de utilizar una paleta cromática cálida y crear contrastes de color con diferencias de luminosidad para definir los elementos del entorno construido.

En este sentido, el valor de reflectancia de luz es importante para especificar y definir los contrastes entre los materiales y superficies. La norma BS 8300:2009 del British Standards Institute (BSI) que proporciona directrices para el diseño arquitectónico y urbano para personas con discapacidad, sugiere que cuanto mayor sea la diferencia en los valores de LRV entre dos superficies visualmente adyacentes, mayor será la capacidad de percibir el contraste. Esta norma recomienda una diferencia mínima de 30 puntos entre los valores de LRV para un contraste visual adecuado, cuando la iluminación sea superior a 200 lux. (British Standards Institution 2018)

Aunque la medición del LRV se realiza con el espectrofotómetro, es posible obtener una aproximación utilizando los valores Lab en Photoshop u otros programas de edición de imágenes que contengan el espacio CIELAB. La luminosidad L^* representa la percepción de luz por el ojo humano. Por lo tanto, se presenta el análisis del color mediante esta técnica tanto en los proyectos analizados como en la propuesta de adaptación de la vivienda unifamiliar.

Conclusiones: Adaptación vivienda unifamiliar

La aportación final de esta tesis, es el proyecto de adaptación de una vivienda unifamiliar para un usuario con la enfermedad del Alzheimer en la etapa inicial. En este proyecto no sólo se aplican los criterios de intervención basados en los parámetros arquitectónicos descritos por el arquitecto Pablo José Valero Flores, sino que también incorpora el uso del color en el diseño del espacio interior como un estímulo visual para mejorar la calidad de vida de la persona con Alzheimer. El color ayuda a reducir la desorientación, conllevando a la disminución de la ansiedad, agitación y estrés.

Para lograr este objetivo, en primer lugar, se adaptaron los espacios a las necesidades reales y se ampliaron las estancias con una incidencia de mayor iluminación natural. Además, se definieron visuales y conexiones entre cada estancia para permitir diferentes interacciones tanto con los habitantes de la vivienda como con el entorno exterior. Cada espacio fue decorado con objetos, fotografías y diferentes elementos personales que sirven de referencia para orientarse y estimular la memoria.

En segundo lugar, en el uso del color se propuso una paleta cromática cálida con alta saturación, aplicada solamente en el mobiliario y la decoración. Los suelos y paredes tienen tonos de alto valor para crear contrastes de luminosidad que permitan diferenciar y definir el uso de los distintos elementos del espacio. El objetivo es mantener el ambiente hogareño, ofreciendo espacios legibles y acogedores, que también ayuden a definir las actividades cotidianas. Por ejemplo, se asignó un tono amarillo para las sillas en la zona de lectura, un tono rojizo para el sofá, y se diferenciaron las áreas de la cocina, para los muebles con madera con puertas de vidrio que muestren los utensilios. De esta manera, se facilita la comprensión y el uso del espacio, evitando la desorientación del usuario,

En conclusión, este proyecto demuestra la posibilidad de adaptar viviendas para que los pacientes puedan seguir viviendo su hogar sin verse inicialmente obligados a trasladarse a una residencia o centro asistencial, especialmente considerando que muchos de estos centros no están diseñados para atender las necesidades de personas con Alzheimer. Aunque un espacio adaptado y personalizado puede representar una inversión, esta no es mayor que si sólo se desea reformar para modernizar una vivienda. Al contrario, la inversión puede resultar en menos gastos y carga para la familia, ya que un entorno diseñado y adaptado adecuadamente para las condiciones de vida del usuario y sus actividades diarias, permite mayor autonomía y seguridad del usuario. Es importante entender que el entorno social y familiar también es un factor a tener en cuenta para las soluciones de la adaptación de una vivienda, ya que también se altera el espacio de las personas que conviven con el usuario de la enfermedad. Por lo tanto, el diseño debe adaptarse a cada habitante de la vivienda.

En definitiva, aplicando los parámetros arquitectónicos y de diseño expuestos en esta investigación, es posible crear un espacio personalizado que permita la adaptación a la nueva vida de una persona con la enfermedad del Alzheimer. Con la arquitectura y el diseño de espacios interiores, podemos hacer que los espacios se ajusten a las necesidades especiales que cada paciente, favoreciendo su calidad de vida.

Capítulo 7

Bibliografía



Armstrong, Richard A. 2009. "Alzheimer's Disease and the Eye." *Journal of Optometry*. <https://doi.org/10.3921/joptom.2009.103>.

Baldi, Graciela, and Eleonora Quiroga. 2005. "Calidad de Vida y Medio Ambiente. La Psicología Ambiental." *Universidades*, no. 30.

Barrett, Peter, Monika Sharma, and John Zeisel. 2019. "Optimal Spaces for Those Living with Dementia: Principles and Evidence." *Building Research and Information* 47 (6): 734–46. doi:10.1080/09613218.2018.1489473.

British Standards Institution. 2018. "BS 8300 2: 2018 Design of an Accessible and Inclusive Built Environment." BSI Standards Publication.

Cáceres Navarrete, Héctor E. 1977. "Anomalías de La Visión Cromática." *Universidad de La Salle* 1 (1): 38–48.

Chang, Lily Y.L., Jennifer Lowe, Alvaro Ardiles, Julie Lim, Angus C. Grey, Ken Robertson, Helen Danesh-Meyer, Adrian G. Palacios, and Monica L. Acosta. 2014. "Alzheimer's Disease in the Human Eye. Clinical Tests That Identify Ocular and Visual Information Processing Deficit as Biomarkers." *Alzheimer's and Dementia*. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2013.06.004>.

Cortez, Regina, Diego A. Luna-Vital, Daniel Margulis, and Elvira Gonzalez de Mejia. 2017. 'Natural Pigments: Stabilization Methods of Anthocyanins for Food Applications'. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16 (1). doi:10.1111/1541-4337.12244.

Ernstmeyer, Kimberly, and Elizabeth Christman. 2021. *Open RN Nursing Fundamentals* by Chippewa Valley Technical College. Licensed under CC BY 4.0. <https://wtcs.pressbooks.pub/nursingfundamentals/chapter/6-3-alzheimers-disease/>.

Fez Saiz, Dolores de, and Valentín Viqueira. 2014. *Fundamentos de Percepción Visual*. Alicante: Universidad de Alicante.

Fontán, Luis. 2012. "La Enfermedad de Alzheimer: Elementos Para El Diagnóstico y Manejo Clínico En El Consultorio." *Revista Biomed* 7 (12).

Garzón P, Sandra Johanna, Marcela Camacho M, Jessica Andrea Tapiero L., and Karen Daniela Reina. 2018. "Características Cognitivas y Oculares En Enfermedad de Alzheimer." *Nova* 16 (29). <https://doi.org/10.22490/24629448.2693>.

Gonzales, Cecilia, Esther García, Cristina Rodriguez, and Javier Benito. 2010. "Últimos Avances En El Diagnóstico Molecular Y Por Imagen De La Enfermedad De Alzheimer." Madrid.

https://www.madrimasd.org/sites/default/files/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT18_Ultimos_avances_diagnostico_molecular_e_imagen_Alzheimer.pdf.

Halsall, Bill, and Robert Macdonald. 2015. Design for Dementia - A Guide with Helpful Guidance in the Design of Exterior and Interior Environment. Vol. 1.

Javaid, Fatimah Zara, Jonathan Brenton, Li Guo, and Maria F. Cordeiro. 2016. "Visual and Ocular Manifestations of Alzheimer's Disease and Their Use as Biomarkers for Diagnosis and Progression." *Frontiers in Neurology*.

<https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00055>.

Kim, Hee Jin, Jae Hyun Ryou, Kang Ta Choi, Sun Mi Kim, Jee Taek Kim, and Doug Hyun Han. 2022. "Deficits in Color Detection in Patients with Alzheimer Disease." *PLoS ONE* 17 (1 Januray). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262226>.

Kirby, Elizabeth, Stephan Bandelow, and Eef Hogervorst. 2010. "Visual Impairment in Alzheimer's Disease: A Critical Review." *Journal of Alzheimer's Disease*.

<https://doi.org/10.3233/JAD-2010-080785>.

Kusne, Yael, Andrew B. Wolf, Kate Townley, Mandi Conway, and Gholam A. Peyman. 2017. "Visual System Manifestations of Alzheimer's Disease." *Acta Ophthalmologica*. <https://doi.org/10.1111/aos.13319>.

MacEvoy, Bruce. 2005. "Light and the Eye." 2005.

<https://www.handprint.com/HP/WCL/color1.html#receptors>.

Ministerio de Sanidad. 2022. "Clasificación Internacional de Enfermedades." España.

https://eciemaps.mscbs.gob.es/ecieMaps/statics/es/accessible/cie10/tabular_list/tl_enf_05.html#tabularListTop.

Nitrini, Ricardo, and Sonia Maria Dozzi. 2012. "Demencia: Definición y Clasificación."

Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias 12 (1). <https://doi.org/SSN:0124-1265>.

Lotito Catino, Franco. 2009. "Arquitectura Psicología Espacio e Individuo." *AUS*, no. 6. doi:10.4206/aus.2009.n6-03.

OMS. 1983. "Nuevas Políticas Para Educación Sanitaria En Atención Primaria de La Salud." 2023. "Demencia." 2023. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia>.

Plou Campo, Pilar. 2007. "Bases Fisiológicas Del Entrenamiento Visual." *Apunts Educación Física y Deportes*, no. 88.

Quesada García, Santiago, and Pablo Valero Flores. 2017. "Proyectar Espacios Para Habitantes Con Alzheimer, Una Visión Desde La Arquitectura." *Arte, Individuo y Sociedad* 29 (Esp.). doi:10.5209/aris.54602.

Romano, Martin Fidel, and Daniela Maria Nissen. 2007. "Enfermedad De Alzheimer." *Revista de Posgrado de La Vía Cátedra de Medicina*, no. El alzheimer: 9–12.

Roth, Erick. 2000. "Psicología Ambiental: Interfase Entre Conducta y Naturaleza." *Revista Ciencia y Cultura*, no. 8.

Roy Choudhury, Asim Kumar. 2014. *Principles of Colour and Appearance Measurement. Principles of Colour and Appearance Measurement. Vol. 2.* doi:10.1016/C2014-0-01832-1.

Serrano, Ariel Prado, Jiny Tatiana Camas Benítez, and Rocío Del Carmen Sánchez Fonseca. 2006. "Fototransducción Visual." *Revista Mexicana de Oftalmología* 80 (6).

Suárez-Escudero, Juan C., Juan P. Neira-Gómez, María J. Marín-Castro, Valeria Guerra-Espinosa, Alejandro Salazar-Grisales, Alejandro Henao-Villada, and Julián Carvajal-Fernández. 2022. "Actualización Desde La Anatomía Funcional y Clínica Del Sistema Visual: Énfasis En La Vía y La Corteza Visual." *Revista Mexicana de Oftalmología* 96 (2S). <https://doi.org/10.24875/rmo.m22000218>.

Susana, María, Merchán Price, José Luis, and Henao Calderón. 2011. "Influencia de La Percepción Visual En El Aprendizaje." *Ciencia y Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, ISSN 1692-8415, ISSN-e 2389-8801, Vol. 9, No. 1, 2011, Págs. 93-101 9 (1).

Timón Sánchez, Almudena, Ana María Mateos Gonzáles, Francisco Javier Gay Puente, Natalia Rosillo Carretero, Mireia Tofiño García, Rebeca Cáceres Alfonso, and Rocío Molás Robles. 2013. "El Espacio y El Tiempo En La Enfermedad de Alzheimer. Una Guía de Implantación."

Torrades, Sandra, and Pol Pérez-Sust. 2008. "Sistema Visual: La Percepción Del Mundo Que Nos Rodea." *OFFARM* 27 (6).

Urtubia Vicario, César. 2004. Neurobiología de la visión. Book. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.

Valero Flores, Pablo José. 2023. "Influencia Del Entorno Espacial En Usuarios Con Alzheimer. Parámetros, Criterios Proyectuales y Pautas de Diseño Arquitectónico." <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/28818>.

Zeisel, John. 2013. "Improving Person-Centered Care through Effective Design." *Generations* 37 (3).

Zeisel, John, Nina M. Silverstein, Joan Hyde, Sue Levkoff, M. Powell Lawton, and William Holmes. 2003. "Environmental Correlates to Behavioral Health Outcomes in Alzheimer's Special Care Units." *Gerontologist* 43 (5). doi:10.1093/geront/43.5.697.

Índice de figuras

Capítulo 1: Introducción a la Enfermedad del Alzheimer

Figura 1. Cerebro y Neuronas afectadas por la Enfermedad del Alzheimer. Adaptado de (Ernstmeyer and Christman 2021)

Figura 2. Evolución de la Enfermedad del Alzheimer. Fuente: Elaboración propia en base a (Alzheimer's Association 2023)

Figura 3. Cambios visuales en el hemisferio derecho por la Enfermedad de Alzheimer. Adaptado de (Kusne et al. 2017)

Capítulo 2: El color en la Enfermedad del Alzheimer

Figura 4. Recorrido de la vía visual. Adaptado de (Suárez-Escudero et al. 2022)

Figura 5. Estructura de los campos receptores en la retina central y en la retina periférica. Adaptado de Doctor lib. Enlace: <https://doctorlib.info/physiology/medical-physiology-molecular/16.html>

Figura 6. Proceso visual. Adaptado de (de Fez Saiz and Viqueira 2014, 215).

Figura 7. Espectro electromagnético visible. (IR = Infrarrojo, UV = Ultravioleta). Adaptado de Bruce MacEvoy. Enlace: <https://www.handprint.com/HP/WCL/color1.html>

Figura 8. Esquema de la estructura sináptica de la retina central y periférica. Adaptado de (Plou Campo, 2007).

Figura 9. Curvas de absorción de fotopigmentos humanos. Adaptado de Bruce MacEvoy. Enlace: <https://www.handprint.com/HP/WCL/color1.html#15>

Figura 10. Tipos de visión según la cantidad de luz (cd/m²). Adaptada de (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

Figura 11. Factores que determinan el color percibido: Iluminante, reflectancia de objeto y el sistema visual que recoge la información. El estímulo crómico sólo incluye los factores externos al observador. Adaptado de: (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

Figura 12. Atributos perceptuales del color: Tono, saturación o intensidad y luminosidad o valor. Elaboración propia.

Figura 13. Sistema de ordenación de color HSV. Matiz (H), saturación (S) y valor (V). Adaptado de Freepik. Enlace: https://www.freepik.es/vector-premium/modelo-3d-rueda-colores-ilustracion-vectorial-sobre-fondo-blanco_22120194.htm

Figura 14. Simulación visual de una persona que necesita cirugía de catarata. (a) Visión normal (b) Catarata. Imagen extraída de (Roy Choudhury, 2014).

Figura 15. Figura 15. Tipos de alteraciones en la visión de color. Elaboración propia. Adaptado de: Colorblindguide. Enlace:

<https://www.colorblindguide.com/post/different-types-of-color-blindness>

Figura 16. Varios colores de un círculo cromático percibidos por observadores (a) visión normal y discromatopsia en el eje (b) protan, (c) deutan y (d) tritan. Adaptado de (Roy Choudhury, 2014).

Figura 17. Placa RGB-vision (Kim et al. 2022)

Figura 18. Selección de la gama de frecuencias de una imagen. Se eliminan las frecuencias bajas, medias y altas de la fotografía original. Adaptado de (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

Figura 19. Figura 19. (a) Colores primarios aditivos (b) Colores primarios sustractivos. Imagen extraída de (Roy Choudhury, 2014).

Figura 20. Círculo cromático de Johannes Itten. Tomado de Onlineprinters. Enlace: <https://www.onlineprinters.es/blog/contrastes-de-7-colores-efecto-de-colores-complementarios/>

Figura 21. Contrastes de color Johannes Itten. Elaboración propia.

Figura 22. Contraste por tono. Tomado de Clickprinting. Enlace: <https://www.clickprinting.es/blog/los-siete-contrastes-de-color-johannes-itten>

Figura 23. Contraste por luminosidad. Tomado de Clickprinting. Enlace: <https://www.clickprinting.es/blog/los-siete-contrastes-de-color-johannes-itten>

Figura 24. Contraste por temperatura. Tomado de Clickprinting. Enlace: <https://www.clickprinting.es/blog/los-siete-contrastes-de-color-johannes-itten>

Figura 25. Contraste por complementario. Tomado de Clickprinting. Enlace: <https://www.clickprinting.es/blog/los-siete-contrastes-de-color-johannes-itten>

Figura 26. Contraste simultáneo. Tomado de Clickprinting. Enlace: <https://www.clickprinting.es/blog/los-siete-contrastes-de-color-johannes-itten>

Figura 27. Contraste por saturación. Tomado de Clickprinting. Enlace: <https://www.clickprinting.es/blog/los-siete-contrastes-de-color-johannes-itten>

Figura 28. Contraste por proporciones. Tomado de Clickprinting. Enlace: <https://www.clickprinting.es/blog/los-siete-contrastes-de-color-johannes-itten>

Figura 29. Sistema CIELAB. $L^*a^*b^*$. Adaptado de (Cortez et al. 2017)

https://www.researchgate.net/figure/CIELAB-color-system_fig1_310836551

Figura 30. Figura 30. Pasillo Alzheimer's Respite Centre. Tomado de Architizer. Enlace:

<https://architizer->

[prod.imgix.net/mediadata/projects/162010/2c330366.jpg?fit=max&w=1080&q=60&auto=format%2Ccompress&cs=strip](https://architizer-prod.imgix.net/mediadata/projects/162010/2c330366.jpg?fit=max&w=1080&q=60&auto=format%2Ccompress&cs=strip)

Figura 31. Panorama holístico de intervención sobre la demencia Adaptado de (Barrett, Sharma, and Zeisel 2019)

Capítulo 3: Diseño de espacios para personas con Alzheimer

Figura 32. Principios de diseño en el entorno construido. Adaptado de (Barrett et al., 2019).

Figura 33. Vivienda flexible, adaptada y adaptable de dos dormitorios, (Valero Flores, 2023). Arquitecto: Santiago Quesada- García. Autor foto: Fernando Alda

Figura 34. Diseño del espacio interior. Adaptado de (Hallsall & Macdonald, 2015).

Figura 35. Diseño del espacio exterior. Adaptado de (Hallsall & Macdonald, 2015).

Figura 36. Intensidad o iluminación y saturación de los colores. Adaptado de (Hallsall & Macdonald, 2015).

Figura 37. Tono y contraste en la degeneración visual. Adaptado de (Hallsall & Macdonald, 2015).

Figura 38. Medición LRV con vista monocromática del móvil. Adaptado de (Hallsall & Macdonald, 2015).

Capítulo 4: Estudios de proyectos para el Alzheimer

Figura 39. Proyecto: Abbeyfield Winnersh Society. Tomada de Prc Group. Enlace:

<https://www.prc-group.com/projects/abbeyfield-winnersh/#>

Figura 40. Programa funcional. Abbeyfield Winnersh Society. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Figura 41. Secuenciación clara, Abbeyfield Winnersh Society. Tomada de Carehome.

Enlace: <https://www.carehome.co.uk/advice/dementia-designed-care-homes-and-what-to-look-for>

Figura 42. Uso del color: Habitación - Abbeyfield Winnersh Society. Tomada de: Care

Source. Enlace: [https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-](https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-2798742893/abbeyfield-winnersh)

[2798742893/abbeyfield-winnersh](https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-2798742893/abbeyfield-winnersh)

Figura 43. Uso del color: Pasillo - Abbeyfield Winnersh Society. Tomada de: Care

Source. Enlace: [https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-](https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-2798742893/abbeyfield-winnersh)

[2798742893/abbeyfield-winnersh](https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-2798742893/abbeyfield-winnersh)

Figura 44. Uso del color: Comedor - Abbeyfield Winnersh Society. Tomada de: Care Source. Enlace: <https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-2798742893/abbeyfield-winnersh>

Figura 45. Uso del color: Cocina - Abbeyfield Winnersh Society. Tomada de: Care Source. Enlace: <https://www.caresourcer.com/uk/providers/cqc/1-2798742893/abbeyfield-winnersh>

Figura 46. Proyecto: Norra Vram Nursing Home. Tomada de: Marge Arkitekter. Enlace: <https://www.marge.se/projects/norra-vram?lang=en-US>

Figura 47. Proyecto: Norra Vram Nursing Home. Tomada de: Marge Arkitekter. Enlace: <https://www.marge.se/projects/norra-vram?lang=en-US>

Figura 48. Programa funcional. Norra Vram Nursing Home. Adaptado de (Valero Flores, 2023). Tomada de: Marge Arkitekter. Enlace: <https://www.marge.se/projects/norra-vram?lang=en-US>

Figura 49. Uso del color: Habitación - Norra Vram Nursing Home. Tomada de: Marge Arkitekter. Enlace: <https://www.marge.se/projects/norra-vram?lang=en-US>

Figura 50. Uso del color: Habitación - Norra Vram Nursing Home. Tomada de: Marge Arkitekter. Enlace: <https://www.marge.se/projects/norra-vram?lang=en-US>

Figura 51. Uso del color: Comedor - Norra Vram Nursing Home. Tomada de: Marge Arkitekter. Enlace: <https://www.marge.se/projects/norra-vram?lang=en-US>

Figura 52. Uso del color: Exterior - Norra Vram Nursing Home. Tomada de: Marge Arkitekter. Enlace: <https://www.marge.se/projects/norra-vram?lang=en-US>

Capítulo 5: Propuesta de adecuación para una vivienda unifamiliar

Figura 53. Distribución espacial entre el estado original de la vivienda y la reforma realizada. Elaboración propia.

Figura 54. Plano estado inicial de la vivienda existente con imágenes de antes y después de la reforma. Elaboración propia.

Figura 55. Plano de distribución de la propuesta. Elaboración propia.

Figura 56. Adaptación espacial para un usuario con Alzheimer a partir de la reforma realizada. Elaboración propia.

Figura 57. Orientación mediante visuales cruzadas y uso óptimo del color. Elaboración propia.

Figura 58. Sofá rinconero Columbus 131 (Kronos 02). Tomada de Muebles. Enlace: https://www.muebles.es/muebles-tapizados/sofas-rinconeros/sofa-rinconero-columbus-131-kronos-01.html?variation_id=198671&campaignid=pmax_corner_sofas&gad_source=1&gclid=Cj0KQCQjw00q2BhCCARIsAA5hubUx8ReAYGEFS-070XB1mxwxCQnFjMYQ4vgpgkn6YMI833zj0Z88AaMaAkOZEALw_wcB

Figura 59. Butaca de lectura mostaza, modelo Astrid. Tomada de Klast Home.

Enlace: https://klasthome.com/es/sillones-y-butacas/361-butaca-de-lectura-mostaza?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0Oq2BhCCARIsAA5hubVBxZaNgaOtpmSFB1VIQqtSVqsjSVFqGxGxltPqg8gKYEUo70NzhisaAnFTEALw_wcB

Figura 60. Silla comedor amarilla oliva, modelo Arnold. Tomada de Maison du Monde.

Enlace: https://www.maisonsdumonde.com/ES/es/p/silla-amarilla-oliva-arnold-166333.htm?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=SEA-GOO-B2C-INT-ES-ES-DCD-MDM-GEN-PMAX-HIGH&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0Oq2BhCCARIsAA5hubXLGER7S2MUAJYECP91GVppo8sSO5lxtGLhXz8MxvebRJKr7fa0BvYaAi70EALw_wcB

Figura 61. Cocina: Combinación de modelos marca Leroy Merlin

Muebles de cocina: <https://www.leroymerlin.es/productos/cocinas/muebles-de-cocina/nuestras-gamas-de-cocinas/>

Encimera: <https://www.leroymerlin.es/productos/cocinas/encimeras-de-cocina/encimeras-a-medida/encimeras-porcelanicas/encimera-para-cocina-a-medida-de-porcelanico-dekton-entzo-mate-12-mm-88110676.html>

Figura 62. Cabecero modelo Beat. Tomada de Kenay Home. Enlace:

https://kenayhome.com/es/17914-96960-beat-cabecero-tapizado-150-160-personalizable-nogal.html#/4304-colores_tapizados-hada_gris

Figura 63. Cama de madera nogal, modelo Sato. Tomada de Kenay Home. Enlace:

https://www.westwing.es/cama-de-madera-sato-con-espacio-de-almacenamiento-159572.html?simple=DEQ24WES89093-205263&utm_source=google&utm_medium=sea_conversion_nbr&utm_campaign=es_performancemax_nbr_adf&utm_content=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw0Oq2BhCCARIsAA5hubWrHdl399ISJ5ValOSy3WMultiJTvVS6fl_F4-A4JwhCkKdJ0QSOLOaAkFpEALw_wcB

Figura 64. Uso del color: Salón comedor. Elaboración propia.

Figura 65. Uso del color: Pared y puertas. Elaboración propia.

Figura 66. Uso del color: Habitación. Elaboración propia.

Figura 67. Uso del color: Terraza. Elaboración propia.

Figura 68. Uso del color: Baño. Elaboración propia.

Figura 69. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul). Elaboración propia.

Figura 70. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Salón. Elaboración propia.

Figura 71. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Pared y puertas. Elaboración propia.

Figura 72. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Terraza. Elaboración propia.

Figura 73. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Habitación. Elaboración propia.

Figura 74. Alteraciones de visión del color en el eje Tritán (azul): Baño. Elaboración propia.

Índice de tablas

Capítulo 1: Introducción a la Enfermedad del Alzheimer

Tabla 1. Enfermedades que causan la demencia. Fuente: Elaboración propia en base a (Nitrini and Dozzi 2012)

Tabla 2. Categorías de la enfermedad del Alzheimer. Fuente: Elaboración propia en base a (Romano and Nissen 2007)

Capítulo 2: El color en la Enfermedad del Alzheimer

Tabla 3. Tabla 3. Características fisiológicas de los receptores. Adaptado de (Serrano, Benítez, and Fonseca 2006).

Tabla 4. Relación entre descriptores físicos y descriptores perceptuales del color. Adaptado de (de Fez Saiz and Viqueira 2014).

Tabla 5. Posibles pruebas oculares para biomarcadores de la Enfermedad del Alzheimer. Adaptado de (Chang et al. 2014).

Capítulo 3: Diseño de espacios para personas con Alzheimer

Tabla 6. Pautas arquitectónicas frente a la deficiencia visual y/o acústica. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Tabla 7. Pautas arquitectónicas frente a la pérdida de memoria. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Tabla 8. Pautas arquitectónicas frente a la desorientación. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Tabla 9. Pautas arquitectónicas frente al estrés o la ansiedad. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Tabla 10. Pautas arquitectónicas frente al razonamiento equivocado. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Tabla 11. Pautas arquitectónicas frente a la movilidad. Adaptado de (Valero Flores, 2023).

Capítulo 5: Propuesta de adecuación para una vivienda unifamiliar

Tabla 12. Presupuesto real de la reforma realizada de la vivienda. Elaboración propia.

Tabla 13: Presupuesto de la reforma adaptada para una persona con Enfermedad de Alzheimer. Elaboración propia.

Capítulo 8

Anexos











