



La tipografía como herramienta para la optometría

Andreu Balíus, EINA Centre Universitari de Disseny i Art de Barcelona (UAB), mail@andreubalius.com, <https://orcid.org/0000-0002-4928-752X>; Montserrat Tàpias, Universitat Politècnica de Catalunya, <https://orcid.org/0000-0003-2421-0718>; Xavier Molinero, Universitat Politècnica de Catalunya, <https://orcid.org/0000-0002-5203-4347>; José Luis Álvarez, Universitat Politècnica de Catalunya, <https://orcid.org/0000-0001-5739-1805>. //Recepción: 2/2/2024, Aceptación: 12/10/24, Publicación: 18/11/2024

Resumen

La evaluación visual en gabinetes optométricos se centra en medir la agudeza visual usando optotipos como el anillo de Landolt y las letras de Sloan. Este artículo resalta la importancia de tener estos optotipos en forma de tipografía, permitiendo la personalización de cartas visuales. Se presentan conjuntos tipográficos como Optotipica-Kids para niños y Optotipica para visión cercana, con mejoras continuas hasta Optotipica 5, validada rigurosamente. Además, se introduce Louise OPTO, basada en los optotipos de Sloan, corrigiendo inconsistencias. Estas tipografías gratuitas bajo licencia Creative Commons facilitan la creación de cartas visuales adaptadas, beneficiando la práctica clínica y la educación en comunidades con recursos limitados.

Palabras clave

Agudeza visual; carta de lectura; optotipo; visión; tipografía

Typography as a tool for optometry

Abstract

The visual health evaluation in optometry clinics focuses on measuring visual acuity using optotypes like the Landolt ring and Sloan letters. This article emphasizes the importance of these optotypes as a typeface, allowing the customization of visual charts. Typographic sets like Optotipica-Kids for children and Optotipica for near vision have been developed, with continuous improvements up to Optotipica 5, which has been rigorously validated. Additionally, the Louise OPTO typeface, based on Sloan optotypes, corrects inconsistencies and ensures visual coherence. These free, Creative Commons-licensed typefaces enable the creation of tailored visual charts, benefiting clinical practice and education, especially in resource-limited communities.

Keywords

Visual acuity; reading chart; optotype; vision; type design

Introducción

El diseño de tipografías puede parecer, a primera vista, una especialidad del diseño centrada en la estética del texto, pero tiene importantes aplicaciones en la ciencia y la tecnología. Más allá de ser una herramienta para la comunicación, la tipografía ha proporcionado recursos válidos para la tecnología y la investigación en el campo científico. Por ejemplo, el diseño de tipografías ha sido fundamental en el desarrollo de tecnologías de reconocimiento óptico de caracteres (OCR), mejorando la precisión de la digitalización de textos (Adobe, 2024). También podemos encontrar tipografías diseñadas para objetivos específicos, como aquellas creadas para mejorar la visibilidad de la información mostrada en aeronaves (Vinot y Athenes, 2012). En el ámbito de la salud y las ciencias médicas el diseño tipográfico ha contribuido a proporcionar herramientas adaptadas para casos específicos. La creación de fuentes como Dyslexie (Dyslexie font B.V., 2024) y OpenDyslexic (González, 2013), más allá de consideraciones estéticas, han mejorado la lectura para personas con dislexia, demostrando que los tipos de letra tienen un impacto significativo en la legibilidad de estas personas. Asimismo, se han desarrollado tipografías especiales para personas con baja visión, como la fuente Atkinson Hyperlegible (Braille Institute of America, 2024), que se caracteriza por una mayor distinción en las formas de las letras para aumentar el reconocimiento de caracteres y mejorar la legibilidad. Por su parte, la fuente Pelli (Pelli y otros, 2016) fue diseñada para medir el apiñamiento foveal en niños y adultos.

Estos ejemplos muestran cómo, desde el diseño, se puede contribuir al progreso científico mediante la creación de tipografías que mejoren el reconocimiento de caracteres y la legibilidad en general, especialmente, en personas con discapacidades visuales.

El primer objetivo del presente trabajo es dar a conocer la implementación en forma de tipografía de una serie de optotipos convencionales como el anillo de Landolt, la E giratoria y las letras de Sloan, facilitando enormemente la tarea de construcción de cartas de agudeza visual por parte del profesional/investigador. El segundo objetivo es presentar una colección de optotipos infantiles de nueva creación, implementados en forma de tipografía, cuyo diseño está inspirado en el anillo de Landolt. Y, en tercer lugar, se da a conocer la existencia de una tipografía de fabricación propia, cuya caja baja está en consonancia con el diseño de los optotipos. De esta manera, es posible generar cartas de lectura con letras que siguen el mismo criterio que los optotipos y que, por lo tanto, permiten cuantifi-

car la agudeza visual/lectora siguiendo las directrices del optotipo estándar (ISO, 2017), además de constatar la suficiencia de la visión próxima. Estas cartas de agudeza visual o de lectura se pueden implementar en formato papel o en pantalla de dispositivo electrónico, ya sea monitor de ordenador, tableta o móvil. Asimismo, estas tipografías permitirán elaborar cartas de agudeza visual de forma simple, económica y personalizada a las comunidades y países desfavorecidos.

Objeto de estudio

Este artículo se enfoca en explorar en profundidad la relevancia y utilidad de las fuentes tipográficas como una herramienta complementaria en el ámbito de la optometría, con especial atención a su aplicación en la evaluación de la agudeza visual y la capacidad lectora.

A través de este estudio, se busca determinar cómo el diseño y las características de las tipografías pueden influir en la precisión de las pruebas optométricas y en la eficiencia lectora. De este modo, se pretende proporcionar así un recurso valioso tanto para los profesionales de la salud visual como para la mejora de la experiencia lectora de los pacientes.

Fundamentación teórica

La evaluación de la salud visual que se realiza habitualmente en los gabinetes optométricos reside, en primera instancia, en la medida de la agudeza visual del paciente. La agudeza visual, definida como el tamaño angular del detalle más pequeño que puede ser reconocido por un observador, se evalúa determinando los símbolos, letras o números más pequeños que pueden ser identificados correctamente. Estos símbolos, denominados optotipos, están diseñados según el anillo de Landolt, el único optotipo estandarizado por la International Organization for Standardization (ISO, 2017), en el cual el detalle crítico, s, que debe ser resuelto, corresponde a una quinta parte de la altura del optotipo, 5s. Este optotipo se presenta en las cuatro orientaciones cardinales y sus bisectrices, resultando un total de ocho presentaciones distintas (figura 1). El observador debe indicar la orientación del hueco de su discontinuidad.

Otro optotipo ampliamente utilizado por su facilidad de descripción es la E giratoria, derivada de la E de Snellen (Rabbetts, 2007) (figura 2). Esta E también se inscribe en un cuadrado de 5s × 5s, siendo el grosor del trazo s, así como el espacio entre trazos. Este optotipo recibe su nombre debido a que su presentación es en las cuatro orientaciones cardinales, las cuales el observador debe indicar.

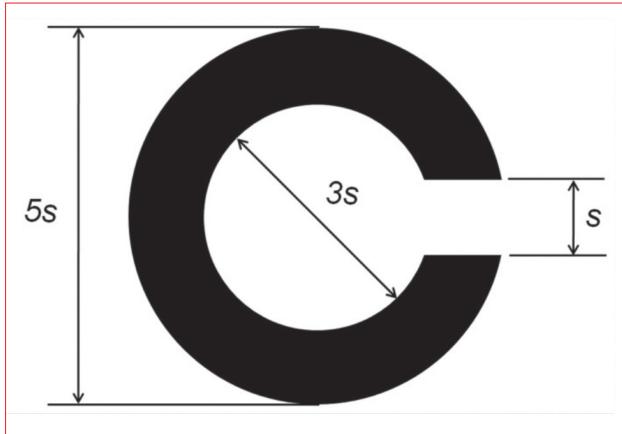


Figura 1. Anillo de Landolt

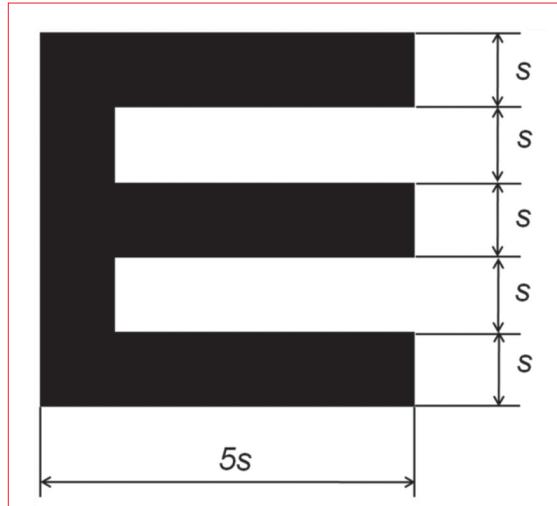


Figura 2. E giratoria

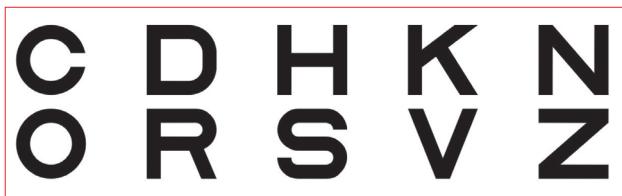


Figura 3. Letras de Sloan



Figura 4. Optotipos de LEA

La E giratoria es especialmente útil para evaluar la agudeza visual en niños pequeños, personas analfabetas o usuarios de alfabetos no latinos, por su similitud con los dedos extendidos de la mano.

En términos generales, un optotipo es un grafismo de grosor de trazo s , diseñado para llenar, en la medida de lo posible, una caja de dimensiones $5s \times 5s$, manteniendo unos espacios razonables entre trazos. Por lo tanto, los optotipos en forma de letra suelen ser letras mayúsculas sin serifas, construidas en un patrón de cuadricula de cinco por cinco ($5s \times 5s$) o cinco por cuatro ($5s \times 4s$), con un ancho de trazo que mide una quinta parte de la altura total del optotipo. En este sentido, la oftalmóloga Louise L. Sloan (Sloan, 1959) diseñó un conjunto de diez optotipos en forma de letra mayúscula inscritas en una caja cuadrada que fueron adoptados por el Comité de Visión de la NRC-NAS (NRC-NAS, 1980) como el estándar para las pruebas de agudeza visual en los Estados Unidos de América y, con algunas modificaciones, por el Estándar Británico (BS 4274-1:2003, 2003) sobre optotipos.

Estos optotipos de Sloan (figura 3) consisten en diez letras mayúsculas, sin serifas, con alta visibilidad (frecuencia de reconocimiento) y bien conocidas para la mayoría de los observadores y son comúnmente utilizados en las cartas, proyectores

y/o monitores de agudeza visual actuales. También existen optotipos en forma de número como alternativa a los de forma de letra. Adicionalmente, disponemos de optotipos infantiles, en forma de dibujos que, de manera general, no suelen mantener el grosor de trazo igual a la quinta parte de la altura, como en los optotipos de LEA (LEA TEST INTL, LLC, 2024) (figura 4), o que no mantienen el mismo tamaño de la caja cuadrada, como los Patti Pics (Precision Vision, 2020) (figura 5).

Los optotipos descritos hasta el momento se suelen utilizar para la medida de la agudeza visual tanto en visión lejana como en visión cercana. No obstante, en personas adultas, jóvenes presbíticas o presbíticas, lo que además se suele determinar a distancia cercana es la adecuación de la visión cercana, que consiste en verificar la capacidad de leer un texto de tamaño estándar a una distancia cercana (figura 6). Para ello, en lugar de usar cartas de agudeza visual con optotipos, se emplean cartas de lectura que contienen líneas de texto utilizando tipografías convencionales como Times New Roman, Arial o Helvetica, para cada tamaño de letra considerado (Radner y otros, 2022). Aunque la tarea visual que se realiza durante la lectura es de nivel superior al que se realiza durante la medida de la agudeza visual (reconocimiento de caracteres



Figura 5. Optotipos de Patti Pics



Figura 7. LouiseOPTO

aislados), estas cartas de lectura suelen incorporar etiquetas indicadoras de la agudeza visual/agudeza lectora (Colenbrander, 2005), reconociendo palabras y frases (Radner, 2017) en lugar de caracteres aislados (Abril, Tàpias, y Torrents, 2013).

Normalmente, el optometrista utiliza cartas de agudeza visual, de agudeza lectora y de lectura comerciales. Estas cartas, ya sean en formato papel o proyectadas, disponen de un número limitado de combinaciones de optotipos y/o textos. Aunque esto no suele ser un problema en la práctica, cuando se requiere salir de este entorno, ya sea con finalidades de investigación, de docencia o por una necesidad de personalización de las cartas, el investigador u optometrista se encuentra limitado a nivel de diseño gráfico. Por todo ello, disponer de optotipos en forma de fuente tipográfica permite la creación de cartas a medida, lo que supone una gran ventaja para el profesional/investigador.

Metodología

Conversión de optotipos clásicos a tipografías
Este subapartado trata sobre la conversión de los optotipos clásicos de la E giratoria para personas analfabetas (Rabbetts, 2007; Tunnacliffe, 1993), el anillo de Landolt (ISO, 2017) y las letras de Sloan (Sloan, 1959) en tipografías. Todas las tipografías mencionadas en este trabajo se generaron utilizando Glyphs v3 (Glyphs v3, 2024), un software editor de fuentes digitales que permite dibujar y exportar tipografías digitales.

En primer lugar, se creó la tipografía TumblingE Two (Balius y Tàpias, 2013b), en adelante denominada TumblingE, a partir del optotipo original deriva-



Figura 6. Test de comprobación de la suficiencia lectora.

do de la E de Snellen, incluyendo cuatro orientaciones. Estas orientaciones pueden seleccionarse en el teclado numérico pulsando las teclas 2, 4, 6 y 8.

En segundo lugar, la tipografía Landolt Two (Balius y Tàpias, 2013a) incorpora el anillo de Landolt en ocho orientaciones distintas. Estas orientaciones se obtienen en el teclado numérico pulsando las teclas 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9.

Por último, a finales de 2023, se diseñó la tipografía Louise OPTO (Balius y Tàpias, 2023), basada en los optotipos de agudeza visual de Louise Sloan de 1959, que incluyen las letras C, D, H, K, N, O, R, S, V y Z. La nueva fuente Louise OPTO se desarrolló incluyendo todas las letras mayúsculas y los números (figura 7), respetando principios de diseño similares a los del optotipo estándar de Landolt. El proceso implicó corregir en los optotipos/letras nuevos/as las inconsistencias presentes en los optotipos originales de Sloan, que carecían de coherencia tipográfica. Cada nueva letra se diseñó para alinearse con optotipos existentes específicos, garantizando una armonía estructural. Por ejemplo, la letra A se basó en el optotipo V, mientras que las letras E, F, I, L y T siguieron la estructura del optotipo H. Los desafíos incluyeron mantener un grosor de trazo uniforme e igual a 1/5 de la altura y equilibrar el diseño de las diagonales, como se observa en los ajustes realizados para letras como M y W. Los números de la fuente se diseñaron siguiendo principios similares a los de los caracteres del alfabeto latino. La fuente Sloan de Denis Pelli, utilizada con fines académicos y disponible en GitHub (Pelli, Robson, y Wilkins, 1988), amplía las letras mayúsculas originales de Sloan de la A a la Z. La fuente Louise OPTO, aunque comparte la mayoría de los elementos gráficos con la fuente Sloan de Pelli, ofrece mejoras significativas



Figura 8. Optotipica-Kids

en los criterios de diseño: gestiona mejor los optotipos de letras como G, M y W para evitar un exceso de tinta y sigue diferentes criterios de curvatura para letras como U y J, asegurando así una apariencia más equilibrada y coherente.

Nuevos optotipos pediátricos

La mayoría de los optotipos pediátricos (Iwata, 2024) más utilizados no siguen el diseño estándar de los optotipos (ISO, 2017). En este sentido, solo el Kolt-test de Lithander (Lithander, 1996) y los Patti Pics de Colenbrander (Precision Vision, 2020) siguen las directrices de los optotipos. Para respetar los derechos de autor de tales optotipos, Balius, Salvadó y Tàpias han creado unos optotipos pediátricos originales basados en los criterios de diseño del anillo de Landolt, implementándolos como una fuente denominada Optotipica-Kids, en adelante Kids. Estos optotipos pediátricos, mostrados en la figura 8, hacen referencia a una flecha, a un paraguas, a un puente, a un círculo, a un cuadrado y a una casa, y pueden confundirse por pares o tríos dependiendo del observador. Corresponde a los profesionales, educadores e investigadores decidir el uso de todos o algunos de estos optotipos. Esta tipografía puede descargarse desde el repositorio UPCommons (Balius, Salvadó, y Tàpias, 2022a) y su uso está limitado a propósitos de investigación y educativos bajo licencia Creative Commons. Este conjunto de optotipos es totalmente equivalente al anillo de Landolt en el sentido de que el valor de agudeza visual obtenido con ellos sería el mismo que el obtenido con el anillo de Landolt (Dvalidze, 2023).

Nueva tipografía para evaluar la visión cercana:

Optotipica

Balius, Salvadó y Tàpias crearon una nueva tipografía para la evaluación de la visión de cerca diseñada conforme a los estándares requeridos para optotipos. Para asegurar su efectividad, la caja de la x de la tipografía tiene que estar contenida dentro de una cuadrícula de 5 x 5, con un grosor de trazo equivalente a 1/5 de la altura del optotipo. Cabe recordar que, de manera general, toda tipografía contiene caja alta y caja baja; por consiguiente, no es posible plantear simultáneamente caracteres en



Figura 9. UPC Optotipica. Optotipica v1

caja alta y caja baja que sigan al pie de la letra las directrices de los optotipos. Así pues, no se trataba de dibujar formas que fueran agradables, ni siquiera que siguieran unos criterios básicos de legibilidad, incluyendo correcciones visuales en el grosor de los trazos o la compensación óptica (overshooting) con respecto la línea base o el resto de líneas que definen las proporciones verticales, por ejemplo. De hecho, si tuviéramos en cuenta esas consideraciones en las que se basa el diseño tipográfico para optimizar la legibilidad de un carácter, éste no necesariamente funcionaría como un optotipo que ha de permitir medir la agudeza visual sin las consideraciones estéticas propias de la tipografía. Esta tipografía puede descargarse desde el repositorio UPCommons (Balius, Salvadó, y Tàpias, 2022b) y, como en los casos anteriores, su uso está limitado a propósitos de investigación y educativos bajo licencia Creative Commons.

Desde inicios de 2011 se han realizado varias versiones de la fuente Optotipica en base a unos primeros bocetos facilitados por la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa perteneciente a la Universitat Politècnica de Catalunya, y que se acabaron digitalizando para la realización de pruebas. En abril de ese mismo año se entregó una primera versión de la fuente Optotipica (figura 9). En esa primera versión de la fuente Optotipica v1, las letras mayúsculas estaban diseñadas siguiendo las proporciones realistas de los optotipos en forma de letra (altura de 5s por un ancho de 4s, donde s es el grosor del trazo). En un trabajo previo se comprobó la equivalencia de la caja alta con el anillo de Landolt para la medida de la agudeza visual (González, 2018). Se dibujó también una minúscula en una proporción de 3s x 3s que no cumplía con las proporciones típicas del optotipo pero que mantenía el grosor del trazo de la mayúscula. El hecho de



ABCDEFGHIJKLMNO
PQRSTUVWXYZ
0123456789
abcdefghijklmnpqr
stuvwxyz

Figura 10. Optotipica v2



ABCDEFGHIJKLMNO
PQRSTUVWXYZ
0123456789
abcdefghijklmnpqr
stuvwxyz

Figura 11. Optotipica v3



ABCDEFGHIJKLMNO
PQRSTUVWXYZ
0123456789
abcdefghijklmnpqr
stuvwxyz

Figura 12. Optotipica v5

que la minúscula mantuviera el mismo grosor de trazo que la mayúscula la hacía demasiado oscura de aspecto y muy poco eficiente para la lectura.

En abril de 2015 se entregó una segunda versión de la fuente Optotipica que incorporaba cam-

bios sustanciales en el diseño y el grosor de los trazos (figura 10). En esta versión Optotipica v2 la minúscula se diseñó como optotipo, basando sus proporciones en el anillo de Landolt. Se entiende que la caja de la x es la parte que se considera optotipo, independientemente de los ascendentes y descendentes (Poulton, 1972). Con el objetivo de introducir algunas mejoras estéticas en la fuente, en julio de 2015 se desarrolló una tercera versión basada en la fuente Optotipica v2 que planteaba la modificación de algunas letras, aplicando compensaciones ópticas para las formas circulares y ajustando el espaciado y los valores de kerning. Esos cambios la hacían un poco más adaptable para la composición de textos (figura 11). Dicha versión fue entregada en setiembre 2015 para su evaluación frente al optotipo estándar de Landolt. Posteriormente, en sendos procesos de validación de la caja baja de la Optotipica v2 (Collell, 2017) y Optotipica v3 (Salsa, 2017) frente al optotipo estándar, se pudo comprobar que tales modificaciones no desembocaron en resultados numéricos de validación que fueran objetivamente diferentes, hecho que demuestra que las correcciones ópticas incorporadas en la Optotipica v3 no hacían variar el comportamiento de los observadores con respecto a la Optotipica v2.

Un año más tarde, en septiembre 2016 se aplicaron las métricas (espaciado y valores de kerning) de la nueva fuente Optotipica v3 a la anterior versión v2 y se la denominó Optotipica v2.1 (v4). Así pues, la validación de la caja baja de la Optotipica v2.1 es la misma que la realizada en la Optotipica v2. Por otro lado, en el 2021 se realizó un estudio sobre la legibilidad de letras aisladas en diversas tipografías mediante tres métodos distintos, tal y como se verá en el apartado de resultados (Baena, 2021).

Finalmente, en enero 2022 se diseñó una nueva versión (Optotipica 5 v2022) para mejorar las anteriores. En esta nueva versión se eliminaron los rebasamientos para que todo el dibujo de la letra estuviera contenido dentro de la matriz y se redibujaron los caracteres en los que su mejora era compatible con las directrices con los optotipos: 's', 'w' y 'x' de la caja baja, tal y como se comentará en el siguiente apartado. Sin embargo, observamos que algunos caracteres unidimensionales como la 'l' y la 'i' no admiten otro diseño *per se*. También se incrementó ligeramente el grosor del trazo de la caja alta y se modificó la posición de algunos signos de puntuación (figura 12). La fuente Optotipica 5 v2022 terminada se entregó ese mismo mes para su posterior evaluación en un estudio de legibilidad de caracteres aislados (Molinero y otros, 2024), tal y como se hizo en la versión anterior 2.1 (v4).

Todas las versiones de Optotipica descritas anteriormente son archivos TrueType font (TTF) adecuadas para cualquier sistema de software que soporte OpenType fonts (OTF). Estas versiones contienen la codificación básica latina con cifras de caja alta y todos los diacríticos utilizados en Europa Occidental.

Estudios de legibilidad de caracteres aislados

En este subapartado se presentan los dos estudios de legibilidad de caracteres aislados en los que intervino la tipografía Optotipica.

En un primer estudio (Baena, 2021) se contrastó la legibilidad de los caracteres alfabéticos individuales de la tipografía Optotipica v2.1 (v4) con los caracteres correspondientes de las tipografías Helvetica, Roboto y Times New Roman (todas ellas en su versión regular) para ambas cajas, la alta y la baja, por parte de un grupo de 30 observadores de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa, con una media de edad de $22,6 \pm 6,5$ años y agudeza visual binocular decimal Landolt mínima de 0,8. Para ello, se presentaron dos veces los caracteres de forma aislada con un tamaño ligeramente por debajo de su umbral de agudeza visual y se anotaron las respuestas de los observadores. En este estudio se calcularon tres índices analíticos de la legibilidad/reconocimiento de caracteres aislados, basados en las respuestas de los observadores: (1) índice de frecuencia relativa corregida (FRC), (2) índice de Shapley-Shubik (SS) y (3) índice F-score de las matrices de confusión (F-score).

En un segundo estudio (Molinero y otros, 2024), donde se encuentran detallados los índices anteriores, la tipografía Optotipica 5 v2022 se analizó de forma similar a la descrita en el párrafo anterior. En esta ocasión, se comparó esta nueva tipografía con Roboto, Helvetica y Georgia en su forma regular. El grupo de observadores estaba formado por un conjunto de 31 personas, también procedentes de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa, con una media de edad de $21,5 \pm 1,7$ años, y con los mismos requerimientos visuales que en el primer estudio. El proceso de toma de medidas es el mismo que el empleado en el primer estudio (Baena, 2021).

Los resultados de estos dos estudios se analizarán en el siguiente apartado.

Resultados

En este apartado se presentan los resultados de los estudios de legibilidad de caracteres aislados en los que intervino la tipografía Optotipica.

Los resultados obtenidos se reflejan de forma cualitativa en las tablas 1 (minúsculas) y 2 (mayúscu-

	Helvetica			Roboto			Times New Roman			Optotipica v2.1 (4)			FRC	SS	F-score
	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score			
a															
b															
c															
d															
e															
f															
g															
h															
i															
j															
k															
l															
m															
n															
o															
p															
q															
r															
s															
t															
u															
v															
w															
x															
y															
z															

Tabla 1. Resultados del primer estudio de legibilidad para las minúsculas (Baena, 2021).

	Helvetica			Roboto			Times New Roman			Optotipica v2.1 (4)			FRC	SS	F-score
	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score			
A															
B															
C															
D															
E															
F															
G															
H															
I															
J															
K															
L															
M															
N															
O															
P															
Q															
R															
S															
T															
U															
V															
W															
X															
Y															
Z															

Tabla 2. Resultados del primer estudio de legibilidad para las mayúsculas (Baena, 2021).

	Helvetica			Roboto			Georgia			Optotipica 5 v2022			FRC	SS	F-score
	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score	FRC	SS	F-score			
a															
b															
c															
d															
e															
f															
g															
h															
i															
j															
k															
l															
m															
n															
o															
p															
q															
r															
s															
t															
u															
v															
w															
x															
y															
z															

Tabla 3. Resultados del segundo estudio de legibilidad para las minúsculas (Molinero y otros, 2024).

culas), en las que, para cada tipografía y letra, se han sombreado las celdas con el máximo valor de índice de legibilidad obtenido según el método considerado (FRC en gris claro, SS en gris medio y



Tabla 4. Resultados del segundo estudio de legibilidad para las mayúsculas (Molinero y otros, 2024).

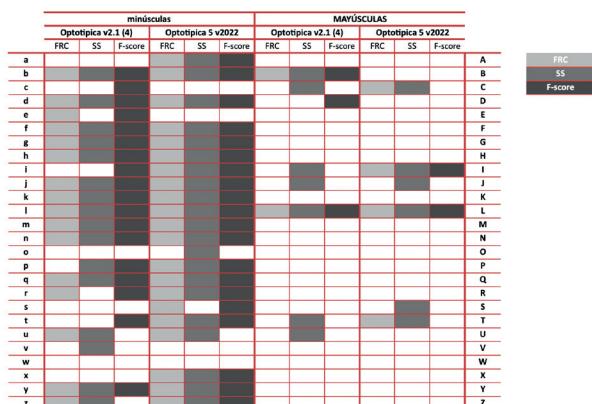


Tabla 5: Comparativa de los resultados de legibilidad obtenidos para la tipografía Optotipica en los estudios (Baena, 2021) y (Molinero y otros, 2024).

F-score en gris oscuro). El resultado es que hay tipografías con mayor cantidad de celdas sombreadas, es decir, con mayor legibilidad.

A partir de los resultados de este primer estudio, se hicieron las modificaciones comentadas anteriormente en la metodología para obtener así la tipografía Optotipica 5 v2022. Esta nueva tipografía fue sometida a un nuevo estudio (Molinero y otros, 2024) similar al que hemos descrito anteriormente. En esta ocasión, se comparó esta nueva tipografía con Roboto, Helvetica y Georgia en su forma regular. Se contó con un conjunto de 31 observadores con una media de edad de $21,5 \pm 1,7$ años, con los mismos requerimientos visuales que en el primer estudio. Los resultados de este segundo estudio de legibilidad se presentan en las tablas 3 y 4 y serán comentados detalladamente en las conclusiones.

En el siguiente apartado se comentarán las conclusiones que se desprenden de los dos estu-

dios comentados, por parte de las diferentes tipografías, así como la evolución de la tipografía Optotipica desarrollada por Balíus, Salvadó y Tàpias.

Conclusiones

La tabla 1 presenta los resultados del primer estudio de legibilidad de las minúsculas Helvetica, Roboto, Times New Roman y Optotipica v2.1, destacando que Optotipica v2.1 presenta una mayor cantidad de celdas sombreadas en comparación con resto de las tipografías consideradas. Este resultado denota que, en conjunto, esta tipografía es la más legible de las cuatro analizadas. Por su parte, la Tabla 2 muestra los resultados de legibilidad de las mayúsculas, donde las tipografías que más destacan son Helvetica y Times New Roman en comparación con Optotipica y Roboto, siendo Helvetica la mejor y, por ende, la más legible para las mayúsculas.

Una vez hechas las modificaciones descritas en el subapartado 4.3, éstas dieron lugar a la última versión de la tipografía Optotipica: Optotipica 5 v2022. En un segundo estudio de legibilidad desarrollado en los mismos términos que el anterior, se consideraron, además de Optotipica 5 v2022, las tipografías Helvetica, Roboto y, en lugar de Times New Roman, Georgia. En este estudio, a pesar de que el conjunto de observadores es distinto al primero, se aprecian las mismas tendencias. En las minúsculas la tipografía mejor valorada es la Optotipica 5 v2022 (tabla 3). En cuanto a las mayúsculas, la tipografía Helvetica muestra una mayor legibilidad según los tres métodos considerados (tabla 4).

Resulta interesante comparar los resultados obtenidos por la tipografía Optotipica en los dos estudios. La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos para las tipografías Optotipica v2.1 y Optotipica 5 v2022. A pesar de que el diseño de la letra 'a' no se modificó, los resultados del segundo estudio, para esta letra, presentan una legibilidad máxima, probablemente debido a diferencias intrínsecas entre las dos poblaciones de observadores. Para la letra 'w' se hicieron ciertas modificaciones sin obtener ninguna mejora remarcable de legibilidad. Por su parte, la letra 'x' se rediseñó considerablemente, obteniendo en este caso un valor máximo de legibilidad en los tres métodos analizados.

Pese a que los dos estudios se desarrollaron en momentos diferentes y con poblaciones distintas, los resultados convergen hacia un mismo resultado global. En ambos casos, la caja baja de la Optotipica obtuvo la mayor legibilidad en comparación con las tipografías del estudio correspondiente. Sin embargo, a pesar de las modificaciones hechas en

la caja alta (véase el subapartado 4.3), éstas no han contribuido a una mejora significativa de la legibilidad, cuando menos es similar.

Como conclusiones generales podemos destacar los siguientes aspectos principales:

- En primer lugar, en el presente trabajo hemos implementado en forma de fuente optotipos clásicos para ayudar al profesional en la elaboración de cartas de agudeza visual a medida. En particular, en los optotipos de Sloan se ha completado el abecedario de la caja alta siguiendo criterios de diseño tipográfico. Estas fuentes se han puesto a disposición pública y gratuita para su uso no comercial.
- En segundo lugar, se ha diseñado un conjunto de optotipos pediátricos, validados frente al optotipo estándar, que también se han puesto a disposición pública y gratuita para su uso no comercial.
- En tercer lugar, se ha desarrollado una nueva tipografía completa, cuya caja baja está en consonancia con el diseño de los optotipos, pensada

para la elaboración de cartas de lectura. El diseño de dicha tipografía ha sufrido una evolución desde su versión inicial dando lugar a la versión Optotipica 5 v2022 cuya caja baja muestra una legibilidad superior a las tipografías candidatas a usarse en las cartas de lectura. La caja baja de esta tipografía se ha sometido a procesos de validación y estudios de legibilidad que lo avalan y que permite hacer medidas de agudeza lectora en parámetros de agudeza visual.

- En cuarto lugar, se ha proporcionado al colectivo de optometristas y a los investigadores en visión una serie de herramientas que facilitarán su labor de manera incommensurable, especialmente en países y comunidades con recursos económicos limitados.

Como líneas futuras proponemos adentrarnos en el estudio de legibilidad de textos, no de caracteres aislados, valorando así la velocidad lectora y la agudeza lectora. Ello permitirá tener una descripción más completa de la funcionalidad de las tipografías analizadas.

Referencias bibliográficas

- Abril, Héctor C.; Tàpias, Montserrat y Torrents, Aurora. (2013). Objective analysis of typographies by image processing based on the optotypes' guidelines. *Óptica Pura y Aplicada*, 46(1), 73-82. <http://dx.doi.org/10.7149/OPA.46.1.73>
- Adobe. (2024). OCR: qué es, para qué sirve y sus ventajas. Descargado de <https://www.adobe.com/es/acrobat/resources/ocr.html> [Consulta: junio de 2024]
- Baena, David (2021). Error en la lectura de l'alfabet depenent de la tipografia de la lletra en base a l'estadística i la teoria de jocs. Descargado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/355623> (En catalán)
- Balius, Andreu; Salvadó, Francesc y Tàpias, Montserrat (2022a). (Child optotype) Optotípica-Kids v2022. Descargado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/395693> [Consulta: junio de 2024]
- Balius, Andreu; Salvadó, Francesc y Tàpias, Montserrat (2022b). Optotípica 5 v2022. Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/395692> [Consulta: junio de 2024]
- Balius, Andreu y Tàpias, Montserrat (2013a). Landolt ring optotype. Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/395694> [Consulta: junio de 2024]
- Balius, Andreu y Tàpias, Montserrat (2013b). Tumbling E optotype. Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/395695> [Consulta: junio de 2024]
- Balius, Andreu y Tàpias, Montserrat (2023). Sloan Letters. Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/401110> [Consulta: junio de 2024]
- Braille Institute of America, Inc., a 501(c)(3) Charitable Organization (2024). Atkinson Hyperlegible Font. Descargado de <https://brailleinstitute.org/freefont> [Consulta: junio de 2024]
- British Standards. (2003). Visual acuity test types. Test charts for clinical determination of distance visual acuity. Specification. (BS 4274-1:2003). https://www.en-standard.eu/bs-4274-1-2003-visual-acuity-test-types-test-charts-for-clinical-determination-of-distance-visual-acuity-specification/?srsltid=AfmBOopGWjrwXZmCHbWDZeQ5O9yA_ONI-j5QZjukpdkADogCNTEk9appM
- Buchanan, Richard (1992). "Wicked Problems in Design Thinking". *Design Issues*, 8(2), 5-21. Massachusetts Institute of Technology. <https://doi.org/10.2307/1511637>.
- Colenbrander, August (2005). Reading acuity an important parameter of reading performance. *International Congress Series*, 1282, 487-491. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2005.05.003>
- Collell, Àuria (2017). Validación de la tipografía Optotípica 2 (Tesis de Master, Facultat d'Òptica i Optometria [Universitat Politècnica de Catalunya]). Descargado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/184115> (En catalán).
- Dvalidze, Suliko (2023). Validación de las tipografías Optotípica 5 v2022 i Optotípica-Kids v2022. Descargado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/396350>.
- DYSLEXIE FONT B.V. (2024). Dyslexie font. Descargado de <https://dyslexiefont.com/en/typeface/> [Consulta: junio de 2024]
- Findeli, Alain (2001). Rethinking Design Education for the 21st Century: Theoretical, Methodological, and Ethical Discussion. *Design Issues*, 17(1), 5-17. <https://doi.org/10.1162/07479360152103796>
- Frayling, Christopher (1993). Research in Art and Design. Royal College of Research Papers, 1(1). 1993/4. London: Royal College of Art.
- Glyphs v3. (2024). Descargado de <https://glyphs-app.com/> [Consulta: junio de 2024]
- González, Abbie (2013). Open Dyslexic: A typeface for dyslexia. Descargado de <https://dyslexiefont.com/en/typeface/> [Consulta: junio de 2024]
- González, José (2018). Validació de la tipografia Optotípica. Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/329636>
- Gluth, Stuart (2014). Typography and Research-Led Design Practice. *Design for Business*, 2, 28-38. <https://doi.org/10.2307/j.ctv36xvgt3.7>
- International Organization for Standardization. (2017). Ophthalmic optics—Visual acuity testing—Standard and clinical optotypes and their presentation (ISO Standard No. 8596:2017). <https://www.iso.org/standard/69042.html>
- Iwata, Yo (2024). Developing a novel pediatric eye chart assessing visual acuity by minimum separable threshold. *Children*, 11(4), 397. <https://doi.org/10.3390/children11040397>
- LEA TEST INTL, LLC. (2024). Lea core tests. Descargado de <https://www.leatest.com/catalog/near-vision-distance-vision-kits/nearest-distance-vision-sc> [Consulta: junio de 2024]
- Lithander, Joan (1996). Two Techniques to Evaluate Visual Acuity from the Age of 18 Months. *Strabismus*, 4 (1), 15-23. <https://doi.org/10.3109/09273979609087733>
- Molinero, Xavier; Tàpias, Molinero; Balius, Andreu y Salvadó, Francesc (2024). Typeface recognition and legibility metrics. *Cognitive Systems Research*, 88, 101263. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2024.101263>
- NRC-NAS. Recommended standard procedures for the clinical measurement and specification

- of visual acuity. Report of working group 39. Committee on vision. Assembly of Behavioral and Social Sciences, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C. (1980). Advances in ophthalmology = Fortschritte der Augenheilkunde = Progres en ophtalmologie, 41, 103–148.
- Pelli, Denis G.; Robson, John G. y Wilkins, Arnold J. (1988). The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. Clinical vision sciences, 2(3), 187-199.
- Pelli, Denis G.; Waugh, Sarah J.; Martelli, María-luisa y otros. (2016). A clinical test for visual crowding. F1000Research, 5(81). <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.7835.1>
- Poulton, Emily C. (1972). Size, style, and vertical spacing in the legibility of small typefaces. Journal of Applied Psychology, 56(2), 156-161. <http://dx.doi.org/10.1037/h0032670>
- Precision Vision (2020). Patti Pics Colenbrander Low Vision Chart. <https://precision-vision.com/products/low-vision/low-vision-tests/patti-pics-colenbrander-low-vision-chart/> [Consulta: junio de 2024]
- Rabbetts Ronald B. (2007), Bennett & Rabbetts' Clinical Visual Optics, (4^a ed.). Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Radner Wolfgang (2017). Reading charts in ophthalmology. Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie, 255(8), 1465–1482. <https://doi.org/10.1007/s00417-017-3659-0>
- Radner, Wolfgang; Radner, Michael; Daxer, Barbara y otros. (2022). Font effects on reading parameters: comparing Radner Reading Charts printed in Helvetica and Times Roman. Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie, 260(10), 3387–3394. <https://doi.org/10.1007/s00417-022-05665-y>
- Salsa, Davide (2017). Validació de la tipografia optotípica 3 (Tesis de Master, Facultat d'Óptica i Optometria (Universitat Politècnica de Catalunya)). Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/184217>
- Sloan, Louise L. (1959). New test charts for the measurement of visual acuity at far and near distances. American journal of ophthalmology, 48, 807–813. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(59\)90626-9](https://doi.org/10.1016/0002-9394(59)90626-9)
- Tunncliffe, Alan H. (1993). Introduction to visual optics. Association of British Dispensing Opticians.
- Vinot, Jean-Luc y Athènes, Sylvie (2012). Legible, are you sure? An experimentation-based typographical design in safety critical context. En Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2287–2296. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery. <http://dx.doi.org/10.1145/2208276.2208387>

