

# Comparación experimental entre el mínimo separable y el mínimo legible de Snellen\*

Gabriel Merchán de Mendoza\*\*

## RESUMEN

Los optotipos de Snellen, comúnmente usados para determinar la agudeza visual en la consulta ordinaria de optometría, son así mismo utilizados para evaluar los resultados de las diferentes cirugías refractivas. Si bien en el primer caso son adecuados, es posible que no lo sean tanto para el segundo, por lo cual conviene ir a los fundamentos en que se basan los diseños de Snellen como son el *mínimo separable* y el *mínimo legible*. **Objetivo:** establecer una comparación entre el mínimo separable y el mínimo legible en una población de personas con problemas indeterminados de la visión de grado bajo o medio. **Metodología:** 24 ojos de personas entre 7 y 60 años de edad con estados refractivos indeterminados, fueron escogidos para realizar la comparación consistente, en primer térmi-

no, en la observación de dos pequeños puntos luminosos (0,3 mm diámetro) separados por una distancia gradualmente variable, para reportar el momento en que puedan ser diferenciados y, en segundo término, para la medición de la agudeza visual con optotipos Snellen. **Resultados:** se realizó un análisis estadístico de las dos muestras pareadas con nivel de confianza de 95% (alfa 5%). **Conclusiones:** la hipótesis nula que establece que el promedio de mediciones de agudeza visual con los optotipos Snellen es igual al promedio de mediciones con la separación entre los puntos luminosos no puede ser rechazada.

**Palabras clave:** mínimo separable, mínimo legible, agudeza visual, ángulo visual, optotipo.

\* Investigación financiada por la Fundación Universitaria del Área Andina.

\*\* Doctor en Optometría del Pennsylvania College of Optometry. Docente investigador de la Fundación Universitaria del Área Andina. Grupo de investigación Charles Prentice. Correo electrónico: gabemerchan@yahoo.com

Fecha de recepción: 12 de agosto del 2010

Fecha de aprobación: 10 de septiembre del 2010

## Experimental comparison between the minimum separable and Snellen's minimum legible\*

### ABSTRACT

Snellen's optotypes, ordinarily used to determine visual acuity in routine optometric consultation, are also utilized to evaluate results of refractive surgery. Although they are considered adequate for the former purpose, it is possible that they may not be so for the latter, so, it seems convenient to go back to the fundamental basis that originated Snellen's optotypes, *minimum separable* and *minimum legible* and hopefully confirm Snellen's optotypes as adequate for evaluating the outcomes of refractive surgery. **Objective:** to establish a comparison between the *minimum separable* and the *minimum legible* in a sample from a population with undetermined visual problems. **Methods:** 24 eyes of people between 7 and 60 years of age with undetermined low or me-

dium refractive anomalies were required to observe two gradually separating minute spots of light (0,3 mm diameter) and report the moment when the spots were well differentiated followed by measurement of Snellen's visual acuity. **Results:** statistical analysis was performed over the two samples (paired samples) at a 95% confidence level (alpha 5%). **Conclusion:** the null hypothesis that established that the mean of visual acuities taken with Snellen's optotypes was no different from the mean of measurements with the separating minute spots of light stands and cannot be rejected.

**Keywords:** minimum separable, minimum legible, visual acuity, visual angle, optotypes.

\* Research funded by Fundación Universitaria del Área Andina.

## INTRODUCCIÓN

La cirugía refractiva para corregir las ametropías ha despertado el interés de millones de personas afectadas por problemas de la visión, estimulados por dos factores principales: los buenos resultados y la promoción publicitaria. Ambos están íntimamente relacionados por cuanto necesariamente va el uno con el otro. Como cualquier campaña publicitaria, los resultados tienden a exagerarse, razón por la cual es conveniente analizar si los buenos resultados, al menos en cuanto a la agudeza visual se refieren, corresponden con su medición por el sistema de optotipos Snellen.

Los nuevos campos de la optometría y de la oftalmología, tales como aberrometría, cirugía refractiva, lentes intraoculares, lentes de contacto avanzados, etcétera, implican una mayor exactitud en la evaluación de la agudeza visual. Es importante entonces, establecer si los optotipos tradicionales de Snellen cumplen o no con la evaluación adecuada de los resultados obtenidos por la tecnologías mencionadas.

Desde luego existen otros métodos para medir la agudeza visual, algunos más sofisticados que otros, más sin embargo la cartilla Snellen es la más utilizada por su simplicidad y asequibilidad para la mayor parte de la población, pero tal vez esas mismas ventajas pueden constituir una seria limitación al presentar mejorías no del todo reales en los pacientes que son sometidos a prácticas y técnicas quirúrgicas.

¿Son los optotipos de Snellen basados en el mínimo legible, comparables con el mínimo separable hallado experimentalmente, dado que ambos se basan en el ángulo visual de 1'? Expresado en otra forma, ¿corresponden las mediciones de agudeza visual con los optotipos de Snellen con el ángulo visual medido experimentalmente?

De acuerdo con la fisiología de la retina y sus fotorreceptores, el mínimo separable del ojo humano es presumiblemente de 1 minuto de ángulo, lo que significa que a una distancia de 6 metros la separación entre dos objetos puntuales debe ser de 1,74 mm y el tamaño de cada cono, 2 micras. La resolución del ojo humano en condiciones óptimas y fijación foveal se logra mediante la estimulación de 2 conos que corresponden a cada uno de los objetos, separados por un cono intermedio no estimulado. Si la fijación no es foveal o si el ojo presenta anomalías de la refracción o patologías diversas, la resolución del ojo será consecuentemente inferior y se hace necesario incrementar el ángulo visual, lo cual a su vez incluye un mayor número de conos no estimulados, para poder percibir los detalles de un objeto (Bruce, Georgeson y Green, 1996).

La anotación Snellen es expresada como una fracción en la cual el numerador es la distancia desde la cual el paciente resuelve los detalles de un optotipo, y el denominador la distancia desde la cual un observador con agudeza visual normal resuelve los detalles del mismo optotipo. Así, por ejemplo, un paciente con agudeza 20/60 resuelve los detalles desde 20 pies (ft.), mientras que un observador normal lo hace desde 60 ft. Significa también que el paciente con dicha agudeza tiene que acercarse hasta 20 ft. para distinguir lo que un observador normal distingue desde 60 ft. Si la agudeza del paciente se expresa como 20/20, significa que tanto el paciente como el observador normal tienen la misma capacidad de resolución, por tanto el paciente tiene una agudeza normal (dos cosas iguales a una tercera son iguales entre sí) (Pascal, 1952).

Visto de otra manera, cada optotipo Snellen está definido por la distancia desde la cual un observador normal logra resolver los detalles. El optotipo marcado 100 ft debe resolverse desde una distancia de 100 ft., el de 80 ft., desde 80 ft. y así sucesivamente.

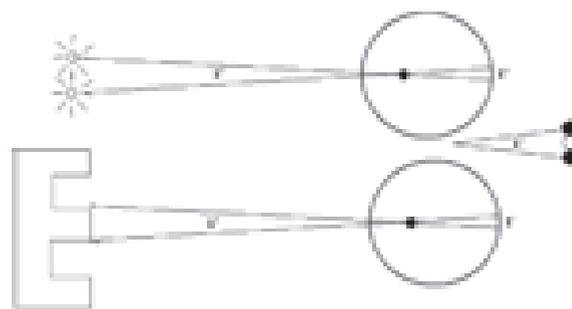
El inverso de la fracción Snellen representa el ángulo visual del paciente; así, el paciente con agudeza 20/60 tiene un ángulo visual de 60/20, lo que da como resultado 3'; la agudeza de 20/40 equivale a un ángulo de 2' y así sucesivamente.

Todo lo anterior presupone que las fracciones Snellen son múltiples unas de otras y las variaciones, progresiones aritméticas. Si la agudeza es 20/40 (2'), significa que la visión es el doble de buena que una agudeza de 20/80 (4'). Sin embargo la fisiología del ojo y la fisiología de la visión rara vez se rigen por progresiones aritméticas, geométricas o de cualquier otra clase. Es posible entonces que una persona que pueda distinguir (resolver) un optotipo de 80 ft desde 20 ft., lo cual significa un ángulo visual de 4', sea capaz de resolver dos puntos luminosos que formen un ángulo de 4' desde una distancia diferente a la establecida por Snellen. Por ejemplo, quizás resuelva el ángulo de 4' subtendido por los dos puntos luminosos desde una distancia superior o inferior a 20'. ¿Cuál es entonces, la verdadera agudeza visual medida de acuerdo al ángulo visual subtendido por dos puntos luminosos?

Por otra parte, se sabe que la retina es capaz de diferenciar entre distintas situaciones, a saber (Borish, 1970; Duke-Elder, 1968):

- *Mínimo visible*: mínima cantidad de luz que puede excitar una sensación visual.
- *Mínimo separable*: mínima separación entre dos puntos para ser diferenciados separadamente, aplicable también a la mínima separación entre dos detalles en un objeto.
- *Mínimo cognoscible*: mínimo tamaño que debe tener un objeto familiar para ser reconocido.
- *Mínimo legible*: mínimo tamaño de letras que puedan ser leídas correctamente.

Herman Snellen (Utrecht, 1862) se basó en el mínimo legible (Duke-Elder, 1968) para la medición de la agudeza visual. Las letras que denominó optotipos, están diseñados de tal forma que dos puntos que constituyan un detalle formen un ángulo de 1' en el punto nodal del ojo y subsecuentemente sobre la retina. Cada optotipo consta de cinco detalles para un total de 5'. Todos los optotipos de varios tamaños de la cartilla de Snellen forman un ángulo de 1' el detalle y 5' total, a la distancia especificada para cada uno (figura 1).



**FIGURA 1. LA GRÁFICA MUESTRA EN LA PARTE SUPERIOR DOS OBJETOS PUNTALES QUE SUBTIENDEN UN ÁNGULO DE 1' EN EL PUNTO NODAL DEL OJO Y TAMBIÉN 1' DESDE EL PUNTO NODAL HASTA LA RETINA. EN LA PARTE INFERIOR PUEDE OBSERVARSE EL MISMO CONCEPTO APLICADO A LA LETRA E CUYOS DETALLES TAMBIÉN FORMAN UN ÁNGULO DE 1'. EN LA ZONA INTERMEDIA, A LA DERECHA, SE VEN DOS CONOS ESTIMULADOS Y UN CONO INTERMEDIO NO ESTIMULADO**

El estudio pretendió establecer si los optotipos Snellen son igualmente válidos para la medición de la agudeza visual, como lo es la medición experimental por medio del “mínimo separable”, el cual en teoría, debe reflejar la capacidad visual del ojo para discriminar detalles en los objetos de acuerdo con la anatomía del mosaico retinal.

## MATERIALES Y MÉTODO

### POBLACIÓN

- 24 ojos (12 sujetos) entre 7 y 60 años de edad.
- Todo tipo de ametropía de grado bajo o medio, inferior a 4 dioptrías esféricas y 2 dioptrías cilíndricas.

### INSTRUMENTO

Para el equipo se utilizaron dos pequeñas fuentes luminosas adosadas a los extremos de dos hilos de fibra de vidrio cuyo espesor fue de 0,3 mm. En el otro extremo de cada hilo asomó la luz proveniente de las fuentes luminosas constituyéndose así en dos puntos luminosos de 0,3 mm de diámetro. La separación entre los puntos fue variable y se controló por un micrómetro que tiene una precisión de 0,01 mm.



**FIGURA 2. INSTRUMENTO PARA REALIZAR LA MEDICIÓN EXPERIMENTAL POR MEDIO DEL "MÍNIMUM SEPARABLE"**

### MÍNIMO SEPARABLE (BORISH, 1970)

- Sujeto sentado a una distancia de 1 ó 2 metros de los puntos luminosos en condiciones de baja ilu-

minación. La distancia de 1 ó 2 metros se escogió de acuerdo con la facilidad de respuesta del sujeto.

- Puntos luminosos en contacto entre sí, separación cero.
- Los puntos luminosos fueron separados lentamente por medio del micrómetro hasta cuando el sujeto reportó haberlos diferenciado con certeza. Esta acción fue realizada tres veces encontrando ligeras variaciones.
- De las tres lecturas se escogió la menor para el cálculo del ángulo visual.
- Seguidamente fue calculado el ángulo visual subtendido por los puntos luminosos sobre el punto nodal del ojo, teniendo en cuenta si la distancia fue de 1 o de 2 metros.
- La agudeza visual fue obtenida convirtiendo al ángulo visual a fracción Snellen y finalmente al sistema decimal internacional (Montgomery, 1998).

### MÍNIMO LEGIBLE (DUKE-ELDER, 1968)

- Se escogió el optotipo **E** de posiciones variables (Consilium Ophthalmologicum Universale, 1984).
- Dado que la carta clásica de Snellen viene en unidades discretas (20/20, 20/30, 20/40... etc.) sin posibilidad de lecturas intermedias, como por ejemplo 20/27 o 20/36, fue necesario transformar los optotipos de Snellen en variables continuas utilizando para ello la línea 20/25 cuyos detalles miden 2 mm, variando la distancia entre el sujeto y los optotipos. Fueron agregados 7 mm a la distancia desde la córnea hasta el optotipo, la cual corresponde con la distancia entre el punto nodal y la córnea (Webb, 1964).
- Obtenida la máxima distancia a la cual el sujeto identificaba correctamente los optotipos, se procedió a calcular el ángulo visual, convertirlo a fracción Snellen y finalmente a anotación decimal internacional (Watt, 2003; Millodot, 2009).

Para el estudio se establecieron las siguientes hipótesis:

*Hipótesis nula:* no hay diferencias significativas entre el promedio de mediciones de agudeza visual con los optotipos Snellen y el promedio de mediciones con la separación entre los puntos luminosos.

*Hipótesis alternativa:* hay diferencias significativas entre el promedio de mediciones de agudeza visual con los optotipos Snellen y el promedio de mediciones con la separación entre los puntos luminosos.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se observa los resultados obtenidos de la agudeza visual derivada de la separación entre los puntos luminosos y la agudeza visual obtenida de los optotipos Snellen por distancia variable.

**TABLA 1. REGISTRO DE LA AGUDEZA VISUAL (AV) OBTENIDA CON EL MÍNIMO SEPARABLE (PUNTOS) VERSUS EL MÍNIMO LEGIBLE (SNELLEN)**

Caso	AV decimal (puntos)	AV Snellen decimal
1	0,40	0,73
2	0,67	0,73
3	0,65	0,87
4	1,08	0,93
5	2,92	1,12
6	3,07	1,12
7	0,98	1,02
8	1,17	1,05
9	0,65	1,02
10	0,44	1,02
11	1,13	1,16
12	1,33	1,24
13	0,48	0,87
14	0,52	0,87
15	3,07	0,95
16	4,17	1,02
17	0,70	1,09
18	0,77	1,09

Caso	AV decimal (puntos)	AV Snellen decimal
19	0,43	0,36
20	0,38	0,65
21	0,80	0,87
22	0,73	0,87
23	0,64	0,87
24	0,61	0,87

Cada caso está representado en ambas columnas, lo que significa que son dos muestras pareadas y susceptibles de análisis estadístico en tal modalidad para determinar si las diferencias entre las muestras son estadísticamente significativas o no. La tabla 2 muestra los resultados del análisis. De acuerdo con el juego de hipótesis expresado anteriormente, se trata de efectuar una prueba t para dos colas (figura 2).

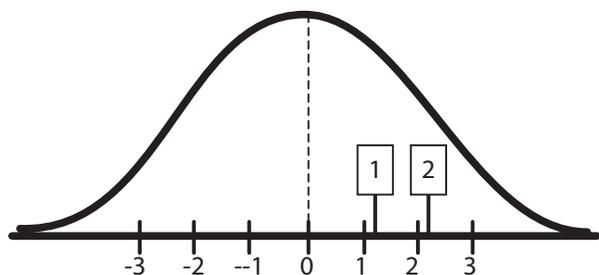
**TABLA 2. PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA DOS MUESTRAS PAREADAS**

	Puntos	Snellen
Media	1,158031593	0,933145133
Varianza	1,072361523	0,035559102
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0,415732749	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	1,132987714	
P(T<=t) una cola	0,134446205	
Valor crítico de t (una cola)	1,713871517	
P(T<=t) dos colas	0,268892409	
Valor crítico de t (dos colas)	2,068657599	

Los resultados significativos fueron los siguientes:

Valor alfa: 0,05  
 Confiabilidad: 95% (0,95)  
 Correlación de Pearson: 0,415732749  
 1. Estadístico t: 1,132987714

2. Valor crítico de t	
(dos colas):	2,068657599
3. P ( $T \leq t$ ) dos colas:	0,268892409
Confiabilidad dada por P:	73,11% (0,7311)



**FIGURA 2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO. 1: ESTADÍSTICO T; 2: VALOR CRÍTICO T**

## DISCUSIÓN

A primera vista, se observan diferencias entre los datos obtenidos por los métodos ya descritos pero tales diferencias no tienen uniformidad. En unos casos, la agudeza es mayor por un método y en otros, por el otro. Los promedios de cada método (1,16 y 0,93) dan una ligera desventaja a la agudeza tomada con los puntos luminosos. La dispersión de los datos (1,07 y 0,96) es ligeramente menor en la agudeza Snellen, pero realmente no se ven diferencias importantes. Existe también una moderada correlación (Pearson: 0,415732749) entre los dos métodos de medir la agudeza visual.

El análisis estadístico muestra que no existe una diferencia significativa entre la agudeza visual derivada del “mínimo separable” y la derivada del “mínimo legible” de Snellen. De hecho, el estadístico  $t$  (1,132987714) es inferior al crítico  $t$  (2,068657599), lo que significa que no se puede rechazar la hipótesis nula por carecer de suficiente evidencia para aceptar la alternativa. Adicionalmente, el valor- $p$  para 2 colas (0,268892409) es superior al valor alfa (0,05) escogido. Esto significa que existe una probabilidad

apreciablemente alta (26,889%) de cometer un error tipo I de rechazar equivocadamente la hipótesis nula. Por último, el valor- $p$  también determina que el nivel de confianza realmente es del 73,11% en vez del 95% que se había escogido previamente, lo cual es bastante bajo.

## CONCLUSIONES

La conclusión que se deriva de este estudio es que el “mínimo legible” escogido por Snellen para diseñar sus optotipos es comparable con el “mínimo separable” sobre el cual se fundamenta la discriminación óptico-fisiológica de los detalles en los objetos (Watt, 2003).

## AGRADECIMIENTO

A la doctora Gloria Marcela Contreras por su invaluable apoyo y colaboración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Borish, I.M. (1970). *Clinical refraction*. Chicago: The Professional Press.
- Bruce, V., Georgeson, M. y Green, P. (1996). *Visual perception, physiology, psychology and ecology*. United Kingdom: Psychology Press.
- Consilium Ophtalmologicum Universale (1984). *Visual acuity measurement standard*. Consultado el 3 de febrero del 2010 en [www.icoph.org/dynamic/attachments/resources/icovisualacuity1984.pdf](http://www.icoph.org/dynamic/attachments/resources/icovisualacuity1984.pdf).
- Duke-Elder, S.S. (1968). *The physiology of the eye and of vision. System of Ophthalmology*. Londres: Henry Kimpton.
- Millodot, M. (2009). *Dictionary of optometry and visual science*. Butterworth Heinemann Elsevier.
- Montgomery, T. (1998). *Visual acuity*. Consultado el 25 de febrero del 2010 en [http://www.tedmontgomery.com/the\\_eye/acuity.html](http://www.tedmontgomery.com/the_eye/acuity.html)

Pascal, J. (1952). *Selected studies in visual optics*.  
Saint Louis: The C. V. Mosby Co.

Wade, N. y Swanston, N. (2001). *Visual perceptions*.  
United Kingdom: Psychology Press.

Watt, W. (2003). *How visual acuity is measured*.  
Consultado el 2 de marzo del 2010 en [www.mdsupport.org/library/acuity.html](http://www.mdsupport.org/library/acuity.html).

Webb, P. (1964). *Scientific and technical information division. Section 17. Vision*. Consultado el 2 de febrero del 2010 en <http://vision.arc.nasa.gov/personnel/al/papers/64vision/17.htm>.

Wilkinson, M. (2006). *Types of visual acuity testing*. Consultado el 13 de enero del 2010 en [www.medrounds.org/optics-review/2006/05/31.html](http://www.medrounds.org/optics-review/2006/05/31.html)