

Técnica estenopeica; reproducción visual de la realidad.

Una estrategia didáctica interactiva e interdisciplinaria para el proceso de aprendizaje¹

Stenopeic technique; visual reproduction of reality.

An interactive and interdisciplinary didactic strategy for the learning process

Hilda Vidalia González Sandoval²

Luis Rogelio Valadez Gill³

Alicia Almanzar Curiel⁴

Francisco Alberto Monroy Luna⁵

González S, Hilda. Valadez, G, Luis. Almanzar C, Alicia. Monroy L, Francisco
miradas N°2 – 2019 ISSN digital N° 2539-3812 Págs 9 - 27

Recepción: Febrero 28 de 2019

Aprobación: Junio 10 de 2019

Publicación: Junio 30 de 2019

Resumen

Este artículo presenta los resultados cualitativos obtenidos después de aplicar una estrategia didáctica basada en la técnica estenopeica a los estudiantes del segundo semestre que asistieron al curso “Fotografía en color” de la Licenciatura en Diseño para la Comunicación Gráfica del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara – México durante el ciclo escolar 2017-B.

1 Proyecto de Investigación: Técnica Estenopeica, proceso de aprendizaje interdisciplinario. Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, Universidad de Guadalajara. Cuerpo Académico CA:803

2 Docente. Tiempo Completo Titular B. del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. (CUAAD) de la Universidad de Guadalajara. Cuerpo Académico CA:803. Correo Electrónico hildavidalia@hotmail.com.

3 Docente. Tiempo Completo Titular C del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. (CUAAD) de la Universidad de Guadalajara. Correo Electrónico rogeliovaladez@yahoo.com.mx

4 Docente, Tiempo Completo del Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS), Universidad de Guadalajara Correo Electrónico aliciaalmanzarcuriel@yahoo.com.mx

5 Docente Certificado por la Subsecretaría de Educación Media Superior Federal a través del CERTIDEMS. Sistema de Educación Media Superior. Correo Electronico monroyluna@hotmail.com

El estudio es experimental con la intervención de una práctica didáctica basada en el aprendizaje significativo, en dos grupos de control integrado por siete estudiantes que recibieron instrucción, recopilaron información, diseñaron, exploraron y experimentaron con cámaras estenopeicas fabricadas por ellos y registraron sus experiencias. Se identificaron procesos de aprendizaje significativos relacionados con la propagación, la influencia y color de la luz, el enfoque, la nitidez, el punto de fuga y el tamaño de las imágenes perceptibles en la cámara estenopeica, se concluye que es una herramienta eficaz en procesos de aprendizaje interactivo.

Palabras clave: técnica estenopeica, aprendizaje, interdisciplinar, óptica.

Abstract

This article presents the qualitative results obtained after applying a didactic strategy based on the stenopeic technique to students of the second semester who attended the course “Color Photography” of the Degree in Design for Graphic Communication of the University Center of Art, Architecture and Design (Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño) of the University of Guadalajara – Mexico (Universidad de Guadalajara) during the 2017-B school cycle.

The study is experimental with the intervention of a didactic practice based on meaningful learning, in two control groups integrated by seven students each, who received instruction, collected information, designed, explored and

experimented with pinhole cameras manufactured by them and recorded their experiences. Meaningful learning processes related to the propagation, the influence and color of the light, the focus, the sharpness, the vanishing point and the size of perceptible images in the pinhole camera were identified, it is concluded that it is an efficacious tool in processes of interactive learning.

Keywords: Stenopeic technique, learning, interdisciplinary, optics.

Introducción

La técnica estenopeica es un estrategia didáctica que confronta a los alumnos con el conocimiento rescatando saberes previamente adquiridos conjugándolos con la teoría, la experiencia y la práctica, retoma conceptos básicos relacionados con la óptica, la propagación de la luz, el color luz, la influencia de la luz en la generación de imágenes, el enfoque, la nitidez, el tamaño de la imagen, ángulos y puntos de vista relacionados con la escena captada en una pantalla de cuyo principio deriva la perspectivas.

La técnica estenopeica utilizada por los pintores a partir del siglo XV y pioneros de la fotografía en el siglo XIX, es una herramienta didáctica que rompe con los modelos pedagógicos convencionales, propicia en los alumnos el interés por conocer, explorar y experimentar utilizando procedimientos artesanales, unifica las bases teóricas que dieron vida a la fotografía análoga y digital con la óptica, las matemáticas, la geometría, la simetría, la representación y expresión gráfica.

Nos interesa resignificar procesos de aprendizaje interactivos e interdisciplinarios olvidados como es el de la técnica estenopeica, vinculando a los alumnos con los primeros conceptos e instrumentos artesanales que determinaron las bases teóricas y prácticas en la reproducción de imágenes generadas por la luz a través del dibujo y la fotografía.

Consideramos que la intervención educativa en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara no debe alejarse de procedimientos y estrategias artesanales en la construcción de conocimientos que incorporen “los siguientes aspectos: El alumno debe ser animado a conducir su propio aprendizaje, que consiste en pasar de la dependencia a la autonomía; La experiencia adquirida por el alumno debe facilitar su aprendizaje (el cambio y la innovación); La práctica de enseñanza/aprendizaje debe ocuparse más de los procedimientos y las competencias que de los conocimientos extractos. (...) Partir de las experiencias del alumno (...); Introducir la globalización y la interdisciplinariedad; Orientar el aprendizaje hacia la solución de problemas generados por el contexto del alumno (...)” (Océano Grupo editorial. s.f., Vol 2, p. 759)

Un poco de historia

Existen testimonios del uso de la cámara estenopeica por los árabes en el año 1000 antes de Cristo, “Algunos autores mencionan la presencia de cámaras oscuras en el Lejano Oriente relacionadas con el filósofo chino

MO TI (470-391 A. de C), [...]”, Aristóteles narra sobre el fenómeno generado con la cámara, sin embargo, no logró comprender como se proyectan objetos naturales a través de ella, creía que eran los ojos los que emitían rayos de luz, su sistema filosófico se basa en que los conocimientos provienen de los sentidos, “nada hay en la mente que no haya estado antes en los sentidos”. (Casas, 2004, p.12)

A mediados del siglo XV y durante el siglo XVI es cuando se le da a la cámara estenopeica un uso dentro del dibujo y la pintura, “los pintores en su interés por reproducir escenas reales utilizaron la cámara para reproducir una correcta perspectiva de sus obras” (2004, p.17), Leonardo da Vinci realizó estudios de la cámara en su CODEX ATLÁNTICOS, donde describe el fenómeno óptico generado por la luz al interior de un habitación; en el siglo XVI el monje benedictino Dom Papnutio de Panuce prosigue los estudios de Leonardo da Vinci para mejorar la imagen proyectada en el interior de la cámara estenopeica. En el año 1550 Girolamo Cardano logra definir las imágenes y aumentar su luminosidad utilizando un lente biconvexo, al colocarlo en el orificio de la cámara estenopeica obtiene una mayor nitidez y luminosidad, finalmente Giovanni Battista Della da a conocer su cámara estenopeica en el año 1558 en su primera publicación, y en una segunda edición en el año 1589, como parte de una serie de libros titulados “Magia Naturallis”.

Al paso del tiempo la cámara estenopeica fue reduciendo su tamaño, el profesor jesuita de origen alemán Johannes Zahn

logró que los artistas del siglo XVII y XVIII la utilizaran para copiar paisajes y retratos. El modelo básico de Zahn, diseñado en 1685, es una cámara réflex que se mantuvo sin grandes cambios hasta el siglo XIX, tenía “el adelanto de un espejo en un ángulo de 45° respecto de la lente, de tal manera que la imagen era reflejada hacia lo alto de la caja. Allí estaba colocado un vidrio esmerilado, el cual podía ser cubierto con un papel de trazado y así copiar fielmente la imagen.” (Casas, 2004, p.23)

La incorporación del espejo a la cámara estenopeica contribuyó en el desarrollo de la teoría de la perspectiva, creando los pintores del siglo XVII el concepto de perspectiva de un solo punto de fuga o perspectiva lineal, se definió “como el arte de representar los objetos en la forma y la disposición con que aparecen ante la visión humana” (Márquez Arango, M. A. (2012, septiembre 14, p. 12)

La mayor referencia que se tiene sobre el uso de la cámara estenopeica por los pintores del siglo XVIII son los paisajes de Canaletto, sin embargo, fue abandonada esta técnica con el surgimiento de la fotografía en el siglo XIX, para luego ser retomada la técnica estenopeica en el siglo XX, en los años 1950 y 1960 es utilizada como instrumento óptico para obtener dibujos en perspectiva a un punto de fuga, en la fotografía es utilizada de manera experimental, adquiriendo mayor popularidad entre los fotógrafos en los años 1970 y 1990.

Con el advenimiento de la web la cámara estenopeica es introducida

en las redes sociales, hoy es posible acceder al uso de la cámara estenopeica en la reproducción de imágenes mediante el dibujo y la fotografía en diferentes páginas web, es un retorno de las técnicas artesanales de los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX que vincula a los educandos con los orígenes y bases teóricas de la fotografía y la perspectiva en la representación y expresión gráfica.

Entre la técnica estenopeica y el aprendizaje significativo

En la representación gráfica, la percepción visual y la observación se conjugan en un proceso activo “iniciamos un proceso de discernimiento visual y codificación mental de espacios, objetos y sujetos, como de sus características espaciales; es una realidad captada por medio de la vista, se vinculan aprendizajes previos con lo observable” (Stephen Kosslyn, julio 1999), ello es así porque durante la observación y reproducción de la realidad a través de técnicas artesanales intervienen aspectos cognitivos

“Me refiero a operaciones tales como la exploración activa, la selección, la captación de lo esencial, la simplificación, la abstracción, el análisis y la síntesis, el completamiento, la corrección, la comparación, la solución de problemas, como también la combinación, la separación y la puesta en contexto. Estas operaciones no son prerrogativa de

ninguna de las funciones mentales; son el modo en el cual tanto la mente del hombre como la del animal tratan el material cognitivo en cualquier nivel. No existe diferencia básica en este respecto, entre lo que sucede cuando una persona contempla directamente el mundo y cuando se sienta con los ojos cerrados y piensa” (Arnheim, 1993, p. 20).

La técnica estenopeica es un estrategia didáctica que confronta a los alumnos con el conocimiento, conjugando la teoría, experiencia y la práctica, retoma saberes básicos relacionados con la óptica, la geometría, la simetría y el cálculo matemático, para ser aplicados en el estudio de la propagación de la luz, el color luz, la influencia de la luz en la generación de imágenes, el enfoque, la nitidez, el tamaño de la imagen, el cálculo de distancias focales y ángulos de cobertura, calculados y captados en una pantalla o sustrato fotográfico de cuyo principio derivan los objetivos o lentes telefotos, angulares y normales utilizados en cámaras fotográficas réflex análogas y digitales, cámaras fotográficas semiprofesionales y compactas, así como la identificación de perspectivas a un punto de fuga necesarias en el trazo de dibujos de las imágenes reflejadas por la luz.

El término “estenopeica” proviene del “griego stenopos/ paso estrecho/ desfiladero. También se la conoce por su nombre en inglés pinhole = agujero de alfiler” (Tubío, 2011, p. 1), en el

campo de la cognición contribuye en la “decodificación de la realidad en imágenes visuales que reflejan las miradas de quiénes la capturan” (Márquez Arango M. A., septiembre 2012, p. 14).

La técnica consiste en la generación de imágenes al interior de un espacio herméticamente cerrado al paso de luz; a partir de un pequeño orificio en una de sus paredes permite el ingreso de tan solo un rayo de luz logrando captar una imagen invertida sobre su cara posterior, ello es posible por el fenómeno generado por la propagación de la luz en línea recta

“Es una selección de haces de luz que al pasar a través del pequeño agujero se puede formar una imagen real, es decir, una imagen que puede ser recogida en una pantalla o superficie plana. Esta imagen se va a formar sólo si se mantiene una proporción constante entre las distancias de los puntos del objeto y las distancias entre los puntos de la imagen” (Casas. 2004, pp. 11,12)

La construcción de una cámara estenopeica no requiere de una gran destreza, sin embargo, precisa de conocimientos técnicos y matemáticos en el logro de la formación de la imagen. Existe una relación entre estenopo o agujero, tiro o distancia focal, ángulo de cobertura y pantalla donde se proyecta la imagen.

– El **Estenopo** por donde ingresa la luz a la cámara, “funciona como un filtro que limita la cantidad de luz que llega al plano donde se proyecta la imagen” (Menéndez Díaz, J. Ángel, 2006) “Un estenopo forma una imagen circular utilizable de aproximadamente 125° en un soporte de registro plano” (Tubío, 2011, p. 2). El orificio limita la entrada de luz en la cámara, el tamaño del diámetro determina la calidad de la imagen

– El **Plano focal** es el espacio o superficie donde es proyectada la imagen, el tamaño del círculo de imagen está relacionado al tiro y al estenopo, “Un tiro dado produce una imagen de un diámetro aproximado a 3 veces su medida. Por ejemplo, una cámara de 10 mm de tiro (10 mm de distancia entre el estenopo y el plano de registro) dará un círculo de 30 mm de diámetro aproximadamente” (2011, p. 3).

– **Ángulo de cobertura**, es la imagen que cubre la pared posterior del interior de la cámara. Se deriva de la relación entre la distancia focal y el plano focal, como se dijo en párrafo anteriores, la relación entre estos elementos es inversamente proporcional, a menor distancia focal se obtiene un mayor ángulo de cobertura (gran angular) y a mayor distancia focal genera un menor ángulo de cobertura (tele).

– El **Tiro** es un término utilizado en fotografía estenopeica, está relacionado con la distancia focal, espacio existente entre el estenopo y el plano focal donde se proyecta

la imagen, es decir de la relación entre el estenopo y el tiro depende el tamaño y calidad de la imagen, está relacionada con el ángulo de cobertura, luminosidad, nitidez, Fontcuberta, J., (1990: 83) lo explica: “La claridad de la imagen es inversamente proporcional a la separación que corresponderá a la distancia entre el estenopo y el plano de proyección y directamente proporcional al diámetro del estenopo”. Por consiguiente “a menor distancia focal mayor será el ángulo de cobertura y viceversa, a mayor distancia entre el orificio y el plano focal menor el ángulo” (Márquez Arango M. A. septiembre 2012, p. 51).

En la obtención de una imagen óptima que posibilite su reproducción, se deben relacionar las variables que determinan la nitidez de una imagen; la dimensión de la pantalla donde se proyectara la imagen, la distancia focal, el diámetro del estenopo, la ubicación y distancia entre el objeto que se busca proyectar con el orificio o estenopo.

Se debe tener en cuenta si el estenopo es demasiado grande respecto a la distancia focal o tiro la imagen que se proyecta en la pared interior de la cámara se verá borrosa, por el contrario, si el estenopo es demasiado pequeño puede perder nitidez si no guarda relación con la distancia focal por el efecto derivado de la difracción.

“En el cálculo del estenopo, se mide el tiraje y esa medida se multiplica por 0.0016, al resultado se saca

raíz cuadrada. Es decir que la formula se expresa así: $d = \sqrt{0.0016 \times \text{Distancia Focal (en mm)}}$, en donde d es el diámetro del estenopo y la distancia focal se expresa en milímetros. El resultado de esa operación corresponde a las dimensiones del estenopo de la cámara oscura.” (Sosa, 2011).

Aplicando la formula a $d = \sqrt{0.0016 \times 10 \text{ cm}}$ obtenemos un estenopo de 0.1264 cm.

En caso de contar con el diámetro o estenopo, es necesario calcular el tiro mediante la fórmula $F = 625d^2$, “F” corresponde al tiro y “d” al diámetro ” (Fontcuberta, 1990).

$F = 625(0.1264^2)$ tendríamos un tiro de 9.9856 es aproximado a la distancia previamente calculada.

En la proyección de una imagen de 30 cm de diámetro, el plano focal deberá contar con un tamaño aproximado de 30 x 30 cm, si consideramos que “Un tiro dado produce una imagen de un diámetro aproximado a 3 veces su medida. Por ejemplo, una cámara de 10 mm de tiro (10 mm de distancia entre el estenopo y el plano de registro) dará un círculo de 30 mm de diámetro aproximadamente” (Tubío, 2011, p. 3), entonces 30 cm de diámetro de imagen requiere de un tiro de 10 cm.

La determinación de la proyección del objeto o sujeto visible en la pantalla, debe tenerse en cuenta el tamaño de la pantalla, el tamaño del objeto o sujeto, la distancia del estenopo al objeto o sujeto y distancia del estenopo a la pantalla se obtiene aplicando la formula:

$$\frac{\text{Tamaño de imagen} = \text{Tamaño del objeto} \times \text{distancia entre la pantalla al estenopo}}{\text{distancia del objeto al estenopo}}$$

Por último para obtener una imagen nítida se debe relacionar el tamaño de la pantalla, (en el caso de pantallas rectangulares se considera el lado mayor), su distancia o tiro con el estenopo (distancia focal), y distancia entre el estenopo y la ubicación del objeto exterior. Así como el tamaño del objeto o sujeto exterior mediante la siguiente formula:

$$\frac{\text{Imagen nítida} = \text{diámetro del estenopo (distancia del objeto al estenopo} + \text{distancia entre la pantalla y el estenopo)}}{\text{distancia del objeto al estenopo}}$$

El método

En este apartado se reseñan la metodología utilizada, las experiencias de los estudiantes y resultados de las actividades de aprendizajes en el taller implementado al inicio del curso de Fotografía en Color en el grupo bajo el registro NRC: 45071, Clave AV137 Sección A06, Calendario Escolar 2017-B de la Licenciatura en Diseño para la Comunicación Gráfica, del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara.

La técnica estenopeica se utilizó con el propósito de incitar a los alumnos a indagar sobre técnicas antiguas que han quedado en desuso en los currículos educativos con el advenimiento de los sistemas digitales.

El taller tuvo como objetivo identificar como los alumnos a través de la técnica estenopeica logran incorporar nuevos conocimientos articulándolos a saberes en desuso vinculados con la óptica, la geometría, la simetría, el cálculo matemático, y elementos básicos que conforman la cámara fotográfica réflex análoga y digital, utilizado como herramienta una cámara estenopeica creada por ellos.

Dentro de un proceso de aprendizaje significativo y colaborativo de manera particular se buscó que los alumnos logaran:

- La recopilación y estudio de principios teóricos relacionando con la óptica, el fenómeno óptico de la luz, el color luz, los elementos básicos de la cámara estenopeica (cámara oscura) utilizada por pintores y pioneros de la fotografía en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX.
- Cálculos matemáticos para determinar el estenope, el plano focal, el ángulo de cobertura y el tiro, necesarios en el diseño de la cámara estenopeica y determinación del tamaño de la pantalla donde se refleja la imagen que esperan obtener.

- Generar conciencia en la recuperación y reuso de materiales de desecho para la construcción de la cámara estenopeica.

- Construcción de una cámara estenopeica utilizando la información recabada.

- Experimentar con la cámara estenopeica, construyendo el conocimiento desde un análisis visual del entorno, identificando y registrando los fenómenos ópticos derivados por la luz en la imagen reflejada en la pantalla colocada al interior de la cámara; color luz identificado, formas proyectadas, tamaño y la nitidez de las imágenes generada por la luz en relación al tamaño del estenope y distancia de tiro.

- Análisis de los resultados obtenidos.

Para lograr los objetivos e hipótesis planteada dentro del taller se realizó una investigación experimental, los alumnos integrados en dos grupos de control (siete por cada grupo), se sometieron a una práctica pedagogía orientada al desarrollo de aprendizajes significativos y colaborativos, y una estrategia didáctica consistente en la resolución de problemas.

El proyecto se desarrolló en tres fases: En la primera fase, se recabó la información referente a los temas y conceptos asociados a los antecedentes y características físicas de la cámara estenopeica, el fenómeno físico de la luz, el estenope y diámetros, el tiro, el plano focal y el ángulo de cobertura.

En la segunda fase, se presentó el proyecto a los alumnos, solicitando que formaran dos equipos de trabajo conformados por siete alumnos cada uno, fueron orientados en la consulta, análisis, intercambio y síntesis de la información, relativa a la propagación de la luz, el color luz, la influencia de la luz en la generación de imágenes, el enfoque, la nitidez, el tamaño de la imagen, cálculo de distancias focales y ángulos de cobertura relacionado con la escena captada en una pantalla; en la determinación del tamaño de la cámara estenopeica, sus componentes, características y materiales, los alumnos realizaron las siguientes actividades:

- En el cálculo del diámetro del estenopo utilizaron la medida de tres distancias de tiro multiplicándola por 0.0016, a cuyo resultado le sacaron raíz cuadrada.
- En la determinación del tamaño de la pantalla donde se proyectará la imagen, los jóvenes relacionaron la distancia mayor del tiro respecto al estenopo, tomaron en cuenta que el tiro produce una imagen de un diámetro aproximado a 3 veces mayor a la medida entre el estenope y la pantalla.
- En consideración a que el tamaño de la imagen se incrementa en la medida que se crece el tiro (distancia focal), en la distancia máxima y mínima de la cámara, el ángulo de cobertura se calculó tomando el tamaño de la imagen, la distancia focal o tiro, y el diámetro del estenopo ubicando al centro de la cara frontal de la cámara el estenopo.

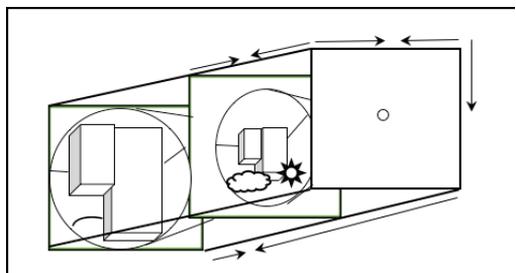
- En el cálculo de una imagen nítida los alumnos seleccionaron el objeto o sujeto a proyectar, su tamaño y ubicación en relación al tamaño de la pantalla, las diferentes distancia o tiros (distancia focal), y distancia entre el estenopo y la ubicación del objeto exterior. Utilizaron la siguiente formula, registrando en una tabla la dimensión de la pantalla, diámetro del estenopo, distancia entre la pantalla y el estenopo y distancia del objeto al estenopo, utilizando las siguiente formulas:

$$\text{Tamaño de imagen} = \frac{\text{Tamaño del objeto} \times \text{distancia entre la pantalla al estenopo}}{\text{Distancia del objeto al estenopo}}$$

$$\text{Imagen nítida} = \frac{\text{diámetro del estenopo} (\text{distancia del objeto al estenopo} + \text{distancia entre la pantalla y el estenopo})}{\text{Distancia del objeto al estenopo}}$$

En la selección del material a reciclar y tamaño de la cámara estenopeica, los alumnos tomaron en cuenta el tamaño de la imagen que desearon obtener, el tiro o distancia focal máxima y mínima relacionado con estenopo y los diámetros de los estenopos, como se ejemplificada en la figura 1.

FIGURA 1. Formación de imagen en cámara estenopeica de pantalla deslizante.



En la tercera fase, los alumnos elaboraron dos prototipos sencillos uno por cada equipo de trabajo, diseñaron una cámara cilíndrica de extensión variable y una cámara rectangular de pantalla desplazable.

Cámara rectangular de pantalla desplazable.

En la primera etapa, se procedió a la construcción de la cámara estenopeica de pantalla desplazable, los alumnos del equipo uno utilizaron:

- Una caja de cartón reciclada.
- Papel mantequilla.
- Cinta adhesiva.
- Trozo de tela opaca de 1.50 mts. Que no permite el paso de la luz.
- Cartulina negra.
- Espejo.

Los educandos recortaron a la cara superior de la caja un recuadro de 10 x 8 cm, la cara previamente recortada se utilizó en la tapa deslizada colocada en el orificio de la cara superior.

Posteriormente para la ubicación del orificio que permita el paso de la luz en la cara frontal, los alumnos realizaron el cálculo de cobertura de la imagen que se proyectará en la pantalla de 12 x 17 cm (elaborada en relación al tamaño del área disponible en la caja) y el espejo colocado con una inclinación a 45° en la cara posterior de la caja, en la cara frontal se realizó el orificio de 2 x 2 mm donde se colocaron las laminillas que contienen los diámetros del estenopo.

En el cálculo del estenopo se consideraron los tiros 5, 10 y 15 cm, los cuales se multiplicaron por 0.0016 al resultado se sacó la raíz cuadrada, obteniendo los diámetros 0.28, 0.40, 0.48 mm.

En tres trozos de papel aluminio cortados en recuadros de 2 x 2 cm, se realizaron perforaciones por cada diámetro obtenido con las agujas número 16, 11, y 10 que equivalen a 0.25, 0.40 y 0.46 mm; para obtener los diámetros 0.28 y 0.48 se abrió el orificio girando las agujas números 16 y 10 hacia los extremos, luego fue lijada la superficie de la lámina evitando residuos que pudieran obstruir la visibilidad.

En la determinación de la ubicación del estenopo en la cara frontal de la caja de cartón se consideró el tamaño máximo de la imagen que se proyectaría en la pantalla previamente elaborada, la inclinación del espejo, las distancias de los tiros previamente calculados, determinando su ubicación al centro de la cara frontal. El orificio en la caja fue colocado al centro con un diámetro de 2 mm, en su extremo inferior y laterales fue colocado unas guías de cartón que facilitaron el deslizamiento de las láminas de papel aluminio con el orificio del estenopo.

Finalmente fue sellada toda la cámara, colocando bolsas de plástico negras en el lado opuesto para facilitar el ingreso de un alumno en la cámara, evitando el paso de la luz del exterior, se solicitó a los alumnos orientaran el estenopo hacia el objeto que recibe la luz. La siguiente imagen número 1 ejemplifica el procedimiento seguido por los

alumnos en la fabricación de la cámara estenopeica rectangular de pantalla desplazable.

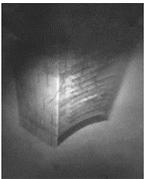
IMAGEN 1. Fabricación de Cámara Estenopeica de pantalla desplazable



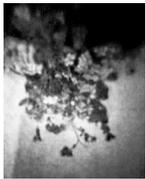
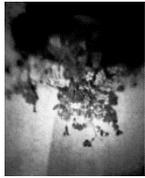
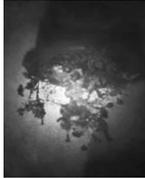
En la primera práctica, en diferentes momentos los alumnos deslizaron la pantalla ubicándola a diferentes distancias en relación al estenopo y espejo situado al extremo opuesto donde se proyecta la imagen al interior de la cámara, por cada distancia de

tiro intercambiaron las laminillas que contenían los orificios de los estenopos (.28, .40, 0.48 mm. de diámetro) cada uno de los alumnos analizo las imágenes proyectadas en la cara superior provenientes del espejo inclinado a 45° en el interior de la cámara, dictaban lo que en el espejo visualizaban a otro de sus compañeros. Las imágenes obtenidas fueron registradas con una cámara de celular, la tabla 1 relaciona la hora y día de registro fotográfico con las variables de estudio; estenopo, tiro o distancia focal, plano focal, ángulo focal, color luz., diámetro de estenopo, ángulo de cobertura, en relación al cálculo matemático para la obtención de una imagen idónea.

TABLA 1 Registro de resultados, utilizando la cámara estenopeica de pantalla desplazable.

No	DÍA	HORA	ESTENOPO	TIRO	ANGULO DE COBERTURA	COLOR LUZ	NITIDEZ	IMAGEN*
1	1	9:00	.28	5	Menor cobertura visual, se observa una sección del edificio.	Día con nubosidad, predominan los tonos grises, por reducción de rayos infrarrojos.	Buena definición al centro del edificio reduciendo hacia los extremos. Se advierte distorsión en la base del edificio.	
2	1	9:30	.28	10	Aumenta la cobertura visual, se aprecia cierta volumetría en la sección del edificio.	Se acentúan los tonos grises,	Buena nitidez, se amplía el campo visual, los detalles del edificio son notorios.	
3	1	10:00	.28	15	Mayor Cobertura el edificio se observa más alejado.	Se advierten los tonos en gris.	Presenta mayor nitidez el edificio. Se advierte la perspectiva del edificio generada por la toma baja de la fotografía.	

Continuación TABLA 1 Registro de resultados, utilizando la cámara estenopeica de pantalla desplazable.

No	DÍA	HORA	ESTENOPO	TIRO	ANGULO DE COBERTURA	COLOR LUZ	NITIDEZ	IMAGEN*
4	2	11:00	.40	5	Menor cobertura visual los objetos se observan cercanos.	Se aprecia equilibrio en colores luz.	Muy buena nitidez, los detalles y se aprecian con más detalle.	
5	2	11:30	.40	10	Aumenta cobertura, los objetos se alejan observando más elementos.	Se aprecia equilibrio tonal derivado por la luz	Se amplía el campo visual, se visualiza, perdiendo nitidez en los extremos.	
6	2	11:00	.40	15	Cobertura completa, se aprecian mayor número de elementos.	Normal equilibrio en	Mayor incremento de campo visual, sin embargo, pierde nitidez al dispersarse los rayos de luz.	
7	3	14:00	.48	5	Menor cobertura visual, los objetos se observan cercanos.	En equilibrio.	Nitidez excelente, se definen perfectamente las líneas y detalles en la imagen.	
8	3	14:30	.48	10	Aumenta cobertura, los objetos se alejan observando más elementos.	En equilibrio.	Excelente nitidez al centro.	
9	3	15:00	.48	15	Cobertura completa se aprecian mayor número de elementos.	En equilibrio.	Nitidez reducida por la dispersión de los rayos de luz en la pantalla, se advierte distorsión del edificio por el ángulo de toma.	

Cámara cilíndrica de extensión variable

En la primera etapa se procedió a la construcción de la cámara estenopeica cilíndrica de extensión variable los alumnos del equipo dos utilizaron:

- Dos tubos de cartón provenientes de papel higiénico y tijeras.
- Papel mantequilla para ser utilizado como pantalla.
- Cartulina negra para obstruir el paso de la luz y utilizarla como soporte para colocar diferentes tamaños de cartulina con diferentes diámetros de orificios (estenopo).

En el papel mantequilla y en la cartulina negra se trazó y recortó un recuadro de 8 x 8 cm realizando pequeñas secciones a los recuadros de papel para fijarlo con cinta adherible en uno de los extremos de dos tubos de cartón seleccionados por los alumnos.

En el tubo donde se fijó la cartulina negra, se realizó un orificio de aproximadamente de 2 mm de diámetro en el centro. En el cálculo del estenopo se consideraron diferentes distancias de tiro 4, 6, 9 cm los cual se multiplicaron

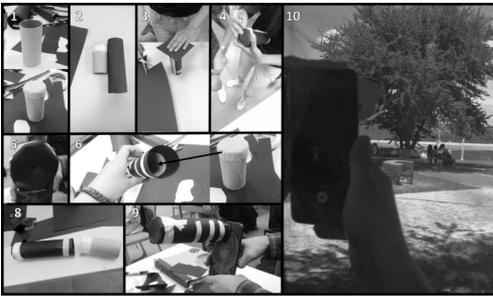
por 0.0016 al resultado se sacó raíz cuadrada, obteniendo el diámetro del estenopo 0.25, 0.30, 0.37. Se seleccionaron las agujas del 16, 14 y 12.

En tres trozos de papel aluminio cortados en recuadros de 2 x 2 cm se realizó un orificio por cada diámetro obtenido con las agujas número 16, 14, y 12 que equivalen a 0.25, 0.30 y 0.37 mm, luego fue lijada la superficie de la lámina evitando residuos que pudieran obstruir la visibilidad.

Con el objeto de identificar la definición idónea de la imagen proyectada en la pantalla y el color luz, el tubo que contenía el papel mantequilla fue introducido al interior del cilindro de cartón negro. Se solicitó a los alumnos orientaran la cámara y el estenopo hacia el objeto que recibe la luz para luego sobre el orificio de 2 mm de diámetro realizado a la cartulina negra colocar e intercambiar los trozos de papel aluminio perforados con las diferentes agujas, se solicitó buscaran identificar el estenopo y tiro óptimo que permitiera una mayor nitidez en la imagen, el color luz y los ángulos focales.

Las láminas de aluminio fueron intercambiadas guardando una relación con el tamaño de la pantalla, la distancia o tiro con el estenopo. Las imágenes obtenidas fueron registradas con una cámara fotográfica digital. La siguiente imagen 2 ejemplifica el procedimiento seguido por los alumnos.

IMAGEN 2. Fabricación de cámara estenopeica de extensión variable.



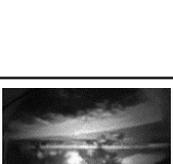
En un segundo momento se solicitó a los alumnos seleccionaran un objeto, determinaran su tamaño, su ubicación y distancia respecto a la cámara estenopeica, el estenopo y tiro que ofrecieran mayor nitidez de imagen en la práctica anterior. Los alumnos utilizaron las siguientes fórmulas para obtener la dimensión de la imagen que se proyectaría en la pantalla y su nitidez.

$$\text{Tamaño de imagen} = \frac{\text{Tamaño del objeto} \times \text{distancia entre la pantalla al estenopo}}{\text{Distancia del objeto al estenopo}}$$

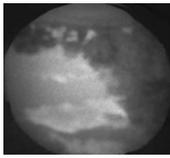
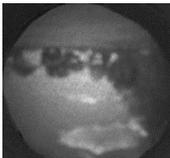
$$\text{Imagen nítida} = \frac{\text{diámetro del estenopo} \times (\text{distancia del objeto al estenopo} + \text{distancia entre la pantalla y el estenopo})}{\text{Distancia del objeto al estenopo}}$$

Las imágenes obtenidas fueron registradas con una cámara de celular, la tabla 2 relaciona la hora y día de registro fotográfico con las variables de estudio; estenopo, tiro o distancia focal, plano focal, ángulo focal, color luz., diámetro de estenopo, ángulo de cobertura, en relación al cálculo matemático para la obtención de una imagen idónea.

TABLA 2. Registro de resultados, utilizando la cámara estenopeica de extensión variable.

No.	DÍA	HORA	ESTENOPO	TIRO	ANGULO DE COBERTURA	COLOR LUZ	NITIDEZ	IMAGEN*
1	1	9:00	.25	4	Menor cobertura visual, se observa una sección del edificio.	reducción de colores calidos, dominan tonos fríos	Buena, se define la sección del edificio, y la dirección de las líneas hacia un punto de fuga.	
2	1	9:30	.25	6	Aumenta la cobertura visual, se aprecia cierta volumetría en la sección del edificio y mayor número de elementos.	Dominan los tonos fríos	Se amplía el campo visual, los elementos se definen, se aprecia una perspectiva oblicua formada por las líneas, aumenta la cobertura visual.	
3	1	10:00	.25	9	Mayor cobertura el edificio se observa completo.	Se reducen los tonos fríos.	El edificio se observa en su totalidad, presenta mayor nitidez y detalle de la construcción.	
4	2	11:00	.30	4	Menor cobertura visual los objetos se observan cercanos	Se aprecia equilibrio en colores luz	Campo visual amplio, se observa como forman las líneas una perspectiva a un punto de fuga, los objetos se reconocen, la nitidez es reducida y forma plastas.	
5	2	11:30	.30	6	Aumenta cobertura los objetos se alejan observando más elementos.	Se aprecia equilibrio en colores luz	Se amplía el campo visual, se visualiza como las líneas se dirigen a un punto de fuga, se definen perfectamente los elementos, la nitidez sigue siendo reducida formando plastas en los objetos con mayor alejamiento.	
6	2	11:00	.30	9	Cobertura completa se aprecian mayor número de elementos.	Normal en equilibrio.	Mayor incremento de campo visual, se observa la perspectiva formada por la totalidad de los elementos, sigue presentando poca nitidez y los objetos se ven como plastas.	

Continuación TABLA 2. Registro de resultados, utilizando la cámara estenopeica de extensión variable.

No.	DÍA	HORA	ESTENOPO	TIRO	ANGULO DE COBERTURA	COLOR LUZ	NITIDEZ	IMAGEN*
7	3	14:00	.37	4	Menor cobertura visual los objetos se observan cercanos.	Aumento de saturación de infrarrojos.	Nitidez reducida, ofrece baja definición en los elementos se ven como plastas y manchas.	
8	3	14:30	.37	6	Aumenta cobertura, los objetos se alejan observando más elementos.	Aumento de saturación de infrarrojos	Nitidez reducida, ofrece poca definición en los elementos, forman plastas.	
9	3	15:00	.37	9	Cobertura completa, se aprecian mayor número de elementos.	Reducción de infrarrojos	Nitidez reducida, mayor contraste en tonalidades favorece el reconocimiento de los elementos, se visualizan en forma de plastas.	

*La imagen estenopeica es invertida, presentan contornos circulares oscuros

Discusión de resultados

Se realizó un análisis cualitativo de los resultados: en una primera etapa, se advirtió en los alumnos inquietud por conocer que es o que genera la imagen invertida al interior de la cámara estenopeica, como es que el color luz se modifica en el transcurso del día y gana o pierde nitidez la imagen al intercambiar los estenopos en las cámaras, como influye la difracción y la refracción de la luz en la nitidez de las imágenes proyectadas, porque se genera la distorsión en las imágenes, lo cual los motivo a recabar información.

En lo relativo a la construcción del conocimiento, rescataron saberes previamente adquiridos con los adquiridos en el proceso de creación de la cámara estenopeica y producción de la imagen, unificando los principios básicos que dieron origen a la fotografía análoga y digital, con la óptica, las matemáticas y el medio ambiente observado en un trabajo colaborativo aprendiendo unos de otros.

Al realizar el cálculo matemático en la determinación del tamaño de la cámara, diámetro de los estenopos, distancias de tiro y tamaño de pantalla, los alumnos se posesionaron del conocimiento,

indagaron, calcularon, experimentaron y tomaron decisiones potencializando su aprendizaje.

Durante el desarrollo de la práctica se pudo advertir que la totalidad de los alumnos lograron identificar:

- Las imágenes proyectadas en las pantallas presentan una sombra circular en los extremos y los objetos se registraban invertidos
- La nitidez de la imagen está relacionada con el tamaño del estenopo, la intensidad de luz exterior recibida por el objeto, el tamaño del objeto, la distancia entre el objeto y el estenopo, y la distancia entre el estenopo y el tiro.
- Que el color luz solo puede reconocerse en la pantalla si el objeto es iluminado por la luz directa del sol, esto ocurrió en el lapso de las 12:00 p.m. a las 14:00 p.m.
- Reconocieron que a medida que se reduce el tamaño del estenopo la imagen es más nítida, pero empieza a perder intensidad de luz y cuando mayor es el tamaño del estenopo al pasar mayor cantidad de luz los objetos se proyectan en forma de manchas perdiendo nitidez y a medida que aumentaban el tiro al interior de la cámara, la imagen proyectada en la pantalla aumenta de tamaño, la luz reduce intensidad, afectando la nitidez de la imagen.
- Establecieron que la nitidez y tamaño de la imagen depende de la luz directa recibida en el objeto y la distancia existente entre el objeto exterior y el estenopo de la cámara.

- Reconocieron que los objetos que se encontraban alejados del estenopo de la cámara se proyectan en la pantalla más pequeñas lo cual permitió identificar la perspectiva y puntos de fuga proyectados en la pantalla, en cambio los que se encontraban cerca del estenopo se observaban más grades y con mayor detalle.
- Los alumnos lograron concluir que las fórmulas utilizadas en las practicas, son aplicables en primeros planos, plano entero o plano de detalle, de los que se tiene conocimiento de sus dimensiones, lo que no ocurre en el caso de planos generales o gran plano general, porque pierden nitidez al participar un gran número de elementos de distancia y tamaños diferenciados.

En relación a los diseños de las cámaras estenopeicas: cámara cilíndrica de extensión variable y cámara rectangular de pantalla deslizable, consideraron que la cámara rectangular de pantalla deslizable ofreció mayores posibilidades de maniobra lo que permitió obtener imágenes con mayor nitidez.

Consideraciones finales:

Se puede concluir por su reacción, que los alumnos se muestran interesados por conocer técnicas artesanales antiguas en la reproducción de imágenes y experimentar con ellas, articulando los acervos históricos y culturales que dieron origen a las tecnologías que hoy disponen en su práctica profesional. En el caso que nos ocupa fue culminada con el proceso de aprendizaje, para ellos fue mágico el lograr visualizar

imágenes y personas en movimiento a través de la cámara, es un vínculo entre el aprendizaje procedimental interactivos e interdisciplinarios donde “la práctica de enseñanza/aprendizaje se ocupe más de los procedimientos y las competencias orientadas hacia la solución de problemas generados por el contexto del alumno” (Océano Grupo editorial. s.f. Vol 2, p. 759).

No estamos en contra del uso de las nuevas tecnologías de información y comunicación en los procesos de aprendizaje si se vincula a aprendizajes procedimentales dando continuidad a la formación

“de personas que puedan ser capaces de seleccionar, actualizar y utilizar el conocimiento en un contexto específico, que sean capaces de aprender en diferentes contextos y modalidades y a lo largo de toda la vida y que puedan entender el potencial de lo que van aprendiendo para que puedan adaptar el conocimiento a situaciones nuevas” (Bozu, Zola, Canto Herrera P.J, 2009).

La técnica esteno-peica por su versatilidad y economía, resulta ser una estrategia didáctica factible de implementar en cursos de fotografía, expresión y representación gráfica en la Licenciatura de Diseño para la Comunicación Gráfica en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño de la Universidad de Guadalajara, ubicada en la Zona

Metropolitana de Guadalajara Jalisco, México; al ser una estrategia didáctica que enlaza la inteligencia visual e inteligencia espacial con la investigación y experimentación, favorecer la capacidad de visualización, reconocimiento y relación, de cálculo y proporción.

La técnica esteno-peica, puede ser una herramienta de trabajo relevante para los alumnos al partir de tareas que les facilitan comprender y asimilar el conocimiento, interpretando, seleccionando, observando, analizando, organizando, relacionando, concretizando y simplificando en un proceso mental que relaciona la inteligencia con la memoria.

Referencias Bibliográficas

- Arnheim, Rudolf (1993). Consideraciones sobre la educación artística. Fernando Inglés Bonilla (trad). Barcelona. Paidós.
- Bozu, Zoia; Canto Herrera P.J, (2009). El profesor universitario en la sociedad del conocimiento: competencias profesionales docentes. Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria, Vol.2, No. 2, 87-97.
- Casas, Miguel Adolfo. 2004. Magia y Ciencia: la invención de la fotografía. ISBN: 956-8150-23-4, Registro de Propiedad Intelectual N° 134.790, Santiago de Chile, Ed. Puerto Palos.
- Fontcuberta, Joan. (1990). Fotografía: conceptos y procedimientos. Una propuesta metodológica. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Sosa, K. (2011). Fotógrafo y docente especializado en fotografía estenopeica. Comunicación personal. Buenos Aires, 16 de Agosto de 2011.

Tubío, D. (2011). Apunte básico para Fotografía Estenopeica. (Fecha de consulta: 7 de mayo de 2017). Recuperado de: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/1771_3835.pdf

Marin, Alejandra. (s.f). Fotografía estenopeica. Cono de confusión. (Fecha de consulta: 25 de mayo de 2017). Recuperado de: <http://conodeconfusion.com.ar/estenopeica.html>

Márquez Arango, M. A. (2012, septiembre 14). De frente al estenopo. Fotografía estenopeica: Una propuesta educativa. Ed. Universidad de Palermo. Proyecto de Grado.

Menéndez Díaz, J. Ángel. (2006). Estenopo: Definiciones y conceptos básicos. Buenos aires: Apuntes de clase, Taller Fotográfico I. Universidad de Palermo.

Océano Grupo editorial. (s.f.). Las Estrategias Metodológicas. Enciclopedia General de la Educación. Vol 2; Barcelona España, Océano.

Stephen M. Kosslyn, (julio, 1999). "If neuroimaging is the answer, what is the question?", Philosophical Transactions of The Royal Society Biological Sciences, núm. 1387. disponible en: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/354/1387/1283.full.pdf+html?sid=5b246e97-ed93-48a9-af21-5e7421f281a6> (consultado el 11 de marzo de 2018).