



Apunte básico para Fotografía Estenopeica

Contenidos

- Formación de Imágenes con lente y con estenopo
- Estenopo óptimo: fórmulas y tablas
- Obtención del número f
- Geometría de la cámara estenopeica
- Cálculo de exposición
- Cálculo de ángulo de visión
- Cálculo de tamaño de la imagen
- Tablas de exposición
- Anillo para traslado de exposición

Apunte realizado por Daniel Tubío (última revisión octubre 2011)

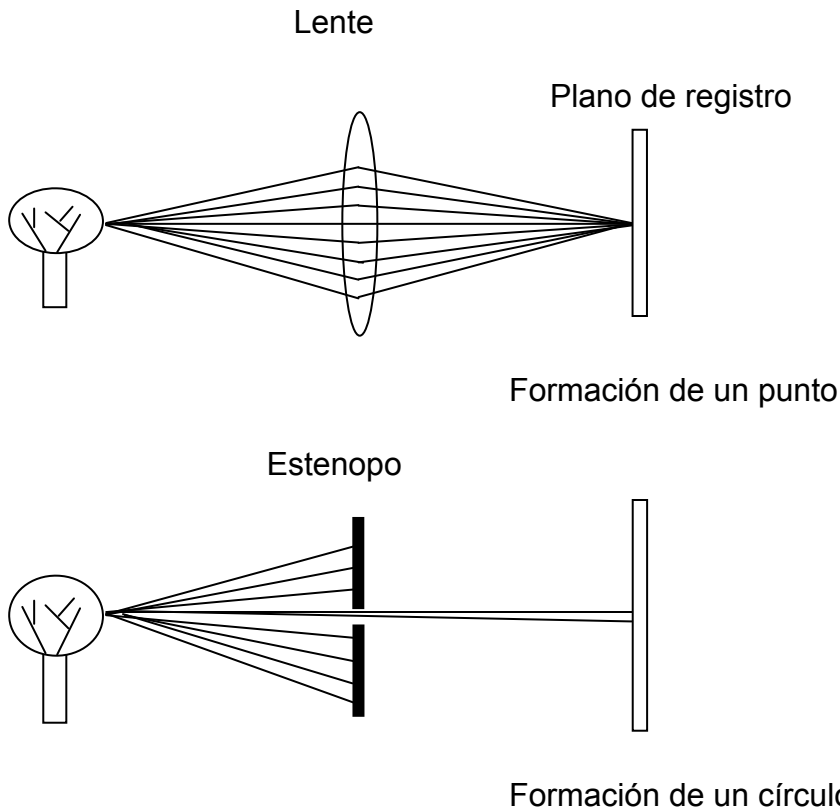
Fotografía Estenopeica

La fotografía estenopeica utiliza, para la formación y registro de imágenes, una cámara oscura con un pequeño orificio (estenopo). El nombre proviene del griego *στενωποζ* /*stenopos*/= *paso estrecho/desfiladero*. También se la conoce por su nombre en inglés *pinhole* = *agujero de alfiler*.

Las cámaras estenopeicas no producen imágenes tan nítidas como las cámaras provistas de lente. Tampoco pueden corregir las aberraciones cromáticas, por lo tanto si se usa material sensible color, cada color —cada longitud de onda— aparecerá ligeramente fuera de registro con relación a los demás.

Una imagen estenopeica, a causa del tamaño del orificio, es además tenue, por lo que los tiempos de exposición serán por regla general, largos.

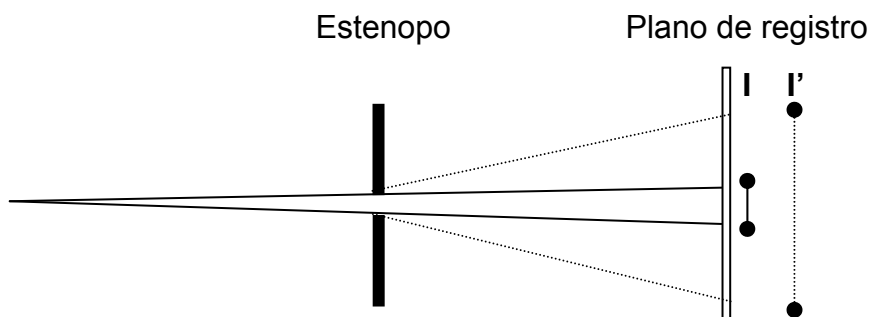
Para entender la diferencia en la formación de imágenes con lente o con estenopo imaginemos un punto en un objeto a determinada distancia de la cámara.



El lente hace converger todos los rayos provenientes de un mismo plano —aquel para el cual está enfocado— sobre el plano de registro (material sensible), y forma un solo punto con los rayos provenientes de cada punto.

El estenopo actúa más bien como un filtro, que selecciona un haz pequeño de rayos al que le permite continuar su trayectoria hasta el plano de registro formando sobre éste un círculo. Los haces de luz viajan en línea recta así que la imagen se proyectará invertida de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

Idealmente, un estenopo debería dejar pasar sólo un rayo de luz para obtener la mayor nitidez posible en la imagen proyectada. Esto sería cierto si no fuera por las características propias de los rayos luminosos que viajan en línea recta, pero vibran en todas direcciones mientras se desplazan. Esta característica determina el efecto conocido como difracción que se produce cuando las ondas de luz chocan con los bordes del estenopo.



I= tamaño del círculo de imagen sin difracción
I'= tamaño del círculo de imagen con difracción

Entonces, el tamaño del agujero debería ser lo suficientemente pequeño como para formar el círculo de imagen más pequeño –y nítido– posible y lo suficientemente grande como para que el efecto de difracción no perjudique la calidad de la imagen.

Fórmulas para el agujero óptimo

Para cada tiro existe un diámetro de agujero óptimo.

Robert Mikrut y Kenneth A. Connors desarrollaron un listado de tiros y sus correspondientes agujeros óptimos⁽¹⁾. Si el agujero es demasiado grande para el tiro la imagen será borrosa, si el agujero es demasiado pequeño la imagen también perderá nitidez por efectos de la difracción.

La fórmula que se sugiere para calcular el diámetro es la siguiente

$$D = (\sqrt{T}) \times 0.037$$

D = diámetro del estenopo en mm

T = tiro de la cámara en mm

0,037 = factor de cálculo (este factor considera la longitud de onda verde/amarilla como parámetro para la difracción)

(1) Medidas en mm / incremento de tiro en pasos de 10mm

Tiro	Estenopo	Tiro	Estenopo	Tiro	Estenopo	Tiro	Estenopo
10	0.1170	260	0.5966	510	0.8356	760	1.0200
20	0.1655	270	0.6080	520	0.8437	770	1.0267
30	0.2027	280	0.6191	530	0.8518	780	1.0334
40	0.2340	290	0.6301	540	0.8598	790	1.0400
50	0.2616	300	0.6409	550	0.8677	800	1.0465
60	0.2866	310	0.6515	560	0.8756	810	1.0530
70	0.3096	320	0.6619	570	0.8834	820	1.0595
80	0.3309	330	0.6721	580	0.8911	830	1.0660
90	0.3510	340	0.6822	590	0.8987	840	1.0724
100	0.3700	350	0.6922	600	0.9063	850	1.0787
110	0.3881	360	0.7020	610	0.9138	860	1.0851
120	0.4053	370	0.7117	620	0.9213	870	1.0913
130	0.4219	380	0.7213	630	0.9287	880	1.0976
140	0.4378	390	0.7307	640	0.9360	890	1.1038
150	0.4532	400	0.7400	650	0.9433	900	1.1100
160	0.4680	410	0.7492	660	0.9505	910	1.1161
170	0.4824	420	0.7583	670	0.9577	920	1.1223
180	0.4964	430	0.7672	680	0.9648	930	1.1283
190	0.5100	440	0.7761	690	0.9719	940	1.1344
200	0.5233	450	0.7849	700	0.9789	950	1.1404
210	0.5362	460	0.7936	710	0.9859	960	1.1464
220	0.5488	470	0.8021	720	0.9928	970	1.1524
230	0.5611	480	0.8106	730	0.9997	980	1.1583
240	0.5732	490	0.8190	740	1.0065	990	1.1642
250	0.5850	500	0.8273	750	1.0133	1000	1.1700

Número de diafragma (nº f)

Para obtener el nº f dividir el tiro por el diámetro del estenopo.

Geometría de la cámara estenopeica

Las imágenes de la cámara estenopeica tienen profundidad de campo infinita.

Todo, desde los objetos más cercanos hasta los más lejanos tendrán el mismo foco aceptable. De hecho el término profundidad de campo no es del todo adecuado a la fotografía estenopeica ya que no existe foco crítico (uno de los elementos que hacen a la profundidad de campo en la fotografía con lente). Todo aparecerá con foco aceptable pero no habrá ninguna área de la imagen con foco crítico. La única excepción para el foco aceptable son los objetos a 90 mts o más de la cámara: éstos aparecerán difusos a causa de la interposición de partículas atmosféricas, (humedad, polvo, etc.)

Un estenopo forma una imagen circular utilizable de aproximadamente 125º en un soporte de registro plano.

La imagen se desvanece del centro hacia los bordes como resultado del decrecimiento de la intensidad lumínica hacia los mismos a causa del incremento de la distancia de tiro. Si el centro de la imagen está sobreexposto el ángulo de visión aumenta por encima de los 125°; si por el contrario el centro se subexpone el ángulo de visión se reduce a menos de 125°.

El tamaño de la imagen aumenta a medida que aumenta la distancia focal o tiro

Para lograr distintos tipos de visión —normal, gran angular o tele— hay que buscar la combinación adecuada entre el tamaño de la cámara y el del soporte de registro que se va a utilizar. Para saber como llegar a la visión normal hay que usar la vieja fórmula de la “diagonal del negativo”: una cámara de visión normal será aquella en la que el tiro sea igual en mm a la diagonal del soporte a utilizar. Una cámara con tiro menor a la diagonal será gran angular y una con tiro mayor a la diagonal será teleobjetivo.

Tamaño del círculo de imagen

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.

Si el plano de registro está paralelo al objeto fotografiado no se registrará ninguna distorsión lineal en la imagen ya que al no haber lente las líneas no se curvan.

La imagen puede aparecer distorsionada en los bordes simplemente porque no estamos acostumbrados a imágenes con tanto ángulo de visión. Si observamos solamente el centro de la imagen veremos que no existe ninguna distorsión.

Si fotografiamos sobre un soporte curvo la imagen resulta distorsionada.

Esto ocurre porque la imagen fue capturada sobre un soporte curvo, pero luego la vemos plana. Si vemos la imagen curvada de la misma forma en que fue obtenida, entonces la veremos “normal”.

Cálculo de la exposición

Conociendo el nº *f* de la cámara y la sensibilidad (valor ISO) del material fotográfico a utilizar como soporte de registro, la exposición puede ser calculada inicialmente con cualquier fotómetro de cámara o de mano. Dado que dichos fotómetros generalmente poseen diafragmas inferiores en número a los que se utilizan en fotografía estenopeica, se deberá calcular la exposición a partir de una medición base, por ejemplo realizada en *f*22, que será luego adecuada al nº *f* correspondiente.

El fallo de reciprocidad debido a largas exposiciones no puede ser compensado aquí más que alargando el tiempo de exposición así que, a partir de una medición inicial para un material sensible dado, habrá que llegar por ensayo y error a la exposición más adecuada para conseguir un negativo copiable. Recordar siempre que si un negativo está subexpuesto y hay que aumentar la exposición, para la siguiente prueba conviene duplicar el tiempo (lo que equivale a un paso de valor de exposición); por el contrario, si está sobreexposto disminuir el tiempo a la mitad.

Cálculo de ángulo de visión

El ángulo de visión de una cámara dada puede ser calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$X = 360 / \left(\frac{(T \cdot 2) \cdot \Pi}{W} \right)$$

Donde:

- Π = 3,14159
- T** = tiro de la cámara en mm
- W** = ancho del material sensible
- X** = ángulo de visión en grados

Cálculo de tamaño de la imagen

Mediante la siguiente fórmula se puede calcular el tamaño en que se imprimirá la imagen de un sujeto dado sobre el material sensible de acuerdo al tiro de la cámara:

$$i = (s \cdot T) / a$$

donde:

- s** = tamaño del sujeto
- T** = tiro de la cámara
- a** = distancia de la cámara al sujeto
- i** = tamaño de la imagen

De la aplicación de esta fórmula se deduce que de un objeto ubicado a una distancia del estenopo igual al tiro de la cámara se conseguirá una imagen a tamaño real o escala 1:1.

Ejemplo:

Un objeto de 100mm de alto ubicado a 50 mm de una cámara con tiro 50 mm dará el siguiente resultado en imagen al aplicar la fórmula

$$i = (100 \times 50) / 50$$

$$i = 100\text{mm}$$

Tabla de exposición para fotografía estenopeica

Referencial para situaciones estándar y nº f más usuales: s = segundos / m = minutos

CONDICIONES DE LUZ	Nº f	PAPEL RC	ISO 100	ISO 200	ISO 400
Sol brillante (sombras marcadas)	90	3 s	0,5 s	¼ s	½ s
	128	7 s	1,2 s	0,5 s	¼ s
	180	15 s	3 s	1.2 s	0.5 s
	256	40 s	7 s	3 s	1.2 s
	360	3 m	16 s	7 s	3 s
	512	8 m	34 s	16 s	7 s
Sol brumoso (sombras débiles)	90	7 s	1.2 s	0.5 s	¼ s
	128	15 s	3.1 s	1.2 s	0.5 s
	180	40 s	7 s	3.1 s	1.2 s
	256	3 m	16 s	7 s	3.1 s
	360	8 m	34 s	16 s	7 s
	512	18 m	1 m 15 s	34 s	16 s
Nublado (sin sombras)	90	15 s	3.1 s	1.2 s	0.5 s
	128	40 s	7 s	3.1 s	1.2 s
	180	3 m	16 s	7 s	3.1 s
	256	8 m	34 s	16 s	7 s
	360	18 m	1 m 15 s	34 s	16 s
	512	40 m	3 m	1 m 15 s	34 s
Densamente nublado (lugar en penumbras)	90	40 s	7 s	3.1 s	1.2 s
	128	3 m	16 s	7 s	3.1 s
	180	8 m	34 s	16 s	7 s
	256	18 m	1 m 15 s	34 s	16 s
	360	40 m	3 m	1 m 15 s	34 s
	512	90 m	7 m	3 m	1 m 15 s

Tabla de números f para realizar traslados de medición

Setear la cámara con el valor ISO correspondiente al material sensible a utilizar. Buscar un tiempo de exposición con un número f cualquiera de la cámara y luego trasladar ese tiempo duplicándolo una vez por cada paso que haya entre el nº f que se usó para medir y el que calculamos para nuestra cámara estenopeica:

Ejemplo:

Mido la luz en una situación y el fotómetro me dice:

1/15 de segundo para f 16 con ISO X

Supongamos que mi cámara estenopeica tiene f 360. La cuenta sería:

1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32	45	64	90	128	180	256	360	512
							1/15	1/8	1/4	1/2	1"	2"	4"	8"	16"	32"	

El nuevo par de exposición sería:

32 segundos para f 360 con ISO X

Anillo para trasladar mediciones

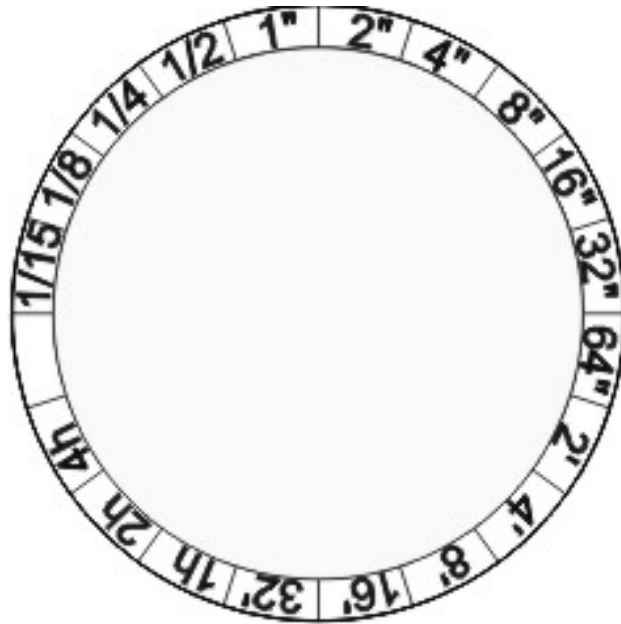










Tabla de exposición

FOTOGRAFIA
estenopeica

 Sol Brillante	Nº f'	Papel RC	ISO 100	ISO 200	ISO 400
		90	3 s	0,5 s	1/4 s
 Sombras marcadas	128	7 s	1,2 s	0,5 s	1/4 s
	180	15 s	3 s	1,2 s	0,5 s
	256	40 s	7 s	3 s	1,2 s
	360	3 m	16 s	7 s	3 s
	512	8 m	34 s	16 s	7 s

 Sol Brumoso	Nº f'	Papel RC	ISO 100	ISO 200	ISO 400
		90	7 s	1,2 s	0,5 s
 Sombras débiles	128	15 s	3,1 s	1,2 s	0,5 s
	180	40 s	7 s	3,1 s	1,2 s
	256	3 m	16 s	7 s	3,1 s
	360	8 m	34 s	16 s	7 s
	512	18 m	1 m 15 s	34 s	16 s

 Nublado	Nº f'	Papel RC	ISO 100	ISO 200	ISO 400
		90	15 s	3,1 s	1,2 s
 Sin sombras	128	40 s	7 s	3,1 s	1,2 s
	180	3 m	16 s	7 s	3,1 s
	256	8 m	34 s	16 s	7 s
	360	18 m	1 m 15 s	34 s	16 s
	512	40 m	3 m	1 m 15 s	34 s

 Nublado denso	Nº f'	Papel RC	ISO 100	ISO 200	ISO 400
		90	40 s	7 s	3,1 s
 En penumbras	128	3 m	16 s	7 s	3,1 s
	180	8 m	34 s	16 s	7 s
	256	18 m	1 m 15 s	34 s	16 s
	360	40 m	3 m	1 m 15 s	34 s
	512	90 m	7 m	3 m	1 m 15 s

s' : segundos m' : minutos

Aporte de Luli Misk