

Sistema de zonas: calibración de la cámara

Francisco Bernal Rosso
original: (15/05/06)
versión: 19/05/07
info@pacorosso.com

Estudio de la curva característica de una cámara digital

Planteamiento

Podemos representar el comportamiento de una cámara digital de una manera similar a como estamos acostumbrados a hacerlo con la película, mediante una curva característica.

Esta curva representa la función de conversión optoelectrónica, OEFC por sus siglas en inglés.

Con ella podemos determinar los límites de trabajo de nuestra cámara y sacarle el mejor partido.

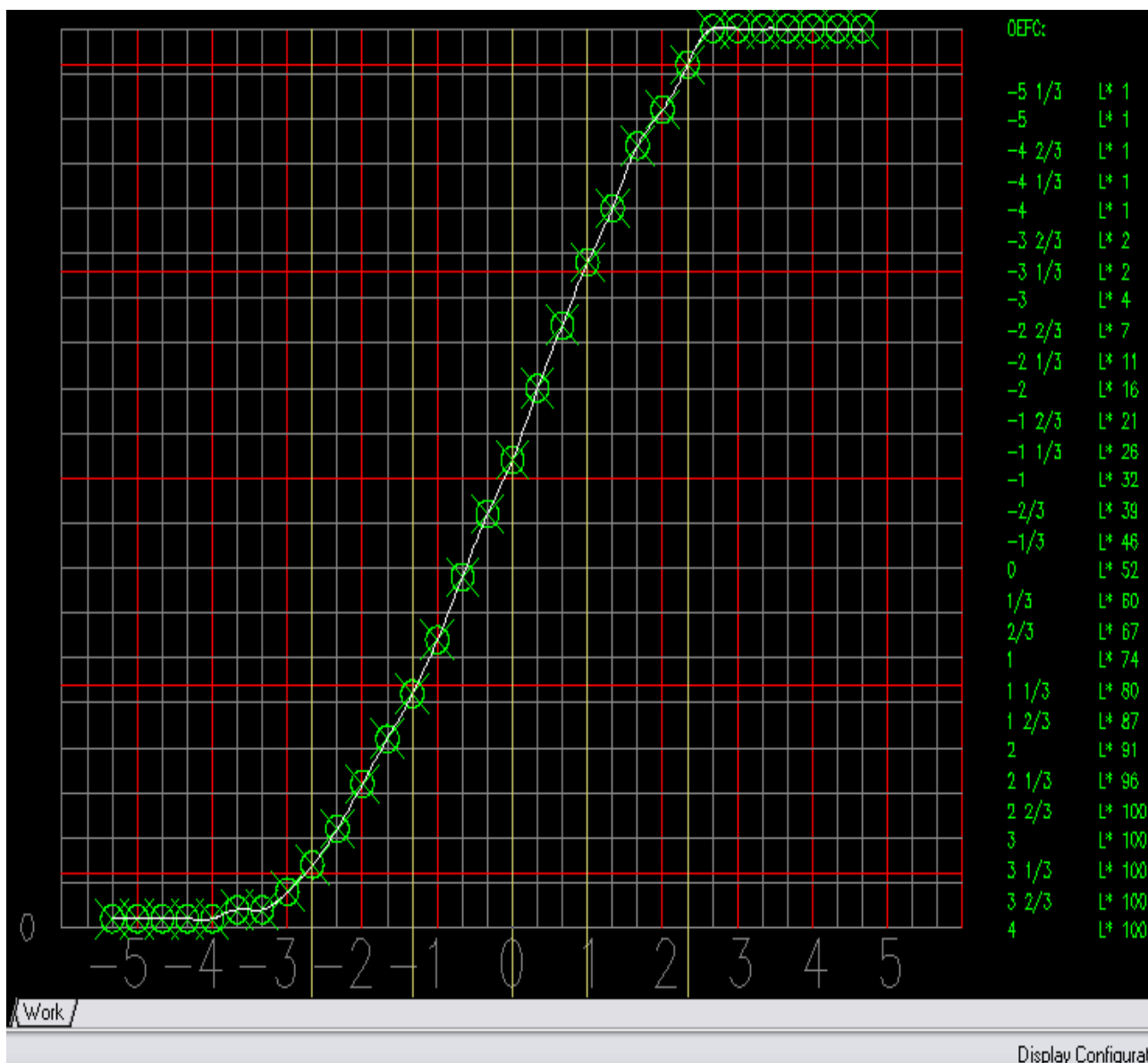
La curva OEFC

La ilustración muestra un ejemplo de curva OEFC. En la parte inferior tenemos la exposición, que puede venir en luminancias, en exposición (lux por segundo). Para este ejemplo, dado que tratamos de que sea práctico, vemos una OEFC con la indicación en pasos. El 0 indica el punto de exposición que ofrece el fotómetro para un motivo gris medio con una reflectancia del 18%, es decir, la tarjeta de Kodak que todos conocemos. Representa, por tanto, la zona V del sistema de zonas.

En el eje vertical indicamos el número correspondiente al valor digital producido por la exposición correspondiente. Este eje suele indicarse de 0 a 1, o bien de 0 al valor máximo que de la numeración empleada: 255 para 8 bits, 1024 para 10, etc. También por razones prácticas, que serán explicadas más abajo en la ilustración de muestra el eje vertical está escrito para la claridad cromática L^* , el valor L del sistema de color Lab.

La curva, como puede verse, indica las sombras de la escena a la izquierda y las luces a la derecha. Al contrario que en la película, en la que el eje vertical representa la densidad, en esta OEFC tenemos los tonos oscuros abajo y los claros arriba. Por eso, la curva tiene la misma orientación que la de un negativo, siendo la fotografía digital positiva, como todos sabemos.

La curva característica que levantamos representa el comportamiento de la cámara digital, no el del sensor.



En este ejemplo, basado en la curva de una Olympus E-500, tenemos el eje horizontal dividido en pasos a partir del del gris medio (0) que corresponde a la zona V del sistema de zonas. El eje vertical está medido en L*, el valor L del sistema de color Lab.

En la ilustración tenemos la curva trazada a partir de los datos recogidos en una prueba de la que hablaremos más adelante. El eje horizontal está dividido en pasos a partir del 0 que es la medida del fotómetro para el gris medio de la tarjeta del 18% de kodak.

El eje vertical muestra la claridad cromática L* en el rango habitual de 0 a 100. Los datos están tomados de tercio en tercio de paso. A la derecha están los datos numéricos tomados durante el experimento. Como vemos la curva abarca unos 6 pasos de exposición. Esto es lo que llamamos la

latitud. El contraste máximo que es capaz de aceptar el sensor. El rango de salida no puede establecerse, dado que al ser un sistema digital solo tenemos números sin significado. El sentido de estos valores solo se adquiere al impresionar la imagen.

Comparación de la curva HD de película y la OEFC digital

Curva característica de una película	Curva característica de una cámara digital
Curva característica de una película indicando los puntos interesantes de la sensibilidad. Abajo están las exposiciones.	Curva característica de un CCD. El eje vertical no indica la densidad, sino el número que ofrece el aparato. Lo normal

A la izquierda las zonas oscuras de las escena. A la derecha, las partes más claras. En el eje vertical tenemos los tonos de la película. Abajo las partes claras, las transparentes, arriba las oscuras, las opacas. El eje vertical está marcado en densidades. Normalmente no llegamos a una densidad 3. El punto más bajo es la densidad mínima. Indicada por d_m en la gráfica. Para determinar la sensibilidad hemos de coger el

punto que está 0,1 densidades por encima de esta mínima.

En la ilustración vemos una película negativa en blanco y negro de ISO 100/21 en la que, como podemos observar el punto de sensibilidad cae en la exposición de -2,1.

En realidad la sensibilidad fotográfica supera esta definición

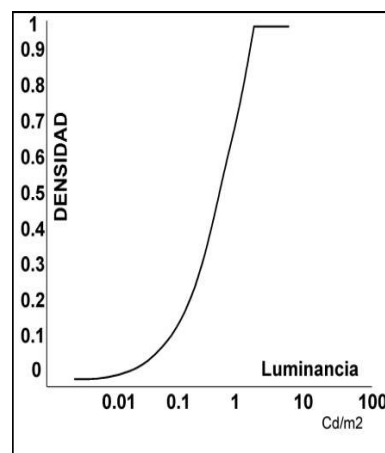
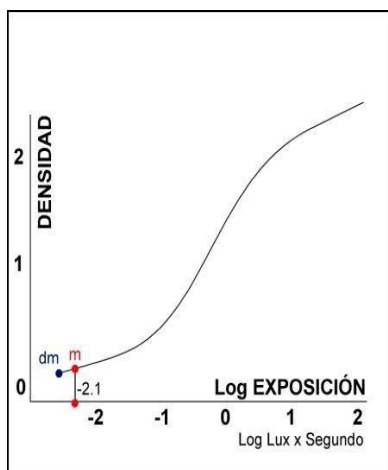
de exposición para una densidad predeterminada y tiene en cuenta algunos factores más, como son la longitud y forma de la curva. En realidad lo dicho del punto de exposición debería aplicarse solamente cuando esta curva característica tiene cierta forma definida en el texto de la norma.

es indicar esta curva con un valor normalizado de 0 a 1. En la ilustración vemos un ejemplo típico de curva OEFC. Abajo tenemos la luminancia de la escena. A la izquierda las partes

oscuras, a la derecha las claras. En la línea vertical tenemos la respuesta del sensor. En el ejemplo tenemos la respuesta normalizada, que va de 0 a 1. Estos valores habrá que multiplicarlos por el número máximo que empleemos en la codificación para saber qué valor digital ofrece el dispositivo.

Por ejemplo, si usamos 8 bits el eje vertical estará dividido en 256 partes siendo el 0 el 0 y el 1 el 256. Para 10 bits el 1 correspondería a 1024 mientras que sería 4096 para 12 bits por canal.

Obsérvese como en la parte de arriba de la curva la parte lineal termina bruscamente, al contrario que en la película que el paso de la parte lineal al final se hace de forma paulatina. Esto hace que se pierdan irreversiblemente los detalles en las luces al sobreexponer la imagen digital, mientras que con película aún pueden restaurarse estos detalles que solo quedan comprimidos, nunca fundidos.



Análisis de la curva OEFC

Puntos de interés

En una imagen digital nos interesan tres puntos: el límite de negros, el tono medio y el límite de blancos.

Límite de negros

El límite de negros es el punto más oscuro que podemos conseguir justo antes de llegar al negro absoluto. Dentro del sistema de zonas sería el que establece la zona I y corresponde a un valor L^* de 6.

Límite de blancos

El límite de blancos es el más claro en el que podemos diferenciar aún detalle y está justo antes del blanco total de los reflejos especulares. Este blanco corresponde a una L^* 96 y a la zona IX.

El gris medio

El gris medio es el punto correspondiente a la exposición de la tarjeta gris medio del 18%. Su valor de L^* es 49,5. Dado que photoshop no trabaja con decimales en L lo redondeamos a 50.

Estudio de una curva

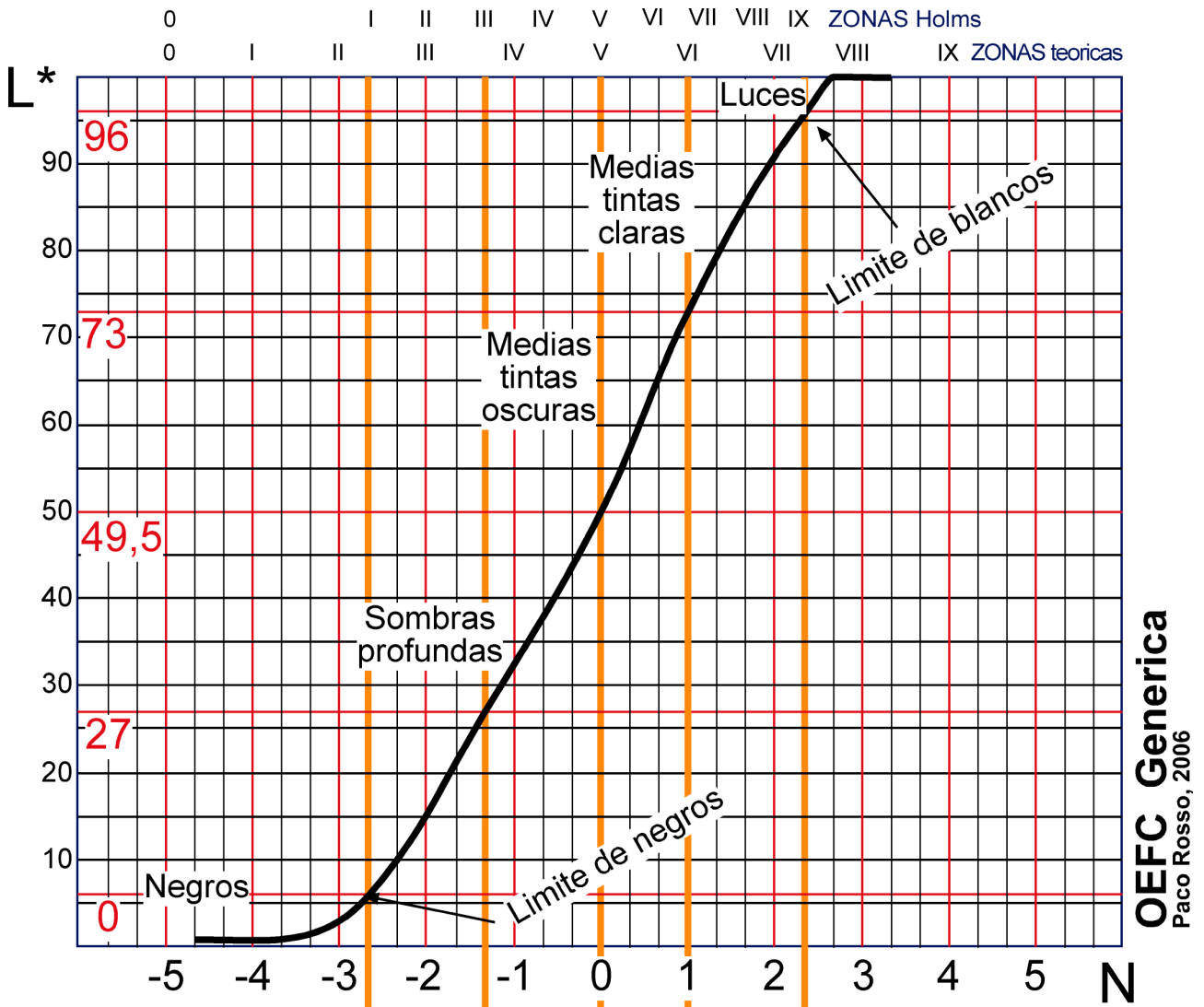
La siguiente ilustración muestra la curva levantada anteriormente pero algo modificada para

mostrar las características que buscamos.

A esta gráfica hemos sobre puesto indicaciones sobre el sistema de zonas y el de tonos.

La curva nace en L 1, lo que significa que aun cuando el motivo fotografiado estaba muy subexpuesto había una cierta respuesta del sensor. Esto es el nivel de ruido mínimo que equivale al velo en el material sensible químico. La diferencia es que aquí no tiene un significado visual hasta que no imprimimos la foto.

Las líneas rojas verticales están escritas a intervalos de un paso, por lo que representan el sistema de zonas teórico (línea superior). Bajo él están escritas las zonas según los límites de Jack Holms (ver bibliografía) que establece la zona I para el valor mínimo y la IX para un tono que sea el 90% del total.



OEFC Generica
Paco Rosso, 2006

Las líneas amarillas están trazadas en los límites de los 6 tonos del sistema de tonos, que dividen la escala tonal en negros (por debajo de L 6), sombras profundas (de 6 a 27) medias tintas oscuras (de 27 a 50), medias tintas claras (de 50 a 73), luces (de 73 a 96) y blancos (tonos mayores de 96).

El límite de negros está en esta curva a dos pasos y dos tercios por debajo del gris medio. Lo que significa que disponemos de este margen para ubicar las sombras. Así mismo tenemos el límite de blancos a dos pasos y un tercio. Por lo que podemos estar seguros de que podemos reproducir detalle en todo tono que midamos en escena que sea más claro que el del gris medio (o la medida promedio del fotómetro) pero esté dentro de este margen de blancos de dos pasos y un tercio (para esta cámara en concreto).

<p>Sistema de zonas La fotometría del sistema de zonas asigna diez zonas a las diferentes tonalidades. Las esenciales son: 1.Zona V. Que es la que proporciona el fotómetro. 2. Zona VII. Dos pasos por encima de la cinco, contiene el blanco con detalle. 3. Zona III. Dos pasos por debajo de la cinco. Contiene las sombras con detalle. El uso sería el siguiente: Medimos sobre un tono. Si hiciéramos la foto con esa medición el objeto medido se reproduciría en zona V. Como un gris medio. Si el objeto es más claro, abrimos el diafragma. Si es más oscuro, lo cerramos. Los límites serían los de la zona VII y III. El problema del sistema de zonas es que no es un sistema de fotometría, sino que abarca desde las técnicas para conocer el comportamiento de la película, a la toma de decisiones sobre como ampliar. Pasando, claro, por las decisiones sobre la fotometría Esto hace que los valores de zona VII y III para detalle en luces y en sombra sea algo artificial.</p>	<p>Sistema de tonos En este sistema dividimos las tonalidades en seis apartados: Negros profundos. De L menor de 6. Sombras con detalle. De L 6 a 27. Medias tintas oscuras. De L 27 a L 50. Medias tintas claras. De L 50 a L 73. Luces con detalle. De L 73 a L 96. Altas luces. De L 96 en adelante. El gris medio cae en L 50. A la hora de medir el gris medio podemos reubicarlo según queramos como media tinta oscura –si cerramos algo el diafragma- o medias tintas claras – si lo abrimos- El valor exacto en pasos de esta escala depende de donde caigan, para nuestra cámara concreta, cada uno de los tonos de L. Ya hemos visto determinar los tonos de límites de blancos y de negros (L 96 y L 6). Podemos determinar los puntos de cruce de los demás tonos y así disponer de información sobre la reubicación de los tonos que produce nuestra cámara. La idea es abrir o cerrar la exposición según queramos dar un aire más luminoso u oscuro a los tonos.</p>
--	--

De la suma de este rango de sombras y rango de luces tenemos la latitud. Que como podemos ver en la curva es de 5 pasos.

Si miramos bien la curva veremos que estos puntos determinados no alcanzan los extremos de gráfica. El rango total es de un paso más por las sombras y un tercio por las luces. La latitud total máxima es, por tanto, de seis pasos y un tercio, aunque son los cinco pasos antes dichos la que constituye el valor práctico empleable.

La curva característica nace con un talón, sube con una recta y termina bruscamente en una esquina del hombro, sin curvas.

Consideraciones prácticas

Como ya sabemos la brusca terminación de la curva en las luces provoca que los tonos más claros se saturen destruyendo el detalle.

Pero en las sombras existe un talón que provoca una compresión de los tonos. Es especialmente interesante lo que sucede entre los puntos horizontales $-2 \frac{2}{3}$ y $-3 \frac{1}{3}$. El espolón que hay a la izquierda del límite de negros. Como vemos ahí hay una compresión de tonos que alberga detalles comprimidos más allá de lo visible. Pero son detalles que podemos recuperar reubicando los tonos. Por ejemplo con la herramienta de niveles de photoshop o con el revelado de los datos RAW.

Este espolón alberga información capaz de reproducir un forzado de sensibilidad al estilo de los que estamos acostumbrados a realizar con película. Naturalmente no hay nada gratis y este forzado se hace a costa de una posterización de los tonos y aumento del grano.

Planteamientos prácticos Toma I: Conocer nuestra cámara

Sensibilidad de nuestra cámara

La sensibilidad de nuestra cámara puede determinarse por el siguiente procedimiento:

1. Mide, para una sensibilidad determinada la exposición incidente sobre una tarjeta gris – También vale medir la exposición reflejada-.
2. Fotografía una tarjeta gris medio con varias aberturas. Pon todos los controles de la cámara a cero: nada de aumentar el detalle, ni la saturación ni reducir el ruido.
3. Aplica el modo AdobeRGB a la imagen.
4. Abre las fotos con un programa visor de fotos que permitan usar gestión de color. Por ejemplo Photoshop, pero asegúrate de que el espacio de trabajo configurado es el mismo de la foto: AdobeRGB.
5. Mira la foto en la que el gris tiene como valor $R=G=B= 116$ (también vale el 116).
6. Ahora cuenta el número de pasos de diferencia la exposición dada a esa foto y la sensibilidad con que mediste la carta gris en el paso 1.
7. Con esa diferencia calcula la sensibilidad de la cámara.

Recuerda una cosa: la sensibilidad cambia con la temperatura de color de la luz. Además, las cámaras digitales tienen un fallo de reciprocidad bastante grande con las luces de corta duración. Esto significa que la sensibilidad para flash puede ser distinta –normalmente menor– que para luz día.

Latitud y contraste

La latitud es el número de pasos de diferencia que la cámara admite que tenga la escena. Normalmente está en torno a los seis pasos.

Esto significa que si la escena tiene un contraste de menos de seis pasos podemos reproducir detalle tanto en las luces como en las sombras.

Pero si el contraste de la escena es mayor que la latitud entonces uno de los extremos tonales no puede reproducirse adecuadamente.

En este caso hemos de elegir si sacar detalle de las sombras o de las luces.

Determinación de la latitud

Para determinar la latitud podemos hacer la siguiente prueba:

1. Disponemos la tarjeta gris junto con la blanca.
2. Medimos la exposición incidente o bien la reflejada por la tarjeta gris.
3. Fotografiamos las dos tarjetas desde 5 pasos menos de lo medido con el fotómetro hasta 5 pasos por encima.
4. Esto produce un escalonado de las exposiciones.
5. Ahora debemos asignar el perfil de color AdobeRGB.
6. Abrimos las fotos en photoshop.
7. Abrimos la ventana de información de manera que veamos los datos Lab de la imagen.
8. Buscamos la foto en la que la tarjeta blanca tenga una L de 96 (o poco más o menos).
9. Buscamos la foto en la que la tarjeta gris tenga una L de 6.
10. Vemos la diferencia en pasos entre estas dos imágenes y le sumamos dos pasos y un tercio.

Este valor es la latitud de la cámara. El máximo contraste que admite.

Determinación del límite de blancos

Ahora buscamos el límite de blancos de la cámara.

El límite de blancos es el punto a partir del que perdemos detalle en las luces. Es la distancia de las medias tintas a las luces con detalle. Para eso mira cual es la diferencia en pasos entre la imagen que da el gris en L 50 y la que da el blanco en L 96.

Si la foto con el blanco en L 96 está hecha con un diafragma más grande (o más velocidad) que la del gris, añade esta diferencia a 2,3.

Pero si el la imagen del blanco a L 96 tiene un diafragma más abierto que la foto del gris, entonces resta a 2,3 el número de pasos de diferencia que haya.

Este número es la distancia en pasos entre el gris medio y el blanco con detalle.

Es decir, de la zona V a la VII REAL de nuestra cámara.

Recuerda siempre este valor, porque si tienes alguna vez una lectura de fotómetro mayor que este desde el gris, no tendrás detalle en esa parte de la imagen.

Por ejemplo: el gris medio está en f:8 y el blanco en f: 11. Como hay un paso más cerrado significa que la latitud es 3,3.

Pero si el blanco en L 96 hubiera aparecido en f:5,6 entonces la distancia de blancos sería de 1,3 (quito el paso porque he tenido que abrir un paso para encontrar la foto)

Determinación del límite de negros

El límite de negros es la distancia de las medias tintas a las sombras profundas. Es decir, del gris medio al detalle en sombras.

Para eso mira la diferencia en pasos entre la foto que daba el gris con L 50 y la que lo da con L 6.

Ese es el número de pasos que tu cámara aguanta entre las sombras con detalle y el gris medio.

Caracterización espectrométrica

Consiste en medir la respuesta espectral de la cámara.

Es necesaria para hacer trabajos de tipo fotométrico –scene referred-. Para ello hay que medir una serie de muestras de color mediante un espectrofotómetro y obtener las curvas OEFC reales de la combinación de luz,

Perfilado de color

El perfilado de color consiste en obtener el perfil de color de la cámara. Para ello fotografiamos una muestra de color y comparamos, mediante software, los colores fotografiados con los reales.

El resultado es un fichero de perfil de color.

La diferencia esencial entre ambas maneras de trabajar es que la caracterización emplea un espectrofotómetro.

Además, los datos son distintos. La caracterización produce la respuesta real del sensor. El perfilado no nos dice nada del comportamiento espectral, sino solo del colorimétrico.

El perfilado no puede emplearse para realizar mediciones fotométricas. Solo la caracterización.

Algunas curvas como ejemplo**Curva OEFC de una canon eso 350D**

Francisco Bernal Rosso. Diciembre, 2006.

Datos medidos:

Los datos recogidos al exponer una tarjeta gris y otra blanca están listados en la siguiente lista. La primera columna indica los valores de diafragma y velocidad de obturación con la que se tomó la foto. La segunda es el número de pasos que va de la exposición ajustada en la cámara, a la recomendada por el fotómetro (que medía de forma puntual sobre la tarjeta gris). Así -4 indica que la exposición está cuatro pasos subexpuesta respecto de lo recomendado por el fotómetro.

La tercera columna son los valores de L* medidos para el gris medio en photoshop con el espacio de color AdobeRGB. Los valores son los mismos que si se hicieran en sRGB.

La cuarta columna son los valores de L* arrojados por la tarjeta blanca.

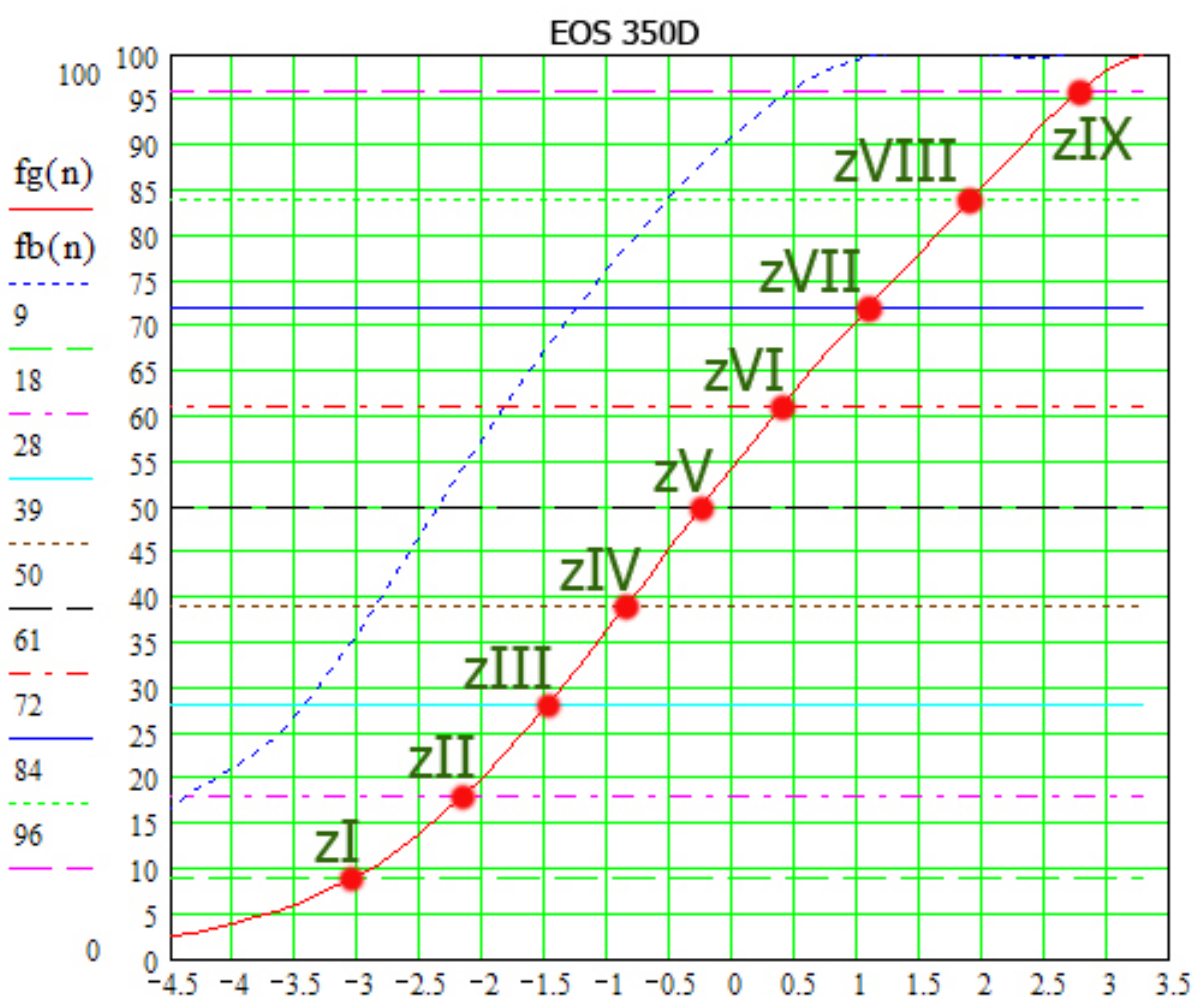
Curva característica de una canon eso 350D

ft	ev	GRIS	BLANCO
500 f 36	-4 2/3	2	15
500 f 32	-4 1/3	3	18
500 f 29	-4	4	22
500 f 25	-3 2/3	5	25
500 f 22	-3 1/3	7	27
500 f 20	-3	10	39
500 f 18	-2 2/3	11	43
500 f 16	-2 1/3	17	51
500 f 14	-2	20	57
500 f 13	-1 2/3	25	64
500 f 11	-1 1/3	31	71
500 f 10	-1	37	77
500 f 9	- 2/3	41	81
500 f 8	- 1/3	49	87
500 f 7,1	0	56	91
500 f 6,3	1/3	59	95
500 f 5,6	2/3	66	97
400 f 5,6	1	70	100
320 f 5,6	1 1/3	76	100
250 f 5,6	1 2/3	81	100
200 f 5,6	2	85	100

ft	ev	GRIS	BLANCO
160 f 5,6	2 1/3	90	100
125 f 5,6	2 2/3	95	100
100 f 5,6	3	98	100
80 f 5,6	3 1/3	100	100

Curva:

La curva superior corresponde a la tarjeta blanca, la inferior a la gris. La tarjeta blanca tiene una reflectancia del 90% y es dos pasos y un tercio más clara que la gris, cuya reflectancia es del 18%.



En la horizontal tenemos la exposición realizada contada desde la medición de la tarjeta gris. En la vertical tenemos la luminosidad L^* .

La curva nos dice lo siguiente:

(Las medidas corresponden siempre a la medida del fotómetro de la cámara).

Sensibilidad:

El punto de corte de la curva (gris, la de abajo) con la horizontal de L^*50 , correspondiente al valor del gris medio está a un tercio de paso a la izquierda del punto n 0 (horizontal). Por tanto la cámara presenta un tercio de paso más de sensibilidad de la ajustada.

Límite de negros:

El límite de negros, correspondiente a L^* 9 está dos pasos y dos tercios por debajo de la medida del gris. Esta es la zona I del sistema de zonas.

Límite de blancos:

Correspondiente a la L^* 96 está tres pasos por encima del gris.

Latitud:

Número de pasos desde el límite de blancos al límite de negros. Por tanto cinco pasos y dos tercios. Casi seis pasos.

Zonas:

- Zona I Tres pasos por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona II Dos pasos y un tercio por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona III Un paso y medio por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona IV Dos tercios por debajo del fotómetro.
- Zona V Medio paso por debajo del fotómetro.
- Zona VI Medio paso por encima del fotómetro.
- Zona VII Un paso y un tercios por encima del fotómetro.
- Zona VIII Dos pasos por encima del fotómetro.
- Zona IX Dos pasos y dos tercios por encima del fotómetro.

Latitudes

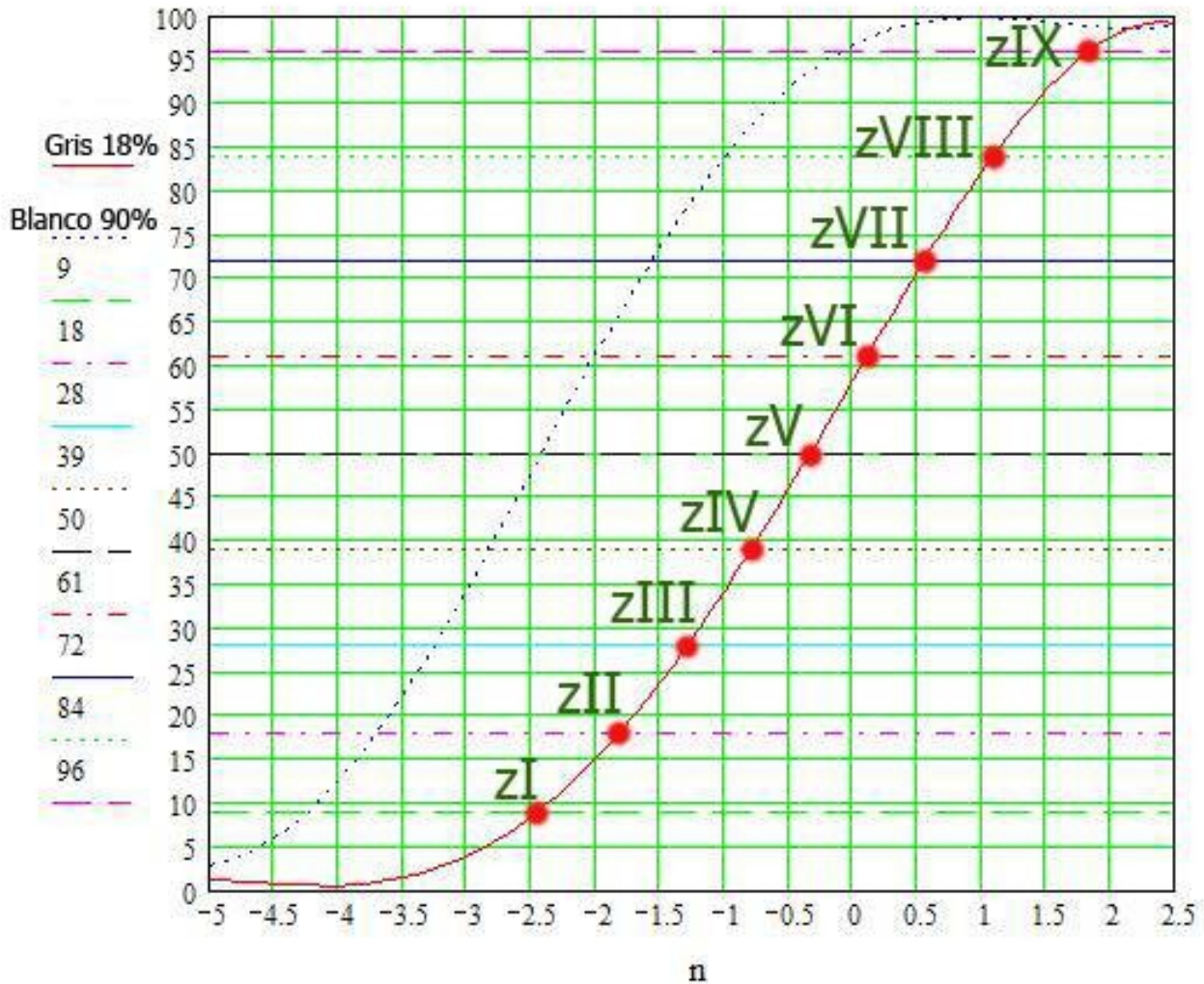
Al exponer para el gris, el blanco queda en una L de aproximadamente 87 en vez de en la 96 que debiera. Esto significa una diferencia de casi dos tercios de paso. Luego al exponer el gris comprimimos los blancos en dos tercios.

Para que la tarjeta blanca quede en su lugar dentro de la escala tonal habría que sobreexponer el gris medio paso según el fotómetro, (medio paso y un tercio de valor real, para un fotómetro de mano). Luego nuestra latitud es de dos tercios largos de paso si medimos con fotómetro manual y medio paso si usamos el fotómetro de la cámara.

Curva OEFC de una olympus E-500

Francisco Bernal Rosso. Marzo, 2007.

Curva:



La curva superior corresponde a la tarjeta blanca, la inferior a la gris. La tarjeta blanca tiene una reflectancia del 90% y es dos pasos y un tercio más clara que la gris, cuya reflectancia es del 18%.

En la horizontal tenemos la exposición realizada contada desde la medición de la tarjeta gris. En la vertical tenemos la luminosidad L^* .

La curva nos dice lo siguiente:

(Las medidas corresponden siempre a la medida del fotómetro de mano en lectura incidente).

Sensibilidad:

El punto de corte de la curva (gris, la de abajo) con la horizontal de L^*50 , correspondiente al valor del gris medio está a un tercio de paso a la izquierda del punto n 0 (horizontal). Por tanto la cámara presenta un tercio de paso más de sensibilidad de la ajustada en el fotómetro.

Límite de negros:

El límite de negros, correspondiente a L^* 9 está dos pasos y un tercio por debajo de la medida del gris. Esta es la zona I del sistema de zonas.

Límite de blancos:

Correspondiente a la L^* 96 está dos pasos y un tercio por encima del gris medio.

Margen de exposiciones:

Número de pasos desde el límite de blancos al límite de negros. Prácticamente cinco pasos.

Zonas:

- Zona I Dos pasos y medio por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona II Un paso y tres cuartos por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona III Paso y cuarto por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona IV Tres cuartos por debajo del fotómetro.
- Zona V Un tercio por debajo del fotómetro.
- Zona VI Un décimo de paso por encima del fotómetro.
- Zona VII Un paso por encima del fotómetro.
- Zona VIII Un paso por encima del fotómetro.
- Zona IX Dos pasos por encima del fotómetro.

Latitudes

Al exponer para el gris, el blanco queda en una L de 96. Luego no hay compresión de tonos en los de detalle. La latitud depende entonces solamente del contraste de la escena.

Curva OEFC de una nikon D70s

Francisco Bernal Rosso. Diciembre, 2006.

Datos medidos:

Los datos recogidos al exponer una tarjeta gris y otra blanca están listados en la siguiente lista. La primera columna indica el número de pasos que va de la exposición ajustada en la cámara, a la recomendada por el fotómetro (que medía de forma puntual sobre la tarjeta gris). Así -6 indica que la exposición está seis pasos subexpuesta respecto de lo recomendado por el fotómetro.

La segunda columna son los valores de L* medidos para el gris medio en photoshop con el espacio de color AdobeRGB. Los valores son los mismos que si se hicieran en sRGB.

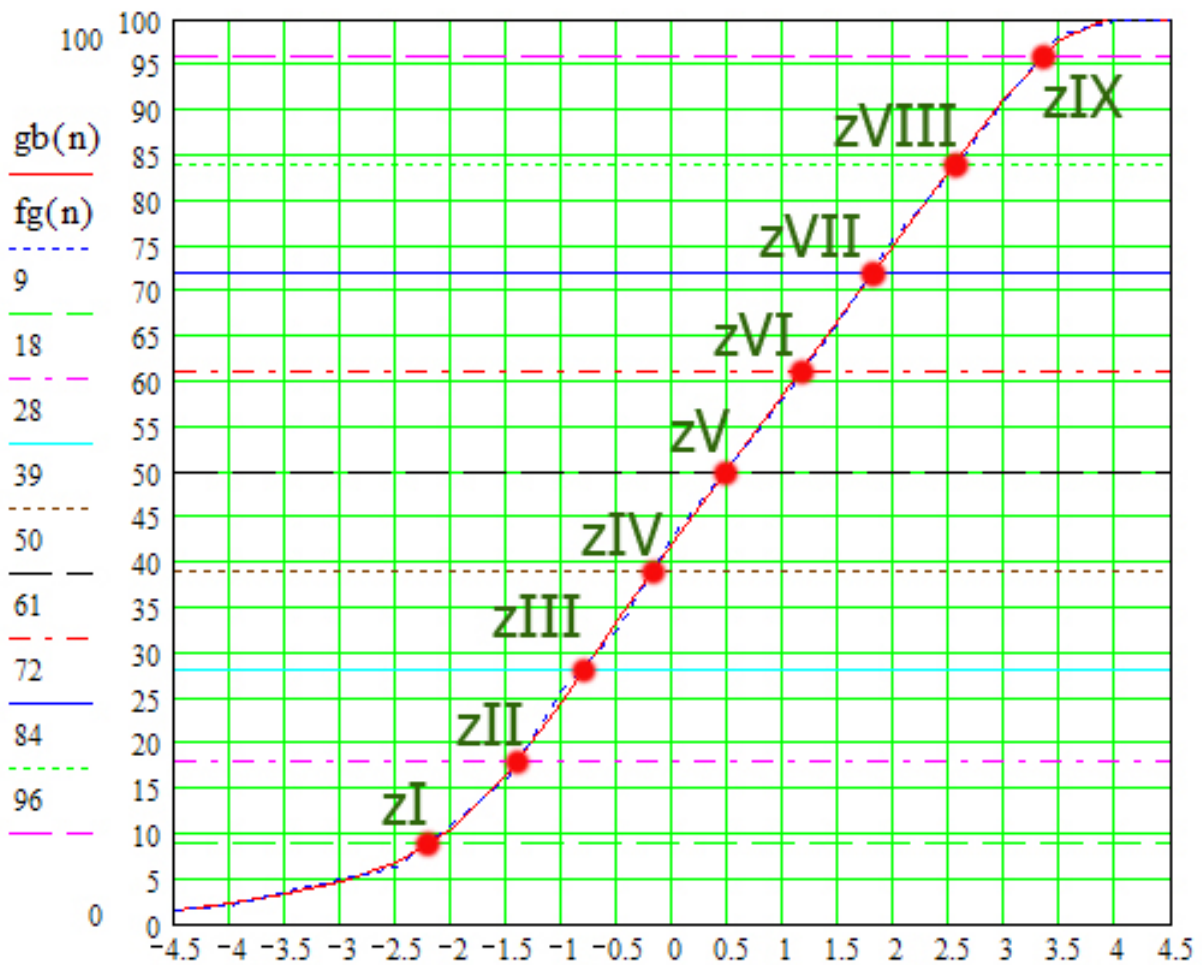
La tercera columna son los valores de L* arrojados por la tarjeta blanca.

Exposición	Tarjeta gris	Tarjeta blanca
-6	1	2
-5 2/3	1	3
-5 1/3	1	4
-5	1	6
-4 2/3	1	9
-4 1/3	2	13
-4	2	17
-3 2/3	3	20
-3 1/3	4	26
-3	5	32
-2 2/3	6	34
-2 1/3	7	38
-2	11	44
-1 2/3	15	50
-1 1/3	18	55
-1	26	63
-2/3	29	67
-1/3	37	74
0	43	81
1/3	46	86
2/3	55	92
1	58	99
1 1/3	63	100
1 2/3	70	100
2	76	100

2 1/3	81	100
2 2/3	85	100
3	91	100
3 1/3	97	100
3 2/3	99	100
4	100	100
4 1/3	100	100
4 2/3	100	100
5	100	100
5 1/3	100	100
5 2/3	100	100

Curva:

Para levantar la curva se han rechazado las aproximaciones de spline cúbica y las polinómicas desde el segundo al decimoquinto orden. La curva está trazada para una aproximación de decimosexto orden. Ya en la aproximación de octavo orden se produce una buena representación de la curva pero que falla en el hombro, falseando los valores del límite de blancos, que es el punto crítico de una cámara digital. El polinomio de decimosexto orden produce un buen ajuste del hombro.



En la horizontal tenemos la exposición realizada contada desde la medición de la tarjeta gris. En la vertical tenemos la luminosidad L^* .

La curva nos dice lo siguiente:

Sensibilidad:

El punto $n 0$ correspondiente a la medición de la cámara sobre el gris medio está casi un tercio de paso a la izquierda del punto correspondiente a $L^* 50$. Por tanto la curva está más a la derecha de lo que debe. La cámara tiene un tercio de paso menos de sensibilidad de lo que se supone.

Límite de negros:

El límite de negros, correspondiente a $L^* 9$ está dos pasos y un tercio por debajo de la medida del gris. Esta es la zona I del sistema de zonas.

Límite de blancos:

Correspondiente a la $L^* 96$ está a tres pasos y un tercio por encima del gris.

¿Tenemos una cámara con 3 pasos de sobreexposición? Habrá que comprobarlo.

Latitud:

Número de pasos desde el límite de blancos al límite de negros. Por tanto cinco pasos y dos tercios. Casi seis pasos.

Zonas:

- Zona I Dos pasos y un tercio por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona II Un paso y medio por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona III Dos tercios por debajo de la medida del fotómetro.
- Zona IV Un tercio por debajo del fotómetro.
- Zona V Medio paso por encima del fotómetro.
- Zona VI Paso y tercio por encima del fotómetro.
- Zona VII Paso y dos tercios por encima del fotómetro.
- Zona VIII Dos pasos y medio por encima del fotómetro.
- Zona IX Tres pasos y un tercio por encima del fotómetro.