CASLEO

INFORME DEL STAFF NRO. 1

—— —— ——

Corrección a los tiempos de exposición con CCD directo

Sergio A. Cellone

4 de julio de 1996

Resumen

Se ha hallado que los tiempos de exposición efectivos de las imágenes tomadas con CCD directo son mayores que los tiempos de exposición nominales en un $\Delta t = 0.165 \pm 0.013$ segundos. Esto vale para las imágenes tomadas con CCD directo + reductor focal, entre el 15/09/95 y el 10/05/96. Para las imágenes tomadas posteriormente se espera un efecto similar, aunque probablemente el valor numérico de Δt sea distinto. No se ha hallado que el tiempo de exposición efectivo varíe para distintas zonas de la imagen.

1 Observaciones

No es infrecuente que, debido a la velocidad finita con que abre y cierra un obturador, el tiempo de exposición (TE) efectivo sea distinto al TE nominal, o sea, el que requiere el observador y figura en el encabezamiento de la imagen (ver por ejemplo [2]). De acuerdo a los residuos hallados por varios observadores en las transformaciones al sistema estándar, existía la sospecha de que esto estuviera ocurriendo con las imágenes directas tomadas en CASLEO.

Para evaluar esta posibilidad, la noche del 10-11/05/96, durante un turno de Staff, se tomaron imágenes con el Telescopio de 2.15m + CCD directo + reductor focal (filtro V) del campo estelar E8 de Graham [1], con TE crecientes entre 0.5 seg y 40 seg. Las condiciones atmosféricas fueron excelentes (noche fotométrica), excepto que el seeing era bastante malo

($\approx$ 3.8”). Todas las imágenes se obtuvieron dentro de un lapso de 39 minutos, por lo que la masa de aire es prácticamente la misma para todas ellas ($1.027 \leq \sec(z) \leq 1.031$). La Luna (cuarto menguante) se hallaba sobre el horizonte, alejada unas 2 horas en ángulo horario y unos 38° en declinación del campo observado.

Las imágenes se corrigieron en la forma habitual (bias, flats de cúpula).

2 Fotometría

Se eligieron 5 estrellas del campo que estuvieran suficientemente expuestas en la imagen de menor TE y no saturadas en la de mayor TE. Se hizo la fotometría con la tarea `DIGIPHOT.APPHOT.PHOT` del IRAF, utilizando para todas las estrellas en todas las imágenes un diafragma de 15 pix ($\equiv$ 12.2”) de radio; el cielo se midió localmente como la media (después de rechazar pixeles con un algoritmo apropiado) en un anillo de 5 pix alrededor de cada estrella. Este método es el que dio los mejores resultados, de acuerdo al análisis de las curvas de crecimiento (magnitud en función del radio) trazadas para todas las estrellas en varias imágenes.

3 Corrección a los Tiempos de Exposición

Usando la mencionada tarea, la magnitud instrumental de cada estrella se calcula como es usual:

$$m = -2.5 \times log\left(\frac{F}{t_N}\right) + 20. \tag{1}$$

donde F es el flujo dentro del diafragma (una vez restado el cielo), t_N es el TE nominal, y se usó un punto de cero arbitrario de 20 mag.

Así, el número de cuentas debidas a la estrella, medidas dentro del diafragma por segundo usando el TE nominal, es $C_N = \frac{F}{t_N}$, mientras que el que se mediría usando el TE efectivo (t_E) es $C_E = \frac{F}{t_E}$.

Si el TE efectivo es

$$t_E = t_N + \Delta t \ , \tag{2}$$

el número de cuentas que debería registrarse por segundo (C_E) estará relacionado con el medido (C_N) por:

$$C_N = C_E \times \left(1 + \frac{\Delta t}{t_N}\right) \ . \tag{3}$$

Si $\Delta t \neq 0$ esta es la ecuación de una hipérbola, aunque obviamente sólo tiene sentido físico su rama superior ($t_N > 0$). Se graficaron, para la estrella más brillante de la muestra, los C_N en función del TE nominal (Fig. 1); lo que se obtiene es consistente con la ecuación 3. El efecto es muy evidente para exposiciones de menos de 5 seg, donde la sobreestimación

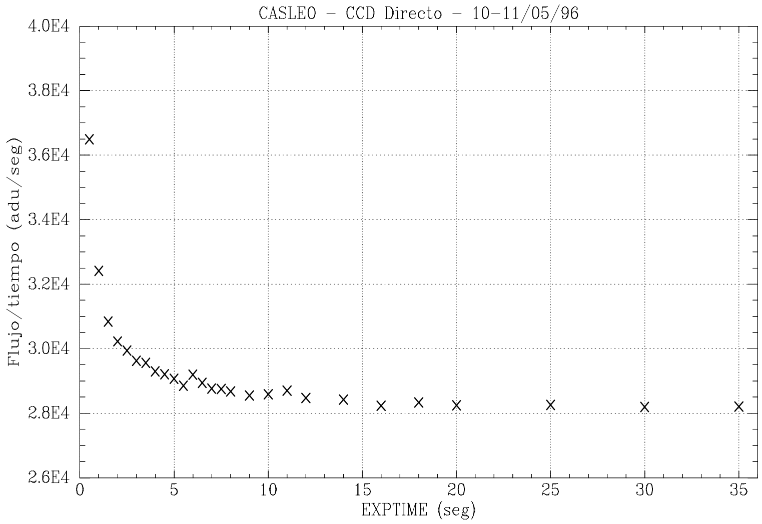

Figura 1: Flujo medido por segundo en función del tiempo de exposición nominal, para la estrella más brillante.

Tabla 1: Parámetros del ajuste

Estrella	Δt	C_E
a	0.150 ± 0.001	28139 ± 25
2	0.209 ± 0.007	4945 ± 19
h	0.178 ± 0.008	9065 ± 12
4	0.185 ± 0.007	3158 ± 12
n	0.131 ± 0.008	3388 ± 8

del flujo observado supera el 4%, pero aún es notable para exposiciones de hasta 15 seg. Para TE = 1 seg *el error ronda el 20%.*

Lo mismo se obtiene para las demás estrellas, aunque los mayores errores relativos en la fotometría producen curvas más ruidosas (Fig. 2). Lo que se obtiene no es un efecto espurio por un mal restado del cielo, ya que lo mismo se nota si se grafican las cuentas sumadas dentro del diafragma (incluyendo el cielo) en vez del flujo o la magnitud (Fig. 3).

Se ajustó una función como la de la ecuación 3 para cada estrella (ver Fig. 4), obteniéndose los coeficientes listados en la Tabla 1 (las estrellas 2 y 4 no son estándares).

El C_E es propio de cada estrella, pero se ve que los Δt tienden a coincidir (es de esperar que los errores estén subestimados). Los presentes datos no muestran ninguna tendencia de que Δt varíe con la distancia al centro del campo, aunque sería conveniente repetir la experiencia para un número mayor de estrellas, bien distribuidas espacialmente.

Tomando un promedio pesado con la inversa de los errores, se obtiene:

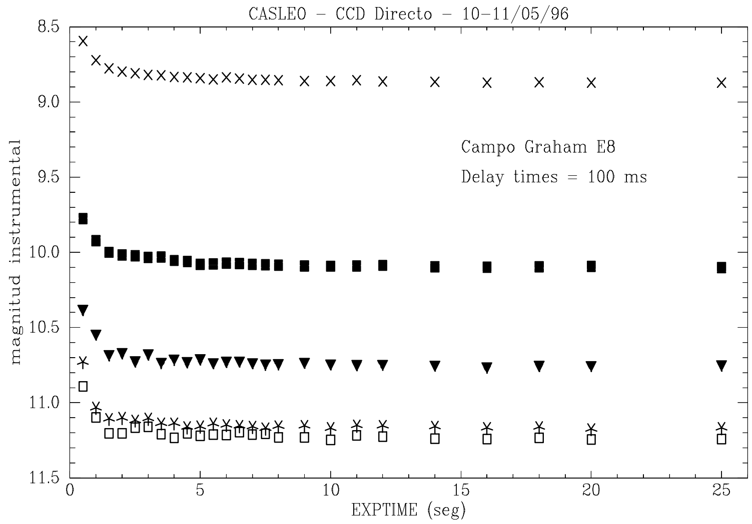

Figura 2: Magnitud instrumental medida en función del tiempo de exposición nominal, para las cinco estrellas del campo E8.

Figura 3: Flujo total por segundo (incluyendo cielo) dentro del diafragma en función del tiempo de exposición nominal, para la estrella más brillante.

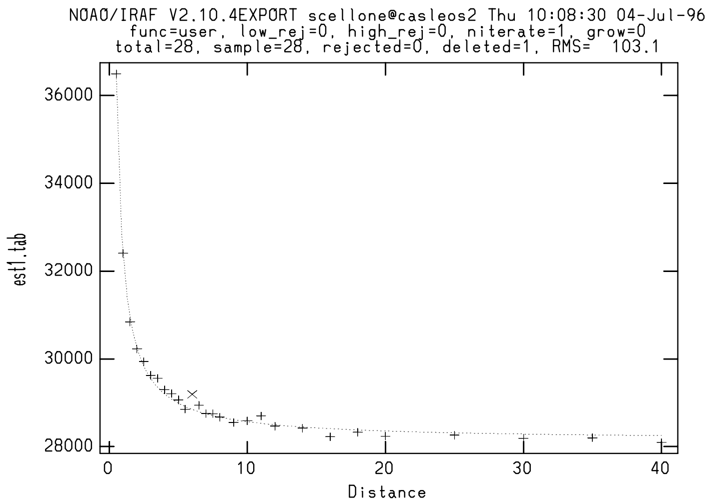

Figura 4: Ajuste no lineal a los datos de la estrella más brillante, usando la ecuación 3.

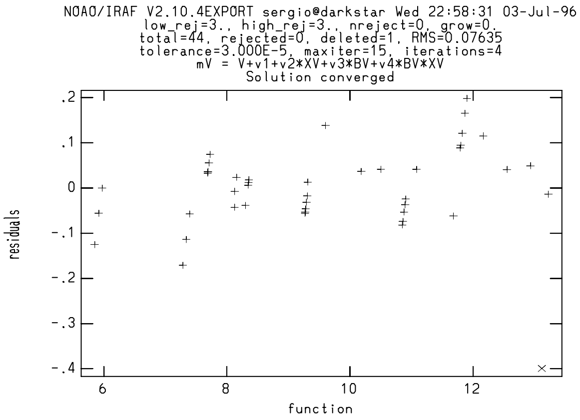

Figura 5: Residuos de la transformación al sistema estándar (sin corregir TE).

$$\langle \Delta t \rangle = 0.165 \pm 0.013 \ ,$$

4 Conclusiones

Se ha detectado que los tiempos de exposición efectivos de las imágenes tomadas con CCD directo + reductor focal son mayores que los tiempos de exposición requeridos por el observador en un $\Delta t = 0.165 \pm 0.013$ segundos.

Lo anterior vale para las imágenes directas tomadas entre el 15/09/95 y el 10/05/96, por lo que se recomienda a los observadores tener en cuenta el TE efectivo para reducir sus observaciones.

No hay información para fechas anteriores al 15/09/95, dado que ese día se instaló el reductor focal con el nuevo obturador. Si algún observador desea que se verifique para esas fechas, se le ruega comunicarse con el autor de este informe.

A partir del 10/05/96, se modificaron los *delay times* de la cámara (el motivo se explicará en un próximo informe), por lo que se espera que el valor de Δt resulte distinto. Se han efectuado las observaciones de prueba para verificarlo, y apenas se solucionen los problemas para leer la cinta con los datos se trabajará en este tema.

Las pruebas descriptas en este informe no alcanzan para determinar si Δt varía con la posición de la estrella en el chip, o con alguna otra variable (por ejemplo, de noche a noche). Próximamente se harán más pruebas para determinarlo, y para mejorar el valor de Δt, que por ahora debe considerarse preliminar.

Las Figuras 5 y 6 muestran los residuos de las transformaciones al sistema estándar (banda V), sin corregir, y corrigiendo los tiempos de exposición, respectivamente. Los residuos son grandes porque no se tomó demasiado cuidado al elegir diafragmas, etc., pero igual se ve que en el segundo caso los residuos disminuyen apreciablemente.

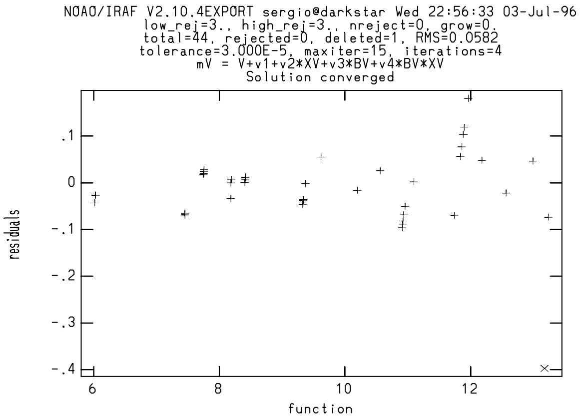

Figura 6: Residuos de la transformación al sistema estándar (TE corregido).

Referencias

[1] Graham, J. A. 1982, PASP, 94, 244

[2] Massey, P., & Davis, L. E. 1992, "A User's Guide to Stellar CCD Photometry with IRAF", p. 2

Consultas y comentarios, por favor dirigirlos a:
Sergio A. Cellone
scellone@fcaglp.unlp.edu.ar