

# Técnicas de observación. Imágenes Speckle.

*Observational Techniques. Speckle Imaging.*



por *Francisco M. Rica Romero*

Agrupación Astronómica de Merida (Badajoz, España) · Coordinador Grupo Estrellas Dobles LIADA · fricao@gmail.com

El futuro de los observadores amateurs de estrellas dobles visuales está en las técnicas que permiten congelar parcial o totalmente el seeing o turbulencia atmosférica. La técnica "lucky imaging" y la "imagen speckle" se basan en la obtención de gran cantidad de imágenes digitales con tiempos de exposición pequeños y la posterior utilización sólo de aquellas que presentan menor turbulencia atmosférica. En este trabajo describiremos estas técnicas, mencionaremos algunos programas informáticos para realizarlas y mostraremos un resultado preliminar.

The future of amateur double star observers is in the observational technique that freeze total o partially the atmospheric turbulence. The "lucky imaging" and "speckle imaging" techniques are based in taking many digital images of very short exposition time and the use of only those images with good quality. In this work I will comment this techniques, same software to perform it and same preliminary results.

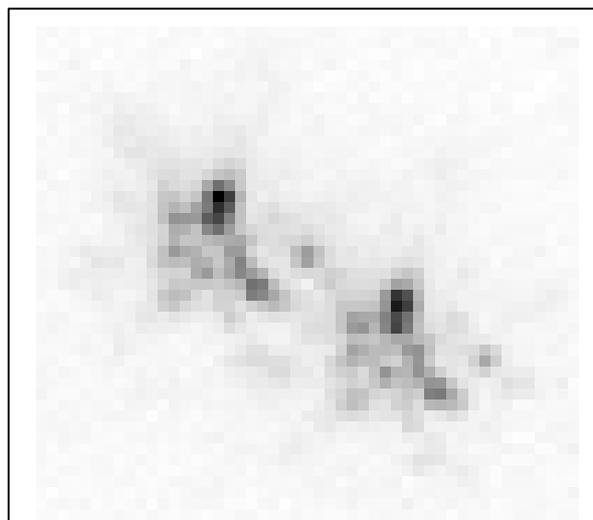
La técnica de observación por imágenes speckle (también conocida como video astronomía) describe un rango de técnicas de imágenes astronómicas de alta resolución basadas o bien en el método *shift-and-add* (desplaza-y-suma ó "apilado de imágenes") o en el método de *interferometría Speckle*. Estas técnicas pueden aumentar drásticamente la resolución de los telescopios usados desde la superficie de nuestro planeta.

El principio de todas las técnicas es tomar muchas imágenes de un objeto astronómico con muy cortos tiempos de exposición, reduciendo de forma importante o incluso eliminando los efectos del seeing astronómico. El uso de estas técnicas conduce a un número importante de descubrimientos, entre otros, de miles de binarias que de otra forma aparecerían como simples estrellas para un observador visual empleando telescopios de similares aberturas.

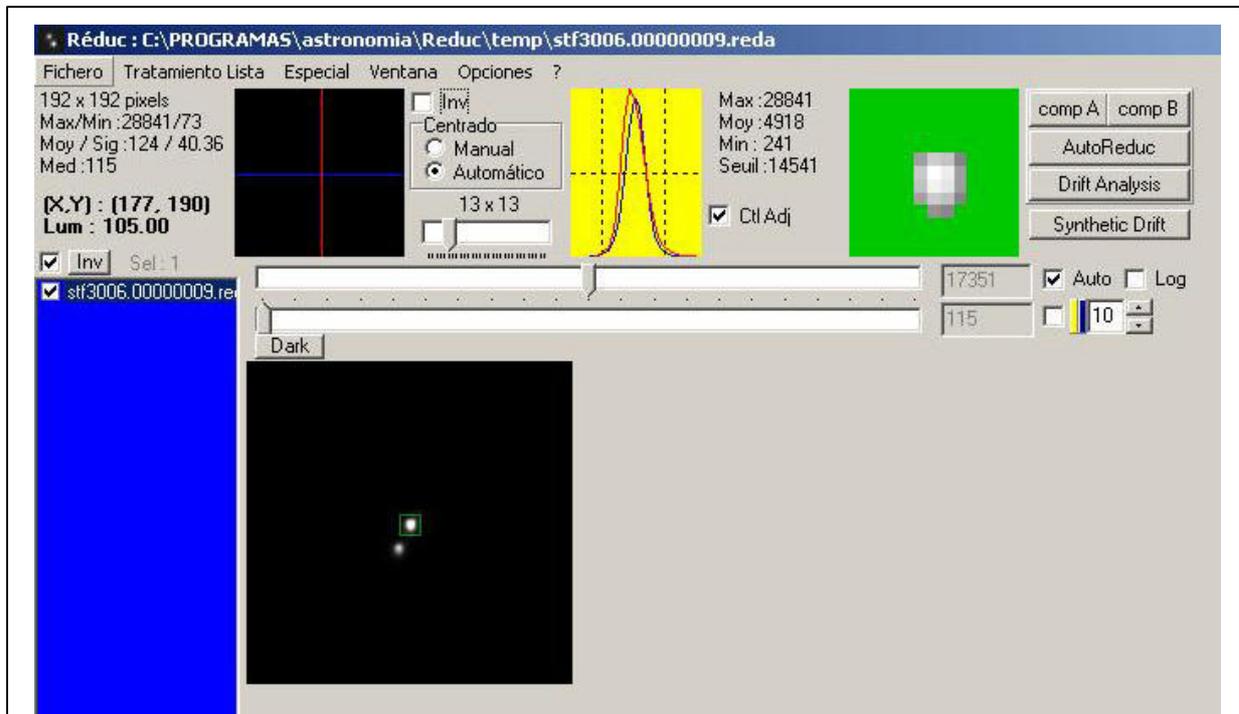
En teoría el límite de resolución del telescopio es una función del tamaño del espejo principal debido al efecto de la difracción. Esto hace que la imagen de una estrella distante aparezca dispersa en una mancha pequeña conocida como el disco de Airy. Un par de estrellas con una separación angular inferior a ese límite aparecerá como una estrella simple, de tal forma que los telescopios más grandes no sólo podrán observar objetos más débiles sino que también tendrán una resolución mayor y serán capaces de separar pares de estrellas más cerradas.

Este razonamiento se viene abajo debido a los límites prácticos impuestos por la atmósfera, cuya naturaleza aleatoria rompe el disco de Airy en patrones de manchas (en inglés "speckle") de similar tamaño cubriendo una zona mucho mayor que el mismo disco de Airy (Figura 1). Desde hace

casi 200 años, expertos profesionales observadores de dobles han empleado telescopios en buenos emplazamientos y aprovechando esos pequeños instantes de tiempo en los que la atmósfera estaba casi en calma, conseguían separar y medir dobles, casi hasta el límite teórico de resolución, empleando micrómetros. Este nivel de resolución era impensable para la fotografía astronómica o las actuales técnicas de imágenes digitales, ya que unos pocos segundos de tiempo de exposición origina que los objetos puntuales se vean bien afectados por la turbulencia atmosférica.



**Figura 1.** Imagen típica de corta exposición de Zeta Bootis vista a través del seeing atmosférico. Cada estrella debería aparecer como un simple punto pero la atmósfera hace que las imágenes de las dos estrellas se rompan en dos patrones de speckles.



**Figura 2.** Una de las pantallas del software Reduc desarrollado por el amateur francés Florent Losse. Es uno de los mejores softwares especializados en medición de estrellas dobles y permite el tratamiento y medición de múltiples imágenes procedentes de webcams, usando la técnica “shift-and-add” y “lucky imaging”.

Durante muchos años la resolución práctica de los telescopios estuvo restringida por la atmósfera, hasta que con la introducción de la interferometría *speckle* y la óptica adaptativa se abrieron nuevos caminos para eliminar o reducir en gran medida esta limitación.

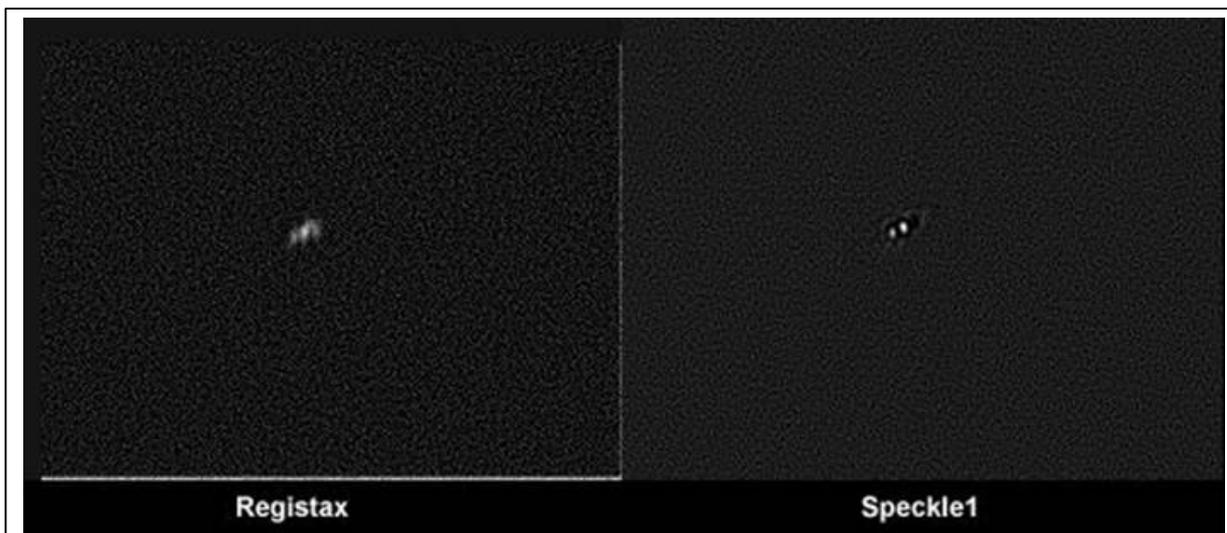
La clave de esta técnica está en obtener muchas imágenes de tiempo de exposición muy corto para “congelar” el efecto del seeing en cada imagen. En imágenes infrarrojas, los tiempos de exposición son del orden de 0,1 segundos (bien al alcance de las webcam comerciales y otro tipo de dispositivos digitales). Pero en la región visible, donde la atmósfera cambia más rápidamente, es necesario tomar imágenes de 0,01 segundos de exposición aproximadamente. Si tenemos en cuenta que muchos dispositivos digitales de captura de imágenes son sensibles al rojo, entonces un tiempo de exposición adecuado podría ser unos 0,05 segundos más o menos, o sea una frecuencia de imagen de 20-25 *frames* por segundo (*fps*, o también expresado en Hz). De nuevo las webcam amateurs son adecuadas.

Pero este tipo de observación tiene un inconveniente. La toma de imágenes de exposición muy corta limita la magnitud observable y sólo podremos observar objetos más o menos brillantes (magnitud límite 9 usando un telescopio de 200 mm de diámetro con una webcam amateur típica sin modificar).

### Tipos de observación de imágenes Speckle

— **Técnicas basadas en el método shift-and-add (“desplaza y suma”)**: En esta técnica las imágenes de exposición corta son alineadas por el *speckle* más brillante y promediadas para dar una única imagen de salida. Actualmente existen varios paquetes de software que permiten la aplicación de estas técnicas: IRAF, RegiStax, Iris, Reduc, etc.

— **Técnica Lucky Imaging** (imagen afortunada) llamado también **lucky exposition** (exposición afortunada): es una variante de la técnica anterior. La principal diferencia está en que no se utilizan todas las imágenes obtenidas sino que se seleccionan solamente las mejores (frecuentemente el 10 %), es decir, las menos afectadas por la turbulencia. Seleccionando sólo el 1 % o menos de las imágenes tomadas es posible mediante esta técnica alcanzar el límite de difracción de incluso un telescopio de 2,5 metros de apertura mejorando la resolución hasta en un factor de 5 sobre sistemas de imágenes estándar. La técnica *Lucky Imaging* fue usada por primera vez a mediados del siglo XX y llegó a ser popular entre los observadores de cometas en las décadas de 1950 y 1960 (usando cámaras de cine o intensificadores de imagen). Hoy en día los amateurs realizan técnicas “*shift-and-add*” y “*Lucky Imaging*” cuando observan planetas a través de sus webcams.



**Figura 3.** La imagen de la izquierda fue obtenida usando Registax y seleccionado los mejores frames. La imagen de la derecha utilizó las 1.054 imágenes mediante un software alemán que analiza las imágenes por interferometría speckle. El resultado por técnicas speckle es impresionante y nos indica que este par, separado por 1,3", es fácilmente medible. En la imagen speckle calculé un FWHM (indicador del seeing) de 0,65" x 0,54" y por tanto es posible medir pares de hasta 0,5-0,6 segundos de arco, eso sí, con la focal adecuada.

En 2007, astrónomos del California Institute of Technology (Caltech) y de la Universidad de Cambridge anunciaron el primer resultado de un nuevo sistema híbrido usando técnicas *Lucky Imaging* y óptica adaptativa (AO). La nueva cámara procuró los primeros resultados limitados por difracción sobre un telescopio de 5 metros. La resolución conseguida era dos veces mejor que la alcanzada por el telescopio Hubble. En este sistema, la técnica *Lucky Imaging* selecciona los intervalos de tiempo en los que la turbulencia es reducida. Posteriormente el sistema de óptica adaptativa utiliza esos periodos de tiempo para dar imágenes de excelente resolución incluso para imágenes en el visible. El sistema *Lucky Imaging* suma las imágenes tomadas durante esos intervalos de tiempo excelentes para producir imágenes finales con una mayor resolución que la que se obtendría con una cámara AO convencional de larga exposición.

Sin embargo, esta técnica tiene un par de limitaciones. Sólo puede usarse para observar objetos relativamente pequeños angularmente (hasta 10 segundos de arco en diámetro). También requiere una brillante estrella guía en el campo de visión. Esta limitación no afecta al telescopio Hubble, el cual es capaz de obtener imágenes de campo ancho y de alta resolución.

— **Técnicas basadas en interferometría speckle:** En 1970 el astrónomo francés Antoine Labeyrie mostró que se podía obtener información sobre la estructura de alta resolución a partir de los patrones *speckle* del objeto usando un análisis de Fourier (interferometría *speckle*). También es posible utilizar máscaras de apertura (*speckle masking*) que se colocan en el telescopio

bloqueando la luz parcialmente y dejando que ésta pase a través de algunos agujeros que posee la máscara. Esto tiene un efecto similar a un interferómetro óptico dando poderes de resolución limitados por la difracción.

— **Técnicas interferométricas con múltiples telescopios.** Enormes posibilidades se abren cuando se usan varios telescopios separados por una gran distancia actuando como uno sólo. Estos telescopios en cadena simulan el diámetro de un telescopio mucho mayor obteniendo precisiones de milisegundos de arco en el visible e infrarrojo.

### Interferometría Speckle por aficionados

Hasta hace bien poco esta técnica de observación estaba limitada sólo a los profesionales. La gran cantidad de imágenes por segundo necesarias para implementarla suponía un problema técnico que hoy en día no existe. Actualmente existen cámaras digitales baratas, como las DMK, que permiten obtener imágenes con tiempos de exposición de una milésima de segundo y con una sensibilidad suficiente. Un ejemplo de que hoy en día el seeing atmosférico no es un problema para observar dobles es el trabajo que realizamos por casualidad desde el Observatorio Astronómico de Cantabria.

El 19 de Julio de 2008 obtuvimos desde Cantabria, 1.054 imágenes de la binaria STF2744. El tiempo de exposición de cada imagen fue de 26 milisegundos y la idea era utilizar la técnica de *Lucky Imaging* para ver si éramos capaces de desdoblirla y medirla. El telescopio usado es un LX200R de 0,4 metros de diámetro a f/10

(longitud focal de 4.117 mm). Las imágenes CCD se tomaron usando una cámara DMK 41AU02.AS, con chip ICX205AL de Sony compuesto por 1280x960 píxeles cuadrados de 4,65 micras. Esta cámara permite tiempos de exposición desde 1/10000 segundos hasta 60 minutos a una velocidad máxima de 15 fps. A foco primario sobre el telescopio de 0,4 metros, da un campo de visión de 5,0 x 3,7 minutos de arco. Las mediciones se realizaron a foco primario con una escala de placa de  $0,2330 \pm 0,0002$  "/píxel. STF2744 está compuesta por dos estrellas de magnitudes 6,76 y 7,33 separadas por 1,3" (en 2007). La técnica *Lucky Imaging* no resultó, pero hicimos una prueba con un software alemán (<http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de/~stelzer/?S=D>) que realizaba interferometría *speckle* con múltiples opciones. Este software no dispone de ningún manual y dada la gran cantidad de parámetros y opciones que tiene es realmente complicadísimo saber cómo funciona. La base física de esta técnica es realmente difícil de entender por alguien que no sea físico o matemático (yo busqué información pero todo intento por comprender el funcionamiento numérico de esta técnica fue en vano). El astrónomo del Observatorio de Cantabria a base de prueba y error obtuvo un resultado realmente impresionante. Yo mismo posteriormente, siguiendo las instrucciones adecuadas, logré el mismo resultado. Los lectores pueden juzgar por ellos mismos simplemente observando la comparación de imágenes mostrada en la Figura 3.

La principal limitación de la técnica *speckle* para los instrumentos amateurs es la magnitud límite que se puede alcanzar. Al ser necesariamente pequeños los tiempos de exposición, la magnitud límite de las estrellas observadas se ve reducida. La Figura 3 muestra a la componente secundaria, de magnitud 7,33 con una relación señal/ruido elevada. Por tanto creemos que con el telescopio de 0,4 metros del observatorio de Cantabria podemos llegar hasta magnitudes 9-10.

Más ejemplos de la aplicación práctica de la técnica *speckle* en el ámbito no profesional es la experiencia del amateur italiano Roberto María Caloi quien publicó un artículo en la revista JDSO vol. 4, pág. 91 del año 2008 (<http://www.jdso.org/volume4/number3/caloi.pdf>). Utilizó una webcam sobre un telescopio Celestron de 0,23 m de diámetro para obtener imágenes limitadas por la difracción. Las imágenes se tomaron con una barlow 2,5x para obtener una focal de 5,83 metros y el tiempo de exposición usado fue de 0,020 segundos. La escala de placa conseguida fue de  $0,21$ "/píxel. Roberto llegó a medir varias dobles con separaciones de  $0,7$ "; en cuanto a la magnitud límite pudo observar estrellas con magnitudes entre 7,0 y 7,5. Para el procesado *speckle* de los miles de imágenes usó un programa informático diseñado por él llamado *SIA*.

Asimismo, en Francia, Martine Castets y Bernard Tregon han realizado pruebas con pequeños telescopios pero actualmente están utilizando el telescopio de 0,6 metros del Observatorio de Pic du Midi (ver OED números 2 y 3). Con este telescopio han llegado a medir pares de hasta 10,2 segundos de arco! Utilizando un extensor de focal ha logrado manejar una *fifocal* de casi 21 metros con una escala de placa de  $0,085$  "/píxel!! Estas cifras marean a más de uno. El tratamiento *speckle* de las imágenes las realizan con el software amateur IRIS empleando un script diseñado por ellos mismos.

Concluimos diciendo que las técnicas interferométricas (bien sea *Lucky Imaging* o *Speckle*) son el futuro para aquellos amateurs que se dedican a las estrellas dobles y quieran medir pares realmente cerrados. Sólo así podremos lograr congelar o al menos mitigar el efecto negativo del seeing atmosférico y alcanzar a resolver las dobles más cerradas, limitadas sólo por el límite de difracción de nuestro instrumental. ©