

# Determinación del periodo de la orbita de una estrella binaria espectroscópica.

Nicolas Garavito-Camargo,<sup>1</sup> Benjamin Oostra<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En astronomía a diferencia de la física no se pueden realizar experimentos ya que solo hay un universo observable. Por lo tanto de este se tiene que obtener toda la información posible por medio de observaciones y con estas poder entender los fenómenos físicos presentes en el universo.

A partir de estas observaciones en particular de la espectroscopía se obtiene información, sobre la abundancia de elementos químicos, las velocidades radiales, tasas de formación estelar, masas de estrellas etc.

Estas observaciones son de la radiación proveniente del universo y se hacen en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético. Estas longitudes de onda se dividen en: Microondas, Rayos X, Infrarojo, Visible, Radio, UV. La observación en estas frecuencias depende en gran medida de las ventanas presentes en la atmósfera terrestre. Las principales ventanas se encuentran en el rango visible y en ondas de radio por lo que muchos telescopios terrestres son de este tipo.

El objetivo de este trabajo es familiarizarse con las técnicas observacionales en astronomía en particular con el uso de espectros astronómicos, para esto se pretende observar una estrella binaria  $\varepsilon$  CRA y encontrar su periodo orbital a partir de la medición de su espectro. Este estudio por medio de espectros es muy utilizado en astronomía y estudiar estrellas binarias es de gran importancia ya que se estima que el 50% de estrellas en la vía láctea son binarias.

Por otro lado conociendo la órbita de estrellas es posible reconstruir el potencial gravitacional del sistema, lo cual es de bastante utilidad ya que muchas veces el potencial gravitacional no es conocido para sistemas complejos (Vía láctea). reconstruir el potencial gravitacional del sistema binario se deja como complemento de este trabajo.

---

<sup>1</sup>Dept. de Física., Universidad de los Andes, Calle 1... Bogotá, Colombia. E-mail: jn.garavito57@uniandes.edu.co

## MARCO TEÓRICO

### Espectrografia

La espectrografia es una tecnica en la cual la luz se descompone en las diferentes longitudes de onda. A partir de la intensidad de las diferentes lineas de emisión/absorción se pueden encontrar cantidades físicas importantes de los objetos celestes observados tales como la composición química, temperatura superficial, la masa, tasas de formación estelar y si hay presencia de medio interestelar se puede hallar la cinemática del gas. [2]

Conociendo los espectros estelares es posible reconstruir sintéticamente espectros de galaxias y así saber las poblaciones estelares presentes en cada galaxia y si se hace esto para galaxias con diferentes edades es posible ver como evolucionan las poblaciones estelares en las galaxias con el tiempo.

La espectrografia es la tecnica mediante la cual se puede obtener mas información de la radiación proveniente de los diferentes objetos celestes.

### Clasificación espectral de las estrellas

Esta clasificación se denomina clasificación espectral de Harvard debido a que fue propuesta por el observatorio astronomico de la universidad de Harvard. Las estrellas se clasifican según su temperatura así:[2]

O-B-A-F-G-K-M-L-T

- O son estrellas de azules (calientes) de temperatura superficial entre 20000K y 35000K.
- B son estrellas azules-blancas de temperatura superficial de 15000K.
- A son estrellas blancas de temperatura superficial de 9000K.
- F son estrellas blancas-amarillas con temperatura superficial de 7000K.
- G son estrellas amarillas como nuestro sol con temperatura superficial de 5500K.
- K son estrellas naranjas-amarillas con una temperatura superficial de 4000K.
- M son estrellas rojas de temperatura superficial de 3000K.
- L son estrellas marronas con temperatura superficial de 2000K.
- T son enanas marrones con temperatura superficial de 1000K.

## Binarias espectroscópicas

Las estrellas binarias espectroscópicas solo se pueden detectar mediante sus espectros, estos espectros muestran dos veces las líneas de absorción o emisión una con corrimiento hacia el rojo y la otra al azul debido al movimiento orbital de las estrellas, donde la máxima separación será cuando una estrella se aleja de la línea de visión y la otra se acerca, el período de estas separaciones corresponderá al período orbital de la binaria.

Para encontrar la velocidad relativa tenemos que:

$$\frac{v}{c} \simeq z = \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e} \quad (1)$$

Por otro lado debido a que el plano de la órbita no está alineado con el plano de la línea de visión tenemos que:

$$v = v_0 \sin(\theta) \quad (2)$$

Donde  $v$  es la velocidad observada y  $v_0$  la velocidad real.

donde  $\lambda_o$  es la longitud de onda observada y  $\lambda_e$  es la longitud de onda emitida.

## SELECCIÓN DE LA BINARIA A OBSERVAR

Para la selección de la estrella binaria a observar se tuvieron en cuenta diferentes características tales como:

- Visibilidad en nuestra ubicación, ( $AR > 16h$ , Declinación  $(-40^\circ, 80^\circ)$ )
- Magnitud aparente menor a 5, ( $M < 5$ ).
- La duración del período menor a 2 meses.
- Estrellas calientes para obtener más líneas de emisión y así poder encontrar la órbita con mayor exactitud.

Después de tener en cuenta los parámetros en el catálogo de estrellas binarias [3] encontramos los siguientes candidatos:

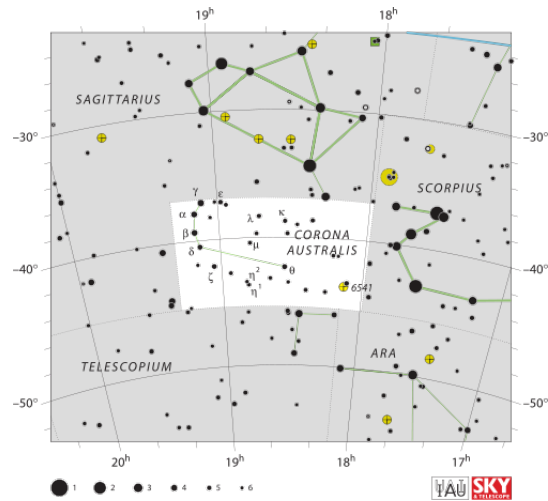
Nombre	RA	DEC	Período (Días)	Tipo espectral	Magnitud
$\epsilon$ CRA	18h59m39s	$-37^\circ 05' 17''$	0.59	F0V	4.8
$\mu 1$ Sco	16h52m48s	$-38^\circ 04' 11''$	1.44	B1.5V	3.00

Entre estas dos estrellas se seleccionó Epsilon de la Coronae Australis ( $\epsilon$  CRA) ubicada en la constelación de la Coronae Australis Fig. 2, ya que su período es el más corto, pero también se tomaron espectros de  $\mu 1$  del escorpión.

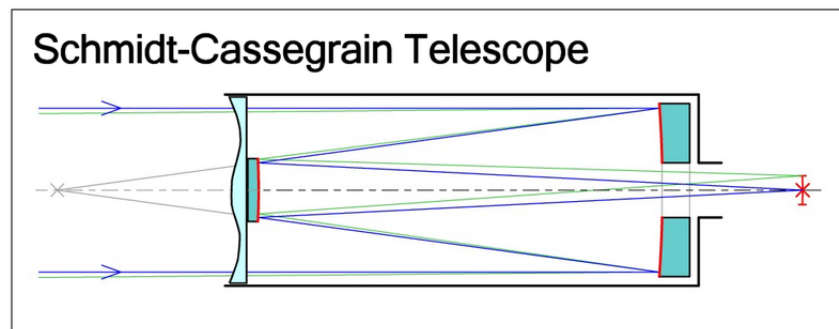
## OBSERVACIONES

Todas las observaciones se han llevado a cabo en el observatorio astronómico de la Universidad de los Andes. A continuación se describen la instrumentación utilizada así como los protocolos de observación utilizados.

El montaje experimental que se utilizó se muestra en la Fig. ?? en el cual se ve el acople de las fibras ópticas al telescopio, por medio de estas fibras la luz es llevada hasta el espectrógrafo.



**FIG. 1. Corona Australis [5]**



**FIG. 2. Camino de luz en un telescopio Schmidt-Cassegrain [6]**

## Instrumentación

### Telescopio

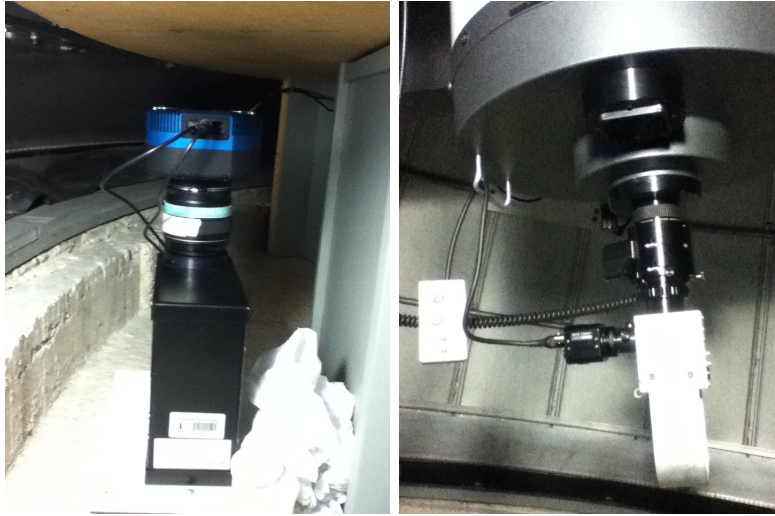
Se utilizó un telescopio marca Meade LX200 Schmidt-Cassegrain Fig.2 de 40cm de apertura y una distancia focal de 4m.

### Espectrografo

El espectrógrafo que se utilizó (Espartaco) Fig.3 es un espectrografo de alta resolución en el cual la luz del telescopio llega por medio de una fibra óptica, luego esta luz es descompuesta por una rendija de difracción y finalmente la radiación es recolectada en una CCD.

### Software

La reducción de datos se llevó a cabo con el software ISIS [4] el cual usa como referencia los espectros de las lámparas de calibración (de torio y tungsteno) para obtener los perfiles de los espectros tomados de las estrellas.



**FIG. 3. Espectrografo (Izquierda), Montaje experimental (Derecha)**

### Protocolo de Observacion

Todas las observaciones se han llevado a cabo en el observatorio de astronomico de la universidad de los andes. Los datos acá presentados se tomaron las noches del 10, 13 y 16 de septiembre de 2013. En un intervalo de tiempo aproximadamente desde las 5pm hasta las 10 pm.

El protocolo de observacion que se siguió fue el siguiente:

- Preparar el montaje, conectar el espectroscopio al telescopio haciendo de las fibras opticas.
- Tomar espectros de las lamparas de calibración
- Posicionar la fibra optica en el foco del telescopio
- Encontrar la estrella binaria  $\epsilon$ CRA y enfocarla en la fibra optica
- Tomar los espectros, entre 5 y 15 min cada uno.

### RESULTADOS PRELIMINARES

A continuación Fig. 4 se muestran 3 espectros que se tomaron en 3 diferentes días, cada uno de estos espectros representa la mejor medición del día en que se tomaron. Todos los espectros tomados se encuentran a disposición en el repositorio <https://github.com/jngaravitoc/EpsCra/tree/master/data>. Es importante resaltar que se han tomado muchos más espectros pero se han tenido problemas con la contaminación luminica, nubosidad y un error en el montaje experimental que hizo que los espectros resultantes no fueran apropiados para el estudio que se pretende realizar.

A partir de la Fig. 4 se pueden buscar las principales líneas de absorción como por ejemplo  $H\alpha$  Fig. 5 y con esta hallar información sobre el periodo de la estrella binaria. Pero debido a los pocos espectros obtenidos hasta el momento no es posible encontrar el periodo de la órbita. Lo que es posible hallar es la

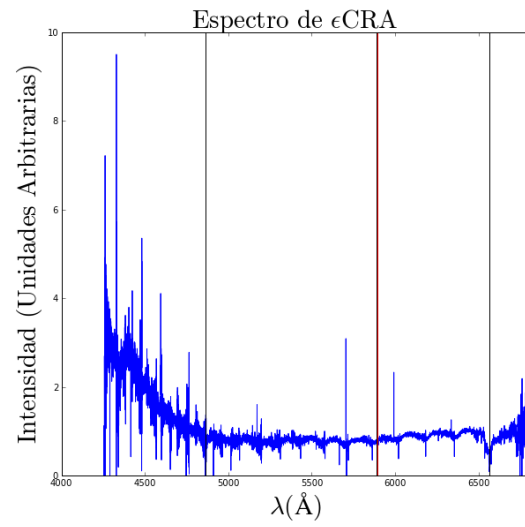
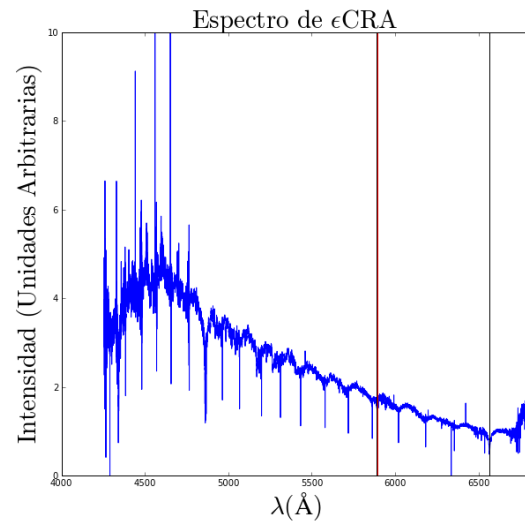
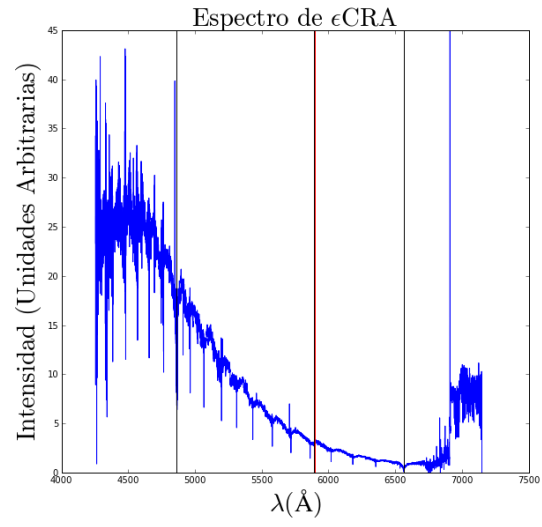


FIG. 4. Tres diferentes espectros de eps CRA

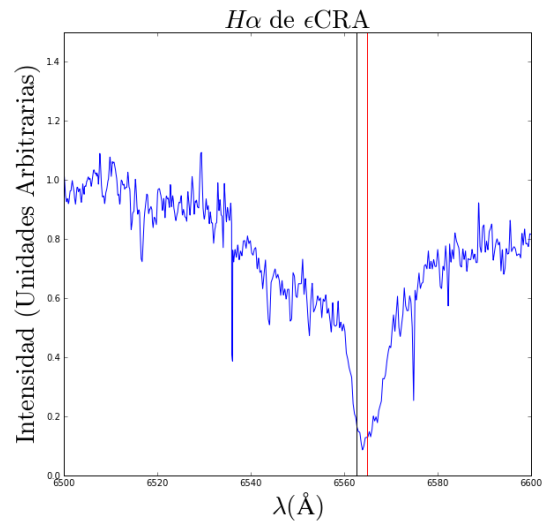
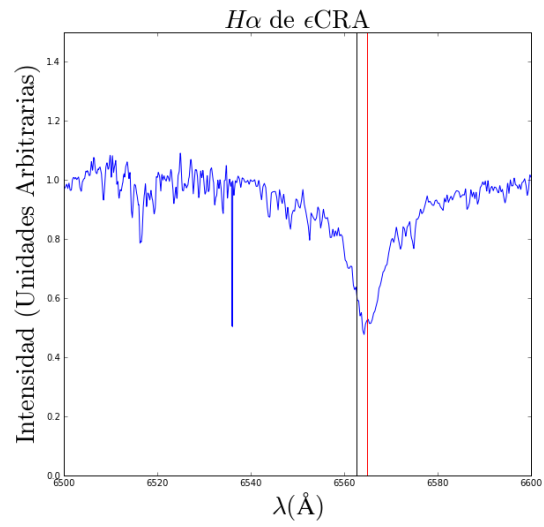
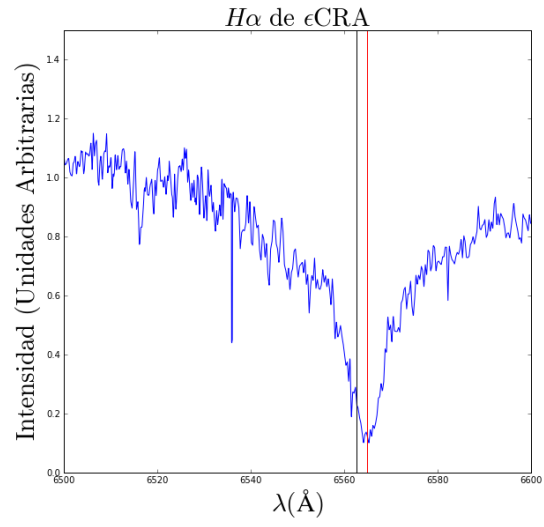
velocidad a la cual el sistema se esta alejando de nosotros haciendo uso de la ecuación (1) y (2).

Espectro	Velocidad ( $km/s$ )	$v_{teo}$ ( $km/s$ ) [3]	Error %
1	63.69	61.9	2.89
2	63.69	61.9	2.89
3	63.69	61.9	2.89

Se espera que con al menos 4 espectros mas ya se pueda obtener el periodo de la órbita. Estos espectros se tomaran en el transcurso del mes de octubre del presente ao. Todos el tratamiento de los datos se llevo acabo con python y se encuentra disponible en: <https://github.com/jngaravitoc/EpsCra>

## REFERENCIAS

1. <http://ned.ipac.caltech.edu>
2. Karttunen, Fundamental astronomy 5th edition.
3. Alan H. Batten, J. Murray Fletcher and D. G. MacCarthy, <http://ad.usno.navy.mil/wds/dsl/SB8/>
4. [http://www.astrosurf.com/buil/isis/isis\\_n.htm](http://www.astrosurf.com/buil/isis/isis_n.htm)
5. <http://www.iau.org/static/public/constellations/gif/CRA.gif>
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Schmidt-Cassegrain-Telescope.png>



**FIG. 5.** Tres diferentes espectros de eps CRA en la region de  $H\alpha$