

# CALCULO DE LA MASA EN BASE A SU RELACIÓN CON LA LUMINOSIDAD, DE LAS ESTRELLAS EN SECUENCIA PRINCIPAL

J. Arellano<sup>1</sup>, S. Ayala<sup>1</sup>

## RESUMEN

En el presente documento, se expone la relación masa-luminosidad, que tienen las estrellas de la secuencia principal para su cálculo de uno teniendo otro, y plantear algunos aspectos de la luminosidad según la masa de la estrella. Se propone un problema para utilizar las. Igualmente, se presenta una investigación cuantitativa, en el cuál fueron estudiadas algunas estrellas pertenecientes y no, a una secuencia principal, para abordar empíricamente la demostración de los fenómenos dichos a estudiar.

## ABSTRACT

*Key Words:* Masa — Luminosidad — Secuencia principal

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las primeras así como grandes incógnitas de la astrofísica y la astronomía, ha sido la capacidad para resolver problemas relacionados con los cuerpos celestes, como los son las estrellas y las galaxias. Las estrellas mediante unos cuantos parámetros nos manifiestan grandes rasgos sobre su historia, su edad, que tan lejos puede estar entre otras cosas. En la actualidad, las variables de los astros se pueden organizar en tablas y gráficas de casi cualquier fenómeno físico del que puedan emitir señales, además de buscar patrones en grandes cantidades de información ha sido siempre uno de los retos científicos. Una de las herramientas de clasificación más notables es el diagrama Hertzsprung-Russell llamado HR. Puede relacionar entre el tipo espectral de las estrellas y la magnitud absoluta, así como también relacionarlos con la temperatura y la luminosidad, entre otros.

No obstante, el diagrama HR se desarrolló originalmente como una relación entre el tipo espectral y la luminosidad (medida en lúmenes solares) de las estrellas, con el paso del tiempo estas magnitudes cambiaron, originando diferentes tipos de diagramas HR. En este caso el tipo de diagrama del cuál estaremos más interesados, aun cuando se puedan utilizar distintos diagramas HR, será el que relaciona la luminosidad de las estrellas de secuencia principal con su masa, para poder verificar esa relación y poder resolver problemas de esta índole.

Es menester además, mencionar el uso de las secuencias principales, pues este modelado es más ex-

acto y preciso si se usa en estrellas pertenecientes a la secuencia principal.

## 2. ANÁLISIS DE ESTRELLAS MEDIANTE SU MASA Y LUMINOSIDAD

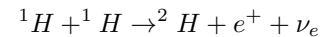
En estrellas de secuencia principal diferenciamos dos modos de quemar de hidrógeno en el núcleo de la estrella. La combustión se realiza a través de reacciones que llevan de algún modo al  ${}^4\text{He}$ . A pesar de ello lo que determina a través de que ciclo ó cadena, quemará el hidrógeno será la misma masa de la estrella.

### 2.1. Estrellas que no pertenecen a la secuencia principal

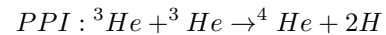
Las cadenas PP, protón protón, aplican para las estrellas de la secuencia principal cuya masa es menor 1.5 veces la masa del sol, esto es:

$$M < 1.5M_{\odot}$$

Se llaman así porque parten de la fusión de un ion de hidrógeno con uno exactamente igual,



de esta se desenlazan otros tres tipos: PPI, PPII y PPIII. Sin embargo solo se analizarán las PPI.



que son el tipo más común, ya que el H es el elemento más abundante en el universo.

A continuación se muestra un diagrama HR que muestra las 18 estrellas más cercanas al planeta Tierra.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

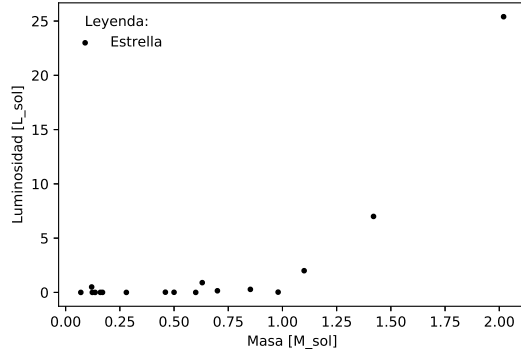


Fig. 1. Diagrama HR observacional que muestra las 18 estrellas más cercanas a la tierra. De mi autoría con ayuda de Python

Cabe mencionar que se hizo con el propósito de demostrar cuando se cumplen las características necesarias para que se cumpla la relación:

$$L \propto M^a; \quad 3 \leq a \leq 4$$

### 2.2. Estrellas que pertenecen a la secuencia principal

Si las estrellas que se relacionan en esta región, se asemejan pues su tipo espectral se puede relacionar fácilmente con la temperatura y su luminosidad. Sin embargo esto solamente se podrá observar mejor cuando, ya mencionado antes, la estrella esté en la etapa de fusión de hidrógeno (que sea de orden 0). A continuación se mostrará un gráfico de estrellas que si pertenecen a la secuencia principal, pues se aprecia de una manera más clara la línea de tendencia que en la Fig. 1.

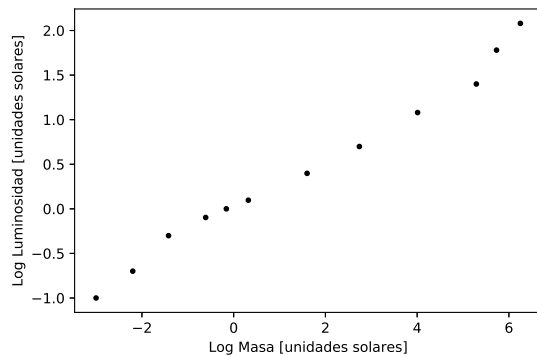


Fig. 2. Diagrama HR con datos estelares de secuencia principal. Imagen obtenida de internet.

Como se ve en la imagen anterior, la secuencia principal de edad 0 es llamado por los astrónomos

como *ZAMS*, esto es *Zero Age Main Sequence*, aunque la mayoría de las estrellas ya ha pasado por esa etapa. Conforme observamos estrellas más masivas pero cercanas a *ZAMS* su duración de vida es menor. Esta es una línea completamente teórica, que permite simular el comportamiento de diferentes estrellas. Además se cumple la relación que se quería demostrar empíricamente, esto es,  $L \propto M^a$ .

### 3. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Para calcular entonces, la masa o luminosidad de una estrella en *ZAMS*, basta con tener uno de los dos parámetros. Se tomará como primer ejemplo la estrella *Fomalhaut* de la constelación de *Piscis Austrini* y tomaremos su masa como conocida y queremos calcular su luminosidad.

$$M_{fomalhaut} = 2.1M_{\odot}$$

Luego al tomar la relación  $L \propto M^a$  y hacerla igualdad tenemos una constante de proporcionalidad  $k$ , esto es:

$$L = km^a$$

para fines prácticos se tomará como  $k = 1$ , entonces tenemos la ecuación que llamaremos (1)

$$\Rightarrow L = m^a \quad (1)$$

Y al sustituir los datos de *Fomalhaut* en términos de masas solares, y lúmenes solares:

$$L_{fomalhaut} = (2.1M_{\odot})^3$$

$$L_{fomalhaut} = 9.26M_{\odot}$$

y si variamos  $a = 4$

$$L_{fomalhaut} = (2.1M_{\odot})^4$$

$$L_{fomalhaut} = 19.44M_{\odot}$$

La luminosidad de *Fomalhaut* es

$$L_{fomalhaut} = 17.70L_{\odot}$$

Entonces se puede observar que se cumple la relación como una primera aproximación.

### 4. CONCLUSIONES

En resolución, y como autor del presente texto, he concluido que los diagramas HR son parte muy importante en la astronomía pues, permiten clasificar información estelar de manera compacta y eficiente. La luminosidad de una estrella, nos puede servir para calcular su masa de una manera eficiente, si obedece los parámetros establecido dada a que es una

primera aproximación está dentro de límites de que se cumpla, esto es, no en todos los casos el exponente de la masa será en el intervalo  $[3,4]$ , puede variar pero no es nada descomunal. Además, la luminosidad nos ayuda a comparar la estrella con otras de luminosidad similar (o no) y estudiar sus características y así generar modelos matemáticos que se adapten más a otros cambios. Sobremanera, la relación masa-luminosidad permite calcular la temperatura de la estrella, pues existe una relación entre la luminosidad, temperatura y la radiación de un cuerpo negro. Se podría decir que su cálculo sencillo pero es eficaz.

#### REFERENCES

- Garrison, R.F., & Beattie, B. 1996, *http* :  
[//www.astro.utoronto.ca/garrison/oh.html](http://www.astro.utoronto.ca/garrison/oh.html)  
 (Consultado el 05/06/2020).
- Lee, J.-W., & Carney, B. W. 1999, *AJ*, 117, 2868  
<https://www.astro.caltech.edu/george/ay20/eaastellarmasses.pdf>  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Estrella\\_blanca\\_de\\_la\\_secuencia\\_principal](https://es.wikipedia.org/wiki/Estrella_blanca_de_la_secuencia_principal)  
<https://media4.obspm.fr/public/VAU/temperatura/evolucion/vida/masa-luminosidad/APPRENDRE.html>