

Estrellas: Parte 4

Dr. José Antonio García Barreto

Investigador Titular B

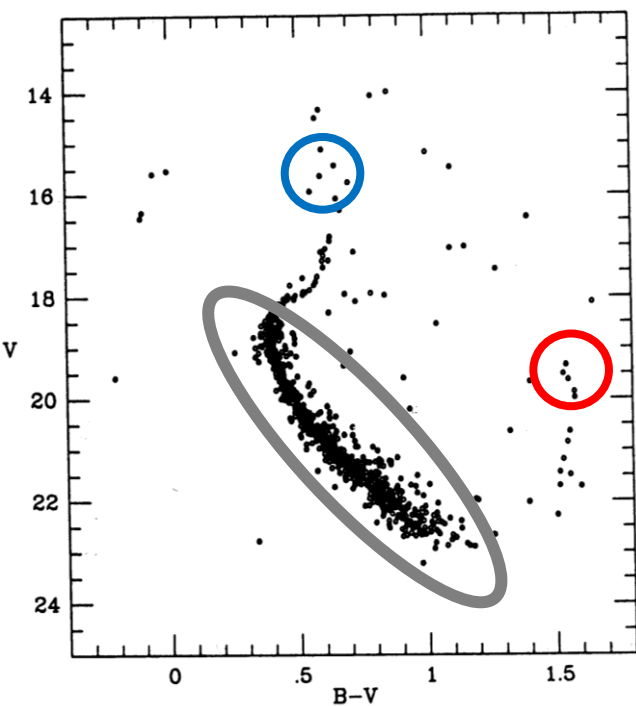
Instituto de Astronomía

Universidad Nacional Autónoma de México

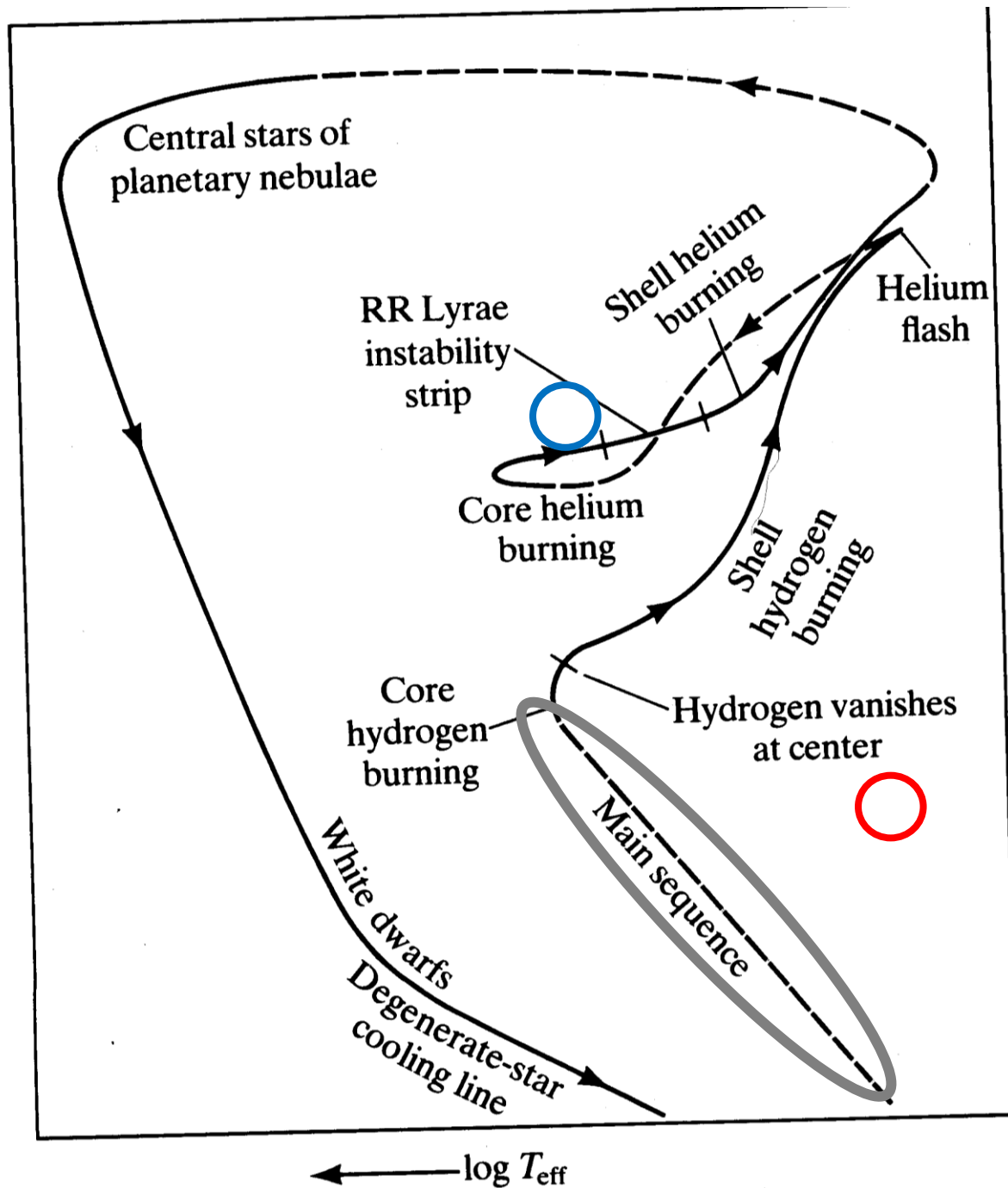
Material diáctico para utilizarse en el curso ***Astrofísica General*** a nivel licenciatura para estudiantes de física ofrecido en la Facultad de Ciencias, UNAM, Mayo 2020

1) Diagrama H – R “téorico”

Con las estimaciones de las luminosidades de las estrellas, sus diámetros, sus temperaturas superficiales, sus masas, y su clasificación espectral entonces se puede tener un diagrama H-R para un cúmulo de estrellas “representativo” que en éste curso he denominado H-R teórico, con el eje vertical con logaritmo de la luminosidad que aumenta de abajo hacia arriba y la temperatura superficial (o la masa, o el diámetro) en el eje horizontal y aumenta de derecha a izquierda.



$\log L$



Se identifica la banda diagonal con la mayor densidad de puntos (dentro de la elipse color gris como la región en donde todas las estrellas están llevando a cabo reacciones termonucleares para convertir núcleos de H (p) en núcleos de He ($2p$, $2n$), independientemente de su clasificación espectral, es decir, todas, ya sea O, B, A, F, G, K, M

Recordar que las capas de gas en el interior de las atmósferas de cada estrella tienen un espesor óptico muy grande $\tau \gg 1$, es decir, son opacas (no es posible “ver” lo que está sucediendo en su interior y menos en su centro)

Sin embargo, con la ayuda de modelos teóricos analíticos implementados en programas de computadora, es posible hacer modelos de los procesos físicos en el interior de las estrellas, estimando la densidad, temperatura, etc.

Se sabe que para llevar a cabo reacciones termonucleares en el centro de una estrella se necesita una temperatura absoluta entre

$$T \sim 12 \rightarrow 15 \times 10^6 \text{ } ^\circ K$$

Los detalles de las reacciones termonucleares para convertir núcleos de H en núcleos de He se pueden consultar en el material didáctico “Características Básicas de las Estrellas”.

Lo importante para esta clase es que la banda Diagonal en el diagrama H-R se le denomina La Secuencia Principal (en inglés la denominan Zero Age Main Sequence a su acrónimo ZAMS).

Importante señalar es que cada tipo espectral de estrella lleva sus reacciones termonucleares a diferente “ritmo”,.

Es decir, las **estrellas tipo O, B llevan a cabo sus reacciones en tiempos muy cortos del orden de millones de años!**

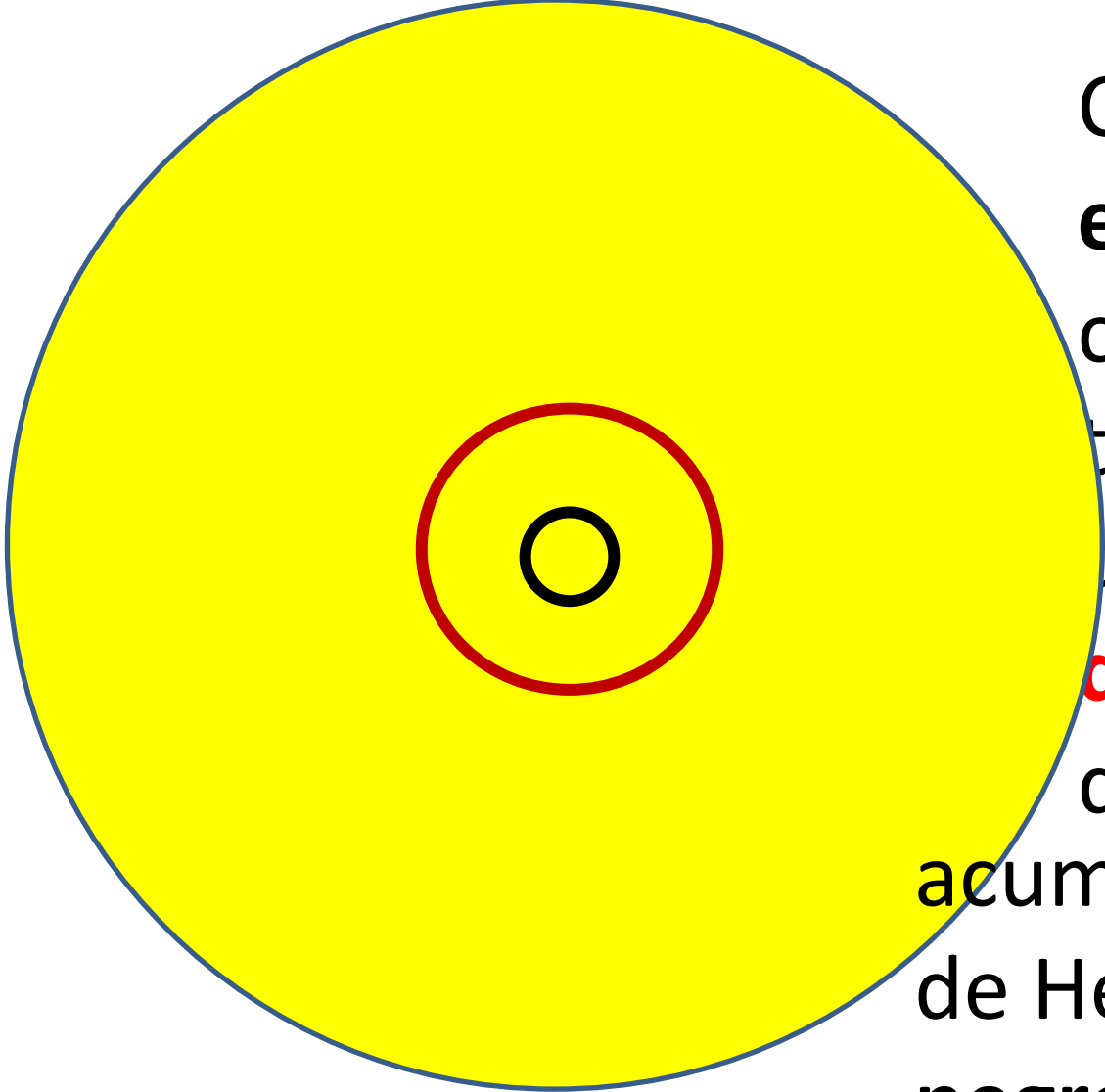
estrellas como el Sol, tipo G, K, M llevan a cabo sus reacciones en tiempos mucho más largos del orden de miles de millones de años!

2) Evolución en tiempo

Las estrellas evolucionan con el tiempo por los procesos físicos (reacciones termonucleares) que se llevan a cabo en su interior.

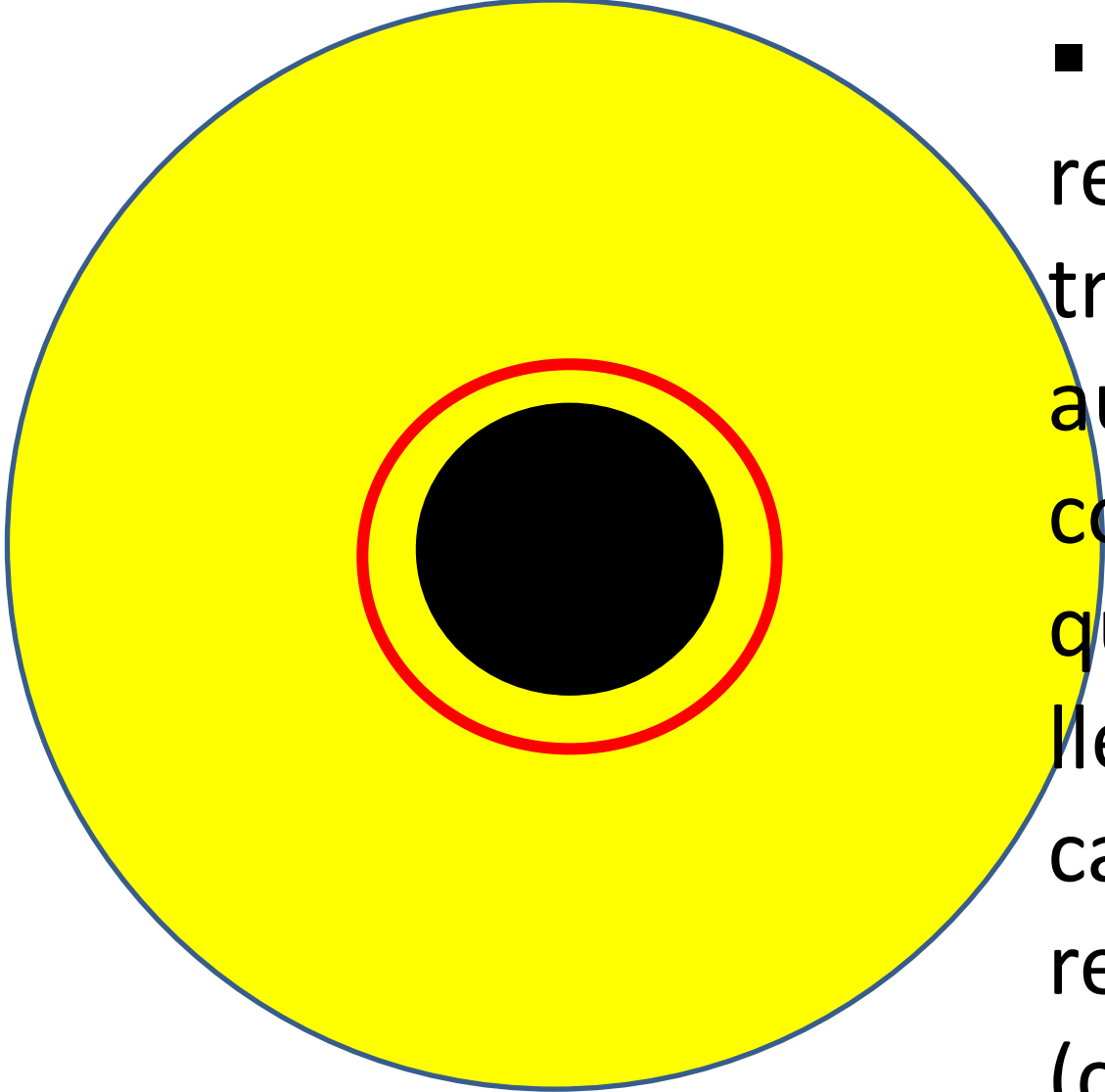
- Tomemos como primera aproximación que Una “estrella” inicia con un volúmen esférico con gas hidrógeno (protones, y electrones).
- Al llegar a la temperatura necesario en el centro de la estrella inicia la transformación de núcleos de H en núcleos de He.

- Los núcleos de He son más pesados que los núcleos de H y por la fuerza de gravedad de Newton, éstos se acumularan en el centro de la estrella.
- Con el paso del tiempo en el centro habrá más y más núcleos de He y menos y menos núcleos de H. **En las estrellas O, es cuestión de millones de años. En las estrellas como el Sol es cuestión de miles de millones de años.**



Caricatura (**no a escala**) de la zona central donde se transforman núcleos de H en He (**dentro del círculo rojo**), y donde se están acumulando los núcleos de He (**dentro del círculo negro**)

- Cada estudiante se puede fácilmente imaginar que en millones de años en el centro de las estrellas O y en miles de millones de años en las estrellas G, ya no existirán núcleos de H (dentro del círculo negro en la caricatura de la diapositiva anterior).
- Y al paso del tiempo el círculo negro crecerá en diámetro.



- Se dice que las reacciones para transformar (algunos autores lo denominan convertir, otros, quemar) H en He se llevan a cabo en las capas externas de la región central (cáscaras de gas).

Al estar estas cáscaras con mayor diámetro, calentarán las capas externas cercanas y éstas

a sus capas externas cercanas y así sucesivamente.

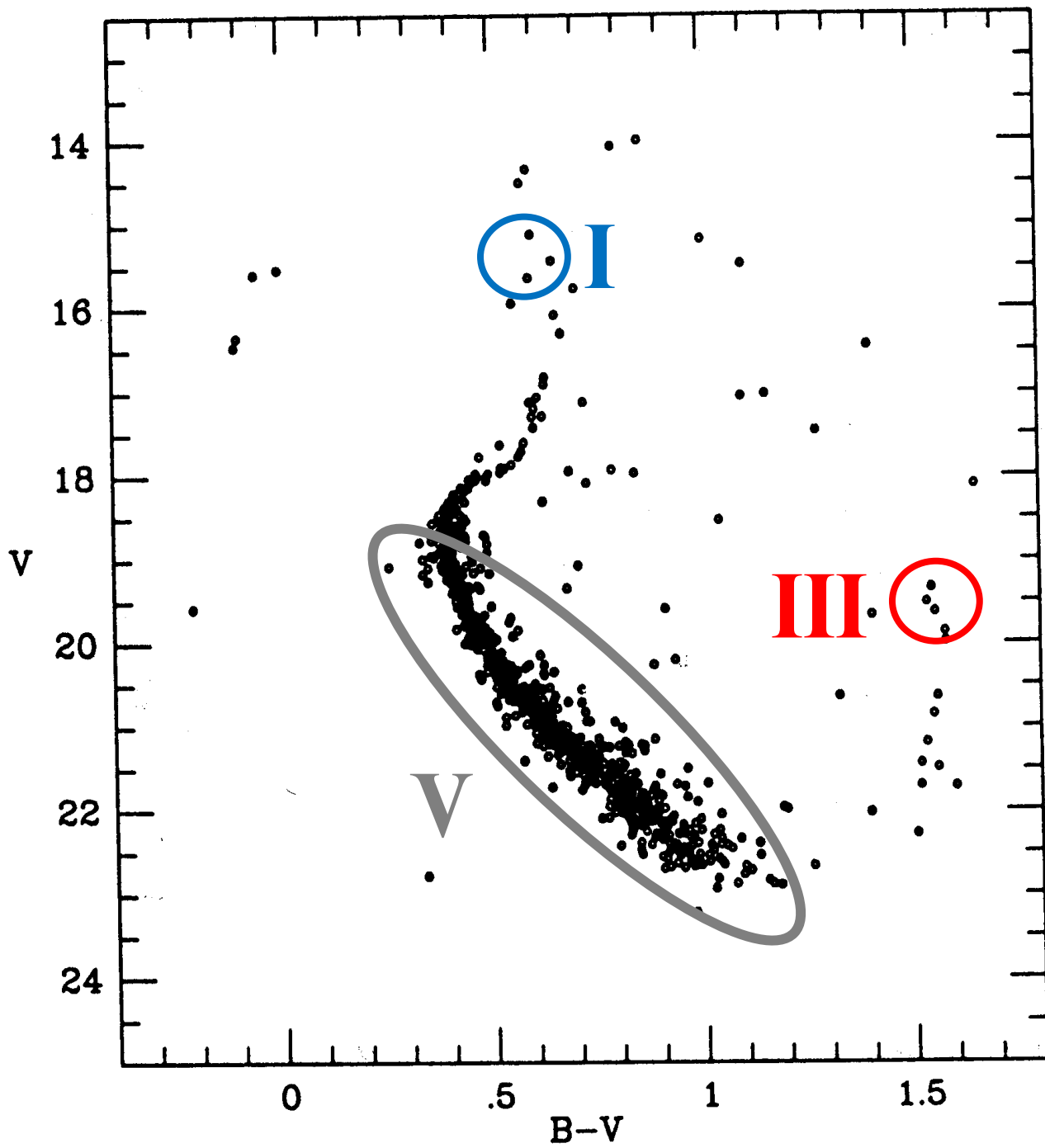
- **La estrella aumentará su diámetro.** Pero si aumenta su diámetro, aumenta el área de la esfera y la **luminosidad aumentará en las estrellas O, B, A, F** y la **luminosidad aumentará en las estrellas G, K, M**
- Este proceso, “saca” a las estrellas de la secuencia principal (banda diagonal). Al salirse, en inglés le denominan “**turning out point**”.
- Las estrellas O,B se denominan **gigantes azules**, (círculo **azul** en el diagrama H-R).

- Las estrellas G,K se denominan **gigantes rojas** (círculo **rojo** en el diagrama H-R).
- En inglés se refieren a esta etapa como “hydrogen shell burning”

3) Nomenclatura adicional en el Diagrama H - R

Con las etapas de vida de las estrellas fuera de la secuencia principal, en particular con las gigantes azules y gigantes rojas, se añadió una nomenclatura adicional al tipo de estrellas.

Se introdujeron los números romanos : 1 para gigantes azules, 3 para gigantes rojas , y 5 para estrellas en la secuencia principal.



Tanto las gigantes azules como las gigantes rojas tienen en esa etapa diámetros mucho más grandes que sus contrapartes en la secuencia principal.

Así que la comunidad astronómica decidió denominar a las estrellas en la secuencia principal “enanas” por tener menor diámetro que las estrellas gigantes.

En inglés se les denomina “dwarfs in the Zero Age Main Sequence”.

Nuestro Sol, por lo tanto tiene una clasificación
G 2 V

G por su clasificación espectral de acuerdo a la cantidad de gas hidrógeno y otros átomos en su atmósfera.

2 por la temperatura superficial

V por estar en la secuencia principal.

Una estrella clasificada como **K 5 III** debemos interpretarla como una estrella con clasificación espectroscópica K, originalmente de menor diámetro, menor masa y menor temperatura superficial que nuestro Sol, pero que salió de la secuencia principal para “quemar hidrógeno” en sus capas externas al núcleo y por lo tanto tiene un mayor diámetro: **es una gigante roja!**