

ASTRONOMÍA GENERAL

APUNTES DE TRABAJOS PRÁCTICOS

PRÁCTICA 4

Sistemas de coordenadas locales - Parte I

MARÍA LAURA ARIAS Y ROBERTO VENERO
JEFES DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LA CÁTEDRA



Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas

LA PLATA, ARGENTINA
- 2021 -

Apuntes para resolver la PRÁCTICA 4

SISTEMAS DE COORDENADAS LOCALES - PARTE I - SISTEMA HORIZONTAL

Como vimos en el apunte de esfera celeste, podemos considerar que los astros están proyectados sobre una esfera en la cual el observador es el centro. Para conocer la posición en la que se encuentran los astros sobre esta esfera, es necesario conocer sólo dos coordenadas o valores angulares. Esto es así ya que sólo queremos definir la posición de los astros en el cielo y no su distancia a nosotros.

Es posible definir un sistema de coordenadas astronómicas en base a un **plano fundamental** y a un **eje perpendicular a ese plano**. En este apunte vamos a describir el **sistema de coordenadas horizontal**. Este es un sistema **local**, ya que las **coordenadas horizontales** dependen de la **posición del observador** sobre la Tierra.

Sistema horizontal

El sistema horizontal, es, tal vez, el sistema de coordenadas celeste más intuitivo y conectado con el observador. Tiene como plano fundamental el **horizonte**, y como eje perpendicular la **línea cenit-nadir**. Las coordenadas de este sistema son: **acimut** y **altura** (o **distancia cenital**).

■ ACIMUT:

- Se simboliza con la letra **A**
- Se mide sobre el horizonte
- Se mide desde el punto cardinal SUR, en el sentido SONE (sur-oeste-norte-este)
- Va desde 0° a 360°

■ ALTURA:

- Se simboliza con la letra **h**
- Se mide desde el horizonte sobre la circunferencia máxima vertical (perpendicular al horizonte) que pasa por el cenit, el nadir y el astro
- Vale de 0° a 90° por encima del horizonte y de 0° a -90° por debajo del horizonte

En lugar de la altura se puede usar la coordenada **distancia cenital**, que se define de la siguiente manera.

■ DISTANCIA CENITAL:

- Se simboliza con la letra **z**
- Se mide desde el cenit, sobre la circunferencia máxima vertical (perpendicular al horizonte) que pasa por el cenit, el nadir y el astro
- Vale de 0° a 180° (Vale 0° en el cenit, 90° en el horizonte y 180° en el nadir)
- $z = 90^\circ - h$ (la distancia cenital z es el complemento de la altura h)

En la figura 1 se muestra un ejemplo de la representación de las coordenadas horizontales de un astro en la esfera celeste. Notemos que el sistema horizontal es un sistema de coordenadas **local** ya que el **plano del horizonte** y el **cenit** dependen de la **posición del observador sobre la tierra**. En consecuencia, las coordenadas A y h (o z) de un astro para un instante dado, serán diferentes para observadores en distintas ubicaciones.

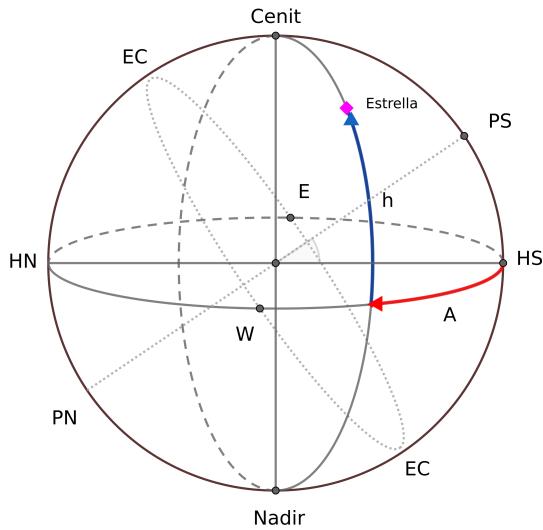
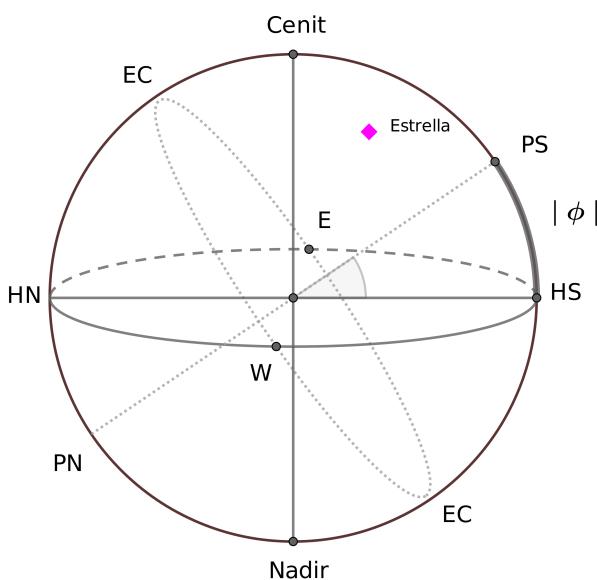


Figura 1. Esfera celeste para un observador en una latitud sur ϕ con la ubicación de un astro de coordenadas horizontales A y h .

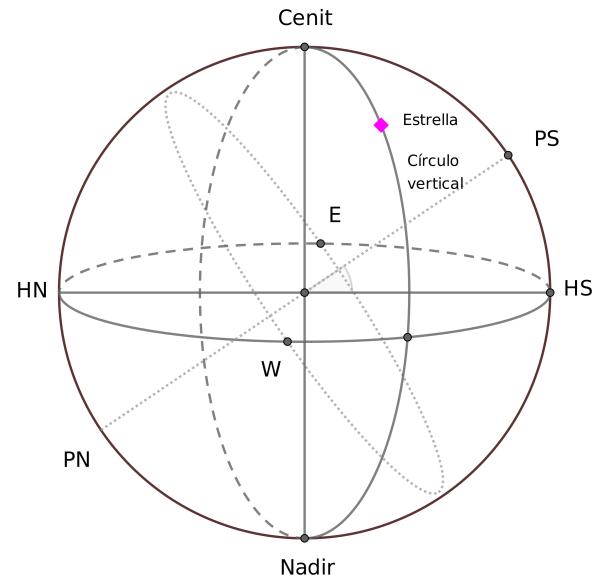
Representación de las coordenadas horizontales en la esfera celeste

CASO A: Supongamos que estamos situados en un lugar de latitud sur ϕ , observando un astro cualquiera y queremos estimar sus coordenadas horizontales.

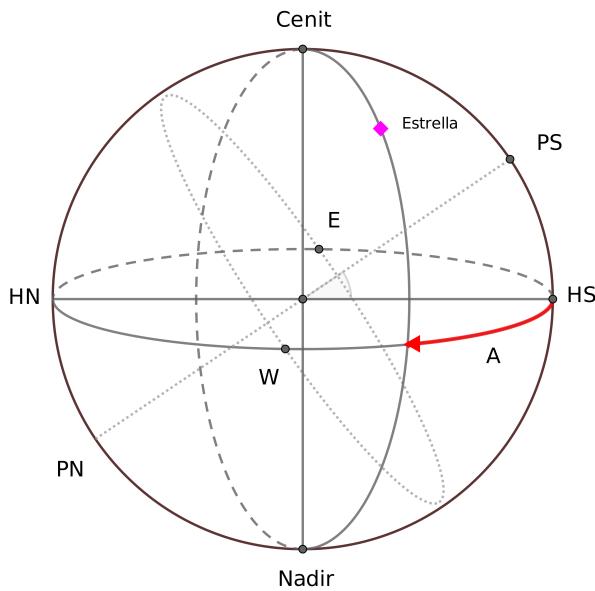
Lo explicaremos usando la secuencia de gráficos en la esfera celeste que se muestra en figura 2.



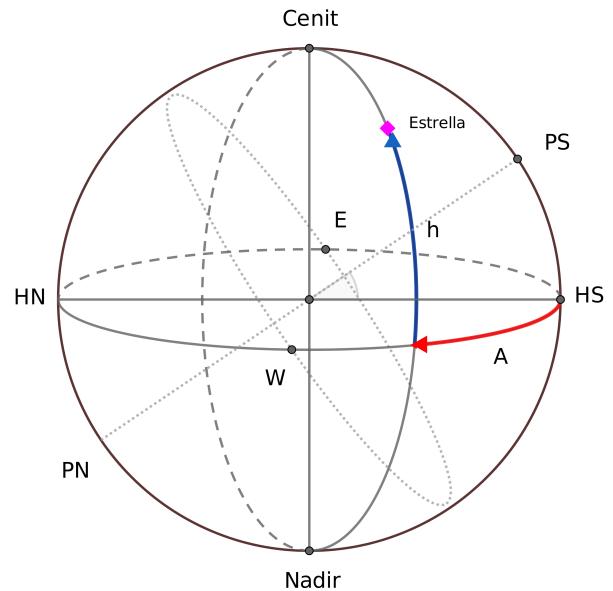
(a) Sea un astro cualquiera en la esfera celeste para un observador en una latitud sur ϕ



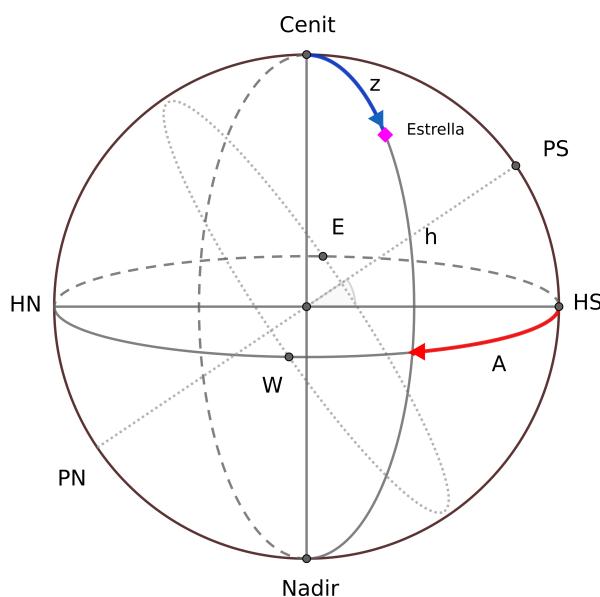
(b) Trazamos un *círculo vertical* (círculo perpendicular al horizonte que pasa por el cenit y nadir) que pase por el astro



(c) El acimut A se mide sobre el horizonte, desde el HS (punto cardinal sur), en sentido SONE (Sur-Oeste-Norte-Este), hasta el círculo vertical que pasa por el astro



(d) La altura h se mide sobre el círculo vertical hasta el astro, va por encima de horizonte si es positiva y va por debajo del horizonte si es negativa

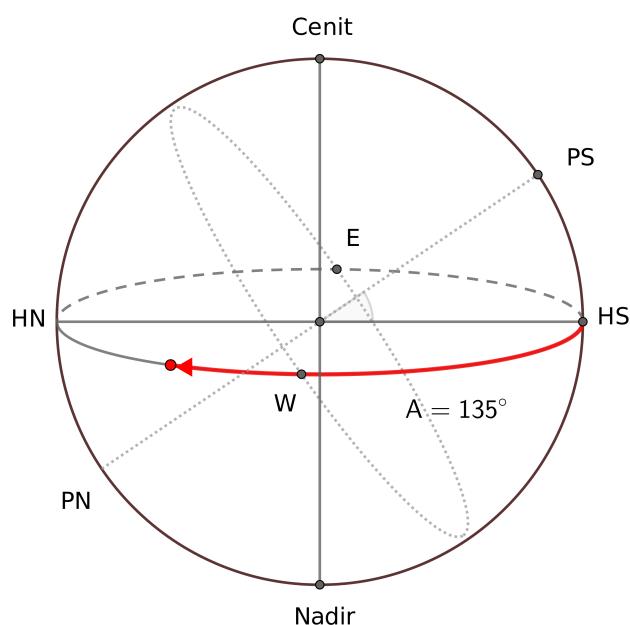


(e) En lugar de h, se puede indicar la distancia cenital z, que se mide sobre el círculo vertical que pasa por el astro, desde el cenit hasta el astro

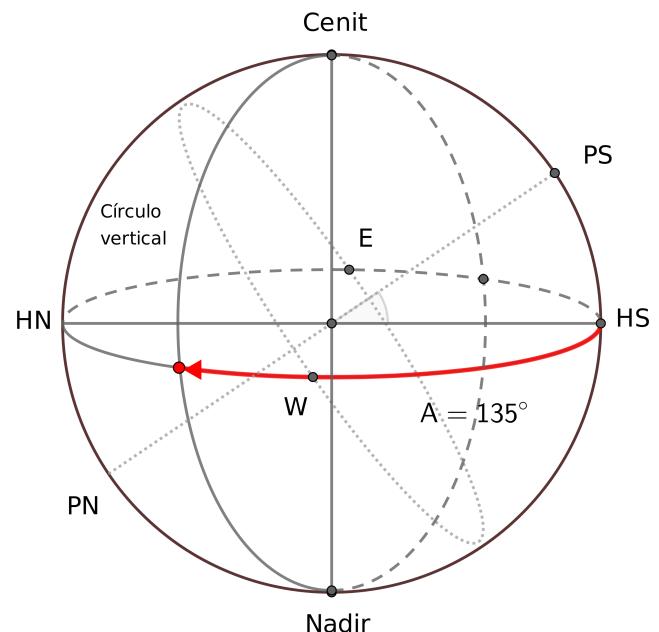
Figura 2. Astro de coordenadas A y h (o z) para un observador de latitud sur ϕ .

CASO B: Supongamos que sabemos que un astro tiene coordenadas $A = 135^\circ$ y $h = 70^\circ$, y queremos ubicarlo en la esfera celeste para un observador en La Plata ($\phi = -34^\circ 54'$). Para ello veamos la secuencia de gráficos en la esfera celeste que se muestra en la figura 3.

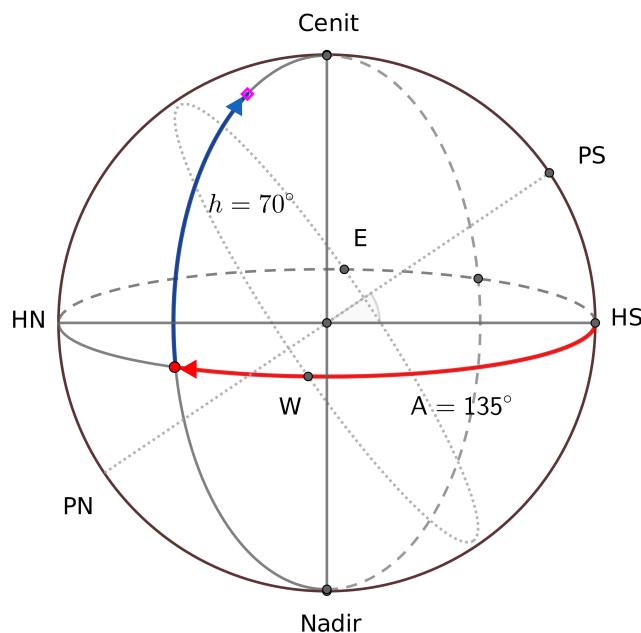
Nota: para hacer las representaciones de las coordenadas en la esfera celeste no es necesario dibujar los valores exactos de los ángulos, sino que es suficiente con poner valores aproximados consistentes con el cuadrante al que pertenece el ángulo.



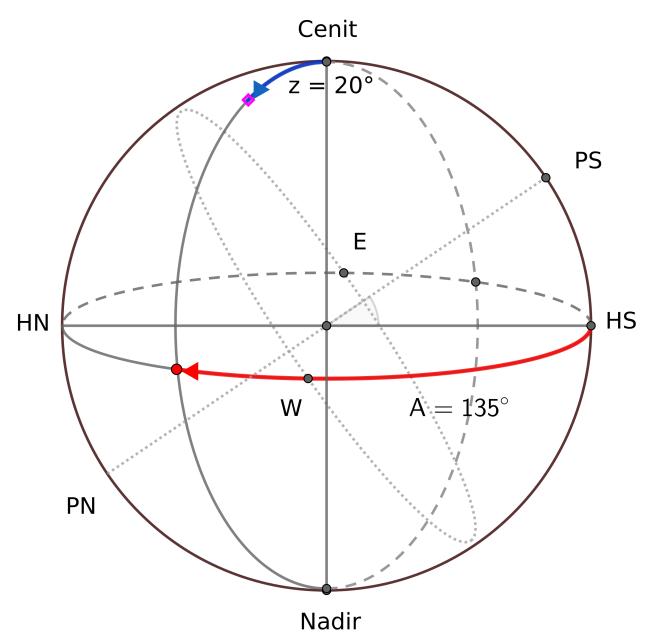
(a) Sobre el horizonte, desde HS (punto cardinal sur) hacia el oeste, marcamos un arco de aproximadamente $A = 135^\circ$



(b) Trazamos un círculo vertical que corte al horizonte en el punto donde termina A



(c) Sobre el círculo vertical desde el horizonte, marcamos la altura h , de aproximadamente 70°



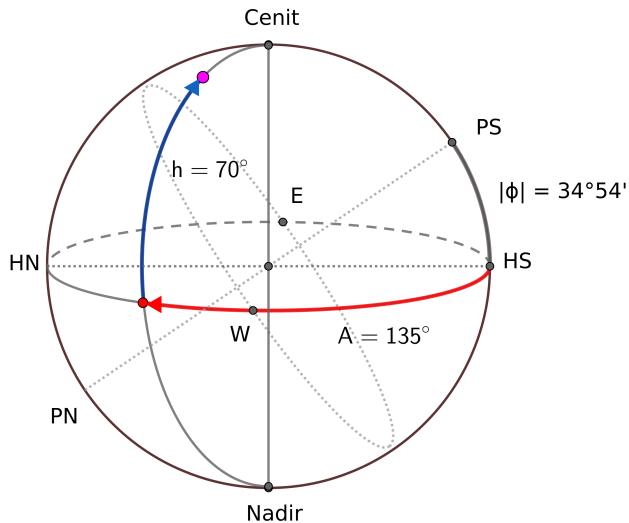
(d) En lugar de h , podemos indicar la distancia zenital $z = 20^\circ$ desde el cenit sobre el círculo vertical. Calculando que $z = 90^\circ - h = 90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$.

Figura 3. Ubicación de un astro de coordenadas $A = 135^\circ$ y $h = 70^\circ$ (o $z = 20^\circ$), para un observador ubicado en La Plata ($\phi = -34^\circ 54'$).

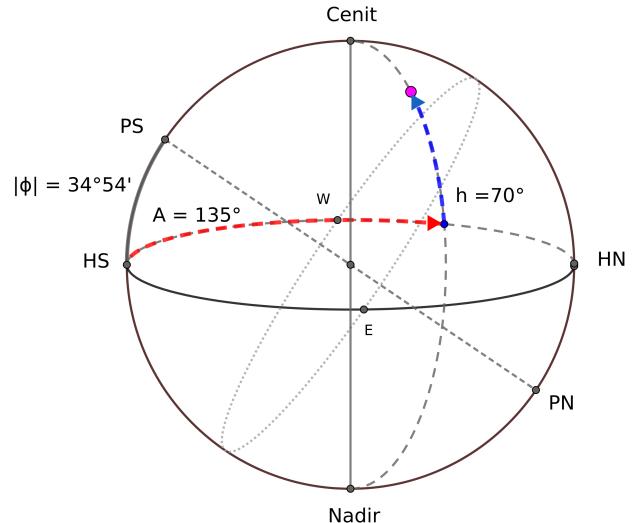
Ejemplos de representación de coordenadas horizontales en la esfera celeste

- Ejemplo 1: Representar la posición de un astro con las siguientes coordenadas horizontales.
¿Cómo conviene graficar los polos?

a) $A = 135^\circ$, $h = 70^\circ$ para $\phi = -34^\circ 54'$



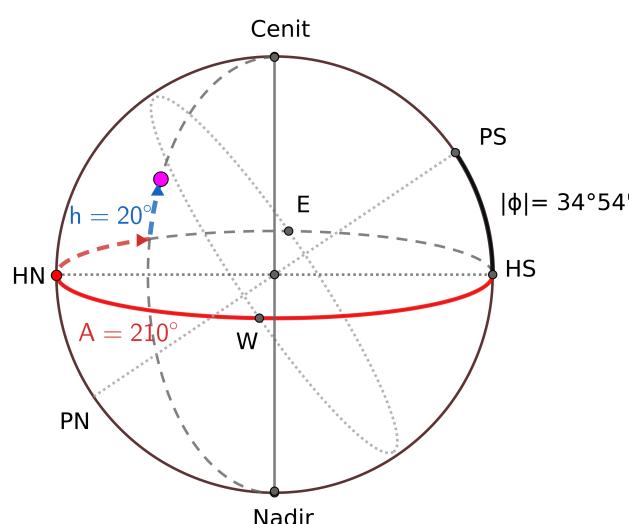
(a) Astro en la parte de adelante de la esfera



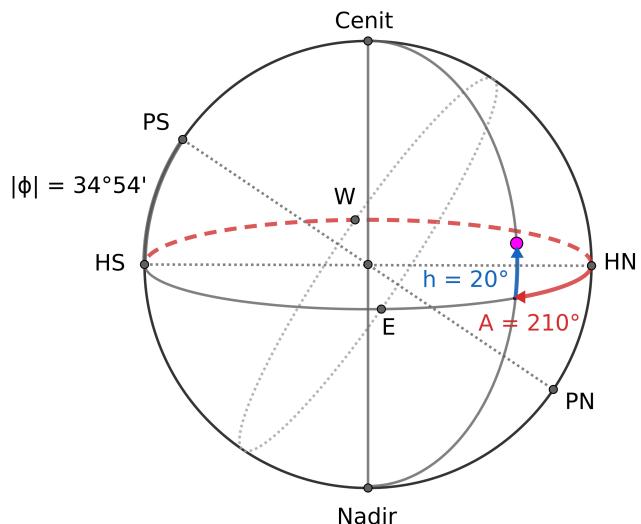
(b) Astro en la parte de atrás de la esfera

Figura 4. *Esferas equivalentes donde se ubica un astro con coordenadas $A = 135^\circ$ y $h = 70^\circ$ para el mismo observador. Cuando A está entre 0° y 180° conviene ubicar el polo sur hacia la derecha de modo que el astro quede en la parte de adelante de la esfera, como en (a).*

b) $A = 210^\circ$, $h = 20^\circ$ para $\phi = -34^\circ 54'$



(a) Astro en la parte de atrás de la esfera



(b) Astro en la parte de adelante de la esfera

Figura 5. *Esferas equivalentes donde se ubica un astro con coordenadas $A = 210^\circ$ y $h = 20^\circ$ para el mismo observador. Cuando A está entre 180° y 360° conviene ubicar el polo sur hacia la izquierda de modo que el astro quede en la parte de adelante de la esfera, como en (b).*

- Ejemplo 2: Representar en la esfera celeste un astro de coordenadas $A = 40^\circ$ y $z = 120^\circ$ para un observador ubicado en una latitud $\phi = -58^\circ$. Notar que $h = 90^\circ - z = -35^\circ$, por tanto el astro está por debajo del horizonte (figura 6 a).
- Ejemplo 3: Representar en la esfera celeste un astro de coordenadas $A = 330^\circ$ y $h = 54^\circ$ para un observador ubicado en una latitud $\phi = 20^\circ$ (figura 6 b).

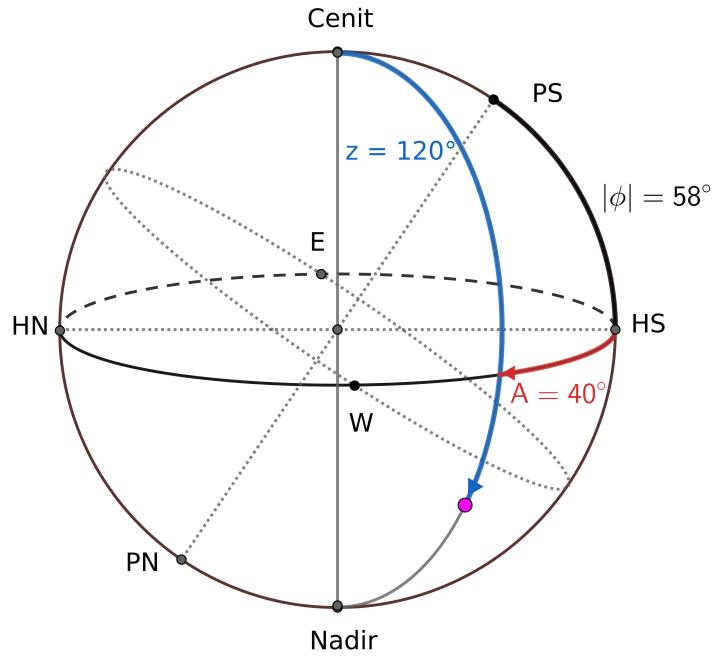
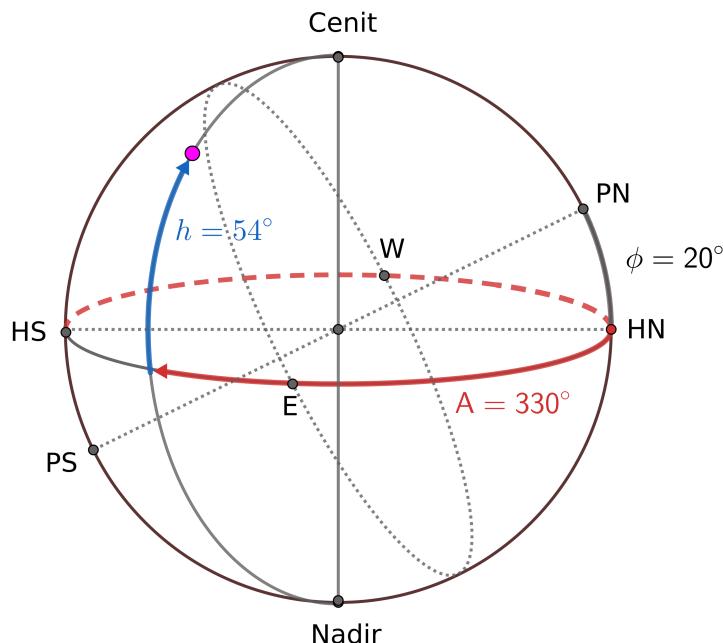
(a) Ejemplo 2: $A = 40^\circ$ y $z = 120^\circ$ ($h = -35^\circ$), $\phi = -58^\circ$.(b) Ejemplo 3: $A = 330^\circ$ y $h = 54^\circ$, $\phi = 20^\circ$

Figura 6. Coordenadas horizontales para distintos astros y para observadores en distinta latitud.

ASTRONOMÍA GENERAL
APUNTES DE TRABAJOS PRÁCTICOS
PRÁCTICA 4
Sistemas de coordenadas locales - Parte II

MARÍA LAURA ARIAS Y ROBERTO VENERO
JEFES DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LA CÁTEDRA



Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas

LA PLATA, ARGENTINA
- 2021 -

Apuntes para resolver la PRÁCTICA 4

SISTEMAS DE COORDENADAS LOCALES - PARTE II - SISTEMA ECUATORIAL LOCAL

En este apunte vamos a ver el **sistema de coordenadas ecuatorial local** que, como su nombre lo indica, es **local**, dado que una de sus coordenadas depende de la **posición del observador sobre la Tierra**.

Sistema ecuatorial local

Es posible definir un sistema de coordenadas astronómico en base a un **plano fundamental** y a un **eje perpendicular a ese plano**. El sistema ecuatorial local tiene como plano fundamental el **ecuador celeste** y como eje perpendicular la **línea PNC-PSC** (polo norte celeste-polo sur celeste). Las coordenadas en este sistema son el **ángulo horario**, t y la **declinación**, δ .

- ÁNGULO HORARIO:

- Se simboliza con la letra t
- Se mide sobre el ecuador celeste, desde el meridiano superior del lugar, hacia el oeste
- Va desde 0^h a 24^h

- DECLINACIÓN:

- Se simboliza con la letra δ
- Se mide desde el ecuador celeste, sobre el meridiano celeste que pasa por el astro
- Va de 0° a 90° hacia el PNC y de 0° a -90° hacia el PSC

En lugar de la declinación se puede usar la coordenada **distancia polar** que se caracteriza por:

- DISTANCIA POLAR NORTE:

- Se simboliza con la letra p
- Se mide desde el polo norte celeste
- Se mide sobre el meridiano celeste que pasa por el astro
- Va desde 0° a 180° (Vale 0° en el PNC, 90° en el ecuador y 180° en el PSC)
- $p = 90^\circ - \delta$

El sistema ecuatorial local es **local** porque el **meridiano del lugar** depende de la posición del observador, es decir, es diferente para distintos observadores. Esto hace que la coordenada **ángulo horario** de un astro dado **varíe para observadores ubicados en distintas longitudes**, ya que esta coordenada se mide con respecto al meridiano superior del lugar. Sin embargo, la coordenada **declinación**, que se mide con respecto al ecuador y a los polos celestes, **se mantiene constante** para distintos observadores.

En la figura 1 se muestra un ejemplo de la representación de las coordenadas ecuatoriales locales de un astro en la esfera celeste.

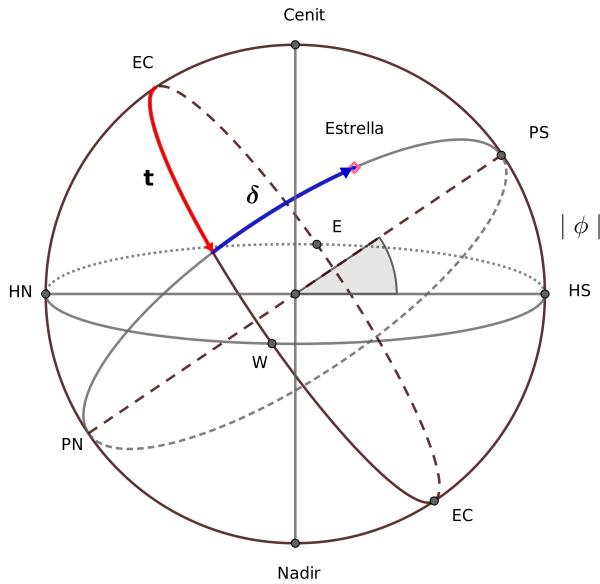
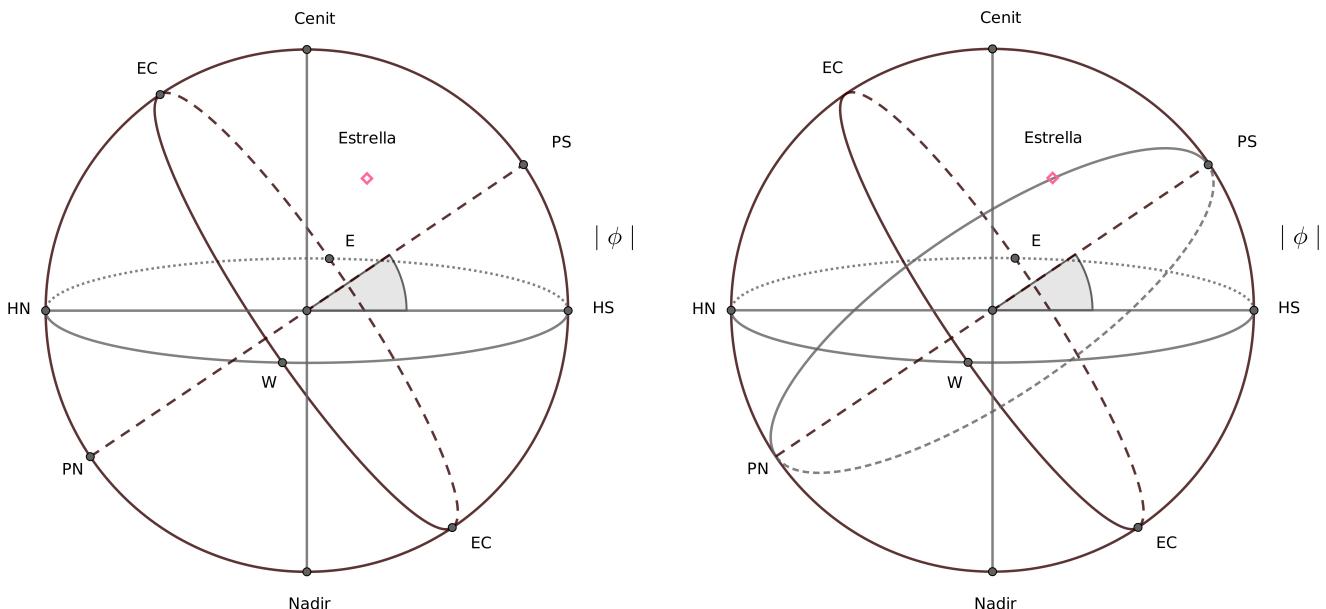


Figura 1. Coordenadas ecuatoriales locales, t y δ , para un observador ubicado en latitud sur ϕ . Se indican en línea a rayas o punteada, las zonas que están detrás de la esfera y el eje PSC-PNC.

Representación de las coordenadas ecuatoriales locales en la esfera celeste

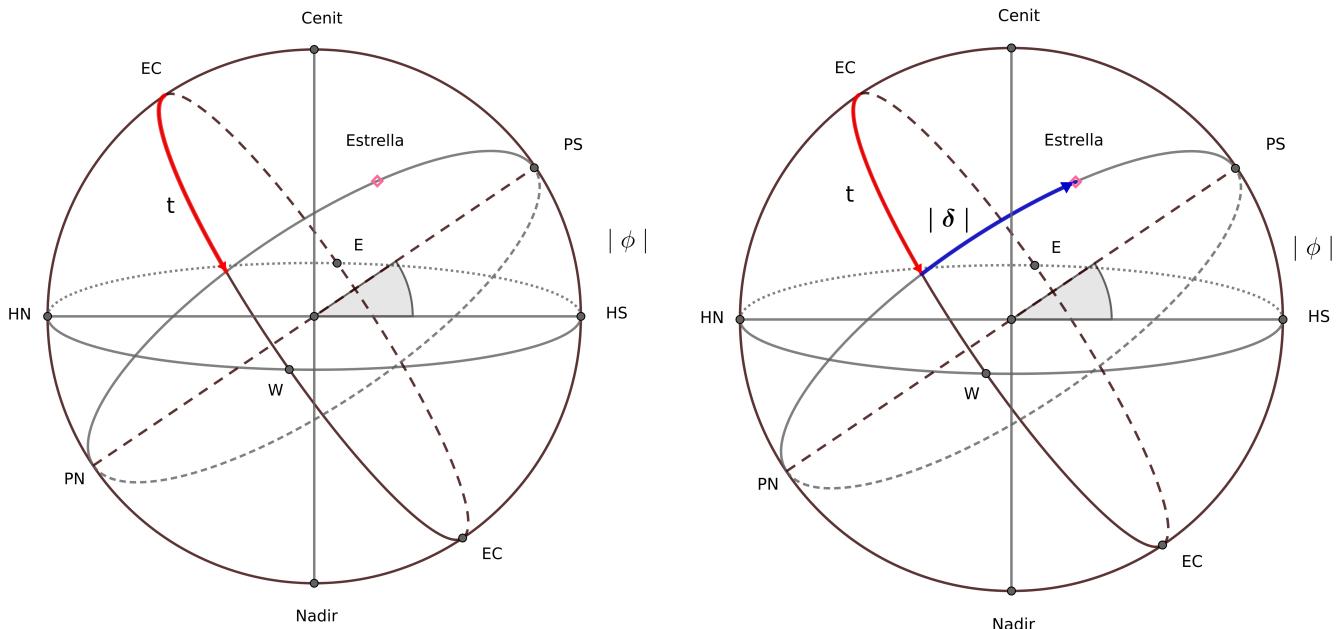
CASO A: Supongamos que un observador en una latitud sur ϕ ve un astro dado sobre la esfera celeste y quiere estimar sus coordenadas ecuatoriales locales.

Veamos como se representan en la esfera celeste, mediante la secuencia de gráficos de la figura 2



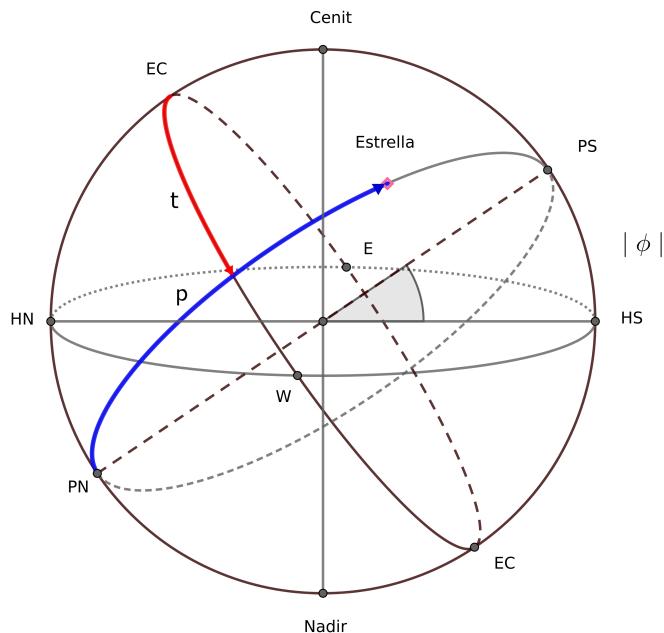
(a) Un astro cualquiera en la esfera celeste para un observador en una latitud sur ϕ

(b) Trazamos un círculo máximo que pase los polos (meridiano celeste) y el astro



(c) Medimos t sobre el ecuador, desde el meridiano superior del lugar hacia el oeste, hasta el meridiano celeste que pasa por el astro

(d) Medimos δ sobre el meridiano celeste que pasa por el astro, desde el ecuador hasta el astro. Al indicar δ debemos tener en cuenta si ésta es sur o negativa (se mide hacia el PSC) o si es norte o positiva (se mide hacia al PNC)

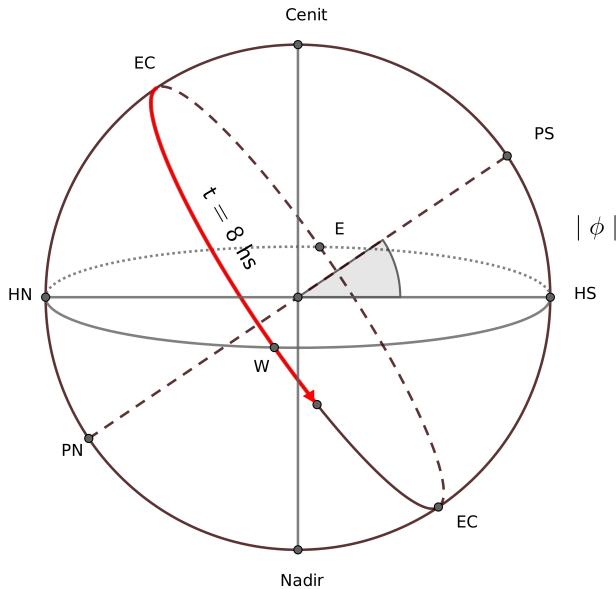


(e) La distancia polar norte, p , se mide desde el PN hasta el astro, sobre el meridiano que pasa por el astro

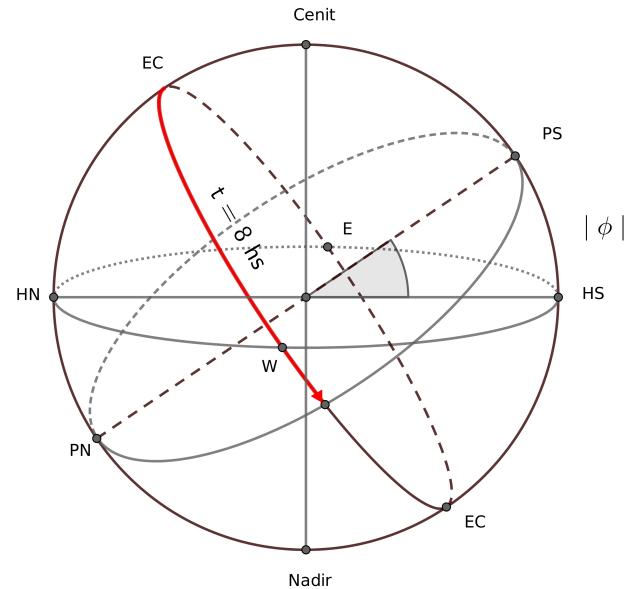
Figura 2. Coordenadas ecuatoriales locales t y p para un observador en una latitud sur ϕ .

CASO B: Supongamos que queremos ubicar un astro de coordenadas ecuatoriales locales $t = 8$ hs y $\delta = -40^\circ$, en la esfera celeste de un observador ubicado en La Plata ($\phi = -34^\circ 54'$).

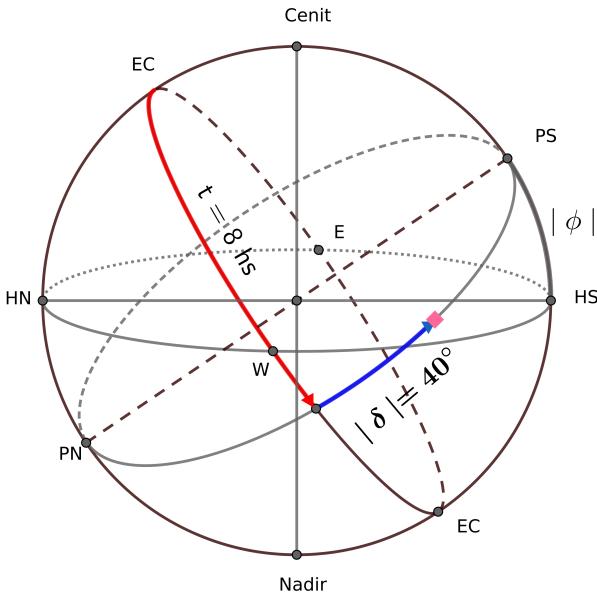
Veamos como ubicar el astro en la siguiente secuencia de gráficos.



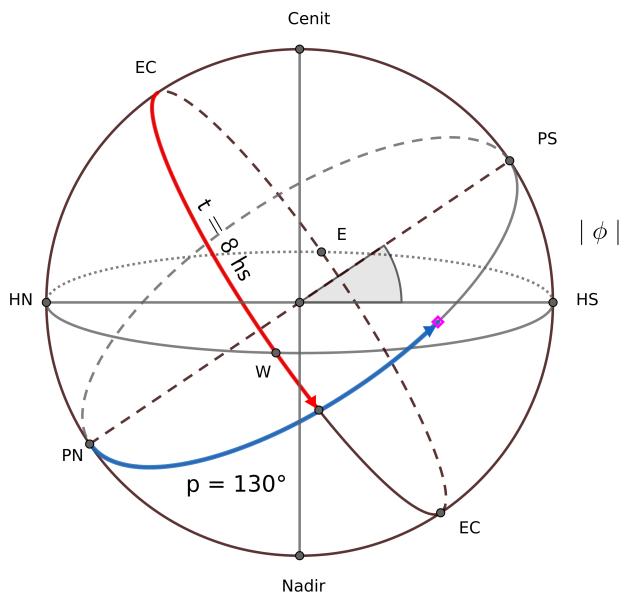
(a) Sobre el ecuador, desde su intersección con el meridiano superior del lugar hacia el oeste, marcamos el ángulo horario t de aproximadamente 8 hs ($= 120^\circ$)



(b) Trazamos un meridiano que pase por el punto del ecuador celeste donde termina t



(c) Sobre el meridiano trazado antes, marcamos δ , un ángulo de aproximadamente 40° desde el ecuador hacia el polo sur (ya que δ es negativa)



(d) En lugar de δ , podemos indicar sobre el mismo meridiano la distancia polar norte p . Sabiendo que $p = 90^\circ - \delta = 90^\circ - (-40^\circ) = 130^\circ$.

Figura 3. Ubicación de un astro de coordenadas $t = 8$ hs y $\delta = -40^\circ$ (o $p = 130^\circ$)

El sistema ecuatorial local y el movimiento diurno

El sistema de coordenadas ecuatorial local resulta ser el más práctico e intuitivo para realizar observaciones con telescopio, y poder seguir a los astros durante su movimiento diurno. Para explicar esto, podemos analizar como varían las coordenadas ecuatoriales locales a medida que la Tierra rota. La **coordenada declinación** δ , nos da la separación angular de la estrella respecto del ecuador celeste, y **permanece constante** a medida que la estrella describe su movimiento aparente diurno en la esfera celeste. Esto sucede porque los astros en su movimiento aparente se mueven en trayectorias paralelas al ecuador.

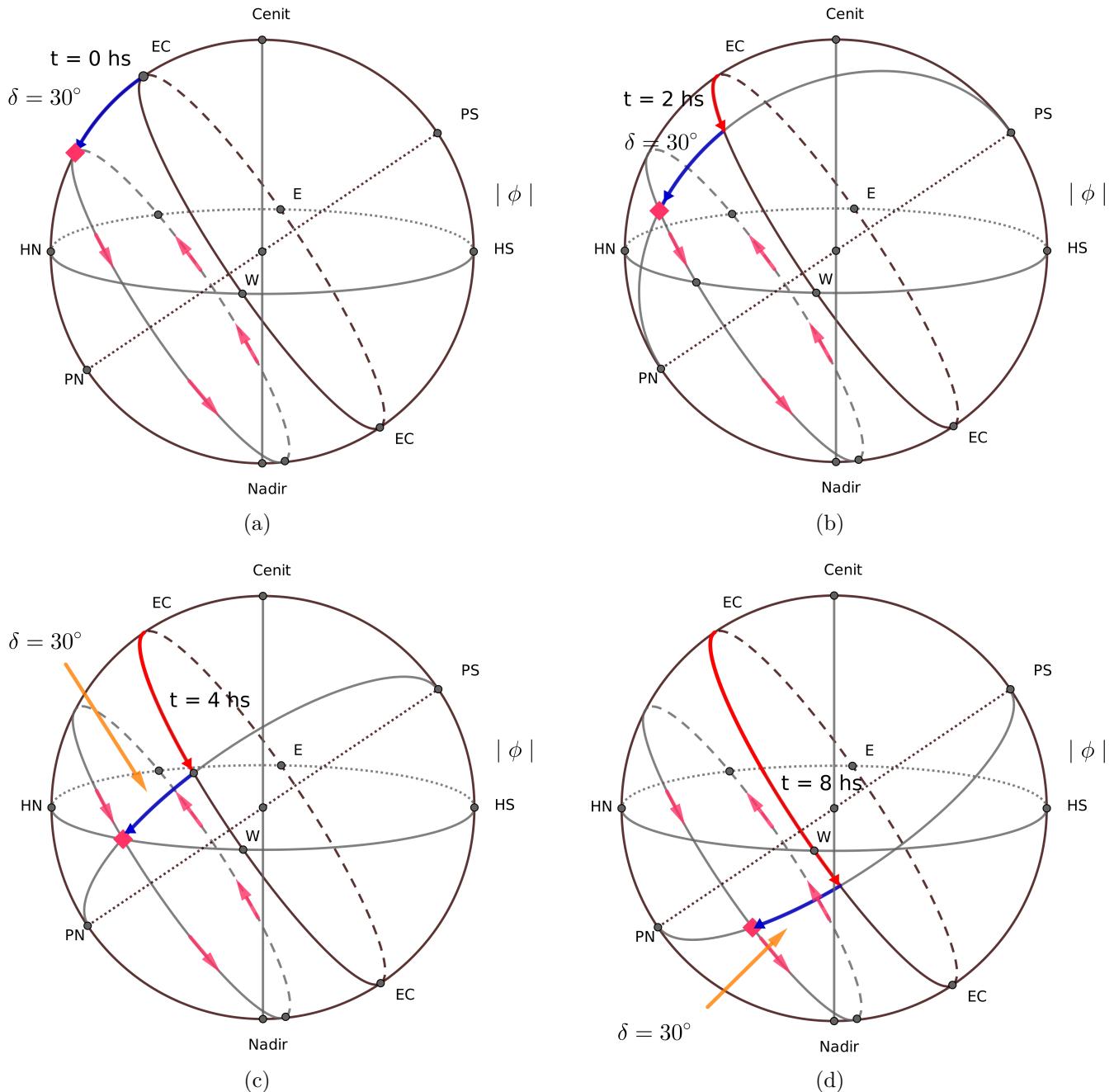


Figura 4. Movimiento diurno de un astro con $\delta = 30^\circ$ para un observador ubicado en La Plata $\phi = -34^\circ 54'$. Noten la variación del valor de la coordenada ángulo horario, t , desde 0 hs (culminación superior) hasta $t = 8$ hs, cuando el astro ya está debajo del horizonte.

La coordenada ángulo horario varía a medida que el astro realiza su movimiento aparente, siendo $t = 0$ hs el valor correspondiente a un astro ubicado sobre el meridiano superior del lugar (culminación superior), y $t = 12$ hs para un astro sobre el meridiano inferior del lugar (culminación inferior). De esta manera, una vez que se ubicó al astro con el telescopio de acuerdo con sus coordenadas t y δ , fijamos la coordenada δ y es posible seguir al astro en su movimiento aparente, compensando el movimiento de rotación de la Tierra, al aumentar progresivamente los valores de ángulo horario.

Veamos el ejemplo de la figura 4, donde mostramos, para un observador en una latitud sur ϕ , un astro de declinación $\delta = 30^\circ$ y los distintos valores que va tomando el ángulo horario t , a medida que transcurre el movimiento diurno. Como ya hemos visto, este movimiento se dará de este a oeste. En la figura 4 (a) vemos al astro en su **culminación superior** ($t = 0$ hs), luego t toma un valor de 2 hs (b), en (c) el astro está en su **punto de puesta** (altura $h = 0^\circ$) y en (d) ya se encuentra por debajo del horizonte ($t = 8$ hs).

Ejemplos de representación de coordenadas ecuatoriales locales

- Ejemplo 1: Representar en la esfera celeste un astro con coordenadas $t = 21$ hs, $\delta = -50^\circ$ para $\phi = -34^\circ 54'$.

Pensemos aquí: ¿Cómo conviene ubicar los polos al graficar las coordenadas ecuatoriales locales? Veamos para ello la figura 5.

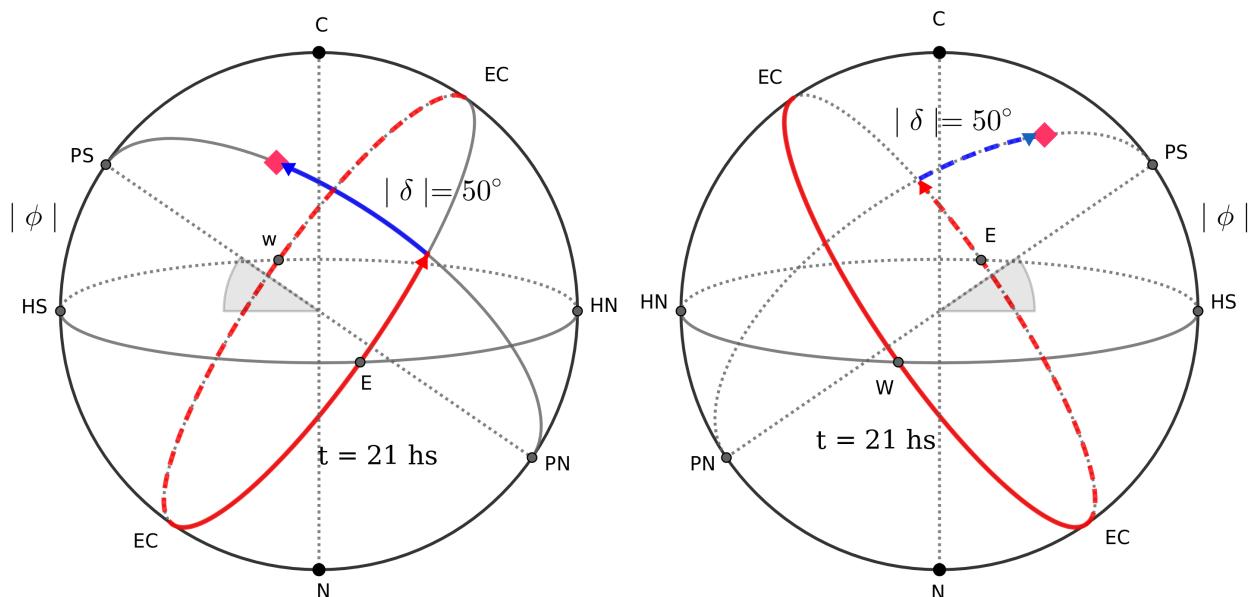


Figura 5. *Esferas equivalentes*, que representan la posición de un astro con las mismas coordenadas ($t = 21h$, $\delta = -50^\circ$) y para el mismo observador ($\phi = -34^\circ 54'$). Para las coordenadas dadas, es más conveniente el gráfico de la izquierda, dado que el astro queda en la parte de adelante de la esfera. En general, cuando t está entre 0 hs y 12 hs conviene ubicar el polo sur hacia la derecha, y para t entre 12 hs y 24 hs, conviene ubicar el polo sur a la izquierda.

- Ejemplo 2: Representar en la esfera celeste un astro con coordenadas ecuatoriales locales:
 $t = 1\text{h } 30\text{min}$ y $\delta = -45^\circ$ para $\phi = 20^\circ$

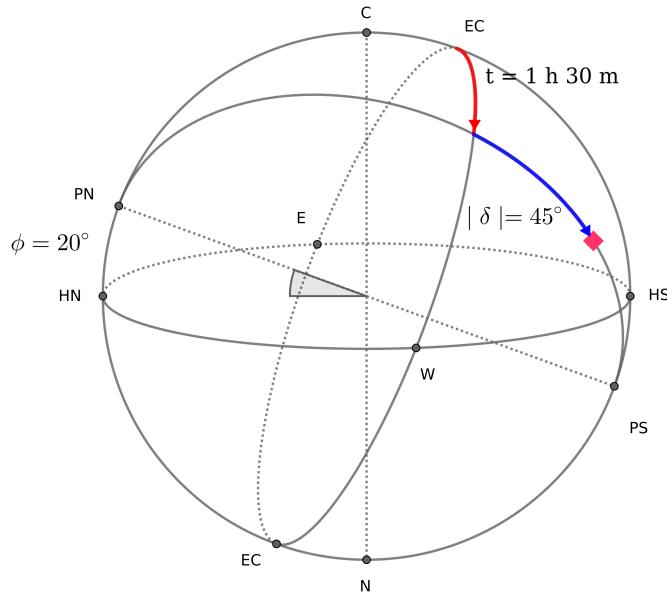


Figura 6. Coordenadas ecuatoriales locales para un observador en una latitud norte ($\phi = 20^\circ$) y un astro con declinación sur ($\delta = -45^\circ$)