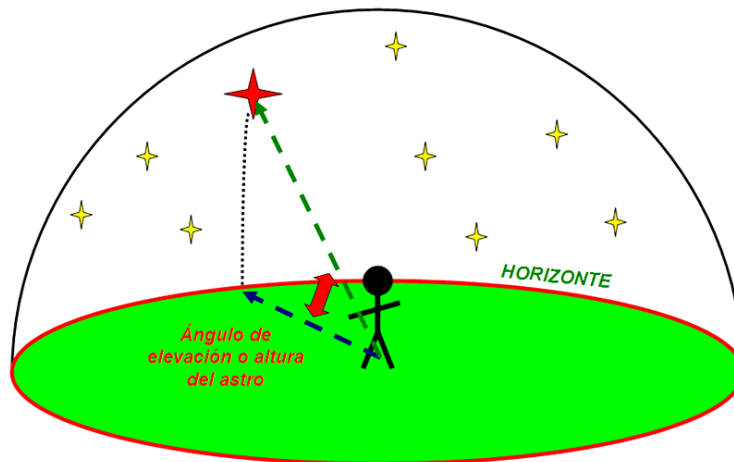
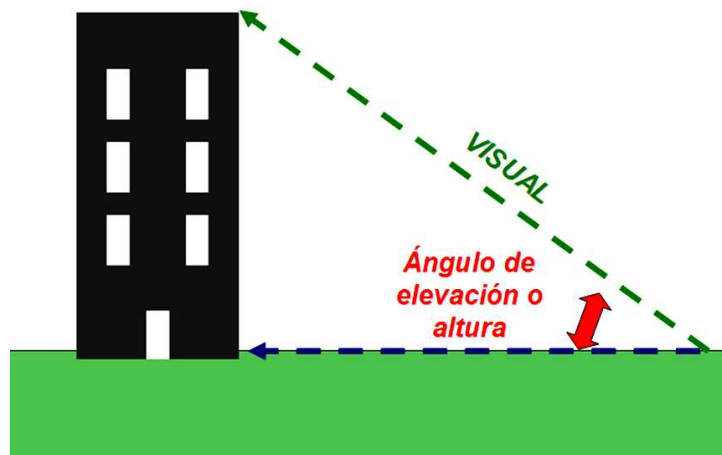
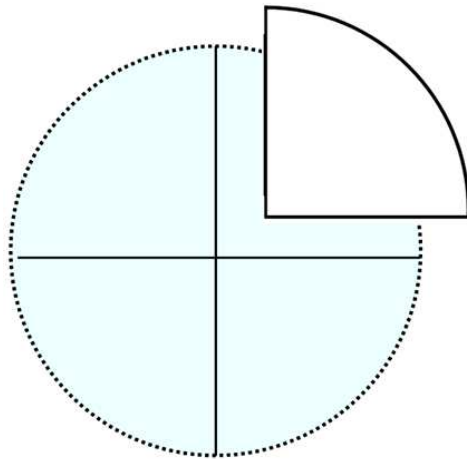


Construimos un CUADRANTE y aprendemos a utilizarlo.

El cuadrante es un sencillo instrumento que sirve para medir, generalmente, **ángulos de elevación**. Fue utilizado, sobretodo, en los comienzos de la navegación astronómica. Con él se determinaba la altura, o elevación, o separación sobre el horizonte de un determinado astro. Con el ángulo de elevación es posible calcular algunos parámetros de interés como es, **la latitud del lugar** desde donde se observa. Para medir este ángulo también se utilizaron instrumentos como la ballestilla y el astrolabio náutico.

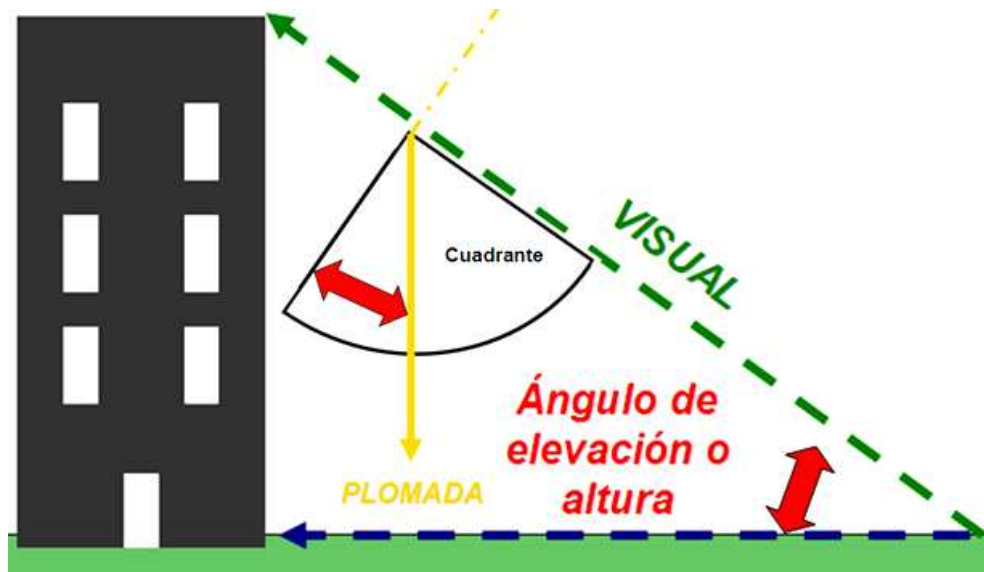


Se denomina **ángulo de elevación de un punto**, al delimitado por la línea comprendida entre la proyección del punto en el suelo y el punto de observación (vector o flecha negra), y la línea de nuestra visual del objeto, es decir, desde el punto que observamos y el punto observado (vector o flecha en verde). El ángulo de elevación está representado en las imágenes anteriores por la doble flecha roja.

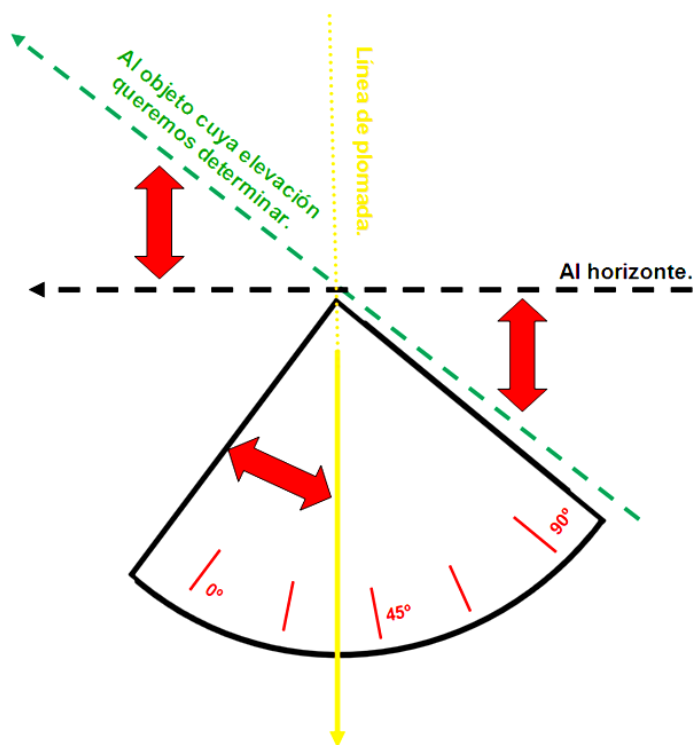


La denominación de “cuadrante” tiene origen en la *cuarta* parte del círculo. Si tomamos un círculo y lo dividimos en cuatro partes iguales, cada una de ellas es un cuadrante. El círculo tiene 360° , un cuadrante 90° .

¿Cómo se utiliza?



En la imagen superior podemos apreciar como el cuadrante, el cual dispone de una **plomada** (la plomada es una masa colgada de un hilo, la línea de este último prolongada hacia abajo nos llevaría al *centro de la Tierra*, prolongada hacia arriba nos indica un punto de la bóveda celeste que conocemos como *cenit* o punto más alto del cielo), colocada de forma que el hilo nos de la lectura del ángulo de elevación que pretendemos medir. Por resolución de ángulos complementarios (son complementarios dos ángulos cuya suma es siempre 90°) se demuestra que los ángulos representados por las doble flechas rojas son iguales.



Si al cuadrante le incorporamos una escala angular que comience en el costado derecho o vertical (el hilo indicará 0° ya que la parte superior y horizontal apuntará hacia el horizonte) y se extienda hasta el costado derecho u horizontal (el hilo indicando 90° supone que apuntamos hacia el cenit), y entre ambos extremos sus correspondientes divisiones. Es obvio que la línea de la plomada nos indicará, en todo momento, el valor del ángulo que pretendemos medir.

Alguna aplicación práctica.

DETERMINAR LA ALTURA DE UN EDIFICIO u otro objeto, al cual no se puede acceder directamente.

Utilizando las imágenes anteriores, determinaremos la altura de un edificio. Para ello, además de un cuadrante, necesitaremos una cinta métrica para cuantificar la longitud desde el edificio al lugar donde utilizaremos nuestro medidor de ángulos de elevación (el punto de observación), esta medida es factible realizarla. Este parámetro está representado en las imágenes por la longitud (módulo) de la flecha azul. Seguidamente “apuntaremos” nuestro cuadrante de forma que alineamos su extremo horizontal o superior con la esquina superior de la edificación (la flecha verde), de esta forma la plomada nos indicará el ángulo que queremos saber (el valor el $^\circ$ de la doble flecha roja).

La longitud “azul” y el ángulo “rojo” son los dos “ingredientes” que hemos obtenido, ahora necesitamos una “cacerola donde cocinarlos”, ésta es “**la trigonometría**” (una de las herramientas de la geometría analítica que nos brinda la matemática).

No hace falta saber trigonometría para la resolución del problema, sólo es necesario manejar una calculadora que calcule estas razones. De esta forma en nuestro caso:

- 1.- Medimos con nuestro cuadrante el ángulo de elevación que desde ahora denominaremos con la letra **A**. Introducimos este dato en nuestra calculadora y le hacemos calcular **la tangente** (tan ó tg en la tecla de la calculadora).

- 2.- Multiplicamos el valor que nos arroja la calculadora por el de la distancia que desde este momento denominaremos **D**.

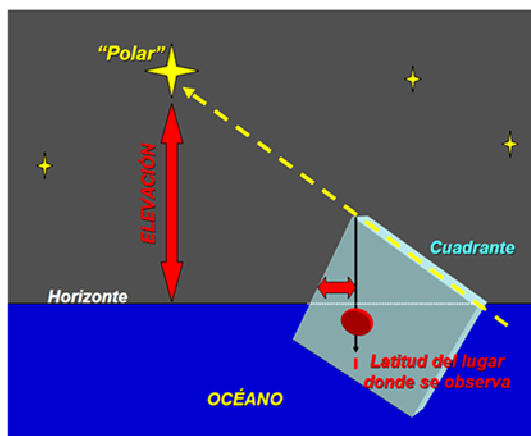
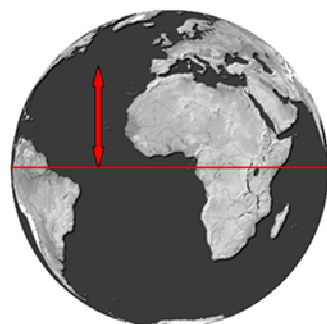
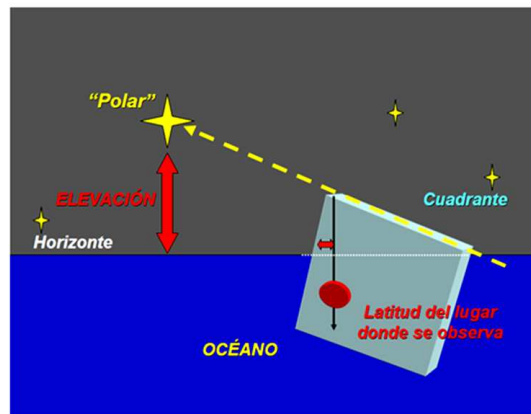
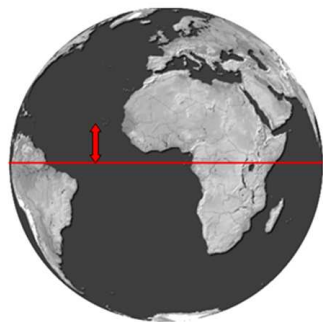
Es decir,

(1) **ALTURA** del objeto = **D** (dato que sabemos por medición con cinta métrica) x **TANGENTE A** (ángulo que también sabemos por medición con nuestro cuadrante).

DETERMINAR LA LATITUD DEL LUGAR DESDE DONDE SE ESTÁ.

Podemos utilizar para ello dos astros:

1) A realizar de noche y con cielo despejado. Determinar a altura de la estrella POLAR, por supuesto sólo válido para nuestro hemisferio norte.



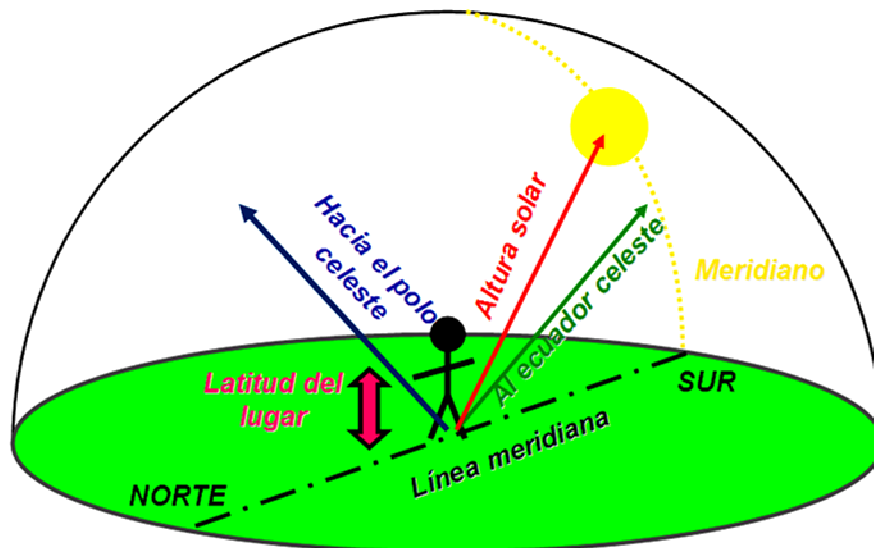
Comparemos las dos imágenes superiores, en la primera se representa la altura de la estrella Polar recogida por un navegante que surca el Atlántico cerca del Ecuador

terrestre. La segunda el mismo barco se ha ido alejando del Ecuador “subiendo de latitud”, y por tanto, la estrella está más alta en el horizonte. El valor de esa altura es el valor de la **latitud del lugar** desde donde se observa. Suponemos que todo el mundo sabe que son las **coordenadas geográficas** (latitudXlongitud), para refrescar estos términos se puede consultar nuestro pdf “Los secretos de un reloj de Sol” en documentos para descargar.

2) Determinación por la altura del Sol al medio-día del lugar. Obviamente, de día en un día despejado.

Los objetos celestes **circumpolares** son los que tienen una **declinación** celeste igual o mayor que la latitud del lugar desde donde se observan, y por tanto, ni salen ni se ponen, nunca caen por debajo del horizonte.

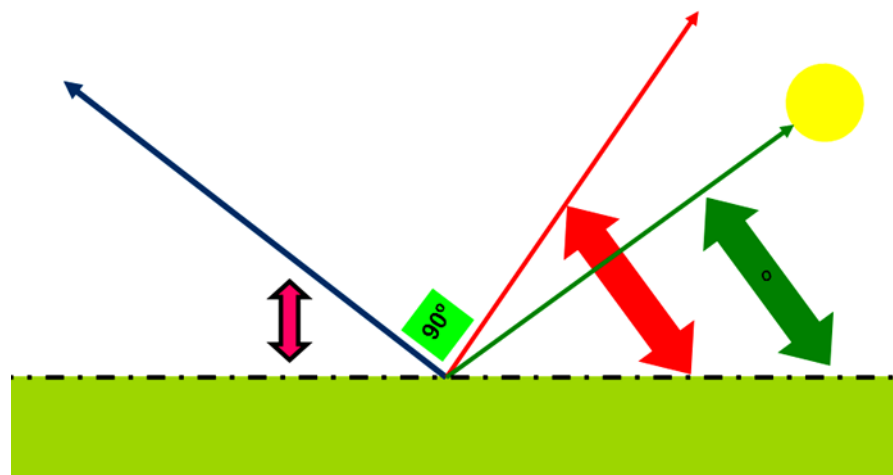
El Sol no es un astro circumpolar, de esta forma debe salir (**orto**) por algún punto del Este, elevarse durante la mañana alcanzando su mayor altura al **medio-día** sobre el horizonte Sur (esta posición se denomina también, **culminación superior** del Sol) y se dice que el astro está en el **meridiano del lugar** (sería muy interesante que se visitará el pdf “Los secretos de un reloj de Sol”). Un instante después de alcanzar su culminación superior, el Sol comienza a perder altura hasta que llega a ocultarse (ocaso) por algún punto del Oeste. Por ello, las horas desde que el astro rey sale hasta que culmina se denominan **AM** (antes de meridiano) y después del medio-día hasta el ocaso **PM** (pos o después de meridiano). Hay que observar que el medio-día divide en dos partes “prácticamente iguales” las horas de luz de la mañana y de la tarde.



En la imagen superior representación tridimensional de un punto de observación y su **bóveda celeste** al medio-día solar con sus referencias.

- La flecha azul representa un vector paralelo al **eje de rotación** de la Tierra.
- El óvalo verde supone el plano circunscrito por la línea del **horizonte**.

- La línea punteada y discontinua en negro, y que abarca desde el punto cardinal Sur, hasta el cardinal norte pasando por donde nosotros observamos, se denomina **meridiana**, y se pertenece al plano verde. Esta línea tiene extrema importancia en el diseño y calculo de relojes solares, así como en el posicionamiento de los telescopios en su observatorio.
- El ángulo entre la meridiana y el vector azul es igual a **la latitud del lugar**. En nuestro hemisferio si mirásemos hacia el lugar del cielo donde apunta la flecha, encontraríamos la estrella “Polar” y por tanto, el Polo Norte Celeste (no confundir con el polo norte magnético –ver pdf “Los secretos de un reloj de Sol”)
- La continuidad de esta meridiana sobre el la esfericidad del cielo, se denomina **Meridiano del Lugar**, y el paso de un astro por él supone su máxima altura sobre el horizonte o **culminación superior**.
- El vector rojo, y su giro desde su extremo origen manteniendo la perpendicularidad con el vector azul en todo momento, nos dibuja en el cielo un inmenso arco que sería el **Ecuador Celeste**. Los astros que están sobre él tienen la declinación positiva y los que se encuentran por debajo, negativa.
- El vector o flecha verde supone **la altura solar al medio-día**, que es la que mediremos con nuestro cuadrante.



Sobre estas líneas tenemos la representación en alzado de la anterior imagen, nos va a servir para ver la relación entre los diferentes ángulos. Sólo hay una diferencia, en la recreación tridimensional, el sol está en el meridiano un día de primavera-verano (está por encima del ecuador celeste), en el gráfico superior el Sol está por debajo del ecuador celeste en un día de otoño o invierno.

La latitud sigue estando representada por la doble flecha rosa, en nuestra latitud (Huesca) es de aproximadamente 42°. Los vectores azul y rojo (eje-ecuador) es siempre de 90°. Por tanto, y por ángulos complementarios, el ángulo que representa la doble flecha roja y que se denomina **co-latitud**, y su valor es de 90°-latitud del lugar (en Huesca 48°). Pero vayamos a nuestro cuadrante, el cual medirá la altura, es decir el valor en ° de la doble flecha verde oscuro. La relación entre la latitud y la altura del Sol es:

$$\text{ALTURA SOLAR} = \text{Co-latitud (90}^\circ - \text{LATITUD DEL LUGAR)} + \text{DECLINACIÓN del SOL}$$

Y si despejamos el parámetro que queremos hallar:

$$\text{LATITUD DEL LUGAR} = 90^\circ - \text{ALTURA SOLAR} + \text{DECLINACIÓN SOLAR}$$

Todos los astros, en la **esfera celeste**, tienen unas coordenadas que los posicionan en la misma, al igual que un punto es definido por las coordenadas geográficas de latitud-longitud. Estas coordenadas celestes, denominadas **coordenadas ecuatoriales absolutas**, son la **ascensión recta (AR)** y la **declinación (DEC)**, y son el símil de la longitud y la latitud terrestre.

La **declinación del Sol** la podemos saber, para cada día del año, de los **anuarios astronómicos**, o para realizar esta práctica de la tabla siguiente. Obsérvese que la declinación solar toma valores positivos en primavera-verano, es 0° en los equinoccios de primavera y de otoño, y valores negativos en las fechas de otoño-invierno, es decir el Sol pasa casi la mitad del año en uno u otro hemisferio celeste.

Dia	M E S											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octub.	Nov.	Dic.
15	21°19'	13°03'	02°10'	09°44'	18°51'	23°18'	21°32'	14°05'	03°04'	-08°29'	-18°28'	-23°16'
16	-21°08'	-12°42'	-01°47'	10°05'	19°05'	23°21'	21°23'	13°46'	02°41'	-08°51'	-18°43'	-23°19'
17	-20°57'	-12°22'	-01°23'	10°27'	19°18'	23°23'	21°13'	13°27'	02°18'	-09°13'	-18°58'	-23°21'
18	-20°45'	-12°01'	-00°59'	10°48'	19°32'	23°24'	21°03'	13°08'	01°54'	-09°35'	-19°12'	-23°23'
19	-20°33'	-11°40'	-00°35'	11°08'	19°45'	23°25'	20°52'	12°48'	01°31'	-09°57'	-19°26'	-23°25'
20	-20°21'	-11°18'	-00°12'	11°29'	19°58'	23°26'	20°41'	12°29'	01°08'	-10°18'	-19°40'	-23°26'
21	-20°08'	-10°57'	-00°12'	11°50'	20°10'	23°26'	20°29'	12°09'	00°45'	-10°40'	-19°54'	-23°26'
22	-19°55'	-10°35'	00°36'	12°10'	20°22'	23°26'	20°18'	11°49'	00°21'	-11°01'	-20°07'	-23°28'
23	-19°42'	-10°13'	00°59'	12°30'	20°34'	23°26'	20°06'	11°29'	-00°02'	-11°22'	-20°19'	-23°26'
24	-19°28'	-09°52'	01°23'	12°50'	20°45'	23°25'	19°53'	11°08'	-00°26'	-11°43'	-20°32'	-23°25'
25	-19°13'	-09°29'	01°47'	13°10'	20°56'	23°24'	19°41'	10°48'	-00°49'	-12°04'	-20°04'	-23°24'
26	-18°59'	-09°07'	02°10'	13°29'	21°07'	23°22'	19°27'	10°27'	-01°12'	-12°25'	-20°55'	-23°22'
27	-18°44'	-08°45'	02°34'	13°48'	21°17'	23°20'	19°14'	10°06'	-01°36'	-12°45'	-21°07'	-23°20'
28	-18°29'	-08°22'	02°57'	14°07'	21°27'	23°17'	19°00'	09°45'	-01°59'	-13°05'	-21°17'	-23°17'
29	-18°13'	-08°00'	03°21'	14°26'	21°36'	23°14'	18°46'	09°24'	-02°22'	-13°25'	-22°28'	-23°14'
30	-17°57'	-	03°44'	14°45'	21°45'	23°11'	18°32'	09°02'	-02°46'	-13°45'	-21°38'	-23°10'
31	-17°41'	-	04°07'	-	21°54'	-	18°17'	08°41'	-	-14°05'	-	-23°06'

Para saber cuando el Sol pasa por el meridiano, sin saber cuando acontece el medio-día, se vigila la altura del mismo con nuestro cuadrante. En AM siempre irá ganando altura, pero en un instante ya no ganará más, es el momento de ver el valor que arroja nuestro aparato para llevarlo a las ecuaciones. Si observamos que la altura disminuye estaremos en PM y el medio-día habrá ya pasado y tendremos que esperar al día siguiente.

DETERMINACIÓN DE LA FECHA (aproximada) EN LA QUE SE HACE LA OBSERVCIÓN.

Para ello es necesario que sepamos la latitud del lugar. Es sencillo, despejamos de las ecuaciones anteriores el valor de la declinación, y la llevamos a la tabla, la cual nos dirá en que fecha nos encontramos.

MÉTODO PARA CONSTRUIR UN CUADRANTE CON COSAS DE CASA.

1.- Materiales:

Un folio usado por un lado, una caña de refrescos, un palillo cilíndrico, hilo de coser, un botón, una grapadora, transportador de ángulos, regla, tijeras y un bolígrafo.

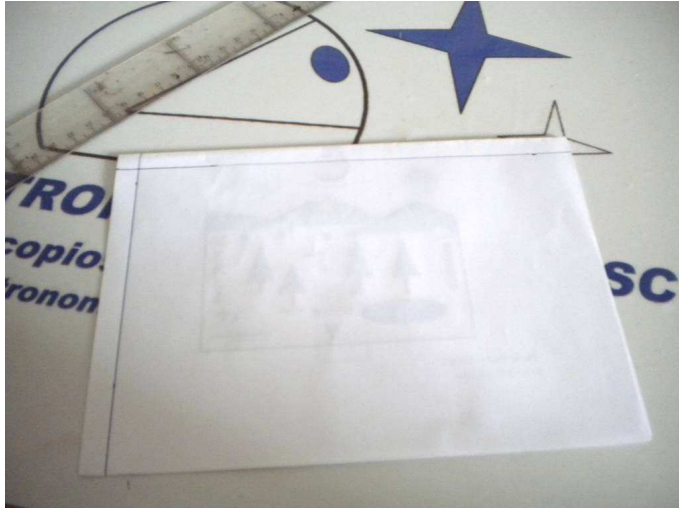
Todo ello se puede ver en la imagen adjunta.



2.- Pasos para su construcción:

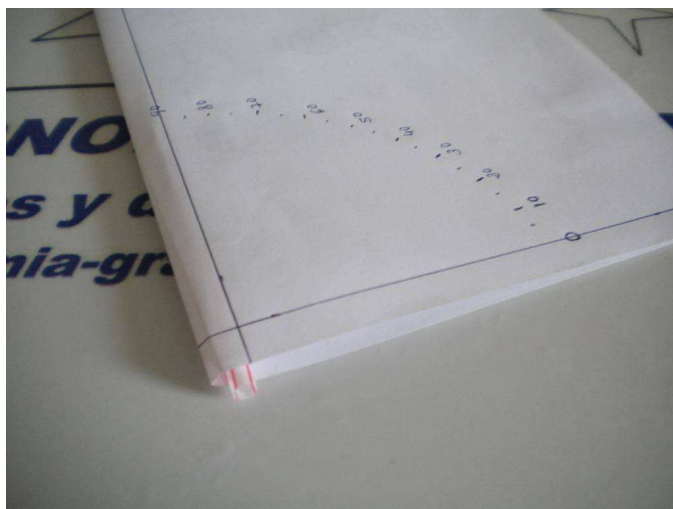
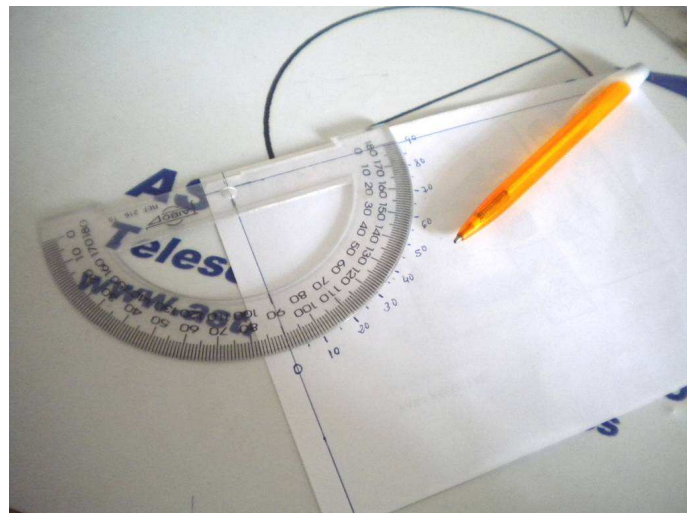


2.1.- Doblamos el folio por su dimensión más larga, dejando "a la vista" sus caras limpias.

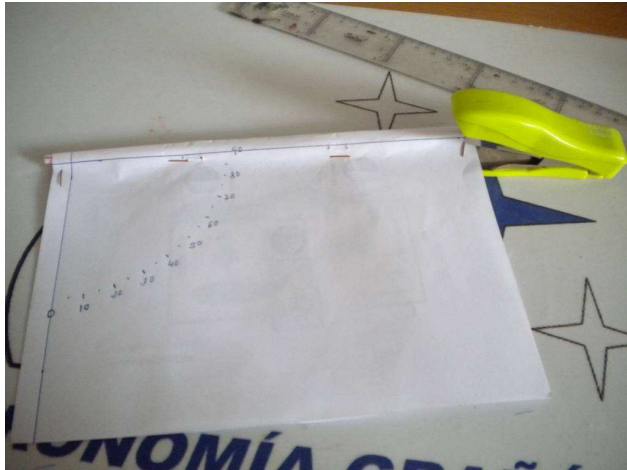


2.2.- A un centímetro de la dobladura (será la parte superior del futuro cuadrante), trazamos una paralela. En el costado derecho hacemos lo mismo.

2.3.- En el punto de cruce de ambas líneas, es decir cerca de la esquina superior derecha, colocamos el transportador de ángulos tal como se aprecia en la imagen. Seguidamente marcamos los grados de 5 en 5, desde la derecha (0°) hasta la parte superior (90°).

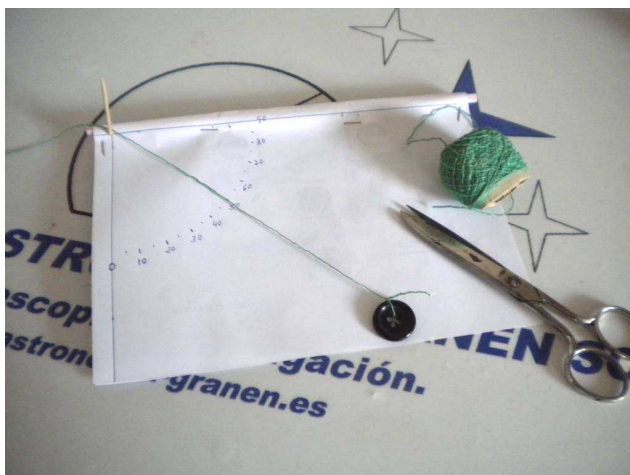
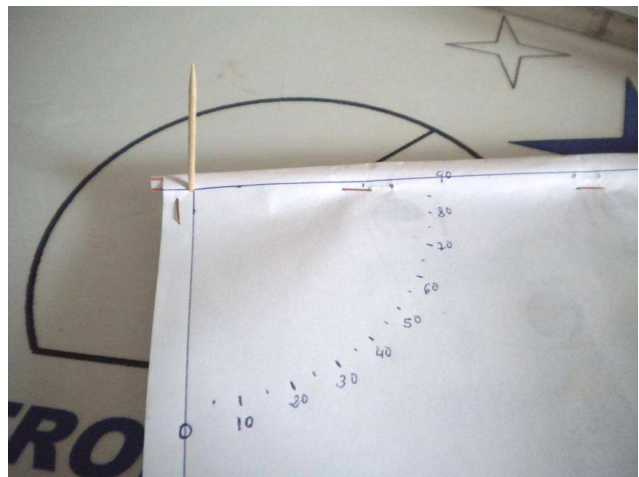


2.4.- Entre la dobladura, de la parte superior, y la línea introducimos la caña de refresco como se ve en la imagen.



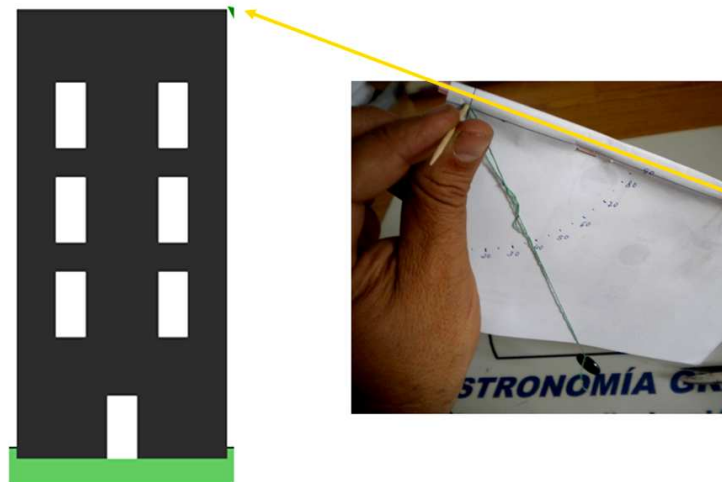
2.5.- Seguidamente, grapamos las dos partes del folio por debajo de la caña, pero sin “atrapar” a ésta.

2.6.- “Trinchemos” el folio por el punto de cruce de las dos líneas que dibujamos con anterioridad. Ver imagen.



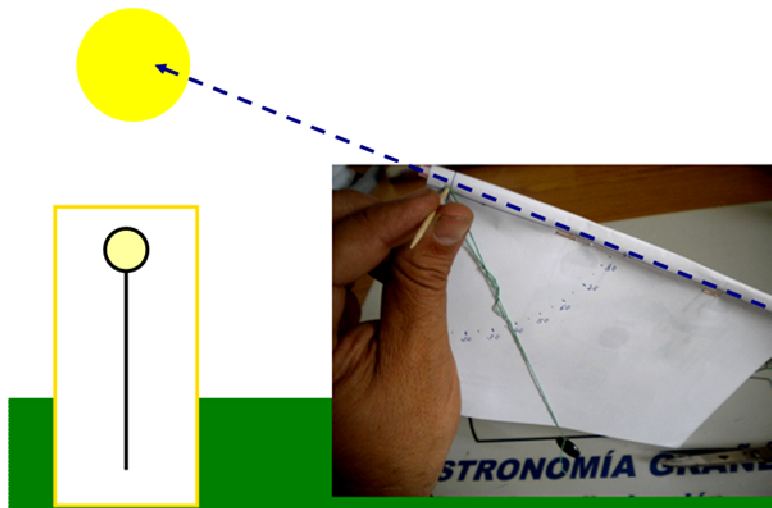
2.7.- Es hora de construir nuestra “plomada”, para ello uniremos el botón a uno de los extremos del hilo, el otro lo ataremos de forma que pueda “pendular” al palillo, lo haremos de forma que el botón quede por debajo de nuestro medidor de ángulos.

3.- El manejo del cuadrante:



La esquina del edificio está “elevada” respecto de la horizontal, medida a una “inconcreta distancia”, 38° . Sabiendo este ángulo y la “inconcreta distancia” se puede aplicar la ecuación (1).

También podemos utilizar el cuadrante para medir la “altura” de un astro en el cielo, y de esta “recolectar” los datos para realizar las otras experiencias.



Debemos tener exquisita precaución con la medición de la altura solar. **El Sol no se debe observar nunca directamente a simple vista, y menos con instrumentos ópticos.** Para alinear el cuadrante hacia el Sol sin mirarlo directamente, nuestro instrumento tiene la “caña de refrescos”. El cuadrante estará alineado con el astro rey cuando la sombra que proyecta en el suelo se vea como la forma del recuadro inferior

izquierdo de la imagen superior (Es la técnica denominada “de menor sombra” y es la utilizada para alinear un telescopio sin filtro hacia el Sol).

Os recomendamos nuestro pdf sobre el cosmógrafo monegrino del siglo XVI Martín Cortés, donde descubriréis como avanzó en seguridad la navegación “en alta mar” gracias a la aplicación de la **astronomía de posición**.

X M^a Paz y Ángel www.astronomía-granen.es