

# PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA CON EL OBSERVATORIO ROBOTIZADO MONTEGANCEDO

Juan F. PRIETO, Jesús VELASCO, José L. VALBUENA  
ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía – UPM Campus Sur - 28031 Madrid, [juanf.prieto@upm.es](mailto:juanf.prieto@upm.es)

Francisco M. SÁNCHEZ, Raquel CEDAZO, Diego LÓPEZ  
Facultad de Informática – UPM Campus Montegancedo -28660 Boadilla del Monte, [fsanchez@fi.upm.es](mailto:fsanchez@fi.upm.es)

José M. SEBASTIÁN  
ETSI. Industriales – UPM José Gutiérrez Abascal 2, - 28006 Madrid - [jose.sebastian@upm.es](mailto:jose.sebastian@upm.es)

## Resumen

*En el programa formativo del actual Ingeniero Técnico en Topografía está presente la Astronomía Geodésica o de Posición con el fin de que el futuro profesional conozca los elementos de astronomía necesarios para poder calcular coordenadas latitud y longitud de puntos sobre la superficie terrestre, así como el acimut de direcciones a otros puntos a partir de observaciones a las estrellas. Aunque los métodos astronómicos se van sustituyendo por los métodos por observaciones a satélites (GNSS), ciertos conocimientos astronómicos son necesarios para poder comprender tanto los sistemas de referencias celestes y terrestres, como las observaciones geodésicas y geofísicas.*

*Dentro de este programa formativo juegan un papel fundamental la realización de prácticas en las que el alumno vea y desarrolle sus habilidades para calcular parámetros astronómicos, resultado de su propia observación. En la ETSI de Topografía se viene realizando prácticas de observación a la estrella polar, con el fin de calcular el acimut de una dirección. También observaciones al Sol con el mismo objetivo. La utilización de equipos ópticos clásicos en esta observación entraña cierto riesgo al colocar el ojo sobre el ocular cuando se tiene enfocado el Sol. En prevención de fatales accidentes estas observaciones al Sol fueron retiradas del programa formativo. Recientemente, y gracias a la utilización de un telescopio robotizado, el observatorio Montegancedo (<http://om.fi.upm.es>), y con registro de imágenes, se ha podido rescatar este tipo de prácticas de observaciones al Sol en la formación de los ingenieros técnicos topográficos (ITT) de la Escuela. Se muestran en este artículo los objetivos perseguidos en esta experiencia, los métodos y materiales utilizados para la misma así como una serie de impresiones finales que se han*

*encontrado en la realización de estas experiencias prácticas.*

**Palabras Clave:** Topografía, Astronomía Geodésica, Acimut, orientación al Sol, telescopio robótico.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las técnicas topográficas y geodésicas han estado de siempre muy ligadas a la ciencia de la Astronomía. También en el currículo formativo del futuro Ingeniero Técnico en Topografía está contenido el estudio de diversos aspectos teóricos de la Astronomía y una intención eminentemente práctica.

El estudio de la Astronomía por parte del futuro I.T. en Topografía persigue conocer los fundamentos teóricos y prácticos sobre observación a los astros que le van a permitir, entre otras, la determinación astronómica de latitudes y longitudes de posiciones geográficas, así como la determinación de acimutes para poder realizar orientaciones de cartografía, de redes geodésicas o simplemente de ingeniería.

Además necesita adquirir los conocimientos sobre los diferentes sistemas de coordenadas tanto celestes como terrestres que le permitan seguir avanzando en los campos de la geodesia geométrica y física. También de la astronomía tiene que obtener los primeros conocimientos para la determinación de coordenadas a través de los nuevos sistemas de posicionamiento por satélite (GNSS).

Se estudia entonces para cubrir estos conocimientos una asignatura de Astronomía Geodésica. Esta asignatura tiene carácter troncal y se imparte en la ETSI de Topografía Geodesia y Cartografía de la UPM. Tiene lugar en el segundo cuatrimestre y cuenta con 7,5 créditos. Se imparten cinco horas

semanales de teoría y prácticas en la que se intercalan ejercicios prácticos destinados a planificar una observación y a calcular coordenadas de estrellas o astros con datos de observación directa con equipos dotados de goniómetros o teodolitos, que también se ejecutan. Para aprobar la asignatura es necesario la realización de un examen y unas prácticas. En el curso académico 2008-2009 tuvo 118 alumnos matriculados. Entre las prácticas que se realizan se incluían la determinación de acimutes astronómicos mediante la medición de ángulos con teodolito a la estrella polar (nocturna) y al Sol (diurna), véase figura 1.



Figura 1.- Determinación nocturna de acimut

Lamentablemente esta última práctica de determinación de acimutes por observaciones al Sol se había abandonado en el pasado por razones de seguridad de los alumnos. Aunque la medición había que realizarla mediante el uso de en una pantalla de proyección (fig 2) o prismas de imagen partida, los profesores que tutelan la práctica no podían estar pendiente de todo el grupo y siempre podía ocurrir que el alumno, instintivamente, aplicara el ojo sobre el ocular con el fin de observar al Sol directamente, con la posibilidad de que ocurrieran accidentes graves. Por otro lado, las fechas de la realización de la práctica eran finales de mayo, por lo que había que estar un buen margen de tiempo expuesto al sol. Por estas razones hace ya varios cursos académicos que se optó por eliminar esta práctica pesando más los inconvenientes que las ventajas.

La posibilidad de utilizar el observatorio robótico Montegancedo fue una nueva oportunidad para reintroducir esta práctica, eliminando todo el peligro para los alumnos y haciéndolo realmente cómoda para estos, ya que el horario de apertura del observatorio era de 9 am a 18:00 de Lunes a Viernes pudiéndose realizar vía Internet.

## 2 OBJETIVOS

El principal objetivo de la realización de prácticas de astronomía con este telescopio es que los alumnos se motiven al aplicar los conocimientos teóricos aprendidos en clase. Pero además subyacen otros más.

La utilización del observatorio robótico eliminaría completamente el riesgo de que el alumno mire al Sol directamente a través del antejo y evitar así posibles accidentes. Además, se puede evitar que el alumno permanezca a pleno sol durante la realización de las prácticas.



Figura 2.- Determinación diurna de acimut

Se persigue, en concordancia con las nuevas líneas educativas, que el alumno pueda realizar sus prácticas no sólo en su centro de estudio, sino que pueda realizar su trabajo formativo en su propio domicilio o en cualquier lugar, es decir, no presencial. El acceso al telescopio de forma diferida mediante Internet se adaptaría a este concepto educativo.

Los sistemas de observación y medición robótica ya hace unos años que hicieron su aparición también dentro del campo de la topografía. Estos equipos, quizá debido a su tecnología, todavía tienen un precio muy elevado como para formar parte de la dotación docente de un centro educativo. El uso de esta herramienta también podría introducir al alumnado

en el empleo de instrumental robótico con el que en un futuro no muy lejano se tendrá que enfrentar.

También se persigue que el alumno se enfrente con el problema que puede entrañarle el utilizar un medio de observación que, en un principio, es ajeno a la institución en la que se está formando. Además, el ensayo y la utilización de un sistema a tiempo compartido en que se vea obligado a reservar su propio 'slot' de observación y a gestionar su tiempo, le introduciría en los mismos protocolos de observación que se vienen utilizando en los observatorios astronómicos habituales.

Se pretende, también para el profesorado, un banco de prueba en que desarrollar en un futuro otro tipo de prácticas, bien sean nocturnas, de puntero de observaciones o cualquier otra que permita el sistema.

### 3 METODOLOGÍA

El objetivo docente de la práctica se cubre determinando la desorientación, con respecto al Norte, que tiene el limbo horizontal de un teodolito cuando se observa a una dirección dada.

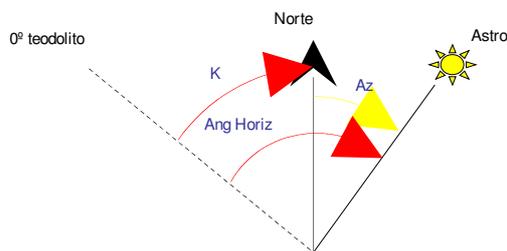


Figura 3.- Desorientación de un teodolito

Normalmente el origen de medidas de ángulo del teodolito no coincidirá con el Norte, existiendo entre el 'cero' del teodolito y el Norte una descorrección o desorientación denominada K en la figura 3 (Martín-Asín, 1982). Si se conociera este ángulo de desorientación, se podría sustraerla de cualquier ángulo horizontal que se midiera para transformarlo a acimut. La desorientación vendría determinada por la ecuación (1).

$$K = A_i - \text{Lectura Horizontal} \quad (1)$$

Se determina entonces esta constante mediante una observación con este teodolito al Sol, obteniéndose su correspondiente lectura horizontal angular. A la vez se apunta la hora en que se obtiene esta lectura para deducir en ese instante el acimut que tiene el Sol.

Este acimut del Sol se determina a través de la resolución de un triángulo esférico de posición (fig 4) formado por el Cenit, el Sol y el Polo (Smart, 1977).

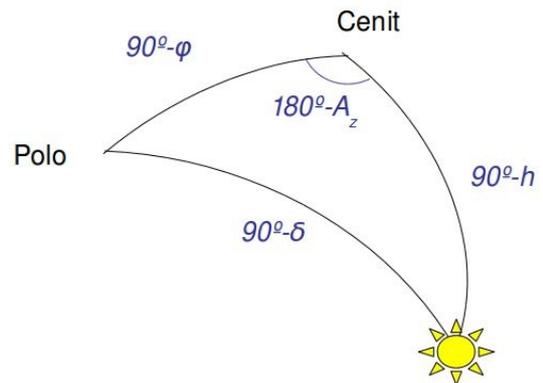


Figura 4.- Triángulo astronómico de posición

En este triángulo se conocen la latitud del lugar ( $\phi$ ) y la declinación ( $\delta$ ) del Sol a través de la hora de observación. Si también se observa con el teodolito la altura ( $h$ ) que tiene en ese instante, se dispone de tres elementos para resolver el triángulo y calcular el acimut ( $A_z$ ) del Sol que se necesita, mediante la expresión (2) (Green, 1985)

$$\cos A_i = \frac{\text{sen } \delta - \text{sen } \phi \cdot \text{sen } h_r}{\cos \phi \cdot \text{cosh}_r} \quad (2)$$

Una vez calculado, con la lectura horizontal angular medida se obtiene la desorientación (K) mediante la expresión (1) anterior.

### 4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para orientar al alumno en el desarrollo de estos conocimientos se utilizó, como ya se ha comentado, el telescopio robótico Montegancedo, desarrollando una serie de módulos que simularan la observación con teodolito clásica.

Los tres módulos son:

- Módulo de puesta en estación.
- Modulo de cálculo de lecturas horizontales y verticales.



libre con licencia GPL y está disponible en el servidor SVN del grupo Ciclope. Agradecer a todas las personas que desarrollan software y conocimiento libre.

## Referencias

Cedazo, R., Sánchez, F.M., López, D., Sebastián, J.M., (2007) Ciclope Astro, el primer observatorio astronómico robotizado online de libre acceso. IV Congreso Comunicación Social de la Ciencia. Madrid, España, Nov. 21-23, 2007.

Green, R.M., (1985) Spherical Astronomy, 1985, Cambridge University Press.

Martín-Asín, F., (1982) Astronomía, Paraninfo, Madrid.

Montenbruck, O., Pflieger, T., (2001) Astronomy on the Personal Computer. Springer, Berlin.

Smart, W. (1977) Textbook on Spherical Astronomy, Cambridge University Press.

Van Flandern, T.C., Pulkkinen, K.F., (1979) Low Precision Formulae for Planetary Positions, The Astrophysical Journal Supplement Series, 41:361-411, USA.

## ANEXO A RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Sobre el manejo del sistema	Nota media
1.1 El interfaz gráfico para el manejo de la práctica (en su conjunto)	3,11
1.2 Representación visual del interfaz gráfico	3,29
1.3 Facilidad para el manejo del sistema a través del interfaz gráfico	3,33
1.4 Sensación de cercanía y realidad en la utilización del laboratorio remoto real	3,13
1.5 Documentación entregada para el manejo del interfaz gráfico	3,67
1.6 Adecuación de los tiempos de reserva del laboratorio remoto real	2,8
1.7 Disponibilidad horaria a lo largo del día del laboratorio remoto (de 9:00 a 18:00)	2,84
1.8 Facilidad para resolver dudas de forma remota (no presencial) en el manejo del interfaz gráfico	2,05
1.9 Facilidad para resolver dudas de forma presencial en el manejo del interfaz gráfico	2,14
1.10 Dificultades técnicas (propias de la utilización de medios remotos) en la realización de la práctica (valor alto significa muchas dificultades técnicas)	3,24

Sobre el desarrollo de la práctica	Nota media
2.1 Descripción de los objetivos de la práctica	3,73
2.2 Descripción del desarrollo de la práctica	3,8
2.3 Adecuación de la bibliografía aportada en el curso a esta práctica	3,2
2.4 Documentación entregada para el desarrollo de la práctica	3,73
2.5 Importancia de la práctica en el desarrollo de la asignatura	2,95
2.6 Valoración de la documentación que debe de entregar el alumno	3,1
2.7 Valoración sobre el método de evaluación del alumno	3
2.8 Facilidad para resolver dudas de forma remota (no presencial) en el desarrollo de la práctica	2,38
2.9 Facilidad para resolver dudas de forma teórica en el desarrollo de la práctica	2,73
2.10 Adecuación de los conocimientos previos (adquiridos durante el curso) para la realización de la práctica	3,14

<b>Sobre la metodología de la práctica</b>	<b>Nota media</b>
3.1 Valoración metodológica del desarrollo de la práctica	3,11
3.2 Valoración metodológica de la utilización de un laboratorio real remoto	3,41
3.3 Importancia de la utilización de un dispositivo real remoto frente a la utilización de un dispositivo virtual	3,56
3.4 Importancia de la utilización de un dispositivo real a pie de campo, frente a la utilización de un dispositivo real remoto	3,42
3.5 Adecuación de la duración estimada para la realización de la práctica	2,63
3.6 Adecuación de las fechas para la realización de la práctica en la planificación del curso	2,37
3.7 Adecuación de las fechas para la realización de la práctica en función de la carga docente del curso	2,48
3.8 Necesidad y conveniencia de otras funcionalidades de enseñanza (Chat, Blogs, Wikis) integradas en la práctica	2,51

<b>Sobre la metodología de la enseñanza con laboratorios reales remotos</b>	<b>Nota media</b>
4.1 Consideración de un laboratorio remoto como un nuevo método de aprendizaje	3,50
4.2 Reconocimiento por parte del alumno del esfuerzo del profesor en la utilización de nuevos métodos de aprendizaje	3,59
4.3 Reconocimiento por parte del profesor del esfuerzo del alumno en la utilización de nuevos métodos de aprendizaje	3,11
4.4 Necesidad de realización de más prácticas con laboratorios remotos	3,13
4.5 Contribución de un laboratorio remoto real en el mayor conocimiento de la materia	3,22
4.6 Contribución de un laboratorio remoto real en el incremento del interés por parte del alumno en la asignatura	3,44
4.7 Contribución de un laboratorio remoto real en el ahorro de tiempo y comodidad frente a prácticas con laboratorios reales cercanos	3,52

#### **Perfil de usuario**

Número de veces que se ha matriculado en la asignatura	1	47	73,44%
	2	14	21,88%
	> 2	3	4,69%
Sexo	M	47	73,44%
	F	17	26,56%

#### **Valoración el esfuerzo realizado por el alumno**

Media del nº de horas aproximadas que se han necesitado en la realización de la práctica: 5,46 horas.

#### **Estimación media de la distribución en tantos por ciento para cada una de las siguientes actividades:**

1. Lectura y comprensión de la práctica	18,25%
2. Reserva y manejo del laboratorio real para la adquisición de datos	24,30%
3. Cálculo de los datos requeridos en la práctica	35,05%
4. Generación y entrega de los resultados finales solicitados	22,41%