

Diseño de la estructura de un reloj de sol en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Catherine Muñoz Mancipe - caterockriptametal@hotmail.com

Paola Andrea Ochoa Hurtado - paoh08@hotmail.com

Proyecto curricular: Tecnología en Topografía

Semillero de Investigación: Arqueo-astronomía

Aportes: Mostrar el ligamiento entre la topografía y la astronomía, llegando a la interacción entre las mismas con las aplicación de cada base de la topografía en un artefacto que llevo a comprender y rescatar la astronomía como base de la topografía y la investigación para entender ello.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este problema surgió debido a que la mayoría de los estudiantes de tecnología en topografía no identifican las distintas aplicaciones de la topografía y de los conocimientos geodésicos dados a través del transcurso de la carrera.

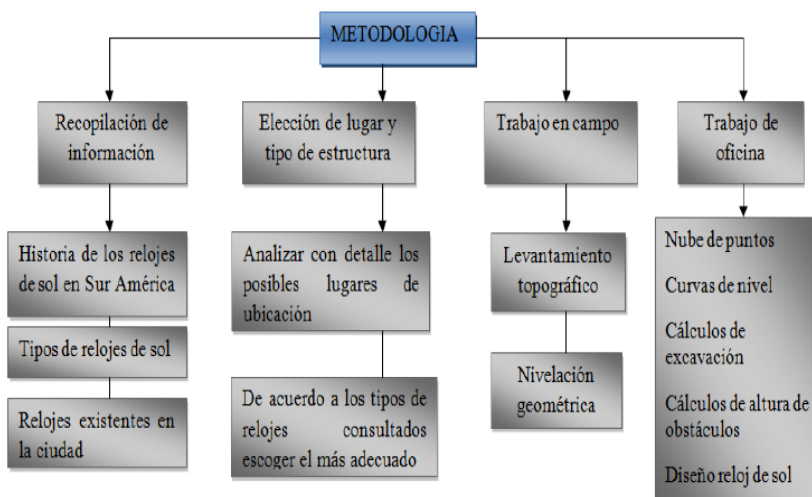
OBJETIVO

General

Diseñar la estructura de un reloj de Sol en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Específicos

- Obtener la cartografía más precisa de la zona para la ubicación del reloj solar.
- Georreferenciar el punto exacto de ubicación del reloj de sol que logre tener una buena ubicación y orientación mediante los estudios realizados.
- Diseñar la estructura de un reloj de sol que nos proporcione una información precisa del tiempo y que permita realizar estudios de investigación.
- Generar una maqueta a tamaño real del diseño realizado.



RECOPIACION DE INFORMACIÓN

Historia del reloj de sol

Los relojes de Sol son instrumentos que fueron creados con la finalidad de medir el tiempo dando lugar a los calendarios, estos han sido el punto de referencia para la evolución mecánica de los relojes hasta llegar a los que hoy en día conocemos. Todos ellos basados en los movimientos de la tierra a partir del gran sentido de observación que tenían nuestros antepasados.

‘En el principio de la humanidad los hombres fueron unos excelentes observadores de la naturaleza, al principio parecía ser solo una distracción, pero luego encontraron una gran utilidad en algunos de los fenómenos que sucedían periódicamente en el cielo; el lugar por donde salía y se ocultaba el sol, las fases de la luna o las constelaciones que se hacían visibles durante la noche.’(Anónimo, 2009, parr.5). Todos estos fenómenos que llamaron su atención coincidían con eventos de los cuales dependía su subsistencia, por ejemplo: la recolección de frutos, el tiempo de lluvia o de sequía y las migraciones de los animales.

En la antigüedad los relojes de sol tenían un gnomon vertical y lo que se hacía era observar la altitud del sol a lo largo del día. Pasados casi tres milenios a los astrónomos se les ocurrió hacer una división imaginaria del tiempo, dividiendo el día en horas iguales.

Reloj De Sol: Un reloj de sol afirma Bernardini (2011) ‘es un instrumento que permite conocer la hora local aproximada mediante la observación de la sombra que el Sol proyecta sobre una escala graduada’ (párr. 1.), este es el principio básico de cualquier reloj sin interesar cual sea su diseño.

Tipos De Reloj De Sol: A continuación se encuentran las diferentes clases o tipos de relojes solares que existen y que ‘deben su clasi-

ficación a las características principales que en ellos se encuentran como lo son la posición del limbo o su verticalidad o horizontalidad, todo esto debido a sus necesidades’ (Domenech, 1991, p. 53). Es importante resaltar que se mencionan los más comunes ya que a través de la historia se han generado una gran cantidad de diseños fruto de la investigación, creatividad e imaginación de sus autores pero que han sido basados en los modelos que se presentan a continuación:

Verticales: En este tipo de reloj el limbo se encuentra totalmente vertical y el gnomon se encuentra paralelo al eje de rotación terrestre.

Inclinados: En esta clase de relojes el cuadrante se encuentra inclinado a eso debe su nombre.

Triedrico: Este tipo de reloj está compuesto básicamente por tres relojes uno central vertical meridional y dos declinantes.

Horizontales: En esta clase de relojes el limbo o cuadrante se encuentra en una posición horizontal y el gnomon se ubica paralelamente al eje de rotación terrestre. El ángulo formado entre el gnomon y el cuadrante es igual a la latitud del lugar. Dentro de esta clasificación podemos encontrar otros dos tipos:

Ecuatoriales Este reloj de tipo ecuatorial está orientado de acuerdo al plano del ecuador celeste, el gnomon se encuentra paralelo al eje de rotación terrestre, es decir perpendicular al cuadrante y orientado hacia el polo norte. Pérez (2011) afirma: ‘La meridiana coincide con la dirección sur- norte’. (párr. 1) Las líneas horarias se encuentran distribuidas regularmente espaciadas cada 15°, sus líneas de declinación son círculos, todo esto facilita su construcción y evita muchos cálculos.

ELECCIÓN DEL LUGAR

Se definió el lugar de ubicación del reloj, para esto se evaluaron los siguientes factores:

- Población beneficiada: este aspecto fue bastante importante en la elección del lugar de ubicación, ya que la idea principal es que los estudiantes de tecnología en topografía identifiquen las distintas aplicaciones de la topografía y la geodesia por esto queríamos que el reloj se localizara en un lugar de fácil acceso para los estudiantes, por lo cual se decidió realizar en alguna de las facultades de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Espacio disponible: se evaluaron los distintos espacios que poseían cada una de las facultades que nos podían ser útiles tomando como decisión localizarlo en la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales ya que allí se encuentra la carrera de tecnología en topografía para la cual fue dirigida el trabajo y además el espacio existente al lado de la estación meteorológica en el lote B de esta universidad hacia posible el proyecto. Adicionalmente que en un futuro se puede crear un mirador aprovechando la vista que desde este punto se puede obtener, entonces sería un elemento de gran interés no solo para la población universitaria sino para todo aquel que le interese el tema
- Viabilidad de su construcción: en este aspecto también nos beneficiaba hacerlo en la facultad ya que por ser estudiantes de la misma y participes del semillero de arqueología en un futuro se pueden conseguir con mayor facilidad los permisos y presupuesto necesario para llevar a cabo su construcción.

TRABAJO EN CAMPO

Levantamiento topográfico

Con esto además fue importante dar veracidad a

la ubicación del reloj solar la cual anteriormente había sido tenido como posible en varios lugares de la universidad pero que después de indagar con el espacio disponible decidimos fuese realizado en el lado izquierdo de la estación meteorológica de la universidad sede vivero en el lote B, ya que este espacio cuenta con un área disponible amplia y es de fácil acceso a la población.

Para lo cual se hizo un levantamiento topográfico en la zona y una ubicación del punto central donde se localizaría el reloj solar y adicionalmente se hizo la toma de 4 puntos alrededor del reloj solar.

Luego de obtener el plano topográfico de la zona procedimos a realizar la georreferenciación del lugar mediante un posicionamiento con GPS por el método de RTK ya que este nos proporcionaba una mejor calidad de la información. En este se tomaron los puntos del terreno del reloj solar y sus alrededores. Este posicionamiento fue realizado en una de las prácticas de la materia geodesia posicional contando con la colaboración del ingeniero Carlos Rodríguez.

Para este se realizó el planeamiento con el programa planing para saber y tener más claridad de los satélites que se tomarían a esta hora y las interferencias que se tendrían para el óptimo contorno del posicionamiento.

Este se realizó con un posicionamiento satelital en tiempo real, contando con la configuración hecha en todo momento por el programa top-SURV por medio del que se tomo una estación base ubicada en el punto Vértice Geodésico VIV-5 como se muestra en la Figura 29, con coordenadas conocidas y un receptor remoto, el cual registro los datos a partir de la configuración establecida para la estación base.

Además se configuró la estación base que sirvió como referencia para los receptores remotos de la práctica. Con esto se recolectaron datos sobre la topografía del terreno en un intervalo de grabación de dos segundos.

Terminada la práctica se procedió a descargar los datos almacenados en la base y el rover, para llevar a cabo el post-procesamiento de los mismos.

El método en tiempo real RTK mostro la facilidad de manejar datos ya que nos dieron la comodidad de buena precisión sin post-proceso, además que puede post-procesar automáticamente durante la práctica para mayor precisión de los datos.

El controlador al permitirnos descargar un archivo con extensión al software AutoCAD (.DWG) nos facilitó la generación del plano, el archivo ya contenía los puntos tomados en campo y por medio del software Eaglepoint se realizó el respectivo proceso de curvas de nivel con la misma información. Al revisar los demás archivos descargados con extensiones como .TXT O .CSV observamos que nos dan gran variedad al momento de descargar datos por facilidad de manejar una extensión más que otra.

El plano obtenido tiene los puntos y en texto la elevación del mismo, ya después de realizar los procedimientos restantes tan solo fue maquillar el plano para su entrega Observamos con las curvas de nivel obtenidas que los datos tomados en campo son suficientes para cubrir el área de trabajo y ser detallados los desniveles de la topografía del lugar, la estación meteorológica también se detalló por los puntos tomados y de por si es muy sencillo reconocer la zona.

Fue muy importante el DOp ya que este nos permitió tener más certeza y confiabilidad en los datos además que estuvimos pendientes

que siempre se encontrara en fijo y no en flotante ya que en puntos con grandes obstáculos se presentaba este cambio a menudo en cercanías a grupos de árboles por las obvias condiciones de recepción.

Atreves de este posicionamiento se pudo establecer las coordenadas del centro del reloj solar con una muy alta precisión, además se recreo el plano de los alrededores objeto del diseño realizado.

VISITAS A RELOJES DE SOL EXISTENTES EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ

Después de tener la información requerida para este fin determinamos iniciar la búsqueda de información de relojes solares existentes en la ciudad de Bogotá y sus municipios aledaños, buscando características básicas de cada uno y el por qué la determinación de cada estructura en el lugar donde estuviesen ubicados.

Luego de encontrar esto, procedimos a realizar una lista de sitios a visitar dentro de la ciudad y en municipios cercanos en los cuales se encuentran relojes solares, obteniendo como resultado los siguientes:

- El reloj solar del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- El reloj de sol del Planetario distrital.
- El reloj solar del jardín botánico.
- El reloj de sol del Centro interactivo Maloka.
- El reloj de sol del Parque de las flores de Madrid, Cundinamarca.

Para tener referencias más precisas se realizan las respectivas consultas y visitas a los relojes de sol existentes en la ciudad para analizar cómo fueron construidos, en que

diseño fueron basados, su precisión, antigüedad, etc.

ELECCIÓN DE DISEÑO

Lo primero que realizamos fue decidir cuál era la estructura más apropiada para el lugar en el que se iba a desarrollar el diseño, para esto nos basamos en:

- Todos los tipos de relojes consultados
- Visitas realizadas
- Posición geográfica del lugar
- Objetivo académico de la estructura

Basadas en los criterios anteriormente mencionados decidimos realizar un reloj de tipo horizontal, cuyas líneas de declinación correspondieran a los días en que se producen los cambios de constelación zodiacal teniendo como límites las líneas de declinación que marcan los solsticios. Esto se definió con la finalidad de darle mayor importancia a estos grandes fenómenos que son muy importantes en ubicación en cuanto al aspecto geodésico se refiere.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño del reloj de sol se buscaron distintos software que nos permitieran diseñar la estructura de una manera precisa y que permitiera ingresar parámetros claves que influyen en su funcionalidad, para esto nos asesoramos de ingenieros, físicos y astrónomos, además de las constantes búsquedas en internet.

Se decide usar el software SHADOWS PRO 3.5 en su versión libre de prueba y haciendo uso de una licencia gratuita que brinda el programa durante un tiempo de dos horas cada 15 días. Este software incluye una base de datos de más de 2800 lugares con latitud, longitud y zona horaria lo cual sirvió para que el progra-

ma cargara todos los parámetros del lugar y así generase el método más adecuado de diseñar con cada uno de nuestros criterios las marcaciones del reloj solar. Previamente definidas en el programa.

Como primer paso determinamos el área que teníamos disponible para la ejecución del diseño basándonos en la cartografía obtenida anteriormente del lugar, dándonos como resultado un área disponible de 50 m². Luego de esto comenzamos con el diseño de la estructura en el software mencionado y con ayuda de la información topográfica y geodésica obtenida con anterioridad.

Unas de las características previamente verificadas, y tenidas en cuenta en la elaboración del reloj solar por el programa Shadows, fue el simular y generar la sombra del estilo anteriormente realizado con la finalidad de observar con anterioridad a la ubicación de la maqueta en el sitio como debía ser proyectada la sombra.

MAQUETA ESCALA 1:1

Basados en el diseño anteriormente obtenido anteriormente continuamos con la generación de la maqueta a tamaño real fue muy complicada ya que en primer lugar intentamos localizarla en campo de manera transitoria. La maqueta realizada consistió en dos fases: la primera de ellas localizar tres estacas en el sitio de ubicación, las cuales marcaban los siguientes puntos:

- Punto correspondiente a las 7 de la mañana sobre la línea equinoccial.
- Punto correspondiente a las 12 del mediodía sobre la línea equinoccial.
- Punto correspondiente a las 5 de la tarde sobre la línea equinoccial.

Se escogieron estos puntos debido a que a partir de ellos se puede orientar toda la estructura.

La segunda fase fue la más dispendiosa ya que consistió en dibujar el cuadrante solar sobre papel kraft a escala 1:1, es decir a tamaño real como se muestra en la Figura 44. Este dibujo se realizó con la finalidad de montarlo a manera de plantilla sobre las estacas localizadas, proporcionándonos una mejor precisión que la que se hubiera obtenido localizando las estacas en terreno ya que debido a la inestabilidad del mismo y a la gran precisión requerida en cada medida para generar una hora exacta no se nos hubiera permitido demostrar su funcionalidad.

Se llevó a cabo pruebas para verificar la funcionalidad del diseño en este caso representado por la maqueta, para esto se hizo tres pruebas, estas consistieron en colocar la maqueta en el lugar de ubicación y realizar observaciones en las que se determinó el error dado teniendo en cuenta distintas variables. Es importante destacar que para las distintas pruebas ejecutadas se trabajó con la Hora Legal para Colombia la cual es determinada por el Instituto Nacional de Metrología.

CONCLUSIONES

Basados en los resultados obtenidos a partir del levantamiento topográfico y los ajustes realizados a los mismos podemos concluir que aun trabajando con el mayor cuidado posible se generaran errores y que para la disminución de los mismos el método de mínimos cuadrados es uno de los más fiables.

A partir de la georreferenciación del lugar llegamos a concluir que es conveniente saber las características topográficas del lugar para de esta manera garantizar la funcionalidad de la estructura, además de la confiabilidad de las coordenadas utilizadas para el diseño.

Se obtuvo el diseño de un reloj de sol del cual logramos concluir que es de gran importancia definir parámetros tales como la hora marcada, la separación de las líneas de declinación y de las líneas horarias para que al momento de ser ejecutado nos presenten inconvenientes en cuanto a su precisión se refiere.

Fundamentadas en la generación de la maqueta a tamaño real podemos concluir que es de vital importancia la precisión en la toma de medidas para la elaboración de la misma o en un futuro de su localización en campo ya que una variación en milímetros significa un gran error en la marcación de la hora, además cabe resaltar que la correcta funcionalidad de la estructura depende de la correcta nivelación del terreno.

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. (1986). *Astronomía*. Colombia: Observatorio Astronómico de Bogotá
- Bannister, A. y Raymond, S (2003). *Técnicas modernas en topografía*. México: Alfa omega.
- Domenech, R. (1991). *Trazado y Construcción de Relojes de Sol*. España: Aguacalera.
- Estatuto estudiantil (1993). Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Portilla, G. (2001). *Astronomía para todos*. Colombia: Editorial Unilibros.
- Ramirez, J. y Cuartas, P. *El reloj de sol*. Colombia: Instituto Distrital de Cultura y Turismo.
- Huerta, E., Manguiaterra, A. y Noguera,

G. (s.f.). *GPS Posicionamiento satelital*. Argentina: UNR

□ Whitrow (2009). *El tiempo en la historia*. Argentina: Critica.

INFOGRAFÍA

□ Anónimo. (2009, abril). Significado y función del gnomon o analema. *Saber si ocupa lugar* Recuperado el 20 de mayo de 2013 de: <http://sabersiocupalugar.blogspot.com/2009/04/el-palito-de-los-relojes-de-sol.html>

□ Capriles F. (2010). *El Reloj de Sol Polar. Oído al tambor*. Recuperado el 22 de julio de 2013 de <http://sudandolagotagorda.blogspot.com/2010/01/el-reloj-de-sol-polar.html>

□ Duarte Diana C. (2012, noviembre) Bogotá una Metrópoli Latinoamericana. *Portal Bogotá* Recuperado el 28 de mayo de 2013 de <http://portel.bogota.gov.co/portel/libreria/php/01.270701.html>

□ Educación en Astronomía de la Universidad de Nebraska-Lincoln, (s.f.). *Simulaciones y animaciones de astronomía*. Recuperado el 13 de julio de 2013 de <http://astro.unl.edu/naap/motion3/motion3.html>

□ Instituto de Tecnologías Educativas (s.f.). *Recorrido aparente del sol*. Recuperado el 4 de julio de 2013.

□ Martin D. (2012). *Cartas solares. Casa Solar*. Recuperado el 29 de mayo de <http://casasolarmexi.blogspot.com/2012/05/cartas-solares.html>

□ Martínez Andrés J. (2011). Información general de Colombia. *Toda Colombia*. Recupera-

do el 4 de junio de 2013 de <http://www.todacolombia.com/infocolombia.html>

□ Pérez (2011). *Reloj de Sol Ecuatorial. La hora solar*. Recuperado el 18 de julio de 2013 de <http://www.perez.cmoi.cc/spip.php?article2>