

**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN RELOJ DE SOL INTERACTIVO EN EL
PARQUE JAIME DUQUE-TOCANCIPÁ-CUNDINAMARCA**



Catherine Muñoz Mancipe Cód.: 20142032276

Paola Andrea Ochoa Hurtado Cód.: 20142032255

Trabajo de grado para optar al título de

Ingeniera en Topografía

DIRECTOR: Msc. Julio Bonilla Romero

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA EN TOPOGRFÍA
BOGOTA D.C.

2017

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad crear un escenario de aprendizaje y rescate de pensamiento Muisca enfocado en las geo-ciencias, particularmente en los movimientos aparentes del sol. Es por esto que el objetivo es realizar el diseño de un reloj de sol interactivo en el Parque Jaime Duque. Para lo anterior fue necesario realizar la topografía detallada de un sector del futuro Bioparque con el fin de establecer una posición adecuada del mismo, evaluando distintos factores que pudiesen influir en su funcionamiento.

Adicionalmente fue necesario realizar consultas sobre la cosmogonía y cosmovisión de la comunidad Muisca, ya que la temática del Bioparque es rescatar el pensamiento de esta cultura y crear un sentido de pertenencia por la misma. Es por esto que la atracción diseñada está fuertemente ligada con dicho pensamiento y es así como los fenómenos que hoy son explicados por la ciencia se relacionan con la interpretación dada por los Muiscas, creando un escenario que busca generar en quien lo visita un interés por las geociencias, la astronomía y el pensamiento ancestral, lo que hace que la ciencia sea más accesible siendo entendible de una manera sencilla y comprobable.

Por lo anterior la justificación del presente trabajo se basa en la aplicación de topografía y geodesia con el objetivo de crear escenarios que permitan el público en general interactuar, entender y aprender de una manera sencilla los movimientos aparentes del sol , su precisión, cambio y a su vez se genere interés en aprender sobre las ciencias de la Tierra.

La metodología empleada consistió en establecer el diseño más completo, para lo cual fue necesario plantear diferentes estructuras y realizar una elección que contemplara no solamente la parte teórica y técnica sino la parte cultural y arquitectónica de la misma, obteniendo como resultado el diseño de una atracción cuyo foco principal es un reloj de sol analematico, el cual en esencia es netamente interactivo, dando lugar a que los visitantes del Parque Jaime Duque creen un gran interés en el mismo y en todos los conceptos astronómicos y cosmogónicos que se generan alrededor de este.

PALABRAS CLAVES: Solsticios y Equinoccios, reloj Solar, topografía, astronomía, tiempo, cosmogonía y cosmovisión

TABLA DE CONTENIDO

PROLOGO	10
INTRODUCCIÓN.....	11
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	13
Planteamiento del problema	13
Identificación del problema:.....	13
Justificación	14
OBJETIVOS.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos específicos.....	15
1. MARCO DE REFERENCIA	16
1.2. Marco Geográfico.....	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Historia de los relojes solares	17
2.2. Antecedentes de observaciones solares en América.....	18
2.3. Influencia de la arqueología astronómica en el reloj solar	20
2.4. Movimientos aparentes del sol	21
2.5. Rotación de la Tierra.....	22
2.6. Reloj de sol	22

2.7.	Principales tipos de relojes solares	23
2.7.1.	Reloj de sol analematico.....	23
2.7.2.	Reloj de sol azimutal	24
2.7.3.	Reloj de sol cilíndrico.....	25
2.7.4.	Reloj de sol horizontal.....	26
2.7.5.	Reloj de sol vertical	27
2.7.6.	Reloj de sol ecuatorial	27
2.8.	Topografía aplicada al reloj de sol.....	28
2.8.1.	Posicionamiento con equipos GPS.....	28
3.	MARCO CONCEPTUAL	30
3.1.	Coordenadas geográficas	30
3.2.	Meridiano del lugar.....	30
3.3.	Zonas horarias	31
3.4.	Eclíptica	31
3.5.	Equinoccios.....	31
3.6.	Solsticios	32
3.7.	Tiempo solar verdadero	32
3.8.	Tiempo Solar Medio	33
3.9.	Cosmogonía	33
3.10.	Cosmología.....	34

3.11.	Trópicos.....	34
3.12.	Declinación.....	34
3.13.	Angulo horario	35
3.14.	Angulo acimutal	35
3.15.	Tiempo Legal	36
3.16.	Tiempo Universal.....	36
3.17.	Los husos horarios.....	36
3.18.	Corrección por longitud	37
3.19.	Ecuación del tiempo.....	37
4.	METODOLOGIA.....	38
4.1.	Objetivo específico uno	39
4.1.1.	Visitas a relojes de sol en Bogotá y municipios aledaños	39
4.1.2.	Levantamiento topográfico.....	45
4.2.	Objetivo específico dos.....	48
4.2.1.	Elaboración de propuestas	48
4.2.2.	Elección del lugar y coordenadas punto centro de la estructura.....	54
4.2.3.	Diseño de la estructura de reloj de sol Analematico	56
4.3.	Objetivo específico tres	61
4.3.1.	Temáticas a tratar en el primer nivel	62
4.3.2.	Lugares sagrados mostrados en la estructura	64

4.3.3. Materiales apropiados para su futura construcción.	65
RESULTADOS	67
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	68
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS	77

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización Parque Jaime Duque	16
Ilustración 2 Observatorio solar Muisca de Saquenzipá	19
Ilustración 3. Sciaterio analematico, Parque de las Ranas en Torreón, Coahuila, México ..	24
Ilustración 4. Reloj de sol, Chipiona, Cádiz, España	24
Ilustración 5. Reloj de sol cilíndrico, Limite entre las provincias de Burgos y Santander, Cantabria.....	25
Ilustración 6 Reloj de sol horizontal.....	26
Ilustración 7 Reloj de sol vertical	27
Ilustración 8. Reloj de sol ecuatorial Puerta de Vigo	28
Ilustración 9. Estructura metodológica.....	38
Ilustración 10 Propuesta 1 Reloj de Sol ecuatorial.....	48
Ilustración 11 Suelo reloj solar dia y noche	49
Ilustración 12 Modelo en sketchup Propuesta No 2	50
Ilustración 13 Propuesta de ventanas.....	51

Ilustración 14 Modelo en sketchup Propuesta No 3	52
Ilustración 15 Temática planteada	53
Ilustración 16 Reloj de sol Analematico	54
Ilustración 17 Localización del reloj a diseñar	55
Ilustración 18 Transformación de coordenadas del centro de la estructura	56
Ilustración 19 Configuración coordenadas punto centro de la estructura	57
Ilustración 20 Cuadrante diseñado	58
Ilustración 21 Delimitación horaria	59
Ilustración 22 Líneas de declinación	60
Ilustración 23 Modelación de sombra	60
Ilustración 24 Tributo al agua en la estructura	62
Ilustración 25 Relación mutual Muisca	62
Ilustración 26 Lugares escogidos a representar	64
Ilustración 27 Lugares con representación de cuadro en la estructura	64
Ilustración 28 Analema.....	68
Ilustración 29 Ecuación del tiempo	69
Ilustración 30 Efeméride	70
Ilustración 31 Circulo de azimuts.....	71
Ilustración 32 Cuadrante final diseñad	72

TABLA DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas vertice DUQ1.....	46
Tabla 2 Relación de equipos y elementos por comisión	46

TABLA DE FOTOS

Foto 1. Línea de tiempo Reloj de sol.....	41
Foto 2. Reloj de sol los nevados	41
Foto 3. Mapa Parque Mirador de los Nevados	41
Foto 4. Obelisco aparentemente de solsticios y equinoccios.....	41
Foto 5. Marcación Plazoleta del reloj.....	41
Foto 6. Pilastras sobre estructura del cuadrante	41
Foto 7. Mapa general jardín botánico Bogotá	42
Foto 8. Reloj de sol vertical.....	42
Foto 9. Reloj de sol Vertical media mitad de año con sol.....	43
Foto 10. Reloj de sol media mitad del año e sombra.....	43
Foto 11. Ecuación del tiempo en reloj solar	43
Foto 12. Inclinación reloj de sol	43
Foto 13 Reloj de sol Maloka.....	44
Foto 14 Marcación horaria	44
Foto 15 Estructura reloj de sol.....	44
Foto 16 Marcación horaria cada 15 minutos	44
Foto 17. Base	47
Foto 18. Vértice DUQ1	47
Foto 19. Levantamiento RTK.....	47
Foto 20. Toma puntos cercanos	47
Foto 21. Montañas creadas artificialmente.....	47
Foto 22. Levantamiento de zonas aledañas	47

PROLOGO

El presente trabajo se realiza teniendo en cuenta lo establecido por el Consejo Universitario, el cual define el trabajo de grado como requisito para optar por el título universitario. Este trabajo tuvo como objetivo el diseño de un reloj de sol interactivo en el Parque Jaime Duque, para lo cual se aplicaron diferentes conceptos de topografía, astronomía y geodesia.

Adicionalmente se realizaron gran cantidad de consultas en cuanto a la parte de cosmovisión y cosmogonía Muisca con la finalidad de incluirla dentro del diseño de la estructura y de esta manera ir acorde con la temática del Parque.

Por otra parte, cabe resaltar que se llevó a cabo un fuerte trabajo en oficina en lo concerniente a cálculos, elaboración del plano topográfico junto con propuestas preliminares y diseño de la estructura. Por lo anterior es contemplado dentro de la modalidad de investigación ya que brinda a la comunidad académica y a los visitantes del parque un amplio conocimiento sobre astronomía, geodesia y topografía aplicada a un escenario interactivo de aprendizaje cuyo foco principal es el reloj de sol

INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge de la necesidad de acercar al público en general a la astronomía y particularmente a la observación de los movimientos aparentes del sol, para este fin el reloj de sol es la mejor manera de crear un espacio interactivo donde los conceptos se evidencien con claridad generando un gran interés y aprendizaje en quien lo visita por indagar e interactuar más con las ciencias de la tierra, su medicación, precisión y funcionamiento; no dejando a un lado los conocimientos de las culturas, en este caso Muisca y la interacción de dichos estudios.

Partiendo de que en la ciudad y sus municipios aledaños existen actualmente seis relojes de sol localizados en el Jardín Botánico, Planetario Distrital de Bogotá, Maloka, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Parque Mirador de los Nevados y en el Parque de las Flores, municipio de Madrid los cuales son poco visitados por la comunidad y en general no son muy reconocidos, se plantea realizar un modelo llamativo el cual tiene como característica principal ser interactivo. Para esto es importante realizarlo en un lugar cuyo entorno enfatice en los conceptos que se quieren transmitir.

Con base a lo anterior se opta por realizar el diseño en el Parque Jaime Duque localizado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, puesto que este parque tiene proyectado realizar una ampliación del mismo denominada Bioparque , en el cual la temática central es la cultura Muisca. Por lo anterior este lugar brinda un escenario idóneo por su entorno temático y cuenta con un área disponible que presenta las características necesarias para su realización, esto es

muy importante en la elección del lugar ya que para su localización se hace necesario tener en cuenta que la zona cuente con un horizonte despejado y a su vez una topografía plana de tal manera que la estructura pueda ser orientada proporcionando una información del tiempo confiable.

Luego de establecida la ubicación topográfica del diseño se plantean las posibles estructuras solares a diseñar teniendo en cuenta la latitud del lugar, la información que se desea brinde al público y su nivel de interactividad con el mismo, lo anterior sin dejar de un lado la parte arquitectónica ya que el hecho de encontrarse en un parque implica que sea bastante atractivo para sus visitantes.

La elaboración de las propuestas fue un proceso largo el cual busco como objetivo principal llegar a una estructura que brindara un escenario completo, es decir que no solo contemplara la parte técnica y conceptual, sino que también abarcara el ámbito cultural sin dejar de lado la interacción con el público.

Por lo anterior fue necesario consultar diferentes fuentes y medios con el fin de visualizar una estructura arquitectónicamente llamativa que tuviera implícita todos los conceptos que se querían trabajar.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Planteamiento del problema

El problema que da origen al presente proyecto consiste en la falta de interés de la comunidad por la astronomía, especialmente en la observación de eventos, tales como ciclos lunares, movimientos aparentes del sol (solsticios y equinoccios) y demás que suceden diariamente pasando desapercibidos. Por lo anterior el presente trabajo se enfoca en evidenciar los movimientos aparentes del sol mediante escenarios interactivos en los que la comunidad en general, es decir de niños a adultos, se interesen por entender dichos movimientos y como se observan desde la Tierra.

Identificación del problema:

¿Cómo aportar desde el rol de ingeniero topográfico a la creación de escenarios interactivos donde la comunidad comprenda conceptos básicos de astronomía?

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto es realizado con base en la necesidad de crear espacios interactivos en donde la comunidad se interese por el estudio de las geociencias, haciendo énfasis principalmente en los movimientos aparentes del sol.

Adicionalmente este proyecto cuenta con un alto aporte cultural ya que por la temática del parque y la proyección del mismo, el diseño de la estructura está enfocado a recalcar la cosmovisión de los Muisca, lo que da un valor adicional bastante interesante, ya que quienes visiten el lugar además de entender como suceden los movimientos aparentes del sol y como los observamos desde la tierra encontrarán toda la visión del pueblo Muisca respecto a los astros y como estos influyeron en su manera de ver el mundo y sus comportamientos cotidianos, específicamente en la medición del tiempo y en el establecimiento de ciclos calendáricos.

Por lo anterior se plantea realizar el diseño de un espacio que además de tener como punto central de atracción el reloj de sol, también conste de un escenario donde se expliquen conceptos básicos de astronomía y topografía para entender su funcionamiento, tratándolo conjuntamente con toda la cosmogonía Muisca que rodea el gran astro, esto con el objetivo generar en quienes visiten el lugar una reflexión donde se analicen los cambios que se han tenido en la concepción del mundo entre las culturas ancestrales y las visiones actuales.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar la estructura de un reloj de Sol interactivo en el Parque Jaime Duque localizado en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar el levantamiento topográfico y georreferenciación de la zona, para la ubicación del reloj solar amarrada al Sistema MAGNA-SIRGAS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi(IGAC).
- ✓ Diseñar la estructura de un reloj de sol analemático interactivo que nos proporcione una información precisa del tiempo e indique el paso del sol por el cenit.
- ✓ Plasmar en la arquitectura de la estructura diseñada la cosmogonía y pensamiento Muisca de tal manera que sea acorde a la temática del parque.

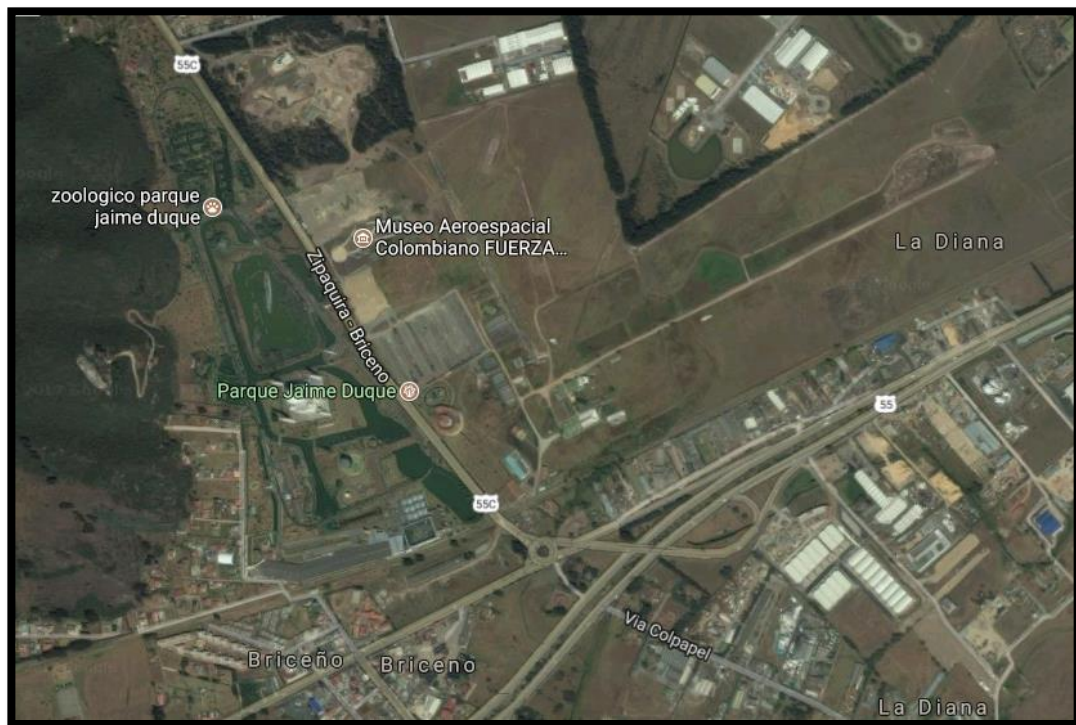
1. MARCO DE REFERENCIA

1.2. Marco Geográfico

La zona donde se realiza el DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN RELOJ DE SOL EN EL PARQUE JAIME DUQUE se encuentra localizada en el municipio de Tocancipá, Departamento de Cundinamarca, Colombia.

El acceso principal del Parque se encuentra sobre la vía que conduce de Briceño a Zipaquirá.

Ilustración 1 Localización Parque Jaime Duque



Fuente: Google Maps 2017

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Historia de los relojes solares

Las consideraciones generales que se tienen en cuanto al pasado de los relojes solares no son muy precisas, ya que no se puede decir plenamente en cuales culturas inicia la implementación de dichas observaciones para la medición del día. En la mayoría de las culturas primitivas se ve el interés por la medición del tiempo y a su vez el empleo de este en sus tareas cotidianas, por esto se pueden encontrar artefactos primitivos que interactúan con las observaciones diarias del movimiento del sol, viéndose reflejado el comportamiento del astro tanto a lo largo del día como a lo largo de las temporadas, que hoy se podrían denominar años.

En los antecedentes de dichos artefactos, se precisa resaltar que en el sector hoy conocido como el antiguo continente, existieron varias culturas observadoras del sol, las cuales se situaban en distintos territorios; entre los primeros que se les otorga los hallazgos históricos están los egipcios, quienes en el siglo XV antes de cristo construían estructuras con formas de obeliscos, en los cuales a través de la altura del sol los dejaba conocer el paso del tiempo;

En el siglo XV a. C los griegos crearon artefactos solares en los cuales utilizaban las horas babilónicas para su medición. Seguidamente los romanos construyeron dos siglos después relojes más elaborados, así como a su vez construyeron otros tipos de estructuras para los estudios solares entre los que se encuentra el instrumento denominado “Scaphe” el cual tiene una forma esférica la cual esta cavada sobre piedra y tiene como objeto representar la bóveda celeste.

En adelante se encuentran otras culturas con distintos tipos de relojes solares, entre ellas las remitidas a los árabes, más adelante Francia, Italia. Pero es solo hasta el siglo XVII cuando las documentaciones y estudios basados en observaciones solares son abaladas y los principios de los instrumentos solares son contados para la astronomía como implementos de precisión accesibles a cualquier persona.

2.2. Antecedentes de observaciones solares en América

En América una de las estructuras más antiguas utilizadas para las observaciones solares, es conocida como Chanquillo. El observatorio está conformado por trece torres alineadas de norte a sur. Los expertos, entre los cuales se encuentran Iván Ghezzi, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, y Clive Ruggles, de la Universidad de Leicester, Reino Unido, explican que las trece torres servían para señalar con bastante precisión los solsticios y equinoccios, y en general para marcar el movimiento cíclico del sol a través del año, indicando el avanzado conocimiento de la astronomía, con fines prácticos y rituales de los antiguos peruanos. (Arqueología del Peru, 2017)

Remitiendo la atención a Colombia, se encuentran como tal varios lugares que incluyen observaciones solares, entre las más destacadas están, las ruinas de Moniquira, mal llamadas El Infiernito. Estas se localizan a 5 km de Villa de Leyva, este observatorio astronómico pre Muisca está formado por innumerables piedras verticales alineadas de Este a Oeste. Hacia el sur se encuentran fragmentos de alineaciones dispuestas según los puntos cardinales.

El diseño en general, según los especialistas, muestra el avance astronómico que llevaban los ancestros Muisca a la llegada de los conquistadores. Estos fueron, según la historia, quienes designaron el lugar como “infiernito” debido básicamente a la forma de falo en erección con que fueron talladas las rocas rectangulares de este campo sagrado. Como se observa en la Ilustración 2 este observatorio cuenta con una hilera de falos los cuales marcan el recorrido del sol sobre el horizonte desde su salida en la mañana hasta ocultarse en el atardecer.

Ilustración 2 Observatorio solar Muisca de Saquenzipá



Fuente: Recuperado de <http://parquemoniquiraelinfiernito.blogspot.com.co/>

2.3. Influencia de la arqueología astronómica en el reloj solar

En el mundo es frecuente encontrar vestigios materiales con los cuales gracias a la arqueología se trata de comprender como fueron las comunidades ancestrales, como veían el mundo, sus intereses etc.

Estos rasgos lograron una relación frecuente con los fenómenos astronómicos. Es entonces cuando la arqueología se asocia a ciencias como la geografía y la astronomía dando lugar a la disciplina que trabaja con los conocimientos astronómicos de estos pueblos. (Universidad Nacional de Colombia, 2017). Este conocimiento está bastante involucrado con uno de los primeros inventos de gran avance astronómico, los relojes solares, los cuales fueron destacados por distintos pueblos en varios países del mundo, con distintas técnicas utilizadas por ellos con el afán de medir el tiempo y ofrecer unas fracciones determinadas y sucesos calendáricos.

El análisis eventual de la lectura geográfica en el área de los conocimientos tenidos por antepasados puede llevar a un gran acercamiento este tipo de enlaces del proyecto.

Una indicación de esto ocurre como lo menciona el libro astronomía del observatorio astronómico de Bogotá en 1986 , cuando ‘Pedro Juan Jaramillo profesor de arquitectura de la Universidad Nacional, trabajando con estudiantes en la estructuración del espacio e la sabana de Bogotá, descubre que si el solsticio junio- diciembre se ubica por entre el cañón que forman los cerros capitalinos Monserrate y Guadalupe se extiende hasta el sur de la sabana, llega a pasar por las inmediaciones de la población de Sibate, lo que recuerda a Jaramillo la leyenda, la cual decir un rayo de sol, que filtra por entre los cerros de Monserrate

y Guadalupe marca el punto de entrada al dorado' (Astromia, 2017). Esto hace que relacione el tema de tradición oral con los conocimientos geomántico-astronómicos Muiscas.

2.4.Movimientos aparentes del sol

Los conceptos que llevan hablar de términos de movimientos aparentes del sol, aparecen en la historia cuando investigadores en el área astronómica, observaron la distancia de separación cuando la tierra presentaba temperaturas altas y bajas y esto interactuando con la cercanía del sol a la tierra para dichas fechas.

El académico del Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile, René Méndez, explica que “el ecuador terrestre está inclinado en 23.5 grados con respecto al plano de su órbita en torno al Sol. Esta inclinación del eje terrestre, hace que el Sol durante el año ilumine directamente regiones entre los trópicos de Capricornio (latitud -23.5) y de Cáncer (latitud +23.5), causando las estaciones del año. Cuando el Sol está al norte del Ecuador, los rayos solares llegan con más intensidad en el Hemisferio Norte, siendo primavera o verano en el hemisferio norte y otoño o invierno en el hemisferio sur.

Durante los equinoccios el Sol se encuentra directamente sobre el Ecuador terrestre, iluminando por parejo ambos hemisferios, y con igual duración entre día y noche en toda la Tierra. Los equinoccios no siempre son en la misma fecha debido a que la Tierra no completa su órbita en poco más de 365 días. Luego cada año el calendario oficial se adelanta algo menos de un cuarto de día con respecto al año solar (astronómico). Este desfase se corrige agregando un día adicional al calendario civil en años bisiestos, y por eso que la fecha de los

equinoccios y los solsticios varían en uno o dos días entre distintos años”. ; de esta manera se pudo determinar que la temperatura de la tierra no es dada por la distancia al Sol sino por el Angulo con que los rayos de sol inciden en la tierra. (Universidad de Chile, 2017)

La razón por la cual los rayos solares no llegan directamente a la Tierra se debe a la inclinación de la misma ya que su eje de rotación presenta una inclinación de $23^{\circ}27'$ por esto cuando la Tierra se encuentra en su perihelio el hemisferio norte se encuentra muy inclinado hacia atrás respecto al Sol y sus rayos pasan rasantes es decir que llegan con muy poca intensidad produciéndose el invierno, pero en cambio el hemisferio sur en ese momento se encuentra en su afelio y por esto los rayos solares inciden frontalmente y se produce el verano.

2.5.Rotación de la Tierra

La rotación de la Tierra consiste en el giro que esta realiza sobre su propio eje el cual tomando como punto de vista el Polo Norte es en sentido anti horario. Por lo anterior y teniendo en cuenta la esfericidad de la Tierra se sobreentiende que todos los lugares en ella a excepción de los polos contaron con unas horas de luz y otras de oscuridad, lo que influye en un sinnúmero de factores de la vida cotidiana.

2.6.Reloj de sol

Un reloj de sol es un instrumento que utiliza la sombra proyectada por el sol para indicar la hora local de un lugar sobre una superficie que cuenta con una escala graduada. Generalmente e independiente del tipo de reloj que sea, consta de un gnomon (estilo que proyecta la sombra) y de un cuadrante.

La clasificación de los relojes de sol está dada por la orientación de su cuadrante y su geometría, cabe resaltar que diferentes tipos han surgido en base a la necesidad de adaptar la estructura a la latitud del lugar. A continuación, se presentan los tipos de relojes mas conocidos.

2.7.Principales tipos de relojes solares

Con el paso de la historia se han creado distintos tipos de relojes solares, distintos para cada tipo de latitud y para cada tipo de uso y tamaño, aunque hay numerables tipos de relojes solares, existe un grupo de estos que son la base para la combinación de estos y la creación de nuevos relojes.

2.7.1. Reloj de sol analematico

Se llama así al reloj de sol cuyo gnomon tiene que ser desplazado a lo largo del año según la declinación solar. Una variante consiste en desplazar la elipse que contiene las horas en lugar de desplazar el gnomon. En el primer caso se hablaría de un reloj analematico de gnomon móvil y en el segundo de gnomon fijo (C.R.A. DE TEO, 2017). En la Ilustración 3 se evidencia un ejemplo de un reloj de sol analematico ubicado en Torreón, México con una latitud aproximada de $25^{\circ}32'36''N$ y longitud de $103^{\circ}24'12''W$.

Ilustración 3. Sciaterio analematico, Parque de las Ranas en Torreón, Coahuila, México

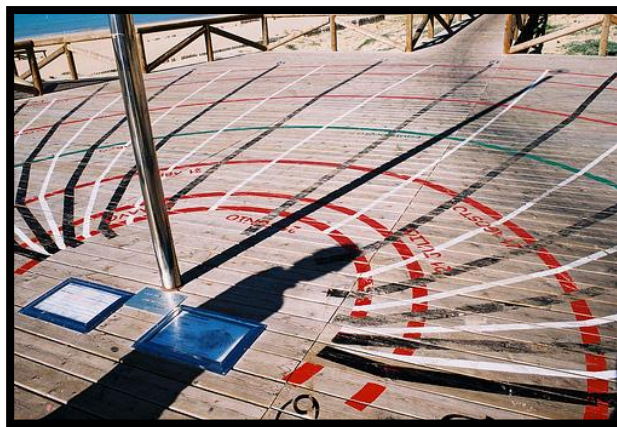


Fuente: Recuperado de <http://www.fransmaes.nl/torreon/>

2.7.2. Reloj de sol azimutal

Es un reloj horizontal cuya hora se lee por medio de la sombra proyectada por un gnomon vertical sobre un trazado de líneas que indican el azimut del sol para cada hora de cada día. En la Ilustración 4 se evidencia un ejemplo de reloj acimutal ubicado en Cádiz, España con unas coordenadas aproximadas de latitud $36^{\circ}31'38''$ N y longitud $6^{\circ}17'19''$ W.

Ilustración 4. Reloj de sol, Chipiona, Cádiz, España

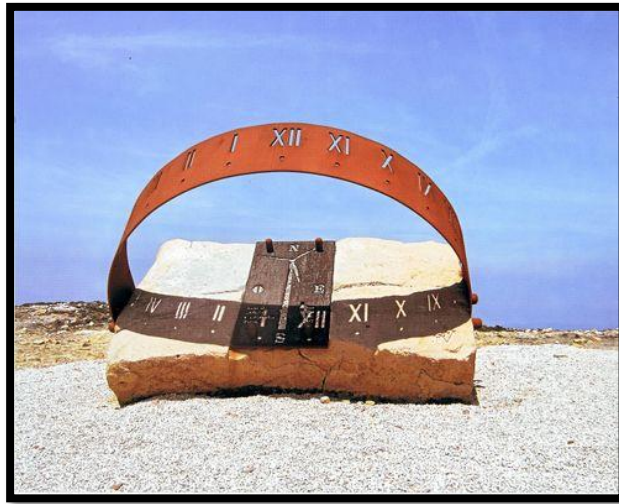


Fuente: Recuperado de <http://www.flickrriver.com/photos/tags/azimutal/interesting/>

2.7.3. Reloj de sol cilíndrico

Reloj en el cual el trazado de las horas se ha realizado sobre una superficie cilíndrica como el que se muestra en la Ilustración 5, el cual se encuentra ubicado en la Provincia de Burgos, Cantabria España con unas coordenadas aproximadas de latitud $42^{\circ}30'18''N$ y longitud $3^{\circ}34'55''W$.

Ilustración 5. Reloj de sol cilíndrico, Limite entre las provincias de Burgos y Santander, Cantabria



Fuente: Recuperado de <http://teoriadeconstruccion.net/blog/reloj-solar-cilindrico/>

Adicional a esto se clasifican según la posición del cilindro en:

- Cilíndrico paralelo al eje de la tierra: En este caso las líneas horarias serán rectas paralelas y pueden estar inscritas en el interior del cilindro en cuyo caso el gnomon estará formado por el mismo eje del cilindro. O pueden las líneas horarias estar

dibujadas en el exterior cuya hora estará indicada por la misma línea de sombra del propio cilindro

- Cilíndrico vertical: Se trata de un cilindro vertical orientado, con el gnomon paralelo al eje de la tierra como en cualquier otro reloj vertical. En este caso las líneas horarias están formadas por elipses.

2.7.4. Reloj de sol horizontal

Un reloj horizontal es aquel reloj solar que tiene su plano paralelo al horizonte del lugar. Es este reloj solar, de todas las disposiciones posibles, el que mayor número de horas se encuentra expuesto al sol y por lo tanto el que más horas solares proporciona. (Waugh, 1990).

Ilustración 6 Reloj de sol horizontal



Fuente: Recuperado de <http://relojesdesol.wordpress.com/>

2.7.5. Reloj de sol vertical

Este tipo de reloj es aquel cuyo plano del reloj es perpendicular al horizonte del lugar (Ver Ilustración 7). Puede ser orientado (a los cuatro puntos cardinales), o declinante. En los casos en los que están perfectamente orientados al Este o al Oeste, se llaman laterales o meridianos. (C.R.A. DE TEO, 2017)

Ilustración 7 Reloj de sol vertical

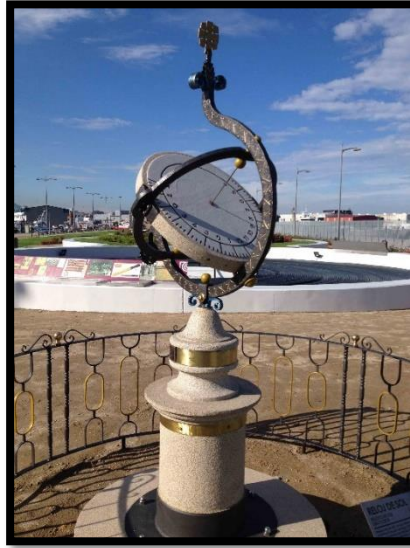


Fuente: Recuperado de <http://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-un-reloj-de-sol-horizontal-image10970550>

2.7.6. Reloj de sol ecuatorial

Este tipo de reloj de sol que tiene su superficie inclinada (Ver Ilustración 8). El reloj posee su métrica horaria incluida en el plano del ecuador esto simplifica en gran medida su construcción debido a que la sombra se realiza en coordenadas ecuatoriales. (Waugh, 1990).

Ilustración 8. Reloj de sol ecuatorial Puerta de Vigo



Fuente: Recuperado de <http://www.astrovigo.es/2014/01/reloj-de-sol-ecuatorial-puerto-de-vigo.html>

2.8. Topografía aplicada al reloj de sol

Para el diseño de la estructura del reloj de sol se hace necesario realizar diferentes actividades de topografía, las cuales serán explicadas teóricamente a continuación:

2.8.1. Posicionamiento con equipos GPS

Método estático

El equipo GPS o receptor remoto se estaciona por un determinado tiempo en el vértice a georreferenciar, cabe resaltar que el tiempo depende del vector existente del punto a georreferenciar y la base a partir de la cual se realizara el traslado de coordenadas, durante este tiempo realiza mediciones de distancia a los satélites calculando a su vez posiciones que van siendo almacenadas en la memoria interna del equipo. Al finalizar el rastreo son descargados los datos para realizar el respectivo pos proceso de la información y mediante

alguno de los métodos de corrección diferencial determinar con precisión las coordenadas del punto.

Modo móvil

La técnica de posicionamiento RTK (Real Time Kinematic) se basa en la solución de de señales transmitidas por los sistemas globales de navegación por satélites GPS, Glonass y Galileo. Una estación de referencia provee correcciones instantáneas para estaciones móviles, lo que hace que con la precisión obtenida se llegue al nivel centimétrico. En el modo móvil, el receptor remoto está en movimiento, calculando y almacenando distancias y/o posiciones en su memoria interna.

Se debe realizar un pos proceso en el cual se aplican unas correcciones diferenciales para obtener cada posición instantánea corregida, ya que las coordenadas de la trayectoria del receptor remoto son la solución final.

Estas dos alternativas también pueden aplicarse en tiempo real, contando con el equipamiento adecuado.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1.Coordenadas geográficas

Es un sistema basado en líneas imaginarias curvas las cuales crean una cuadrícula, donde las líneas horizontales corresponden a los paralelos y las verticales a los meridianos, latitud y longitud respectivamente. Este sistema ha sido establecido con la finalidad de determinar fácilmente la posición geo matemática de cualquier punto en un mapa (ECURED, 2017).

Dentro de esta red existen dos paralelos que toman gran importancia por marcar el ritmo de las estaciones estos corresponden a los denominados trópico de cáncer y trópico de capricornio, localizados a $23^{\circ}27'$ latitud norte y $23^{\circ}27'$ latitud sur a partir de la línea del ecuador o paralelo 0.

3.2.Meridiano del lugar

“Es la línea definida en la esfera celeste, por un plano que corta esta esfera perpendicularmente al plano del ecuador” (GEOMENSURA, 2017) cabe resaltar que al proyectar el meridiano local sobre el plano del horizonte.

3.3.Zonas horarias

Las denominadas zonas horarias o husos horarios corresponden a líneas imaginarias trazadas cada 15° las cuales dividen la Tierra en 24 partes iguales, cada una de estas partes corresponde a una hora. Por lo anterior para conocer la hora en cualquier ciudad del mundo se toma como meridiano de referencia el meridiano 0 o Greenwich a partir del cual se suma una hora por cada huso horario recorrido hacia el oriente y se resta una hora por cada huso horario recorrido al occidente (CLASES HISTORIA , 2017).

3.4.Eclíptica

Es la figura geométrica formada por los puntos ocupados por el sol en su trayectoria, este plano forma un ángulo de $23^\circ 27'$ con el plano del ecuador (GEOMENSURA, 2017).

3.5.Equinoccios

Los equinoccios corresponden a los dos días del año en que la duración del día y la noche son completamente iguales, esto ocurre debido a que el Sol se encuentra ubicado en el plano del Ecuador en donde alcanza el cenit, por lo anterior el paralelo de declinación del Sol y el ecuador Celeste coinciden y es en ese momento cuando los dos polos de la Tierra se encuentran a igual distancia del Sol razón por la que la luz solar cae con la misma intensidad en ambos hemisferios.

La línea equinoccial esta definida por la intersección del plano del ecuador con el plano de la eclíptica cuyos extremos son el punto vernal y el punto libra correspondientes a los equinoccios de primavera y otoño (GEOMENSURA, 2017).

3.6.Solsticios

La palabra solsticio significa sol quieto, razón por la cual se le da este nombre a los días en que el solo parece salir y ocultarse siempre por el mismo punto en el horizonte

Se le denomina de esta manera a los momentos en los que el sol alcanza su máxima posición meridional es decir que alcanza sus máximas declinaciones, esto se presenta dos veces al año: una máxima declinación de $23^{\circ}27'$ sur coincidiendo con el trópico de capricornio para el solsticio de invierno y una máxima declinación de $23^{\circ}27'$ norte coincidiendo con el trópico de cáncer para el solsticio de verano, los anteriores eventos ocurren entre el 20 o 21 de junio y el 21 o 22 de diciembre respectivamente. Adicionalmente cabe resaltar que estos días tienen como característica principal la duración más larga del día en todo el año (Jerez, 2017).

3.7.Tiempo solar verdadero

El tiempo solar verdadero está basado en la velocidad rotacional aparente de la Tierra respecto al Sol ya que debido a esto el tiempo solar no es uniforme, esto se produce por que la velocidad angular no es constante. Adicionalmente el día solar está definido por dos pasos

sucesivos del sol sobre el meridiano del lugar lo que lo hace local ya que este dependerá directamente del lugar donde esté ubicado el observador.

Por otra parte, la duración de un día solar puede variar por dos razones: inclinación entre el ecuador celeste y la eclíptica y la excentricidad de la órbita terrestre, dichas variaciones pueden ser considerables.

3.8. Tiempo Solar Medio

Como se explicó anteriormente el día solar presenta diferencias considerables razón por la cual fue necesario determinar un tiempo solar medio o ficticio en el cual se asume una velocidad constante en la que la duración del día corresponde a la presentada en un equinoccio, por esto se hace necesario realizar un ajuste entre el tiempo solar verdadero y el tiempo solar medio. Cabe resaltar que el mencionado ajuste se realiza teniendo en cuenta la fecha del año.

3.9. Cosmogonía

La cosmogonía es una rama de la astronomía que busca explicar desde un punto de vista ya sea científico, filosófico o religioso la creación del mundo, de la vida y de todo lo existente. Desde los comienzos de la historia los seres humanos han intentado dar explicación a los

fenómenos naturales dando origen a mitos, religiones y creencias que influyeron en sus comportamientos (Astromia, 2017).

3.10. Cosmología

La cosmología corresponde al estudio científico del Universo en su totalidad con el objetivo de explicar su origen e intentar determinar cómo ha sido su evolución y como podría llegar a ser su fin (TODO EL SISTEMA SOLAR, 2017).

3.11. Trópicos

Son los paralelos situados a $23^{\circ} 27'$ al Norte y $23^{\circ} 27'$ al Sur respecto al Ecuador, donde los rayos del sol inciden perpendicularmente al mediodía al menos un día al año. Trópico de Cáncer ($23^{\circ} 27'$ Norte); Trópico de Capricornio ($23^{\circ} 27'$ Sur). La zona localizada entre ambos trópicos se denomina ZIT (Zona Intertropical) (Montesinos, s.f.)

3.12. Declinación

El campo magnético crea las corrientes eléctricas que se producen en su núcleo de hierro y níquel líquido, haciendo que la tierra actúe como un gigantesco imán con dos polos magnéticos; el polo norte y el polo sur.

La posición de los polos magnéticos no coincide exactamente con los polos geográficos, aunque sí se sitúan muy próximos a ellos y no mantienen una posición fija, variando su posición a lo largo de los años.

3.13. Angulo horario

El ángulo entre el círculo de declinación de un astro y el meridiano de una posición contando a lo largo del ecuador de 0 a 360°, o de 0 a 24 horas en la dirección del movimiento diario. El ángulo horario de un astro es igual a la hora sidérea instantánea menos la ascensión recta del astro; por tanto, la hora sidérea en el meridiano es igual a la ascensión recta del astro, que culmina en ese momento. (astronomia.com, s.f.)

3.14. Angulo acimutal

En el origen de coordenadas (situación del observador), el ángulo acimutal, Ψ , mide cuánto de desplazado está el sol respecto al Sur. Al mediodía, este ángulo es, por tanto, cero (el sol está en el Sur). (Sol tierra)

3.15. Tiempo Legal

Los gobiernos de los países pueden legalmente alterar los límites de los husos horarios y la hora del país. Por ejemplo, Galicia se incluye en el huso 0 para que toda España tenga la misma hora (Canarias no se incluye). En otoño y en invierno se adelanta la hora del reloj 1 hora a la oficial, y en primavera y en verano se adelantan 2 horas (incluida Canarias). (Portal ciencia).

3.16. Tiempo Universal

En particular se llama Tiempo Universal (T.U.) a la hora civil de Greenwich, que es el Tiempo Oficial del huso 0. (Portal ciencia)

3.17. Los husos horarios

Es cada una de las 24 partes en que se divide la Tierra por medio de meridianos, comenzando en el meridiano de Greenwich, y que sirve para determinar la hora en los días. El mediodía está marcado por el paso del Sol por el meridiano de un determinado punto. Así, en el preciso instante en que es mediodía en un lugar, el Sol habrá pasado ya por todos los puntos situados en Oriente, y deberá pasar todavía por todos los situados en Occidente. (Astronomía y geografía)

3.18. Corrección por longitud

El tiempo medio del reloj de Sol, marca una hora válida únicamente para el lugar en el que nos encontramos. No obstante, el tiempo legal (el que nos muestra el reloj) viene dado por el que marca la zona horaria. Se puede pasar entonces desde el tiempo real, hasta el legal, ajustando la corrección en longitud, que es la diferencia en grados, entre el meridiano local, y el horario. (Shadows, 2001)

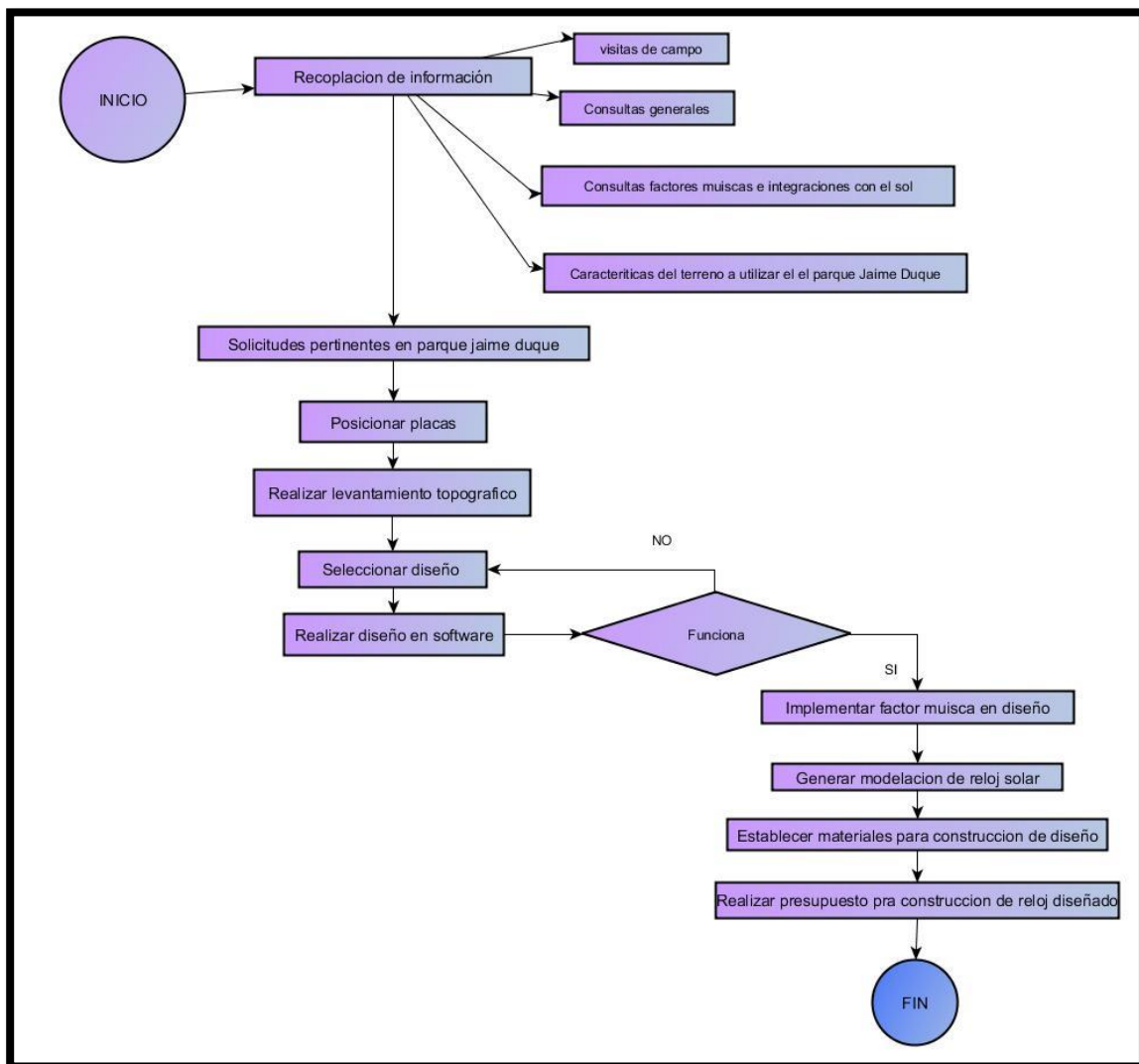
3.19. Ecuación del tiempo

Para poder saber la hora con cierta precisión, hay que tener presente la llamada “ecuación del tiempo”, que se origina por los adelantos o retrasos en el paso diario del Sol por el meridiano del lugar, debido a que al ser la órbita de la Tierra una elipse, tiene (como si fuera un cometa), más velocidad cuando está más cerca del Sol, que cuando está más lejos. La corrección a efectuar por culpa de esta variación de velocidad, puede ser hasta de 16 minutos de retraso o de adelanto. (Shadows, 2001)

4. METODOLOGIA

En este capítulo se describe el procedimiento llevado a cabo durante el desarrollo del trabajo de grado para cumplir los objetivos propuestos. En la Ilustración 9 se muestra la estructura metodológica en la que se basó el desarrollo de las actividades.

Ilustración 9. Estructura metodológica



Fuente: Elaboración propia

4.1.Objetivo específico uno

- ✓ Realizar la topografía detallada de la zona para la ubicación del reloj solar amarrada al Sistema MAGNA-SIRGAS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi(IGAC).

La primera actividad realizada con el fin de cumplir este objetivo consistió en definir el sitio donde se localizaría la estructura, para esto fue necesario tramitar los permisos pertinentes con el Parque Jaime Duque con el fin de definir si el proyecto era o no de interés para el mismo. Para lo anterior se realizó una reunión con el director del trabajo de grado y dos ingenieros del parque encargados de las atracciones a incluir en el futuro Bioparque, en dicha reunión se planteó el proyecto y en vista del interés por parte de los funcionarios del parque se acordó realizar una próxima reunión donde se plantearían las posibles propuestas.

Con miras a que fuese aprobado el proyecto se realizaron las visitas correspondientes a los relojes de sol localizados en Bogotá y municipios aledaños con el fin de definir lo positivo y lo negativo de cada uno de ellos y de esta manera tomar dicha información como referencia para el diseño de la propuesta planteada para el reloj del parque.

4.1.1. Visitas a relojes de sol en Bogotá y municipios aledaños

A continuación, se describen las visitas realizadas, junto con las características observadas en cada una de ellas.

Reloj de sol Parque Mirador de los Nevados

El parque de los nevados está localizado en el norte de la ciudad de Bogotá en la localidad de suba, dicho parque actualmente está bajo la dirección d la secretaria de medio ambiente, el Parque Mirador de los Nevados cuenta con un área aproximada de 6 hectáreas, en las cuales hay varias estructuras relacionadas a temáticas Muiscas, entre ellas el reloj solar aparentemente ecuatorial en cual posee varias pilastras, un cuadrante circular, y una elevación en la amplitud de terreno, como se evidencia en las fotografías mostradas a continuación en día de su vista.

El espacio en donde se ubica el parque anteriormente fue un cementerio Muisca, después funcionó una antigua cantera, luego se creó una escombrera y ahora es suelo de recuperación en el que hay plantación de árboles, de cobertura y se realizan trabajos de eliminación de especies invasoras.

En la Foto 1 se puede observar la línea del tiempo, de los cambios realizados al territorio que hoy ocupa el parque el reloj de este.

A continuación se presenta el registro fotográfico de la visita de campo realizada:

RELOJ DE SOL PARQUE MIRADOR DE LOS NEVADOS



Foto 1. Línea de tiempo Reloj de sol



Foto 2. Reloj de sol los nevados



Foto 3. Mapa Parque Mirador de los Nevados



Foto 4. Obelisco aparentemente de solsticios y equinoccios



Foto 5. Marcación Plazoleta del reloj



Foto 6. Pilastras sobre estructura del cuadrante

Reloj de sol Jardín Botánico de Bogotá

El reloj de sol del jardín botánico de Bogotá, es un reloj de sol de tipo vertical el cual tiene una pequeña inclinación en su estructura la cual a simple vista asimilaría la latitud del lugar la cual estaría cerca a los $4^{\circ}35'56''57$ a su vez tiene un gnomon vertical en forma triangular permite conocer la hora del día, y con la ecuación del tiempo mostrada en la misma se tiene el margen de error para el día en que se visite en reloj.

RELOJ DE SOL JARDIN BOTANICO DE BOGOTÁ



Foto 7. Mapa general jardín botánico Bogotá



Foto 8. Reloj de sol vertical

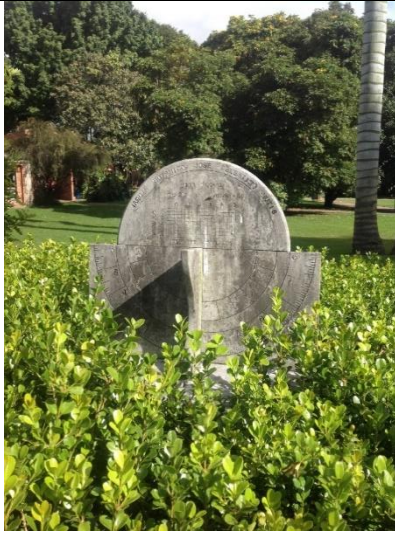


Foto 9. Reloj de sol Vertical media mitad de año con sol



Foto 10. Reloj de sol media mitad del año e sombra



Foto 11. Ecuación del tiempo en reloj solar



Foto 12. Inclinación reloj de sol

Reloj de sol de Maloka

El reloj de sol de Maloka, es un reloj de sol de tipo armilar el cual cuenta con una base semi-ovalada que contiene una regleta con la fijación de las horas en ella, y adicional a esto tiene una sección transversal que atraviesa el reloj con una varilla, y esta es la encargada de dar la sombra que se proyecta en la regleta.

RELOJ DE SOL MALOKA



Foto 13 Reloj de sol Maloka



Foto 14 Marcación horaria



Foto 15 Estructura reloj de sol



Foto 16 Marcación horaria cada 15 minutos

El día 24 de agosto se realizó una segunda reunión con los ingenieros encargados del Bioparque, esta tuvo como objetivo evidenciar los avances investigativos del proyecto y solicitar autorización para realizar las labores de topografía en la zona de estudio, cabe resaltar que con base en las propuestas presentadas se solicitó por favor nos indicaran una zona con un área aproximada de 30m² con el fin de evaluar la ubicación del mismo y la ubicación de obstáculos que puedan interferir en el funcionamiento del reloj.

4.1.2. Levantamiento topográfico

Luego de definir un área aproximada para el diseño de la estructura se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio, esta fue indicada por los ingenieros encargados del parque teniendo en cuenta la distribución de las atracciones proyectadas en el mismo. Es importante destacar que para la elección del lugar se consideró que no existieran o estuvieran proyectadas atracciones de altura mayor que de alguna manera llegaran a influir en el cuadrante del reloj de sol.

Para la georreferenciación del proyecto se tomó como vértice de amarre el punto DUQ1 localizado dentro del parque en el sector donde se encuentra ubicado el museo aeroespacial con las coordenadas que se presentan en la Tabla 1, cabe resaltar que las coordenadas de dicho vértice fueron suministradas por el Parque y se encuentran amarradas al sistema MAGNA SIRGAS del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Adicionalmente es importante mencionar que se tomaron dichas coordenadas ya que de estos vértices se han realizado las obras de ampliación del parque como es el caso del museo aeroespacial.

Tabla 1 Coordenadas vertice DUQ1

VERTICE	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS PLANAS DE GAUSS ORIGEN CENTRAL		ELEVACION
	LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	
DUQ1	4°56'57,20801"	73°57'43,86927"	1039039.202	1012790.050	2563.908

Se realizó el levantamiento topográfico capturando 524 puntos empleando dos antenas GPS RTK HI TARGET V30. Los archivos crudos del levantamiento se presentan en el Anexo 1. Se tomaron detalles tales como, vía, canal, puntos de nivel entre otros puntos claves para la presentación de este proyecto como se evidencia en el listado de coordenadas presentado en el Anexo 3. Con la información recopilada y procesada, se procede a generar el plano topográfico con curvas de nivel cada 0.50m (ver Anexo 4).

El equipo GPS que se empleó para el levantamiento cuenta con 220 canales que trabaja con constelaciones GPS, GLONASS, SBAS y BEIDOU, que cuenta con radio de comunicación interno y externo que permite el envío de información desde la BASE hasta el ROVER y de esta forma se conocen en tiempo real las coordenadas (E, N, Z), con precisiones de 2.5mm+1ppm en la horizontal y 5mm+1ppm en la vertical, en el Anexo 2, se presenta las especificaciones del equipo El equipo y los recursos utilizados por la comisión para realizar el levantamiento topográfico son los que se relacionan en la Tabla 2.

Tabla 2 Relación de equipos y elementos por comisión

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
GPS Hi Target V30	2
Topógrafo	2
Cadenero primero	1
Vehiculo	1



Foto 17. Base



Foto 18. Vértice DUQI



Foto 19. Levantamiento RTK



Foto 20. Toma puntos cercanos



Foto 21. Montañas creadas artificialmente



Foto 22. Levantamiento de zonas aledañas

4.2. Objetivo específico dos

- ✓ Diseñar la estructura de un reloj de sol interactivo que nos proporcione una información precisa del tiempo e indique el paso del sol por el cenit.

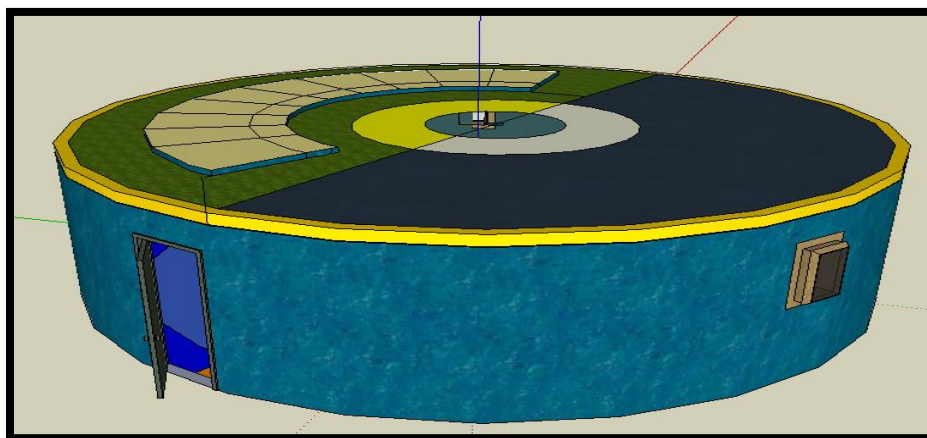
4.2.1. Elaboración de propuestas

En esta fase del trabajo se realizaron tres propuestas con el objetivo de evaluar diferentes aspectos en cada una de ellas y de esta manera elegir la más completa tanto en diseño como en contenido teórico que esta puede brindar

Propuesta No 1

Esta propuesta consta de una estructura circular por motivo de la cosmogonía Muisca y su relación con estructuras espiralizadas. El círculo o más exactamente la espiral representa para los Muisca la vida, la construcción del conocimiento, el movimiento de la energía, además en esta y muchas otras culturas refleja el eje del mundo. (Pueblos originarios, s.f.)

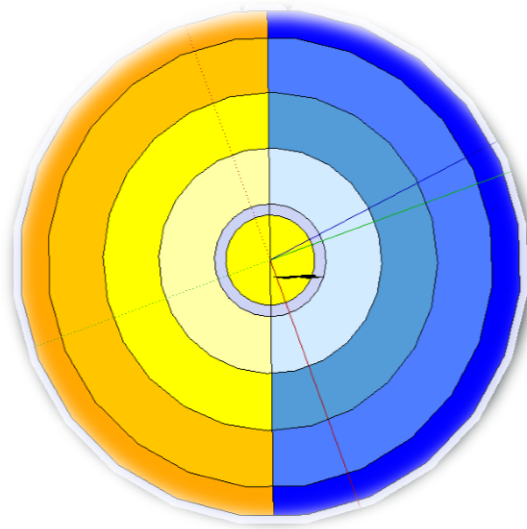
Ilustración 10 Propuesta 1 Reloj de Sol ecuatorial



Fuente: Elaboración propia

Se plantea realizar en el primer piso un salón, el cual se explicarán dos temáticas fundamentales: Cosmogonía Muisca y principios básicos de astronomía. Por esta razón comenzando por el piso del salón tiene su significado, en primer lugar, estará dibujada una espiral la cual una mitad será un degrade amarillo y la otra mitad un degrade azul estas reflejaran el día y la noche.

Ilustración 11 Suelo reloj solar día y noche



Fuente: Elaboración propia

En el segundo piso se encuentra la estructura principal el reloj de sol el cual se plantea sea de tipo de ecuatorial con las siguientes características:

- Líneas horarias cada 30 minutos
- Líneas de declinación que marcan los solsticios y equinoccios
- Marcación del analema
- Horas limite 7:00 – 17:00

Propuesta No 2

Esta propuesta plantea realizar una estructura cuadrada con dos plantas con un reloj de sol de tipo horizontal. Este diseño está relacionado con los 4 puntos cardinales y los 4 elementos de la naturaleza (Tierra, aire, fuego, tierra), factores que tomaron gran importancia en los Muiscas por esto su cuadrante será cuadrado.

Adicional mente al ser cuadrado en la segunda planta (zona de localización del reloj de sol) se aumenta el espacio de zonas comunes lo que brinda un factor de seguridad mayor a los usuarios que deseen visitarlo.

Ilustración 12 Modelo en sketchup Propuesta No 2



Fuente: Elaboración propia

El piso de la primera planta se encontrará dividido en dos partes correspondientes a la zona del sol y a la zona de la luna estas estarán delimitadas por dos serpientes que representan a la diosa Bachue y su acompañante cuando regresaron de nuevo a la laguna de Iguaque.

Adicionalmente a las características expuestas se plantea realizar unas ventanas las cuales de acuerdo a su localización espacial tendrán un lugar en las paredes internas de la estructura y las cuales llevarán la distancia y azimuth del lugar mostrado.

Ilustración 13 Propuesta de ventanas



Fuente: Elaboración propia

Propuesta No 3

Para la propuesta 3 se plantea un reloj de sol, el cual se llamara Tchunsua, la cual es una estructura circular (alusión a una de las características principales de los templos Muisca) Esta propuesta contendrá una rampa con distintos desniveles alrededor de una estructura circular. Dicha rampa forma una espiral alrededor de la estructura.

Ilustración 14 Modelo en sketchup Propuesta No 3

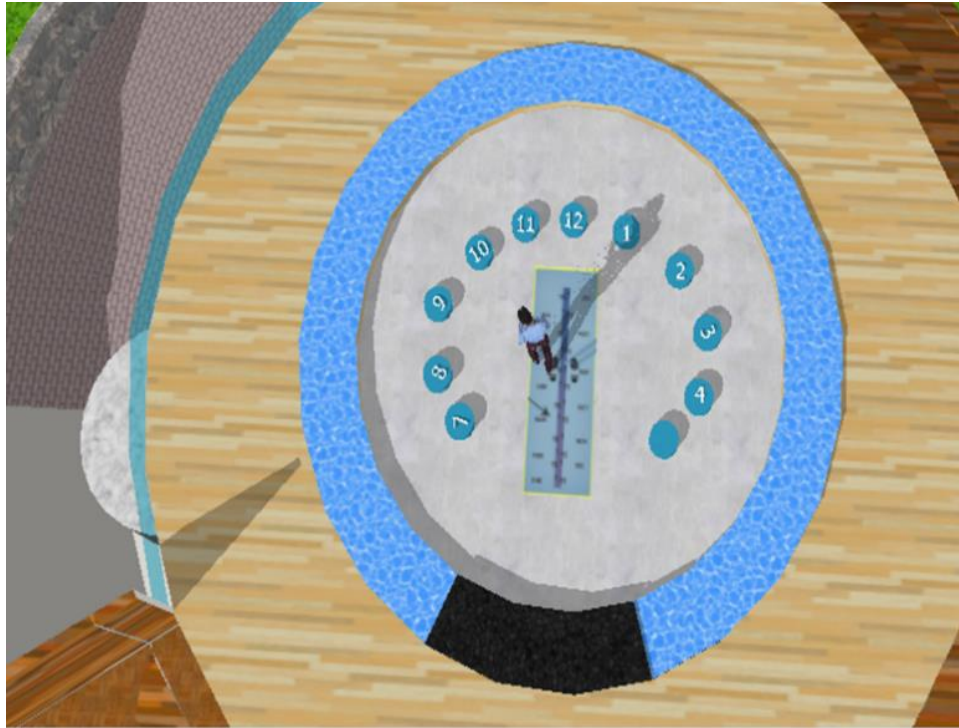


Fuente: Elaboración propia

La estructura está basada en el diseño encontrado en el reloj de sol del parque de los nevados la cual acomoda de la mejor manera la relación en forma de espiral y tiene un mejor diseño para el acceso de las personas.

Esta propuesta cuenta con un reloj de tipo analematico en el cual el gnomon es la persona que se localice sobre la regleta en la fecha correspondiente.

Ilustración 15 Temática planteada

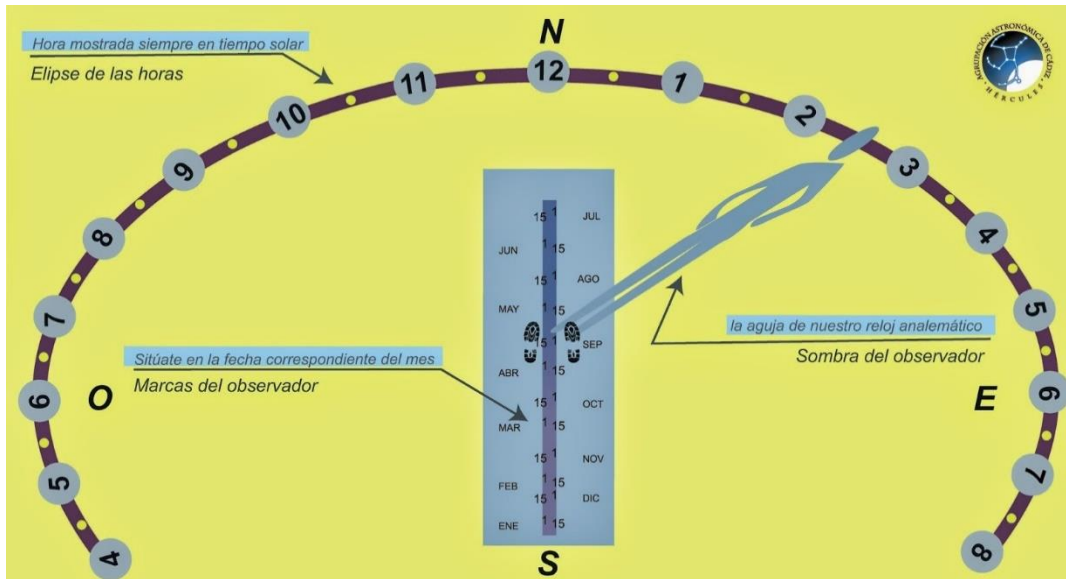


Fuente: Elaboración propia

Tomando como base las anteriores tres propuestas se define el tipo de reloj adecuado para la zona objeto de estudio, esta abarca la mayoría de las características de la propuesta número 3, ya que este tipo de estructura es la que más se adecua al pensamiento Muisca y a la interacción que se puede lograr por medio de un reloj solar de este tipo, puesto que en este el gnomon es el mismo observador.

Dicho reloj será interactivo y contará con una regleta en el suelo, en esta el espectador podrá ser el gnomon, similar al mostrado en la imagen:

Ilustración 16 Reloj de sol Analemático



Fuente: <https://astronomiahercules.blogspot.com.co/p/blog-page.html>

Este tendrá un canal perimetral que representa la importancia de los cuerpos hídricos para los Muiscas.

Adicionalmente a la propuesta tres se le realizarán algunas adiciones como lo son tres pilastras que marcaran los pasos de solsticios y equinoccios en la estructura y existirá un orificio que mostrara el paso del sol por el cenit (día sin sombra).

4.2.2. Elección del lugar y coordenadas punto centro de la estructura

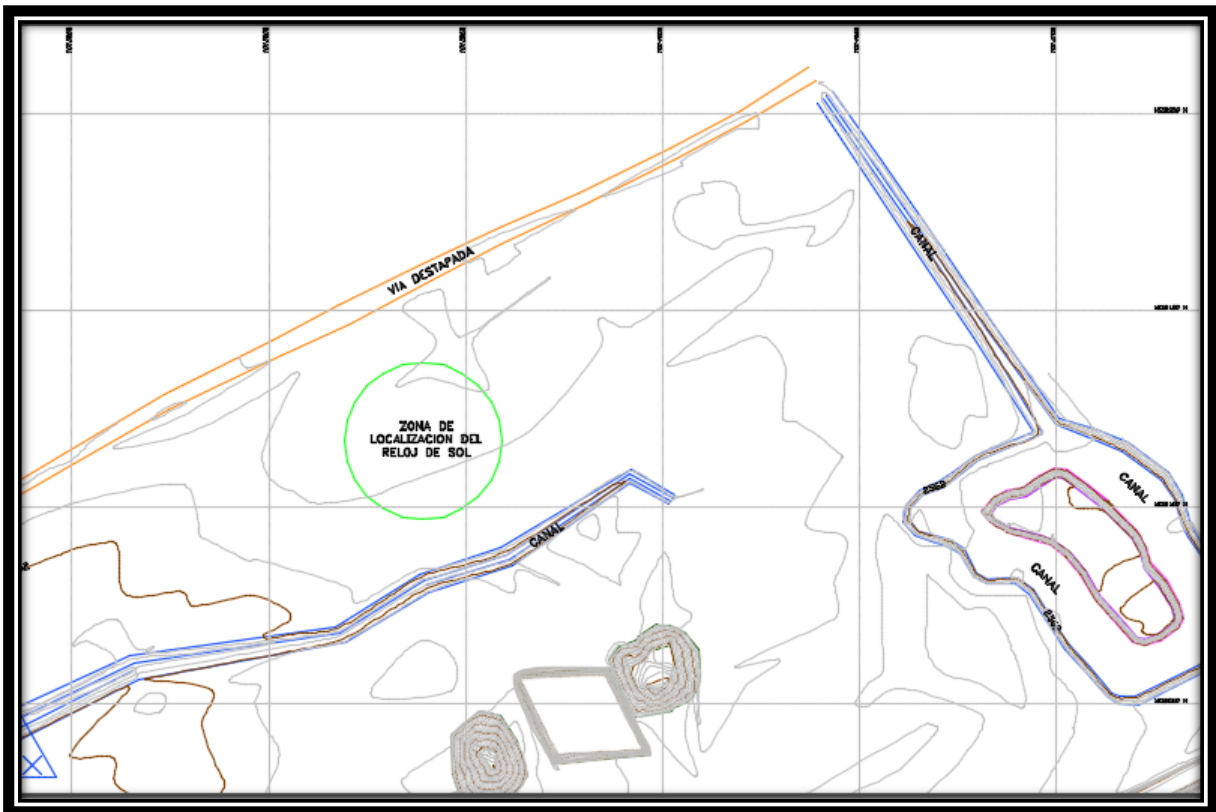
La elección del lugar está basada en los siguientes parámetros:

- Angulo de corte en el horizonte
- Acceso y visibilidad

Conforme con el levantamiento topográfico realizado se escoge un sector específico localizado en la parte colindante con el canal que está proyectado construir, ya que presenta

un horizonte despejado y a su vez es de fácil acceso por la cercanía con la vía existente la cual se tiene proyectada como sendero peatonal. Dicha localización se evidencia en el plano Topográfico como se muestra continuación:

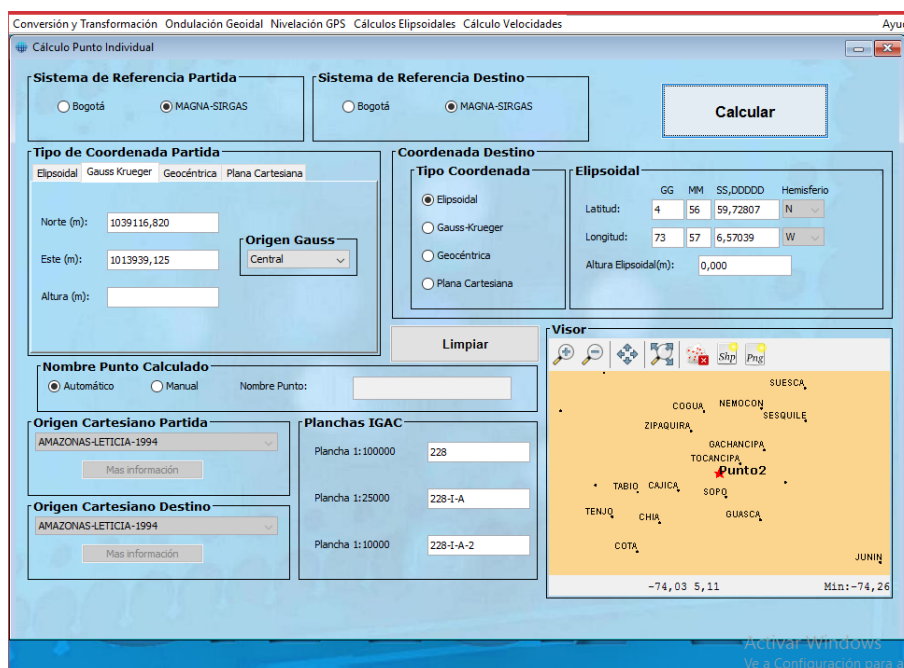
Ilustración 17 Localización del reloj a diseñar



Fuente: Elaboración propia

Las coordenadas del centro del reloj son convertidas a coordenadas elipsoidales por medio del programa Magna Sirgas Pro 3, y su resultado de transformación es mostrado en la siguiente imagen:

Ilustración 18 Transformación de coordenadas del centro de la estructura

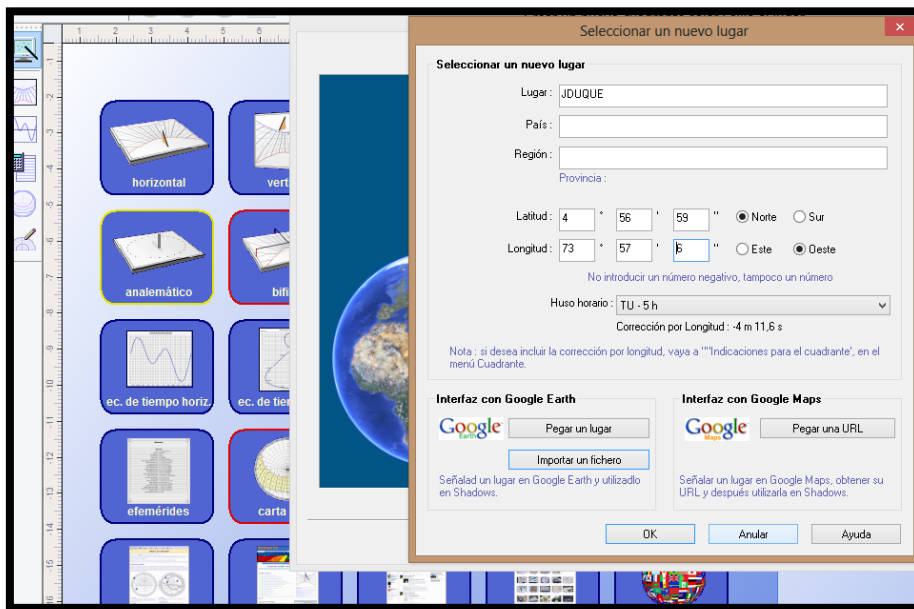


Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Diseño de la estructura de reloj de sol Analemático

Con las coordenadas geográficas del punto centro del reloj definidas se prosigue a diseñar la estructura mediante el software Shadows Pro 3.5. en su versión gratuita. En primer lugar es necesario definir el tipo de reloj a diseñar escogiendo uno de los modelos presentados en la bandeja principal del software, luego de esto es necesario configurar las coordenadas geográficas del lugar tal como se observa en la Ilustración 19

Ilustración 19 Configuración coordenadas punto centro de la estructura

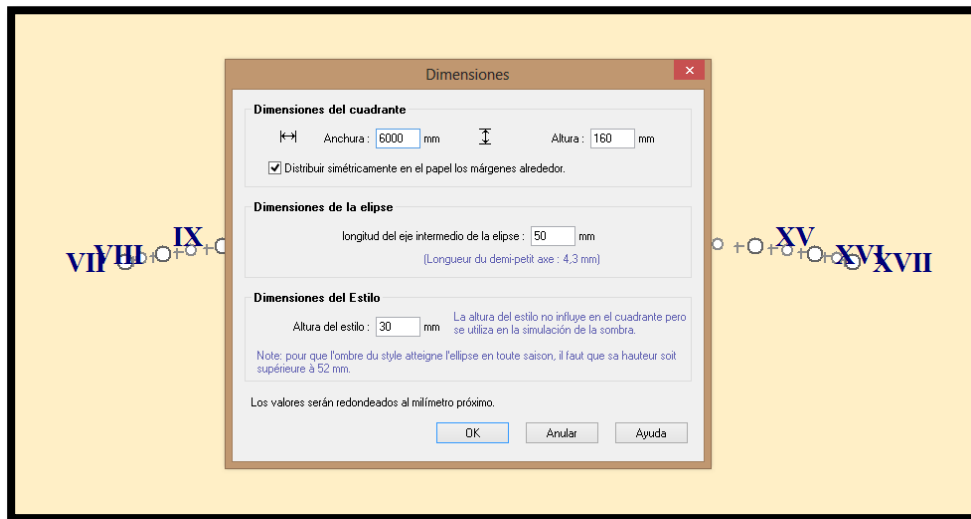
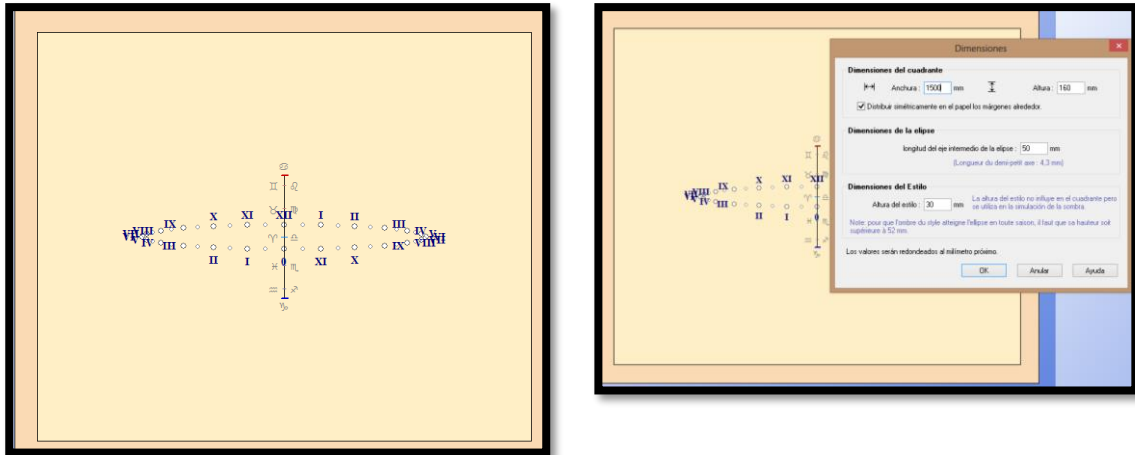


Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones tomadas para el diseño del cuadrante se dan por el tipo de estructura, ya que esta por solicitud de los administrativos del parque piden sea una estructura con dimensiones parecidas a las consideradas las cuales tienen un radio aferente de 20 Metros.

A su vez dichas dimensiones aseguran un aprovechamiento perfecto del espacio, con las temáticas anteriormente discriminadas en la propuesta.

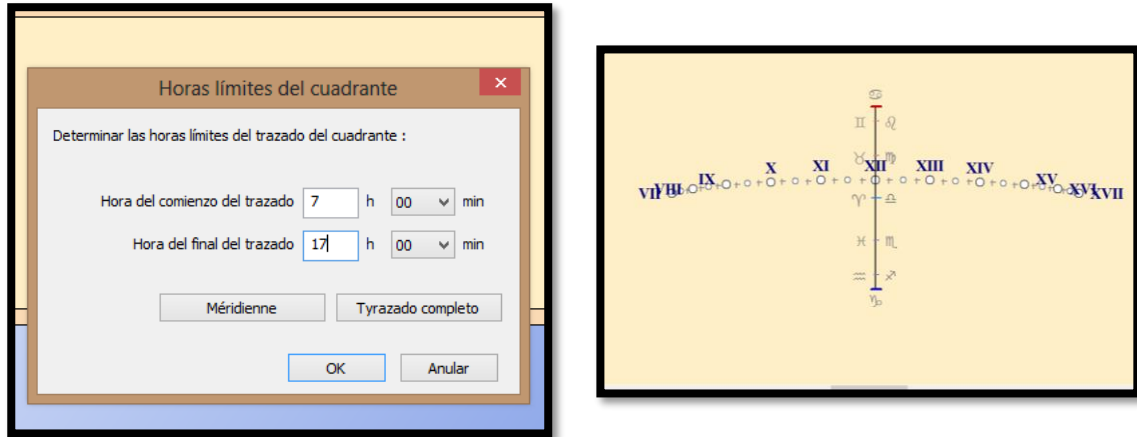
Ilustración 20 Cuadrante diseñado



Fuente: Elaboración propia

El rango de horas en que el reloj funcionara es de 7:00 am a 5:00 pm ya que el lugar elegido cuenta con un horizonte despejado brindando la oportunidad de marcar el recorrido del sol durante todo el día.

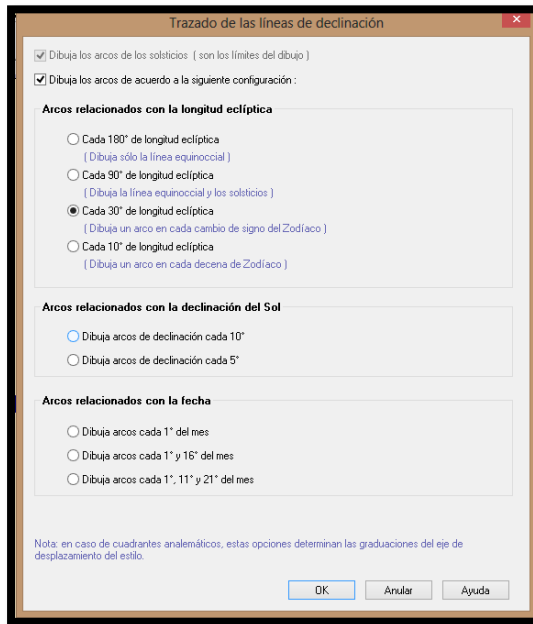
Ilustración 21 Delimitación horaria



Fuente: Elaboración propia

Las líneas de declinación son definidas cada 30° de longitud de la eclíptica las cuales coinciden con los signos zodiacales. Cabe resaltar que se escoge esta marcación ya que es la manera más adecuada de dividir la regleta de tal manera que entre línea y línea exista un rango de un mes. Los extremos de esta regleta nos indican los solsticios y el punto medio señala la línea equinoccial.

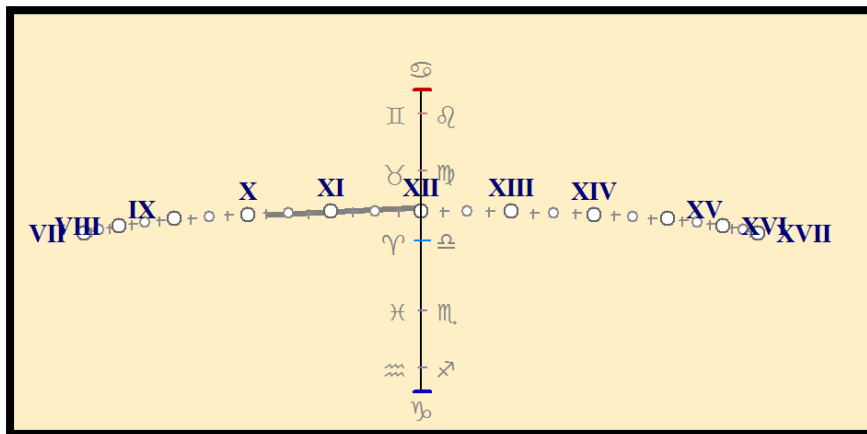
Ilustración 22 Líneas de declinación



Fuente: Elaboración propia

Luego de definir todos los parámetros de la estructura se procede a realizar la simulación de sombra. Esta nos muestra como será el funcionamiento de la estructura en diferentes épocas del año garantizando de esta manera el óptimo funcionamiento de la estructura

Ilustración 23 Modelación de sombra



Fuente: Elaboración propia

4.3. Objetivo específico tres

- Plasmar en la estética de la estructura diseñada la cosmogonía y pensamiento Muisca de tal manera que sea acorde a la temática del parque.

La superficie del reloj contara con una temática demarcada a la alusión Muisca y su cosmogonía guiada por las aguas por esto se relación la siguiente frase:

“Antes de las pelucas y la casaca / fueron los ríos, ríos arteriales:

fueron las cordilleras, / fue la humedad y la espesura...

El hombre tierra fue vasija, forma de la arcilla, / fue piedra chibcha,

el idioma del agua fue enterrado, / las claves se perdieron

o se inundaron de silencio o sangre”

Pablo Neruda

La anterior frase se piensa plasmar en la estructura diseñada a manera reflexiva donde se identifica la interacción de la cultura Muisca en la misma.

Una de las características principales que posee la estructura diseñada da lugar al tributo del agua demarcado en la cosmogonía Muisca donde según la tradición Muisca, surgió la cultura del agua que tuvo como epicentro la Laguna de Iguaque, donde se da la unión de la energía del sol, la tierra y el agua, y de donde emergió la diosa cósmica acuática y lunar: Bachue o Huitaca, que en lengua chibcha significa “La Madre de los pechos prominentes” (Ruiz, s.f.), dicha denotación se hace por medio de un espejo de agua circular que redondea la estructura del cuadrante del reloj solar. Dicha demarcación como se ve a continuación:

Ilustración 24 Tributo al agua en la estructura



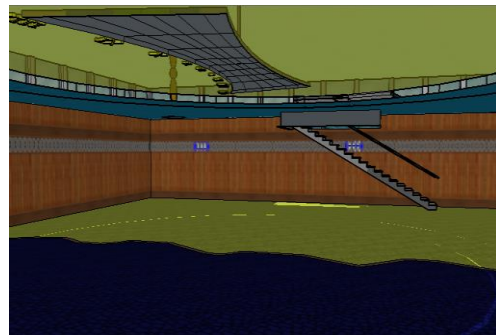
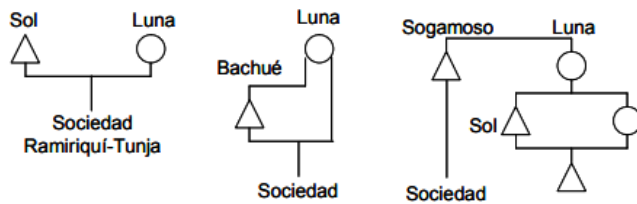
Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Temáticas a tratar en el primer nivel

En la temática relacionada al diseño estético y funcional del diseño de reloj se tuvo en cuenta la cosmogonía Muisca y una de sus principales figuras fue el concepto de sociedad, como lo describe FRANÇOIS CORREA RUBIO Universidad Nacional, en una relación mutua dual donde existe equilibrio entre ellas.

Por esto para los Muisca el día y la noche más que una separación era una unión y un complemento de las mismas.

Ilustración 25 Relación mutua Muisca



Fuente: François correa rubio, Sociedad y naturaleza en la mitología Muisca.

La propuesta interactúa con el centro de la dualidad Muisca también es importante mencionar la división de su territorio, ya que esto tenía una gran relación con las deidades, el territorio del norte estaba gobernado por el Zaque (Templo del sol de Sogamoso) y la zona sur estaba bajo el gobierno del Zipa (Templo de Chía-Luna).

Según Castellanos: "los Muisca concebían al sol y la luna como esposos, y padres de la gente".

Zona norte o del sol, gobernada por el zaque

En la estructura se relaciona esta estructura en la parte alta de la estructura con el tributo al sol, y principalmente en el reloj solar.

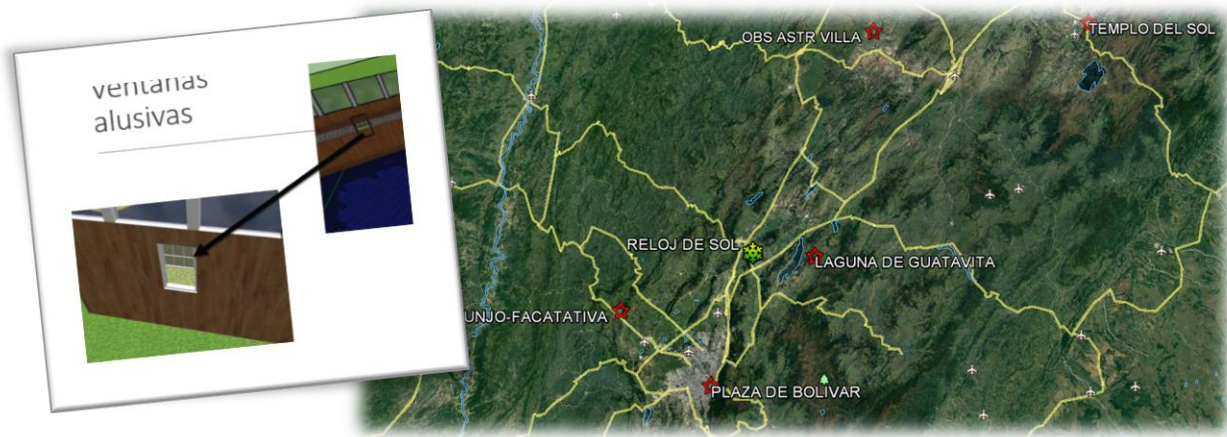
En esta zona se explicará en primera medida conceptos básicos de astronomía con el objetivo de que los visitantes entiendan el funcionamiento del reloj de sol y relacionándolos con las deidades Xue, Chiminigagua y Bochica, seres de luz.

El Sol era la deidad a la cual se le atribuía el poder germinador, por esto durante el solsticio de verano se realizaban procesiones que luego se convertían en fiesta con el fin de bendecir las cosechas. Por otra parte los Muisca creían tener parte del Dios sol dentro de cada uno de ellos, razón por la cual los acompañaba siempre y eso se veía reflejado en la sombra que cada ser humano proyecta. Con lo anterior se puede evidenciar la importancia de esta deidad y su influencia en el comportamiento de esta cultura.

4.3.2. Lugares sagrados mostrados en la estructura

La estructura interna del reloj solar hace alusión a través de cuadros a lugares sagrados Muisca, en los cuales hay interacciones tanto con el sol como con el agua, dichos lugares son mostrados con su localización a nivel espacial, de distancia y de azimut desde la estructura hasta el lugar sagrado tal como se evidencia a continuación.

Ilustración 26 Lugares escogidos a representar



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27 Lugares con representación de cuadro en la estructura



Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Materiales apropiados para su futura construcción.

De acuerdo a la geometría, paisajismo y características del reloj solar, se propone para la construcción de éste utilizar materiales livianos que no reflejen una estructura robusta y que respete el ambiente en donde se piensa implantar.

- Cimentación: Se propone en concreto reforzado, con capacidad de resistir el peso propio de la estructura (carga muerta de los elementos y materiales que conforman el reloj) y el peso de las personas que visiten el lugar (Carga viva variante).
- Piso inferior Nivel -1.50 m del Nivel del terreno: Placa de contrapiso en concreto con acabado en laminado de madera.
- Estructura principal: De acuerdo a la geometría del reloj se propone un pórtico metálico resistente a momento, cuya característica principal es que sus elementos sean livianos y el mantenimiento de los mismos se dé en periodos largos.
- Paredes: Se proponen en paneles curvos hechos de yeso con características de resistencia a la exposición de la intemperie bajo condiciones normales (rayos UV, lluvia, viento, hielo y nieve).
- Rampa de acceso a nivel del reloj solar: Se propone una estructura metálica que conserve la geometría planteada en el diseño, cuyo piso sea en material Deck con un acabado en madera acorde al paisajismo de implantación del reloj.
- Pasarela del reloj de sol: Se diseñan perfiles tipo viga curvos que conserven la geometría y a la vez permita dejar una luz en forma circular en el centro, en donde se propone instalar un vidrio templado con capacidad de tolerar la carga viva que se aglomere en determinado momento y a la vez permita visualizar el nivel inferior de la estructura. En

la parte superior el área que no cubre el vidrio templado es madera tipo Deck, salvo un área circular (ancho alrededor de 0.7 m) la cual tiene un espejo de agua. En la parte inferior el acabado es en superboard.

- Baranda de seguridad: Se propone en vidrio templado no proyectante de sombra, a una altura de 1.0 m.
- Accesos parte inferior de la estructura del reloj solar: Se proponen en aluminio anodizado con vidrio templado.
- Obras complementarias:
 - Valla con el nombre del reloj solar: Ésta puede ser de diferentes materiales de acuerdo a como lo requiera el patrocinador del proyecto (metálica, en madera en vidrio, entre otros).
 - Aislantes térmicos para área vertical del Nivel -1.50 m del Nivel del terreno: Estos pueden ser plásticos o en icopor para aislar la humedad de las paredes de la estructura inferior del reloj solar.
 - Filtros en piedra: estos se construyen una vez se haga la excavación de la parte inferior de la estructura en el área donde inicia la rampa de tal forma que se pueda evacuar el agua de infiltración acumulada.
 - Cárcamo con rejilla: éste es en concreto con una rejilla metálica, la cual tiene como labor evacuar el agua de infiltración por lluvia, de tal forma que no se acumule en la parte inferior de la estructura.

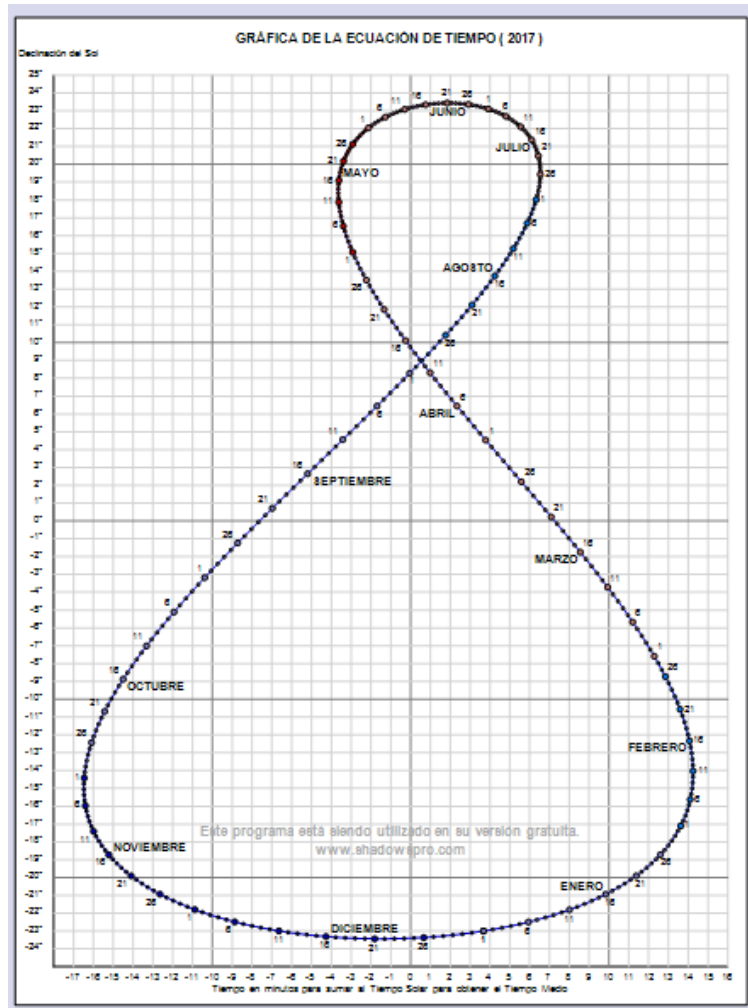
RESULTADOS

- Levantamiento topográfico de la zona de estudio la cual cuenta con un área aproximada de 6 Ha, georreferenciado a partir del vértice DUQ1 localizado en el Parque Jaime Duque y con curvas de nivel cada 0.50m.
- Modelo en sketcup de la estructura diseñada donde se evidencian los accesos, niveles y arquitectura general de la atracción diseñada
- Diseño del reloj de sol analematico con las siguientes características:
 - Horario de funcionamiento 7:00 a.m. – 5:00 p.m.
 - Cuadrante solar de tipo analematico
 - Ancho del cuadrante de 10m
 - Marcaciones horarias cada 30 minutos
 - Líneas de declinación cada 30° de longitud eclíptica
- Diseño de una atracion llamada Tchunsua que cuenta con dos niveles en los que el primer piso es un salón donde se tratan conceptos de astronomía planteando la dualidad mantenida en las creencias Muiscas y el segundo nivel alberga la atracción principal El reloj de sol

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran el comportamiento del sol para latitud del parque y la representa mejor la ecuación del tiempo en el siguiente analema:

Ilustración 28 Analema

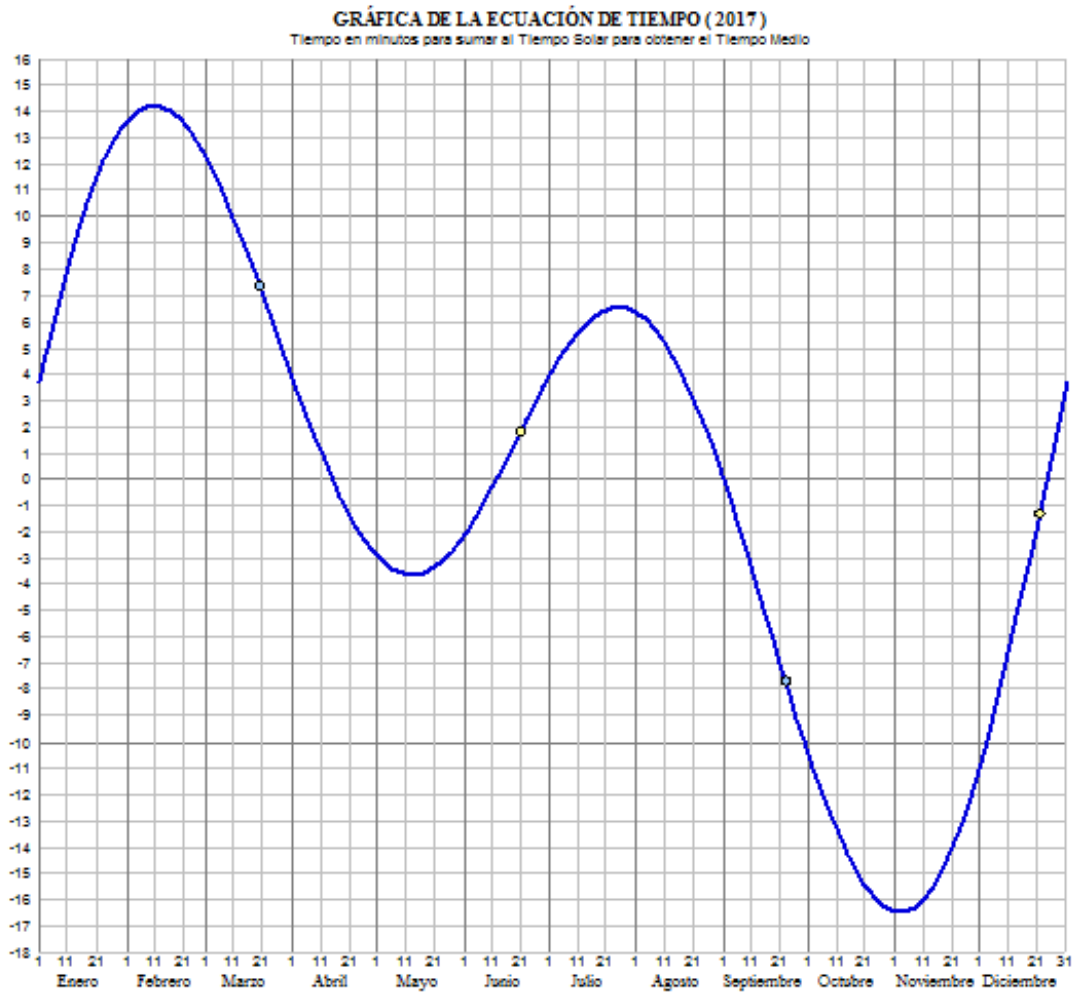


Fuente: Shadows Pro 4.1.

Dicho desplazamiento incurre en la sombra para cada día del año por tal motivo la regleta en el suelo debe estar completamente calibrada para garantizar de este modo su precisión y

compensación con la ecuación del tiempo mostrada a continuación, la cual fue determinada para la latitud del punto central del reloj.

Ilustración 29 Ecuación del tiempo



Fuente: Shadows Pro 4.1.

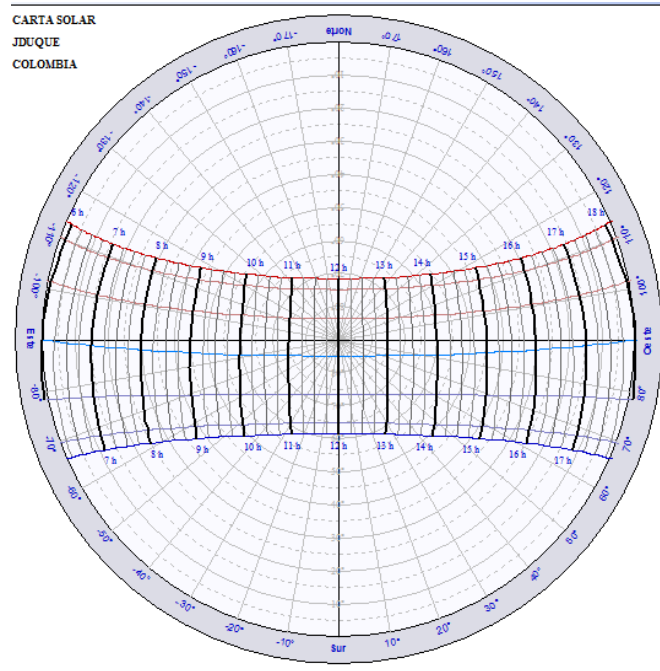
Con respecto a los datos obtenidos se relacionan las efemérides obtenidas mediante el programa Shadows Pro, para la latitud ingresada.

Ilustración 30 Efeméride

Efemérides	
Datos generales :	
Lugar :	JDUQUE, COLOMBIA
Latitud :	4° 56' 59" Norte
Longitud :	73° 57' 06" Oeste
Huso horario	UT - 5 h
Corección por longitud	-4 min 12 s (-4,1933 min)
Tiempo Civil - Tiempo Solar	-8 min 31 s (-0,10851 h)
Datos anuales	
Año	2017
Fecha del equinoccio de Marzo	20 Marzo @ 10 h 30 min 01 s (UT)
Fecha del solsticio de Junio	21 Junio @ 4 h 25 min 13 s (UT)
Fecha del equinoccio de Septiembre	22 Septiembre @ 20 h 02 min 38 s (UT)
Fecha del solsticio de Diciembre	21 Diciembre @ 16 h 29 min 21 s (UT)
Duración del invierno	88 d 23 h 44 min 33 s (88,989271 d)
Duración de la primavera	92 d 17 h 55 min 12 s (92,746667 d)
Duración del verano	93 d 15 h 37 min 25 s (93,650984 d)
Duración del otoño	89 d 20 h 28 min 43 s (89,851887 d)
Duración del día más largo	12 h 24 min 31 s (12,408552 h)
Duración del día más corto	11 h 50 min 05 s (11,834745 h)
Fecha del paso por el perihelio	4 Enero @ 10 h 56 min (UT)
Distancia del perihelio al sol	0,983302085 A.U. (147099898 km)
Fecha del paso por el afelio	4 Julio @ 0 h 55 min (UT)
Distancia del afelio al sol	1,016700220 A.U. (152096187 km)
Oblicuidad de la eclíptica	23° 26' 13" (23,437015°)
Excentricidad de la órbita terrestre	0,016701272
Fecha de Pascua	16 Abril
Qibla (dirección de la Meca)	65° 03' (al Este del Norte)

Fuente: Shadows Pro 4.1.

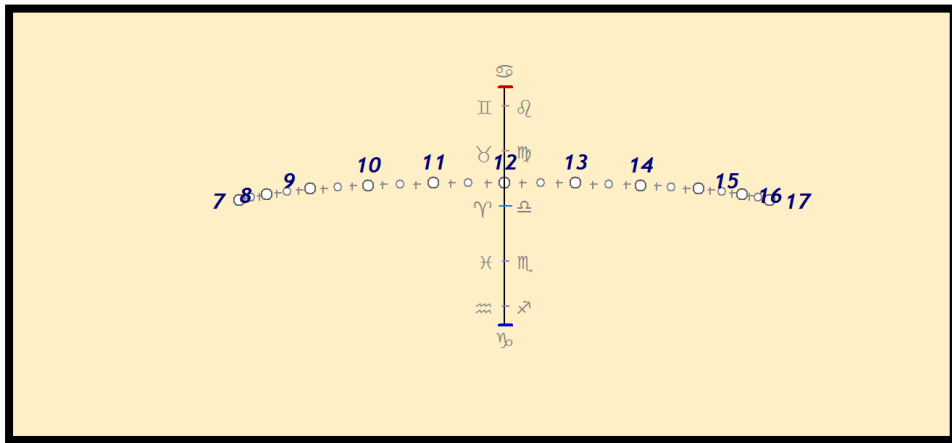
Ilustración 31 Circulo de azimuts



Fuente: Shadows Pro 4.1.

El círculo de azimut obtenido muestra el Angulo de sombra horizontal sobre una recta perpendicular y para dicha latitud el Angulo de inclinación para este sector interactuando con la proyección del rayo solar y a la vez su altura como lo muestra el centro del circulo anteriormente mostrado para cada hora del día.

Ilustración 32 Cuadrante final diseñado



CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico realizado se genera en el mismo sistema de coordenadas manejado por el parque, para su futuro replanteo quede en el mismo sistema de referencia.
- El cuadrante diseñado además de proporcionar la hora brinda interacción y análisis del desplazamiento del sol a lo largo del año, en donde los extremos de la regleta marcan los solsticios y su centro los equinoccios.
- A través del levantamiento topográfico se puede establecer la localización del reloj solar, las características básicas para su diseño y la orientación del mismo.
- Por medio de la estructura contemplada se logra tener un mecanismo atractivo para el público invitando a conocer y estudiar tanto la cultura Muisca como los movimientos aparentes del sol, su medición observación y precisión.
- Gracias a las propuestas efectuadas se decidió tomar ideas surgidas en cada propuesta e incorporar lo mejor de cada una en la propuesta final la cual además de viable es la más adecuada al plasmar la temática Muisca.
- Por medio de la estética Muisca se puede concebir una dualidad en la estructura, la cual muestra el conjunto como sociedad y complemento, tanto en cada uno de los niveles como en el entorno de la misma.
- A través de las propuestas inicialmente contempladas se concluye que la viabilidad de la estructura es tomada por la interacción estética y la seguridad al público, sin dejar a un lado el referente de interacción del público con la estructura diseñada.

- La interacción Muisca con los fenómenos astronómicos, se vinculan directamente a las observaciones solares, que hoy día no son de notables en la sociedad y con este diseño y su futura construcción se representa y rescata estos conocimientos e invita a indagar y visitar más sitios que conmemoran este legado.

RECOMENDACIONES

Para realizar el replanteo del diseño suministrado se recomienda tomar el norte verdadero y hacer la corrección magnética del mismo.

Se recomienda calibrar la estructura de la regleta con unas pruebas en campo para días específicos, en varias horas del día para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura diseñada.

De acuerdo a la geometría, paisajismo y características del reloj solar, se propone para la construcción de éste utilizar materiales livianos que no reflejen una estructura robusta y que respete el ambiente en donde se piensa implantar.

- Cimentación: Se propone en concreto reforzado, con capacidad de resistir el peso propio de la estructura (carga muerta de los elementos y materiales que conforman el reloj) y el peso de las personas que visiten el lugar (Carga viva variante).
- Piso inferior Nivel -1.50 m del Nivel del terreno: Placa de contrapiso en concreto con acabado en laminado de madera.
- Estructura principal: De acuerdo a la geometría del reloj se propone un pórtico metálico resistente a momento, cuya característica principal es que sus elementos sean livianos y el mantenimiento de los mismos se dé en periodos largos.
- Paredes: Se proponen en paneles curvos hechos de yeso con características de resistencia a la exposición de la intemperie bajo condiciones normales (rayos UV, lluvia, viento, hielo y nieve).
- Rampa de acceso a nivel del reloj solar: Se propone una estructura metálica que conserve la geometría planteada en el diseño, cuyo piso sea en material Deck con un acabado en madera acorde al paisajismo de implantación del reloj.
- Pasarela del reloj de sol: Se diseñan perfiles tipo viga curvos que conserven la geometría y a la vez permita dejar una luz en forma circular en el centro, en donde se propone instalar un vidrio templado con capacidad de tolerar la carga viva que se aglomere en determinado momento y a la vez permita visualizar el nivel inferior de la estructura. En la parte superior el área que no cubre el vidrio templado es madera tipo Deck, salvo un

área circular (ancho alrededor de 0.7 m) la cual tiene un espejo de agua. En la parte inferior el acabado es en superboard.

- Baranda de seguridad: Se propone en vidrio templado no proyectante de sombra, a una altura de 1.0 m.
- Accesos parte inferior de la estructura del reloj solar: Se proponen en aluminio anodizado con vidrio templado.
- Obras complementarias:
 - Valla con el nombre del reloj solar: Ésta puede ser de diferentes materiales de acuerdo a como lo requiera el patrocinador del proyecto (metálica, en madera en vidrio, entre otros).
 - Aislantes térmicos para área vertical del Nivel -1.50 m del Nivel del terreno: Estos pueden ser plásticos o en icopor para aislar la humedad de las paredes de la estructura inferior del reloj solar.
 - Filtros en piedra: estos se construyen una vez se haga la excavación de la parte inferior de la estructura en el área donde inicia la rampa de tal forma que se pueda evacuar el agua de infiltración acumulada.
 - Cárcamo con rejilla: éste es en concreto con una rejilla metálica, la cual tiene como labor evacuar el agua de infiltración por lluvia, de tal forma que no se acumule en la parte inferior de la estructura

REFERENCIAS

Arqueología del Perú. (01 de 02 de 2017). Obtenido de <http://www.arqueologiadelperu.com/observatorio-solar-chankillo-chanquillo/>

Astrojovenes. (02 de 02 de 2017). Obtenido de <https://astrojovenes.wordpress.com/2011/02/15/el-infiernito-observatorio-astronomico-muisca/>

Astromia. (20 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.astromia.com/glosario/cosmogonia.htm>

Astronomia y geografía. (s.f.). Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/huso-horario/>

astronomia.com. (s.f.). Obtenido de <http://astronomia.fakiro.com/enciclopedia-A/angulo-horario.html>

C.R.A. DE TEO. (Marzo de 2017). Obtenido de <http://www.edu.xunta.gal/centros/crateo/node/429>

CLASES HISTORIA. (20 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.claseshistoria.com/bilingue/1eso/earthplanet/network-timezones-esp.html>

Club de Astronomia ASTROJOVENES. (Julio de 2017). Obtenido de <https://astrojovenes.wordpress.com/2011/02/15/el-infiernito-observatorio-astronomico-muisca/>

ECURED. (29 de Marzo de 2017). Obtenido de Conocimiento con todos y para todos:

https://www.ecured.cu/Sistema_de_coordenadas_geogr%C3%A1ficas

GEOMENSURA. (10 de Abril de 2017). Obtenido de Universidad de Antofagasta:

http://geomensura.cl.tripod.com/pdf/guia_astronomia_1.pdf

Jerez, O. (21 de Abril de 2017). *VOCABULARIO GEOGRAFICO.* Obtenido de La Tierra y

sus movimientos:

<http://vocabulariogeografico.blogspot.com.co/2011/09/solsticio.html>

Montesinos, E. M. (s.f.). *Geografía online.* Obtenido de [geohistoriaenlaces/geografia-](http://geohistoriaenlaces/geografia-fisica/el-planeta-tierra/2-3---los-tropicos)

[fisica/el-planeta-tierra/2-3---los-tropicos](http://geohistoriaenlaces/geografia-fisica/el-planeta-tierra/2-3---los-tropicos)

Portal ciencia. (s.f.). Obtenido de <http://www.portalciencia.net/relojsol/horalegal.html>

Pueblos originarios. (s.f.). Obtenido de

<http://pueblosoriginarios.com/sur/caribe/muisca/arte.html>

Ruiz, D. A. (s.f.). *Huitaca.* Obtenido de [http://huitacaagua.blogspot.com.co/2009/08/el-agua-](http://huitacaagua.blogspot.com.co/2009/08/el-agua-en-la-cultura-muisca_26.html)

[en-la-cultura-muisca_26.html](http://huitacaagua.blogspot.com.co/2009/08/el-agua-en-la-cultura-muisca_26.html)

Shadows. (2001). Obtenido de <http://www.astrosafor.net/Huygens/2002/35/cuadrantes.htm>

Sol tierra. (s.f.). Obtenido de

https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/89972/mod_resource/content/1/%C3%81ngulos%20Sol-Tierra.pdf

Subgerencia Cultural del Banco de la República. (Septiembre de 2017). Obtenido de

Posición astronómica y geográfica de Colombia.:

http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/posicion_astronomica_geografica_colombia

Toda Colombia. (Agosto de 2017). Obtenido de <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cundinamarca.html>

TODO EL SISTEMA SOLAR. (20 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.todoelsistemasolar.com.ar/cosmogonia-definicion.php>

Universidad de Chile. (24 de 4 de 2017). Obtenido de <http://www.astro.uchile.cl/noticias/equinoccio.htm>

Universidad Nacional de Colombia. (Marzo de 2017). Obtenido de <http://www.observatorio.unal.edu.co/arqueoastronomia/>

Waugh, A. E. (1990). *Sundials: their theory and construction.*