

# Comprobación topográfica y astronómica del posible observatorio solar muisca de Saquenzipa en Villa de Leyva, Boyacá, Colombia

## Surveying and testing of possible astronomical observatory of solar muisca Saquenzipa in Villa de Leyva, Boyacá, Colombia

WILSON ERNESTO VARGAS VARGAS<sup>1\*</sup>,  
EDILBERTO NIÑO NIÑO<sup>2\*\*</sup> & JULIO HERNÁN BONILLA ROMERO<sup>2\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Grupo de Investigación TOPOVIAL.

<sup>2</sup>Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Grupo de Investigación GEOTOPO.

Correspondencia: \*[wvargas@udistrital.edu.co](mailto:wvargas@udistrital.edu.co) \*\*[enino@udistrital.edu.co](mailto:enino@udistrital.edu.co)

\*\*\*[jbonilla@udistrital.edu.co](mailto:jbonilla@udistrital.edu.co)

RECIBIDO: marzo 1/2011 MODIFICADO: julio 10/2011 ACEPTADO: Agosto 10/2011

### RESUMEN

En el parque arqueológico Saquenzipa, vereda de Mónquirá, municipio de Villa de Leyva (Boyacá, Colombia) (latitud geográfica 5° 38' 49.793" N, longitud geográfica 73° 33' 33.288" W y 2.107 msnm), mediante los trabajos de excavaciones realizados por el arqueólogo boyacense Eliécer Silva, se deja al descubierto una serie de columnas pétreas que presentan una disposición lineal característica; se presume que fueron talladas hacia el año 930 a. C. por una comunidad premuisca que habitó este territorio. Con el objeto de determinar la orientación de las hileras de pétreos respecto al norte terrestre y a la trayectoria del sol, se realizaron observaciones astronómicas y geodésicas.

Lo que motivó la medición de la dirección de los alineamientos pétreos fue la posibilidad de verificar su posible relación con el recorrido del sol en los días de equinoccios<sup>1</sup> y/o solsticio<sup>2</sup>, y de esta forma comprobar si el sitio fue un observatorio astronómico indígena. Con los resultados de dichas observaciones se espera aportar valores matemáticos obtenidos de manera técnica que conduzcan a demostrar que los alineamientos fueron utilizados como visores o referentes por los aborígenes, para determinar el inicio de los ciclos solares y con ello las temporadas de lluvias en estos territorios.

1 Cada uno de los dos puntos de la esfera celeste en los que la eclíptica corta al ecuador celeste.

2 Son aquellos momentos del año en los que el sol alcanza su máxima posición meridional o boreal.

Este artículo tiene como finalidad presentar los resultados de las observaciones y los cálculos obtenidos en la medición del azimut<sup>3</sup> astronómico de los alineamientos, el cual se realizó por el método de determinación de alturas del sol, y geodésico, que se obtuvo mediante técnicas geodésicas satelitales (GPS).

**Palabras clave:** azimut, emplazamiento, equinoccio, solsticio.

### ABSTRACT

In the Villa municipality of Leyva, Vereda of Mónquirá (Boyacá Colombia) in the archaeology park Saquenzipa ( fifth geographical Latitude 38° 49.793" N, geographical Length 73° 33' 33.288" W and 2.107 msnm), through the quarry projects accomplished by the archeologist boyacense Eliécer Silva, is let to the overdraft a series of stony column those which present a characteristic linear arrangement and is presumed that these columnar rows were carved toward the year 930 b.C., for a community premuisca that inhabited this territory. In order to determine the direction of the stony respect rows to

the land north and to the path of the sun, were accomplished astronomic observations and geodesic

What motive the measurement of the address of the line stony, it was arrived to verify a possible relationship of the same with the tour of the sun in the equinox days and/or solstice , and in this way be able to prove if the site was an indigenous astronomic observatory, with the such observation results were waited to provide obtained mathematical values from technical way that drive to demonstrate that the line were used as visors or referring by the aborigines, to determine the beginning of the solar cycles and with this the presence seasons or absences of rains in these territories.

Thus, The present work has as purpose to present the results of the observations and calculations obtained in the measurement from the azimuth astronomic from the line, the one which was accomplished by the method of determination of heights of the sun, and geodesic, this last was obtained through technical geodesic satellites (GPS).

**Keywords:** Azimut, Site, Equinox, Solstice.

## INTRODUCCIÓN

Las mediciones se realizaron sobre los alineamientos pétreos descubiertos y parcialmente reconstruidos por el arqueólogo boyacense Eliécer Silva. Según él, la dirección de los alineamientos fue conservada sin alteración (Silva-Celis, 1981), con lo que se asegura que los valores de orientación encontrados son confiables y permiten trabajar con seguridad en relación con la posibilidad de que el

emplazamiento<sup>4</sup> haya sido un observatorio astronómico indígena.

La orientación de los alineamientos pétreos se determinó por métodos astronómicos y geodésicos. En los dos casos se requiere conocer con precisión la latitud y longitud del sitio de observación; por tal razón, se materializó un vértice geodésico con una señal de azimut, los vértices se demarcaron con la inscripción GPS<sub>1</sub> y GPS<sub>2</sub> y se les determinó la posición geográfica por métodos geodésicos.

3 Ángulo formado por la línea norte-sur en sentido horario y una línea recta sobre la superficie terrestre.

4 Situación, colocación, ubicación, lugar donde está ubicada una construcción.

La orientación geodésica de los pétreos se determinó mediante el método geodésico inverso, el cual consiste en que, conociendo las coordenadas geodésicas de dos puntos, es posible hallar el azimut de la línea que los une y la distancia entre ellos.

Una vez obtenido el azimut de la línea GPS<sub>1</sub>, GPS<sub>2</sub>, se procedió a medir el ángulo existente entre esta y la línea de pétreos; conociendo estos ángulos es posible hallar el azimut geodésico de la línea de pétreos. El valor obtenido fue 89° 55' 17" 1, lo que indica que el alineamiento presenta una orientación cercana a los 90°, es decir, está orientada en sentido este-oeste con respecto a la línea norte terrestre, y paralela al recorrido del sol en la bóveda celeste.

La orientación astronómica de los pétreos se determinó mediante el método de medición de alturas absolutas de un astro, en este caso el Sol. Para tal efecto, se realizaron mediciones simultáneas de altura del sol y el ángulo horizontal entre la línea de pétreos y la vertical del sol, dichos ángulos fueron medidos en diferentes fechas y se determinó el azimut solar en cada instante de la observación.

También se observó el ángulo horizontal entre la línea de pétreos y la vertical del sol; con estos valores se determinó la orientación astronómica de la línea de pétreos, el valor obtenido fue de 91° 10' 27" .5 (ángulo con respecto a la norte terrestre), que indica que la orientación astronómica es muy cercana a la orientación este-oeste.

Adicionalmente, se midieron ángulos para determinar la dirección de las diagonales que forman los dos alineamientos del emplazamiento norte del parque arqueológico, esto con el fin de determinar posibles alineamientos entre las líneas de pétreos y otros sitios que posiblemente fueron utilizados por los aborígenes como marcas terrestres para determinar la salida del sol en fechas especiales, tales

como equinoccios y/o solsticios, o elementos naturales como las ocho lagunas existentes en el hoy conocido parque natural de Iguaque localizado al noreste del sitio de estudio. Según varios autores, existió una fuerte relación entre el observatorio de Saquenzipa y las lagunas de Iguaque debido a que desde este lugar la Vía Láctea hace su aparición en el solsticio de junio como si naciera en las lagunas e hiciera su recorrido este-oeste como una serpiente que avanza arrojando su luz sobre los campos sagrados y fértiles (Morales, 2007).

Los alineamientos pétreos presentan una configuración geométrica casi rectangular, el largo del alineamiento sur es de 37,68 m y el del norte es 38,38 m. Esta configuración permite suponer alguna relación geométrica con los puntos de salida del sol en el horizonte, los días de solsticios y/o equinoccios. Realizando la medición de los ángulos de las diagonales de los alineamientos, se encuentra que las direcciones de estos con respecto a la norte terrestre coinciden con los puntos de salida del sol en el horizonte en los solsticios.

Respecto a la salida en los equinoccios, esta coincide con la dirección del alineamiento sur, cuya orientación respecto a la norte terrestre es de 91° 10' 17" .5, mientras que la dirección donde se ve salir el sol en el horizonte el día del equinoccio está entre 90° y 91°.

### DETERMINACIÓN DEL AZIMUT ASTRONÓMICO Y GEODÉSICO DE LOS ALINEAMIENTOS PÉTREOS

Se determinó la orientación del alineamiento sur del emplazamiento de la zona norte del parque (figura 1). Para efectuar la medición de la orientación de los pétreos, se materializó un vértice geodésico con su referencia o señal de azimut, debido a que se requiere conocer con precisión la latitud y longitud del lugar. Para fines del trabajo, el vértice geodésico

se denominará  $GPS_1$ , la señal de azimut se denominará  $GPS_2$  y la línea comprendida entre estos dos puntos se denominará línea base.



Figura 1. Alineamientos norte y sur del emplazamiento Norte del parque Saquenzipa

### Materialización del vértice geodésico y la señal de azimut ( $GPS_1$ y $GPS_2$ )

El vértice geodésico  $GPS_1$  se localizó en un extremo de la hilera de pétreos, asegurando que quedara perfectamente alineado con esta (figura 2).



Figura 2. Vértice geodésico materializado dentro del Parque Arqueológico Saquenzipa

La señal de azimut  $GPS_2$  se ubicó a una distancia de 741.847 m al noroeste de  $GPS_1$ , como se indica en la figura 3.

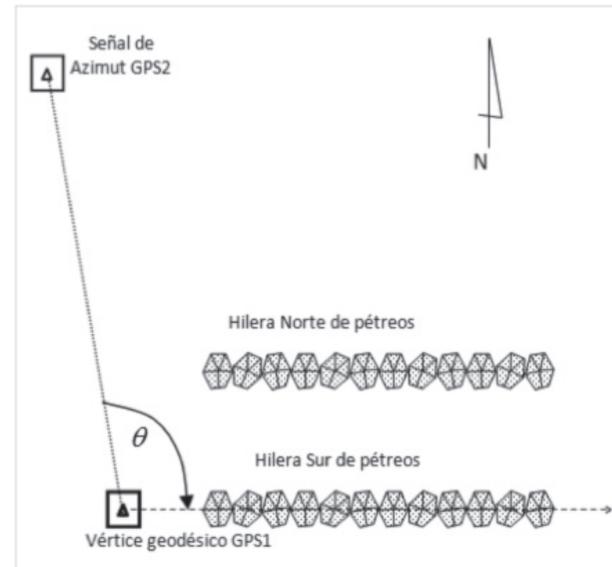


Figura 3. Esquema de materialización del vértice geodésico y señal de azimut

El vértice geodésico se materializó mediante un **mojón de concreto de 40 × 40 cm de ancho y 90 cm de profundidad**, con una placa de bronce incrustada, con descripción  $GPS_1$ , como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Vértice geodésico materializado

### Determinación de coordenadas geográficas de los vértices GPS<sub>1</sub> y GPS<sub>2</sub>

Las coordenadas se determinaron mediante posicionamiento GPS, utilizando el método diferencial.<sup>5</sup> Se utilizaron como bases los vértices A47NE1

ubicado en la ciudad de Tunja y BOGA ubicado en la terraza del edificio del IGAC en Bogotá. En la tabla 1 se muestran los valores de las coordenadas geográficas y de la altura sobre el nivel del mar obtenidos para los vértices GPS<sub>1</sub> y GPS<sub>2</sub>.

Vértice	Coordenadas Geográficas		
	Latitud (N)	Longitud (W)	Altitud (m)
GPS1	50 38' 49,793"	730 33' 33,288"	2107,36
GPS2	50 39' 07,393"	730 33' 49,794"	2179,08

### Determinación del azimut geodésico de la hilera de pétreos (Ag)

Para determinar la dirección o azimut geodésico del alineamiento pétreo se adelantaron los siguientes procesos:

- Cálculo del azimut geodésico de la línea base.
- Medición del ángulo entre la línea base y la línea de pétreos.
- Cálculo del azimut geodésico del alineamiento pétreo.

A continuación se describe el proceso de cada una de las anteriores actividades.

1. El azimut geodésico de la línea base se determinó utilizando la solución del problema geodésico inverso, el cual permite obtener el azimut y la distancia entre dos vértices de los cuales se conoce las coordenadas geográficas.

El procedimiento y las ecuaciones utilizadas en el cálculo del azimut en cuestión se presentan a continuación. Se debe realizar un proceso iterativo, donde el valor inicial para el azimut está dado por la ecuación 1 y para la distancia por la ecuación 2.

$$\alpha_{1_2} = Tg^{-1} \frac{\lambda N_2 \cos \varphi_2}{M_1 \varphi} * 1 - \frac{3}{2} \frac{e^2 \operatorname{sen} \varphi_1 \cos \varphi_2}{1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi_1} \varphi \quad (1)$$

$$S_{1_2} = \frac{M_1 \varphi}{\operatorname{COS} \alpha_{1_2} * 1 - \frac{3}{2} \frac{e^2 \operatorname{sen} \varphi_1 \cos \varphi_2}{1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi_1} \varphi} \quad (2)$$

Luego se calculan los términos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, con el propósito de hallar un nuevo valor de azimut mediante la ecuación 3; mediante la ecuación 4 se calcula la distancia de la línea base. Así, su-

cesivamente, se calcula iterativamente un valor de azimut hasta que la diferencia de dos valores consecutivos cumpla con la condición .

<sup>5</sup> Método de determinación de coordenadas geodésicas en el cual se coloca un receptor en una estación base cuyas coordenadas son conocidas y uno o varios receptores en puntos desconocidos.

$$T_1 = \frac{\lambda N_2}{\sec \varphi_2} + \frac{S_{1-2}^3}{6N_2^2} * \operatorname{sen} \alpha_{1-2} - \frac{S_{12}^3}{6N_2^2} \operatorname{sen}^3 \alpha_{1-2} \sec^2 \varphi_2$$

$$T_2 = \varphi \frac{M_1}{1 - \frac{3}{2} \frac{e^2 \operatorname{sen} \varphi_1 \cos \varphi_2}{1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi_1} \varphi}$$

$$T_3 = \frac{S_{12}^2 \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{sen}^2 \alpha_{12}}{2N_1}$$

$$T_4 = \frac{S_{12}^3 \cos \alpha_{12} \operatorname{sen}^2 \alpha_{12} (1 + 3 \operatorname{tg}^2 \varphi_1)}{6N_1^2}$$

$$\alpha_{1-2} = \operatorname{arctg} \frac{T_1}{(T_2 + T_3 + T_4)} \quad (3)$$

$$S_{1-2} = \frac{T_1}{\operatorname{SEN} \alpha_{12}} \quad (4)$$

Los términos involucrados en las ecuaciones anteriores son:

$S_{1-2}$ : es la distancia entre los vértices.

$a=6.378,137$  km, semieje mayor del elipsoide de referencia (GRS80).

$b = 6.356,752$  km, semieje menor del elipsoide de referencia (GRS80).

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0,0066944782$$

$e$  = excentricidad del elipsoide de referencia (GRS80)

$j_1 = 5^\circ 38' 49.79398''$ , latitud geodésica de GPS<sub>1</sub>

$j_2 = 5^\circ 39' 7.39347''$ , latitud geodésica de GPS<sub>2</sub>

$N_1 = \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi_1)^{1/2}} = 6378.343733$  km, gran normal al elipsoide en el vértice GPS<sub>1</sub>

$N_2 = \frac{a}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi_2)^{1/2}} = 6378.34409$  km, gran normal al elipsoide en el vértice GPS<sub>2</sub>

$M_1 = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi_1)^{3/2}} = 6336,05477$  km Radio de curvatura de la elipse meridiana en el vértice GPS<sub>1</sub>

$$\Delta j = j_2 - j_1 = 0^\circ,00488875$$

$$\Delta l = l_2 - l_1 = 0^\circ,00458504$$

Los valores iniciales de azimut y distancia para el cálculo iterativo son:

$$|\alpha_{1-2} = 136^\circ 47' 31'',9477967$$

$$S_{1-2} = 789.53540s$$

Los detalles del cálculo iterativo son muy dispendiosos por lo que no se incluyen en este documento.

Los valores hallados para el azimut, contrazimut y distancia entre los vértices GPS<sub>1</sub> y GP<sub>2</sub>, se muestran en la tabla 2. Con el propósito de verificar los datos obtenidos de azimut y distancia, se realizó un cálculo utilizando el programa Magna Sirgas Pro, elaborado por la División de Geodésia del IGAC, y se obtuvieron resultados, similares (este programa se encuentra disponible para los usuarios).

Dirección	Azimet Geodésico	Distancia (m)
GPS1 - GPS2	316o 47' 7".69	741.8057
GPS2 - GPS1	136o 47' 6".07	741.8057

Medición del ángulo			
Medición	Grados	Minutos	Segundos
1	134	42	40
2	134	42	32
3	134	42	13
4	134	42	25
5	134	42	10

Teniendo el azimut de la línea base y el ángulo  $\theta$  observado (figura 5) se obtiene el azimut geodésico del alineamiento pétreo realizando las siguientes operaciones:

$$360^{\circ}-316^{\circ} 47' 7.69''=44^{\circ} 47' 7.69''$$

$$134^{\circ} 42' 24.0'' - 44^{\circ} 47' 7.69''= 89^{\circ} 55' 17.0677''$$

Por tanto, el azimut geodésico del alineamiento pétreo es:  $A_g = 89^{\circ} 55' 17''.0677$ (figura 5).

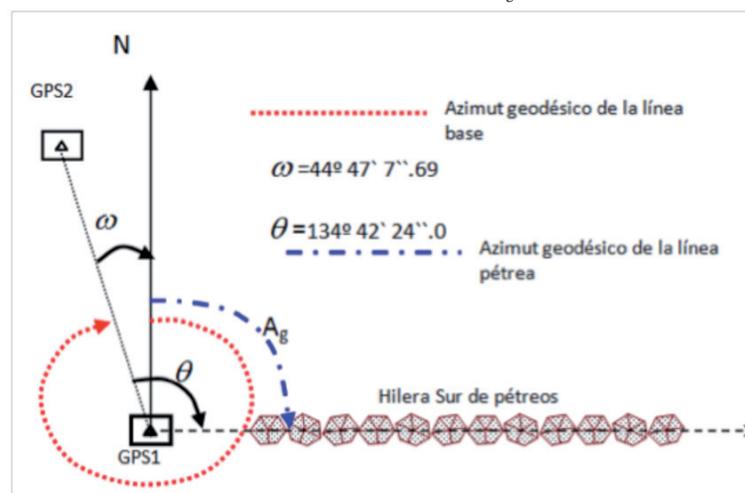


Figura 5. Esquema para el cálculo del azimut de la línea de pétreos

### Determinación del azimut astronómico de la hilera de pétreos

La dirección o azimut astronómico se determinó utilizando el método de observación de distancias cenitales absolutas de astros. El procedimiento se describe a continuación: Con el teodolito centrado y nivelado en el vértice GP<sub>1</sub>, se hizo visual a la hilera de pétreos(ésta en adelante se llamará la línea de referencia) y se procedió a medir el ángulo hori-

zontal entre la línea de referencia y el centro del sol, simultáneamente se leyó el ángulo vertical, es decir, la altura del sol sobre el horizonte, como se indica en la figura 6.

Se toó la temperatura útil para calcular la refracción atmosférica también la hora local para hallar la declinación del sol en el instante de la observación. Los datos de temperatura y tiempo local se deben tomar en cada medición que se realice.

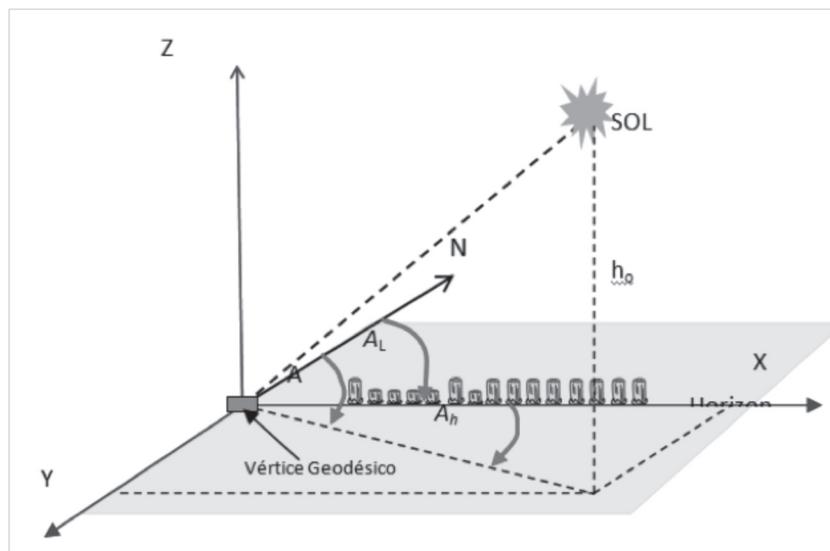


Figura 6. Esquema de la observación de los ángulos horizontal y vertical del sol

En la figura 6 se tiene:

$A$ =azimut solar.

$h_o$ =altura del sol.

$A_h$ =ángulo horizontal.

$A_L$ =azimut astronómico de la línea de pétreos.

En el desarrollo del trabajo de campo se efectuaron mediciones de azimut y altura del sol en terreno, en seis fechas diferente;, de dichas observaciones solo se procesaron la del 18 de febrero, 4 de abril, 5 de abril y 22 de diciembre de 2007, las restantes no se procesaron por tener inconsistencias o por no ser confiables.

Con los datos de temperatura se calcula la corrección por refracción para cada una de las observaciones utilizando la ecuación 5.

$$R_e = \left( \frac{0.28P}{T + 273} \right) \frac{0.0167}{\operatorname{tg} \left( h_{ob} + \frac{7.31}{h_{ob} + 4.4} \right)} \quad (5)$$

Donde:

$P$  es la presión atmosférica.

$T$  es la temperatura.

$h_{ob}$  es la altura del sol observada.

La presión se obtiene mediante la ecuación 6.

$$P = e^{\left[ \frac{\ln(44331.5 - A_p)}{0.19026} - 49.31 \right]} \quad (6)$$

Donde:

$A_p$  es la altura sobre el nivel medio del mar del punto de observación. Con el tiempo local de cada observación se obtiene la declinación del sol en la fecha y hora determinada;, el dato de la declinación se tomó de la página de Internet del Instituto de Mecánica Celeste.

Una vez obtenidos los ángulos horizontales y verticales corregidos y la declinación del sol se procede al cálculo del azimut de la línea de referencia, efectuando los siguientes pasos:

Utilizando la ecuación 7 se determina el azimut solar para cada instante en que se determinó la altura del mismo.

$$A = \operatorname{Cos}^{-1} \left( \frac{\operatorname{sen}(d) - \operatorname{sen}(j) \operatorname{sen}(h)}{\operatorname{cos}(j) \operatorname{cos}(h)} \right) \quad (7)$$

Donde:

*A* : es el azimut solar.  
*d* : es la declinación del sol en cada instante.  
*j* : es la latitud del punto donde se ubicó el teodolito, en este caso el vértice GPS<sub>1</sub>.  
*h* : la altura del sol corregida por refracción.

1. Se determina el azimut del cer,, se debe aclarar que en los casos es que se coloque en el teodolito una lectura de arranque 0° 0' 0", no se requiere determinar dicho valor.

2. Se calcula el azimut de la referencia, sumando algebraicamente con el signo adecuado.

El azimut astronómico definitivo encontrado para el alineamiento pétreo sur es  $A_L=91^{\circ} 10' 17''.5615$ , dicho valor resulta de hallar el promedio matemático de los azimut obtenidos en las diferentes fechas de observación, como se muestra en la tabla 4.

Fecha de observación	No. de sesión	Azimut Hallado		
Febrero 18 de 2007	sesión 1	91	10	54,2825
Febrero 18 de 2007	sesión 2	91	10	7,1805
Abril 4 de 2007	sesión 1	91	10	21,6557
Abril 4 de 2007	sesión 2	91	10	2,7420
Abril 5 de 2007	sesión 1	91	10	4,3178
Septiembre 22 de 2007	sesión 1	91	10	15,1906
VALOR MEDIO		91	10	17,5615

### Cálculo del azimut solar de los días de equinoxios y solsticios.

A continuación se realiza el cálculo del azimut del sol en el momento de la salida por el horizonte del sitio los días en que ocurre los eventos de solsticios osequinoccios en los años de 2005, 2006 y 2007, para comparar con las proyecciones de los alineamientos de Saquenzipa.

El cálculo se efectuó utilizando las ecuaciones 7 y 8.

$$h = \text{sen}^{-1}(\text{seni} \text{ send} + \text{cosi} \text{ cosd} \cos H) \quad (7)$$

Donde:

H: Ángulo horario del sol en cada instanteo.

Los alineamientos pétreos existentes en el emplazamiento norte presentan una configuración geométrica aproximadamente rectangular, como se muestra en la figura ;, el largo del alineamiento sur es de

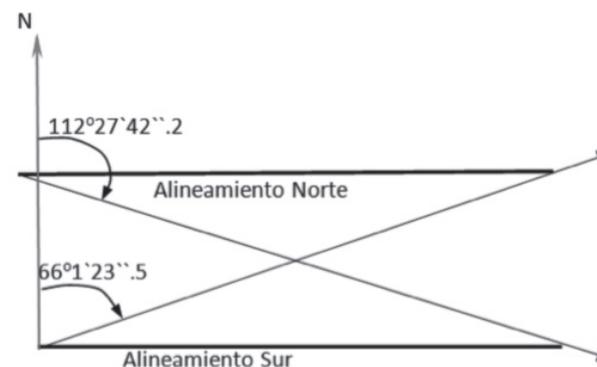


Figura 7. Esquema del ángulo de las diagonales entre los alineamientos

3s m con 60scm, mientras que el largo del norte es 3s m con 30scm.n La configuración rectangular permite suponer alguna relación geométrica con los puntos de salida del sol en el horizonte, los días de solsticios y/osequinoccio., Realizando la medición de los ángulos de las diagonales que forman dichos alineamientos se encuentra que las direc-

ciones con respecto a la norte terrestre, coinciden con los puntos de salida del sol en el horizonte en los solsticios. Respecto a los equinoccios, coinciden con la dirección del alineamiento sur, cuya orientación respecto a la norte terrestre es de  $91^{\circ} 10'$

$17'' .5$ , mientras que la dirección donde se ve salir el sol en el horizonte el día del equinoccio de marzo, está entre  $90^{\circ}$  y  $91^{\circ}$ , como se puede ver en los cálculos de azimut para dichos días (tablas 5, 6 y 7).

**Tabla 5.** Azimut del sol en la fecha de los equinoccios y solsticios en el año 2005

Evento	Fecha	Azimut (GMS)
Equinoccio de marzo	Marzo 20 de 2005	$90^{\circ} 42' 35'' .7$
Solsticio de junio	Junio 21 de 2005	$66^{\circ} 59' 20'' .3$
Equinoccio septiembre	Septiembre 23 de 2005	$90^{\circ} 12' 27'' .3$
Solsticio de diciembre	Diciembre 22 de 2005	$113^{\circ} 57' 23'' .1$

**Tabla 6.** Azimut del sol en la fecha de los equinoccios y solsticios en el año 2006

Evento	Fecha	Azimut (GMS)
Equinoccio de marzo	Marzo 20 de 2006	$90^{\circ} 59' 21'' .4$
Solsticio de junio	Junio 21 de 2006	$66^{\circ} 47' 3'' .4$
Equinoccio septiembre	Septiembre 23 de 2006	$90^{\circ} 18' 14'' .7$
Solsticio de diciembre	Diciembre 22 de 2006	$113^{\circ} 34' 46'' .7$

**Tabla 7.** Azimut del sol en la fecha de los equinoccios y solsticios en el año 2007

Evento	Fecha	Azimut (GMS)
Equinoccio de marzo	Marzo 21 de 2007	$90^{\circ} 0' 54'' .4$
Solsticio de junio	Junio 21 de 2007	$66^{\circ} 47' 12'' .1$
Equinoccio septiembre	Septiembre 23 de 2007	$90^{\circ} 48' 17'' .1$
Solsticio de diciembre	Diciembre 21 de 2007	$113^{\circ} 33' 54'' .6$

En este aspecto es pertinente aclarar que el sitio de observación, por estar muy corno al ecuador terrestre, el azimut de salida del sol en la fecha en que ocurren los equinoccios es aproximadamente de  $90^{\circ}$ , sin embargo, desde el sitio de Saquenzipaal que tiene una latitud geográfica de  $5^{\circ} 38' 49.793''$  Norte, el día en que el sol pasa por el cenit del sitio las sombras se proyectaban exactamente al oeste del objeto, antes de las 12 m (figura 8) y después de estas horas se proyectan al este exactamente y desde luego, a las 12 m no proyectan ninguna sombra. En el sitio

de estudio esto sucede unos diez días después de ocurrido el equinoccio de marzo y unos diez días antes de producirse el de septiembre.

## CONCLUSIONES

Los valores matemáticos de orientación de los pétreos con respecto a la norte terrestre, indican que los alineamientos fueron utilizados como referentes astronómicos por los pobladores que los construyeron; es decir, las construcciones pétreas



alineadas en sentido exacto este-oeste fueron un observatorio astronómico pues no obedece al azar los alineamientos en una dirección exacta, los constructores tuvieron que analizar, entender, realizar observaciones del recorrido del sol, durante varios períodos, posiblemente varias generaciones, hasta lograr materializar dicha trayectoria sobre la superficie terrestre.

Una vez materializados dichos referentes, es cuestión de realizar una cuidadosa observación para determinar eventos como: inicio y/o finalización de fenómenos que eran y siguen siendo fundamentales conocer con suficiente precisión, ya que de ello depender las siembras y las cosechas de los alimentos para la comunidad.

Se determinó que la diagonal en sentido N-E, entre los alineamientos notables del emplazamiento norte del campo, coincide con la posición geográfica de las lagunas de Iguaque y a la vez con la salida del sol en el horizonte el día del solsticio de verano. La diagonal en sentido S-E coincide con la salida del sol en el horizonte el día del solsticio de junio.

Las comunidades indígenas americanas, al igual que las del resto del mundo no pueden ignorar ni ser ajenos a los fenómenos astronómicos; al conocerlos, entenderlos y referenciarlos son de utilidad invaluable y determinante para la supervivencia del cuerpo y del alma de los pueblos.

En Colombia, y en todas partes, las comunidades científicas embriagadas por las ciencias físicas relativistas no permiten pensar ni ocuparse de la astronomía observacional práctica, que permite entender el legado de los antepasados y realizar aportes concretos para un mejor vivir de nuestros pueblos, desprovistos de recursos y sin acceso a los conocimientos que brindan las ciencias naturales cuando son trabajadas y aplicadas en nuestro medio terrenal.

## BIBLIOGRAFÍA

- MARTÍN-ASÍN, F. (1983). Geodésia y cartografía matemática. 3.ª ed. Madrid: Editorial Paraninfo. 430 p.
- MARTÍN-ASÍN, F. (1990). Astronomía. Madrid: Editorial Paraninfo. 424 p.
- MORALES, P.J.D. (2007). Bachué serpiente celeste. Arqueoastronomía.org. Versión en línea: [<http://www.arqueoastronomia.org/contact.htm>]. Fecha de consulta: 01-11-2010
- PORTILLA B. J. G. (2001). Elementos de astronomía de posición. Bogotá: Observatorio Universidad Nacional de Colombia.
- SILVA-CELIS, E. (1981). Investigaciones arqueológicas en Villa de Leiva. Bogotá: Boletín Banco de la República 10:1-18.
- URIBE-WHITE, E. (1945). Azimut, latitud y longitud. Bogotá.
- ZAKATOV, P. S. (1981). Curso de Geodesia Superior-URSS. URSS.