

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS**  
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO CENTROAMERICANO DE SUYAPA

***Maestría en Astronomía y Astrofísica***



*Búsqueda a través de un Modelo por Ordenador de Alineamientos Astronómicos  
entre el Planeta Venus, Altares G y Estelas ubicados en la Gran Plaza del  
Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Honduras.*

**JOSÉ ISAAC ZABLAH AVILA**

Tesis de la Maestría en Astronomía y Astrofísica

**Dra. MARIA CRISTINA PINEDA DE CARÍAS**

*Tutora*

Ciudad Universitaria, Tegucigalpa M.D.C. – Honduras, América Central

Abril 02, de 2009

## TABLA DE CONTENIDO

|   |          |
|---|----------|
| <b>RESUMEN .....</b>  | <b>5</b> |
| <b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>6</b> |
| <b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>  | <b>9</b> |
| II.1. Fundamentos y Relaciones .....  | 9        |
| II.1.1. La Astronomía .....   | 9        |
| II.1.2. La Arqueoastronomía.....  | 11       |
| II.1.3. Relación.....   | 12       |
| II.2. Algunos Sistemas de Coordenadas Usados en Astronomía.....             | 13       |
| II.2.1. Sistemas de Referencia .....  | 13       |
| II.2.2. Planos, Esferas y Ejes .....  | 13       |
| II.2.3. El Sistema de Coordenadas Naturales o Coordenadas Horizontales..... | 16       |
| II.2.4. El Sistema de Coordenadas Geográficas.....                          | 17       |
| II.2.5. El Sistema de Coordenadas Horarias .....                            | 19       |
| II.2.6. El Sistema de Coordenadas Celestes o Ecuatoriales Absolutas .....   | 20       |
| II.2.7. El Concepto de Tiempo y su Medida.....                              | 22       |
| II.2.8. Calendarios .....   | 24       |
| II.2.8.1. El Calendario Juliano .....                                       | 24       |
| II.2.8.2. Calendario Gregoriano.....  | 25       |
| II.3. La Observación Astronómica a Simple Vista.....                        | 25       |
| II.3.1. Movimientos Aparentes y la Observación del Sol .....                | 27       |
| II.3.2. Movimientos Aparentes y la Observación del Planeta Venus .....      | 28       |
| II.4. Manejo de Coordenadas y Cálculo de Efemérides .....                   | 34       |
| II.4.1. Trigonometría Esférica.....   | 34       |
| II.4.2. Conversión entre Coordenadas .....                                  | 37       |
| II.5. La Civilización Maya .....  | 39       |
| II.5.1. Localización Geográfica de los Mayas.....                           | 39       |
| II.5.2. Período de Desarrollo de los Mayas .....                            | 40       |
| II.6. Astronomía en la Cultura Maya .....                                   | 43       |
| II.6.1. Cosmología.....   | 43       |

|  |            |
|--|------------|
| II.6.2. El Calendario Maya .....   | 48         |
| II.6.3. Las Observaciones Mayas del Planeta Venus .....                                  | 51         |
| II.6.3.1. Venus en los Códices.....  | 53         |
| II.6.3.2. Glifos de Interés .....  | 55         |
| II.6.3.3. Deidades Asociadas con Venus.....  | 57         |
| II.6.3.4. Festividades y Ritos Asociados a Venus.....                                    | 59         |
| II.7. El Parque Arqueológico de Copán Ruinas.....  | 60         |
| II.7.1. Localización Geográfica.....   | 60         |
| II.7.2. Reseña de las Investigación Realizadas en Copán .....                            | 63         |
| II.7.3. Venus y los Monumentos de Estudio en el sitio Arqueológico de Copán Ruinas.....  | 65         |
| II.7.4. El Linaje K' Inich Yax K' Uk' Mo' .....  | 80         |
| <b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>   | <b>90</b>  |
| III.1. Hipótesis.....  | 91         |
| III.2. Objetivos .....   | 91         |
| III.2.1. Objetivo General .....  | 91         |
| III.2.2. Objetivos Específicos.....  | 92         |
| <b>IV. METODOLOGÍA.....</b>  | <b>94</b>  |
| <b>V. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS Y RESULTADOS .....</b>                                    | <b>100</b> |
| V.1. Medición de las Dimensiones y Proporciones de los Monumentos de Estudio.....        | 100        |
| V.2. Observación Astronómica.....  | 108        |
| V.2.1. Equinoccio de Primavera .....   | 108        |
| V.2.2. Primer Paso del Sol por el Cenit (SN).....  | 117        |
| V.3. Elaboración de Horizontes Virtuales de Puntos Definidos .....                       | 121        |
| V.3.1. Horizontes.....   | 121        |
| V.3.2. Modelado del Horizonte y el Cielo en el Templo 22 - Altares G.....                | 123        |
| V.3.3. Modelado y Comprobación de los Datos Obtenidos del Templo 22.....                 | 130        |
| V.3.4. Orientaciones Angulares entre los Altares G y Estelas .....                       | 133        |
| V.4. Aplicación del Modelo Computarizado y sus Resultados Obtenidos .....                | 135        |
| V.5. Documentación Iconográfica.....   | 150        |
| V.5.1. Comparación Iconográfica Física entre el Templo 22, la Estela B y Altares G ..... | 158        |
| <b>VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>   | <b>166</b> |

VI.1. Eventos Observables de Venus y las Coincidencias entre las Orientaciones del Templo 22  
y Altares G – Estelas..... 166

VI.2. A Nivel Iconográfico..... 167

**VII. CONCLUSIONES..... 169**

**ANEXOS..... 171**

**BIBLIOGRAFÍA..... 179**

UDI-DEGT-UNAH



# BÚSQUEDA A TRAVÉS DE UN MODELO POR ORDENADOR DE ALINEAMIENTOS ASTRONÓMICOS ENTRE EL PLANETA VENUS, ALTARES G Y ESTELAS UBICADOS EN LA GRAN PLAZA DEL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE COPÁN RUINAS, HONDURAS.

## RESUMEN

En esta investigación se ha realizado un modelo por ordenador, con el fin de encontrar alineamientos astronómicos marcados durante el Gobierno de Yax Pac entre Venus, los Altares G y Estelas de la Gran Plaza de Copán; como base para el estudio de estos eventos, se tomó como referencia los sucesos que se observaron años atrás por 18 Conejo, con la ayuda de la ventana al oeste del Templo 22. Para sustentar los hallazgos, se recolectaron datos arqueológicos de tipo iconográfico, de orientaciones de monumentos, de eventos culturales, sociales y religiosos en Copán que respalden los hallazgos astronómicos de este trabajo.

**Palabras Clave:** Copán, Venus, Alineamientos, Altares G

# I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo existe gran diversidad de sitios arqueológicos, restos que quedan de culturas antiguas que desarrollaron, entre otras cosas, la astronomía y que en algunos casos construyeron estructuras adecuadas de tal manera que sirvieran de punto de referencia para eventos astronómicos. Una de las culturas antiguas en América es La Maya, a través de sus escritos; y sobre todo por medio de las estructuras y distintos monumentos en sus ciudades, ellos nos legaron sus conocimientos, costumbres y condiciones de vida. Esta cultura desarrolló un especial interés por la astronomía, la cual se refleja en calendarios, escritos y construcciones. En el caso particular de Copán en Honduras y basándose en los estudios arqueoastronómicos recientes de eventos Solares, realizados por Pineda de Carías, Véliz y Agurcia (Pineda de Carías, et. al., 2002: 15-44), permite considerar la posible existencia de alineamientos con objetos celestes. De manera que, esta investigación representa un aporte en el área de la arqueoastronomía Maya, la que ha venido desarrollándose en los últimos años en el Parque Arqueológico de Copán Ruinas, y tiene como fin mostrar la existencia de alineamientos entre Venus, los Altares G y Estelas, ubicados en la Gran Plaza; a través de la recopilación de datos sobre el uso y conocimientos que sobre este planeta se tenía en la cultura Maya, especialmente en la ciudad donde se realiza el presente trabajo.

Este documento está organizado en una serie de capítulos. En el Marco Teórico (Cap. II); se ha hecho una recensión de los aspectos básicos y fundamentales para desarrollar esta investigación; como ser los fundamentos sobre astronomía, sistemas de coordenadas empleados y el proceso de observación astronómica. En el mismo capítulo, se describen las interioridades de la civilización maya como ser su ubicación geográfica y temporal, se detallan aspectos relacionados con Venus en la astronomía maya; además se incluye un detalle de los sistemas de cómputo de tiempo que esta cultura utilizaba. Finalmente, se describe lo que es el parque Arqueológico de Copan Ruinas, haciendo énfasis en los aspectos relacionados a la iconografía y de los monumentos de interés para este estudio.

En el Planteamiento del Problema (Cap. III), se describe y detalla lo que se quiere solventar en esta investigación; lo cual es poder determinar si existen alineamientos astronómicos como resultado de la colocación y empleo de los Altares G durante el gobierno de Yax Pac, para marcar en la Gran Plaza los eventos astronómicos relacionados con el planeta Venus que fueron observados por 18 Conejo en el Templo 22. A partir de ello se generan las hipótesis y objetivos de la presente investigación. En la Metodología empleada (Cap. IV), para encontrar la Solución al problema fue la elaboración de un modelo por ordenador para simular el cielo sobre la Gran Plaza. Estando ubicado el observador en un punto medio entre los Altares G, que a través de esta investigación se le ha nombrado como Punto G.

En el apartado de Descripción de los Datos y Resultados (Cap. V), se describen los monumentos que han sido medidos, ya que en Copán (igual que en otras ciudades mayas) hay evidencia de haber orientado y colocado estructuras y monumentos con fines astronómicos. Específicamente, en la Gran Plaza existe una serie de estelas y altares, pero de especial importancia para este trabajo es el conjunto de altares G; porque en ellos se encuentra tallado el glifo representativo del planeta Venus. Otro monumento que fue estudiado en este trabajo, fue el Templo 22, que conforme a la evidencia bibliográfica (Baudez, 1994: 200; Fash y Agurcia, 2004: 28; Aveni, 1983: 245), este monumento está relacionado con el 13avo. Gobernante de Copán, con Venus y con el Dios de las cosechas/lluvias, llamado Chac.

En este mismo capítulo, se detallan las observaciones realizadas para determinar proporciones y orientaciones con respecto a los ejes N-S y E-W de todo el Templo 22 y de la ventana hacia el oeste que fue utilizada para observar a Venus por las tardes. Los datos se extrapolaron, buscando orientaciones coincidentes en la Gran Plaza, y se les buscó una relación con el movimiento aparente de Venus de especial importancia en dirección oeste, que haya sido marcado con esos monumentos. Para brindar exactitud, se utilizó software y ordenadores para comprobar la existencia de alineamientos, para que finalmente se relacionaran con sucesos de importancia social en el mundo Maya de la época o viceversa. Para completar esta sección de este documento, se detalla la manera como se elaboró el modelo por ordenador, desde la construcción de horizontes virtuales, hasta el empleo de herramientas de software comercial y propio del autor para dar validez a las mediciones obtenidas en el Parque Arqueológico de

Copán Ruinas y obtener como resultado los alineamientos; por último los hallazgos se complementan con la documentación iconográfica de los monumentos estudiados.

En el capítulo dedicado a la Discusión de los Resultados (Cap. VI), se describen los alineamientos encontrados y como estos han surgido por medio de la presente investigación. Por último, en el capítulo VII, se presentan las Conclusiones y se plantea el futuro de posibles nuevas líneas de trabajo en esta misma área.

UDI-DEGT-UNAH

## II. MARCO TEÓRICO

### II.1.FUNDAMENTOS Y RELACIONES

#### II.1.1. La Astronomía

Etimológicamente, astronomía es la ley de las estrellas, derivándose de los vocablos griegos *astron* (estrella) y *nomos* (ley). La Astronomía se define (Roth, 2009:1; Karttunen, Kroger, Oja, et. Al. 1996:1-4) como la ciencia que trata el Universo, que estudia el movimiento, la estructura, origen y desarrollo de los cuerpos celestes y los sistemas que estos conforman. La astronomía, al estudiar los cuerpos celestes, plantea tres tareas fundamentales. La *primera*, el estudio de las posiciones y movimientos reales y aparentes de los astros. *Segunda*, estudia la estructura física y la materia que compone a los cuerpos celestes. *Tercera*, trata el desarrollo y resolución de los problemas del posible destino de los cuerpos celestes y de los sistemas que ellos conforman.

La astronomía, como ciencia que estudia un campo bastante amplio como ser el Universo, realiza análisis de diversos cuerpos y sistemas complejos. A raíz de lo anterior y para facilitar su estudio, esta ciencia se divide en ramas para atender los múltiples enfoques a los que se somete y así utilizar diversas técnicas para realizar los estudios científicos, en un nivel muy general se divide así (Bakulin, et. Al. 1983:11):

- **Astrometría o Astronomía de Posición:** Es la parte de la Astronomía que se encarga de medir y estudiar la posición y el movimiento propio de los cuerpos celestes, valiéndose de métodos teóricos y prácticos para realizar su medición. Entre sus objetivos, se destacan el establecimiento de los sistemas de coordenadas celestes; y la obtención de parámetros que caracterizan las irregularidades de la rotación de la Tierra.
- **Mecánica Celeste o Astrodinámica:** Estudia el movimiento de los astros, elabora teorías para explicar el movimiento de los cuerpos celestes así como métodos para determinar sus trayectorias permitiendo calcular las efemérides de los mismos.

- **Astrofísica:** Estudia el origen, la estructura, composición, propiedades físicas y evolución de los astros individuales así como también de los sistemas que los conforman.

Daintith y Gould (2006:35-36), proporcionan una definición y división más moderna y amplia sobre lo que es la astronomía, de manera que la define como el estudio observacional y teórico de los cuerpos celestes, del espacio y del Universo como un todo. Esta ciencia se divide en tres grandes áreas que son la astrometría, la astrodinámica y la astrofísica; ésta a su vez esta subdividida en cosmología, radio astronomía, astronomía de rayos X, de rayos gama, del infrarrojo, del ultravioleta y estadística estelar. La astrofísica, estudia específicamente las propiedades, constitución y evolución de los cuerpos celestes y del medio interestelar a partir de la energía que se produce y se emana de ellos. Hoy en día, se unen los nombres de astronomía y astrofísica como uno.

El desarrollo histórico de la astronomía inicia desde las civilizaciones antiguas en varias partes del mundo. En la antigua Grecia, Aristóteles fue el primero en proponer que la Tierra era el centro del universo, y con ello según él quedaba explicado el movimiento de los cuerpos en el cielo. Para 1543, Nicolás Copérnico propone un modelo heliocéntrico (esto es que el Sol es el centro del universo). Posteriormente, Galileo Galilei, se convirtió en el primer astrónomo en utilizar un telescopio como instrumento para observar y estudiar sistemáticamente el cielo; él obtuvo varios resultados, entre ellos un apoyo adicional a la teoría heliocéntrica copernicana (Morison, 2008:1-3). Cerca del año 1600, Tycho Brahe observó los cuerpos del Sistema Solar conocidos de la época; rechazando a consecuencia de ello la visión heliocéntrica de Copérnico, proponiendo que la Tierra no estaba exactamente en el centro del universo y que el Sol y la Luna giraban alrededor de él; mientras que los planetas giraban alrededor del Sol, llegando a esta conclusión después de casi veinte años de observaciones. A su muerte, le sucede su asistente Johannes Kepler, quien continúa con el análisis de los datos; concluyendo con sus tres leyes del movimiento planetario y dando origen a una nueva visión del movimiento orbital de los planetas (Dreyer, 1953:374-382). Hoy en día la astronomía, está basada tanto en supuestos teóricos como en observaciones para comprobar las teorías y modelos. Se ha

obtenido un mayor avance de esta ciencia en los últimos años, por el uso de instrumentación y por la conformación de sociedades científicas orientadas a su desarrollo.

### **II.1.2. La Arqueoastronomía**

La Arqueoastronomía puede definirse como: “*El estudio comparado de la astronomía en las civilizaciones arcaicas*” (Broda, 1982: 73). O Bien, puede considerarse como el estudio del alcance y de la práctica de la astronomía en las civilizaciones antiguas, trabajando a través de vestigios escritos, arqueológicos, arquitectónicos e iconográficos; con los cuales se busca obtener relaciones precisas de los cuerpos celestes utilizadas en la antigüedad (Aveni, 2005: 15). Otra definición propuesta (Seeds, 1990: 62), determina que es el estudio de la astronomía de las civilizaciones primitivas y antiguas.

Los orígenes históricos de esta ciencia, se remontan a las investigaciones realizadas por Sir Norman Lockyer en 1864; en el sitio donde se encuentran los restos megalíticos de Stonehenge (Inglaterra). Él menciona que este sitio fue utilizado y construido con fines astronómicos. Pero fue hasta 1964, que Gerald Hawkins, en su obra titulada *Stonehenge Decoded*, confirma el uso astronómico de ese sitio arqueológico, dando poco tiempo después a este tipo de estudio el nombre de *astroarqueología*; término finalmente acuñado por Hawkins en 1966, con lo que él buscó incluir en este término los estudios que se realizasen en otras ciudades y monumentos de otras civilizaciones antiguas usados con fines astronómicos (Aveni, 2005: 14; Seeds, 1990: 63-64).

Todas las civilizaciones de una u otra manera han estudiado y reverenciado el cielo. Esto se debe primordialmente a la fascinación que ello les causaba, sobre todo y hasta cierto punto la dificultad o imposibilidad de explicar con seguridad y exactitud los ciclos que presentaban los cuerpos celestes en su movimiento repetitivo aparente en el cielo. De alguna manera sabían o asumían que su movimiento era exacto, y no al azar. Esto daba la idea que estaban supeditados o eran guiados por medios fuera de la comprensión de ellos. Todo llegó al punto que muchos de sus conocimientos, creencias y premoniciones estaban basados en la “exactitud” de los astros.

Los antepasados de la civilización actual, tuvieron mucha confianza en los cuerpos celestes; en muchos casos fueron objeto de culto, asociaciones con dioses y seres supremos. Todo ello en contraste con lo que ocurre en nuestra sociedad hoy en día, en la cual los cuerpos celestes han pasado a un segundo plano para la mayoría de las personas. Otro factor de importancia que se le dio a los cuerpos celestes, fue la posibilidad de valerse de ellos para medir y predecir con gran exactitud las fechas de siembra, de cosecha, períodos de gestación del ser humano y de algunos animales; lo cual también sirvió para asociar y fijar fechas de celebración y culto relacionados con fenómenos celestes. Los antiguos desarrollaron métodos y técnicas que eran entregadas o heredadas de generación en generación, por medio de registros escritos en diversos medios; los cuales, al pasar el tiempo, sirvieron para predecir con gran exactitud fenómenos con los objetos del cielo, los cuales de alguna manera se convirtieron y se utilizaron en la elaboración de calendarios y almanaques (Aveni, 2005: 13-15).

### ***II.1.3. Relación***

La Arqueoastronomía, se concibe como el estudio y la búsqueda de evidencia sobre la práctica de la astronomía realizada por los pueblos antiguos y la relación que ellos dieron a estos fenómenos con la vida de los humanos en la Tierra. Incluye el estudio de los medios en los que dejaron plasmados esos descubrimientos y esas creencias encontradas en sus ciudades y monumentos. De manera que en sí, la Arqueoastronomía es una colaboración entre ciencias como la Historia, la Antropología, la Arqueología y la Astronomía. (Broda, 1982: 72). La relación que existe entre Astronomía y la Arqueoastronomía es situar a ésta entre las investigaciones arqueológica y astronómica; su objetivo es el estudio de las prácticas astronómicas de las antiguas culturas y civilizaciones, relacionadas con sus ciclos culturales y económicos; fundamentándose en registros orales, escritos y arqueológicos (Hawkins, 1965). Entendido de otro modo, es la combinación constructiva de la astronomía con la arqueología, específicamente donde estas dos ciencias se intersectan, para estudiar los registros históricos previos al inicio de la astronomía como una disciplina científica; lo que conlleva a usar el conocimiento astronómico actual para ampliar el sentido y entendimiento de los registros antiguos relacionados con esta



ciencia; ya que las civilizaciones antiguas observaron los cuerpos celestes y dejaron registros de ello (Daintith, Gould, 2006: 26).

## **II.2.ALGUNOS SISTEMAS DE COORDENADAS USADOS EN ASTRONOMÍA**

En la astronomía actual, existe una variedad de sistemas de coordenadas, usados dependiendo del fin y de las referencias a utilizar. En este documento se mencionan varios, desde el más básico conocido como el *sistema de coordenadas horizontales o naturales*, que se utiliza para ubicar astros en la bóveda celeste; y el *sistema de coordenadas geográficas* utilizado, para medir y ubicar puntos sobre la superficie terrestre, entre otros.

### **II.2.1. Sistemas de Referencia**

Se emplean para describir la posición y el movimiento de los cuerpos, suelen estar formados por al menos un punto tomado como origen de referencia de coordenadas, por ejes de referencia que cortan el origen, pueden emplearse planos y esferas para referenciar coordenadas; de manera que un cuerpo puede ser ubicado en un instante dado como la distancia de él a cada eje, plano, esfera o punto de referencia (Ridpath, 1999: 662; Daintith, Gould, 2006: 95-96).

### **II.2.2. Planos, Esferas y Ejes**

Cuando observamos el cielo a cualquier hora, notamos estar aparentemente cubiertos por una enorme bóveda. Si se observan detalladamente los objetos celestes, es posible deducir que estos salen de un lado del horizonte y se ocultan del lado opuesto; fenómeno que se repite día a día. Ese fenómeno se muestra en la Figura 1, donde se detalla cómo es posible asimilar la idea que el cielo es una esfera que nos rodea y rota alrededor de nosotros. Esa visión, recibe el nombre de *esfera celeste*; y es definida como la esfera imaginaria que aloja los cuerpos celestes, que rota diariamente, nos rodea y se centra en el observador.

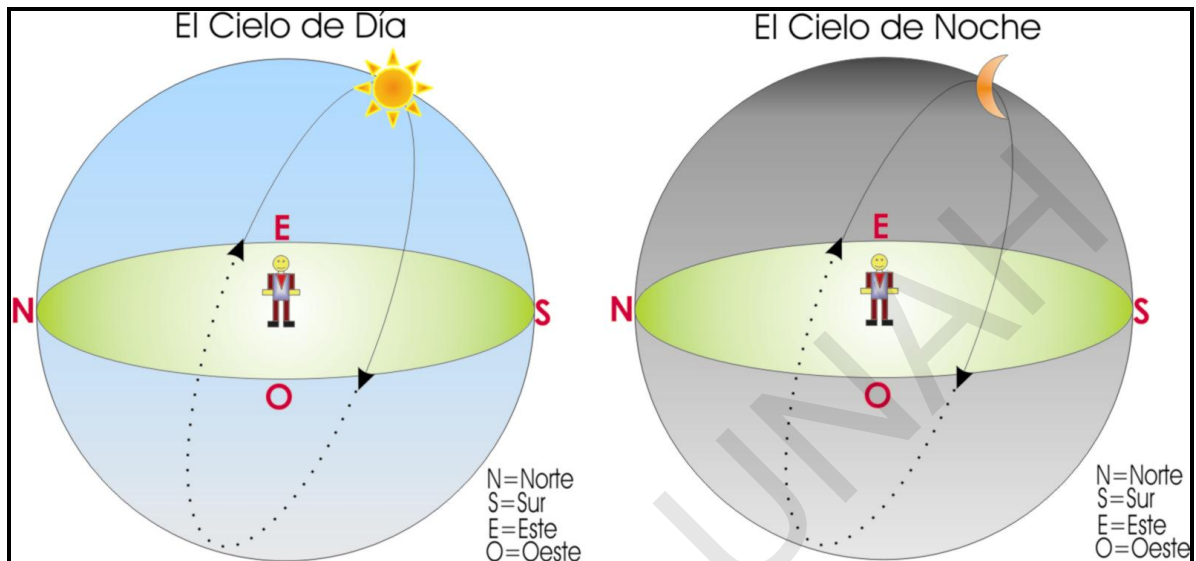


Figura 1: Los diagramas muestran el concepto de esfera celeste, considerada en el cielo de día como en el cielo de la noche.

El concepto de esfera celeste, fue concebido desde la antigüedad (se conoce porque el griego Eudoxius (406-350 a.C.) desarrolló la idea de esfera celeste. Pero a su vez fue empleada y desarrollada aun más por Aristóteles, Tolomeo y Copérnico) ya que los seres humanos siempre se han interesado por el mundo que los rodea y además se han preocupado por explicar las causas que originan la sucesión de los días, por reconocer y explicar los fenómenos de los astros visibles a simple vista. Hoy en día, se sabe que el cielo no es una enorme esfera; y que los objetos que en él se encuentran, son de diversos orígenes, tipos y están a diferentes distancias respecto a nosotros. Por otra parte, el movimiento diurno que percibimos de ellos es el resultado de la rotación diaria de nuestro planeta sobre su eje. Pero el conocimiento heredado de los antiguos es útil hoy en día, sobre todo para estudiar y representar los *movimientos aparentes* de los astros en el cielo, vistos desde la Tierra (Forbes, 2006:14-24).

Para describir los movimientos de los astros, resulta de mucha utilidad hacer uso de líneas y puntos de referencia sobre la esfera celeste. Podemos representar lo anterior situando a una persona (que llamaremos observador) sobre la superficie de la Tierra, la cual tendría una

sensación de estar de pie sobre una plataforma rodeada por una gran esfera. El *Cenit*, es el punto de la esfera celeste que esta sobre la cabeza del observador. Se denomina *Horizonte* al plano perpendicular al eje que une al punto donde está parado el observador con el cenit; se denomina horizonte celeste al gran círculo donde se une el horizonte del observador con la esfera celeste o dicho de otra manera es el plano que separa la superficie terrestre del cielo. En dirección opuesta al cenit e inobservable se encuentra el punto llamado *Nadir*. En la Figura 2, se marcan las referencias anteriores y además muestra las divisiones de la esfera celeste como ser: el *hemisferio visible* (situado sobre el horizonte y en el cual el observador siempre puede observar los cuerpos celestes) y el *hemisferio invisible* (situado bajo el horizonte y en el cual el observador no puede observar los cuerpos celestes) (Daintith, Gould, 2006: 71, 271, 530, 316).

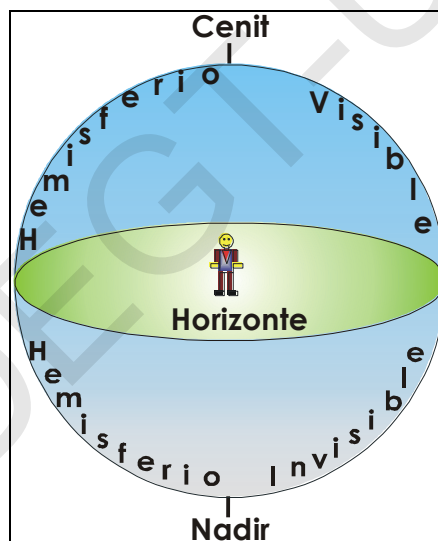


Figura 2: Divisiones de la esfera celeste, en hemisferio visible y hemisferio invisible.

Usualmente, es necesario describir la posición de un astro en el cielo. Se puede utilizar para este fin la esfera celeste junto con medidas angulares referenciadas o relacionadas al horizonte, al ecuador (que es definido, como la circunferencia máxima perpendicular al eje de la tierra que la divide en dos hemisferios(Ridpath, 1997)), los polos y/o otros puntos o círculos útiles para estas medidas. Se denomina *distancia angular* a la separación que hay entre dos puntos de la esfera celeste cuando esta separación se mide por el arco de la circunferencia que los une. Para cuantificar la distancia angular, usamos las unidades angulares como ser los grados ( $^{\circ}$ ), minutos

(') y segundos ("). Una circunferencia, posee una medida angular de  $360^\circ$ , su mitad  $180^\circ$  y su cuarta parte  $90^\circ$ .

### **II.2.3. El Sistema de Coordenadas Naturales o Coordenadas Horizontales**

Para medir la posición de un astro en el cielo, lo más usual es referenciarlo respecto al horizonte y al cenit. Las coordenadas así medidas, se denominan como *coordenadas horizontales o naturales*. En este sistema se asume que la esfera celeste es infinitamente grande y se diferencian dos parámetros de referencia para este tipo de coordenadas:

- **Altura:** Es la elevación del objeto en el cielo, medida a partir del horizonte hacia el cenit. Su valor mínimo es  $0^\circ$  sobre el horizonte y su valor máximo es de  $90^\circ$  en el cenit.
- **Acimut:** Es el ángulo medido recorriendo el horizonte en el sentido de las manecillas del reloj, a partir de un punto escogido como referencia. Suele utilizarse para ello los puntos cardinales, que se definen como los cuatro puntos principales del horizonte; observacionalmente estos son: el este (punto que está definido, como el punto donde se cruza el ecuador celeste con el horizonte y coincide con la dirección de la salida del Sol en el equinoccio), el oeste (punto completamente opuesto al este, al igual que el anterior es un punto donde corta el ecuador celeste con el horizonte); el este y el oeste forman un eje, que pasa por el punto donde se encuentra parado el observador y si él está de frente al oeste, a su derecha se encontrará el norte y a su izquierda el sur, y que al unirlos formarán un eje perpendicular al eje Este-Oeste (Daintith, Gould, 2006: 65). Si se elige como referencia inicial el punto cardinal del norte (N), el acimut mide ahí  $0^\circ$ , en el este (E)  $90^\circ$ , en el sur (S)  $180^\circ$ , en el oeste (W)  $270^\circ$  y  $360^\circ$  cuando abarca el horizonte completo.

En la Figura 3, se da un ejemplo de la forma de cómo medir las coordenadas horizontales de un cuerpo celeste en un instante dado. En el ejemplo  $h$  representa la altura y  $A$  representa el acimut.

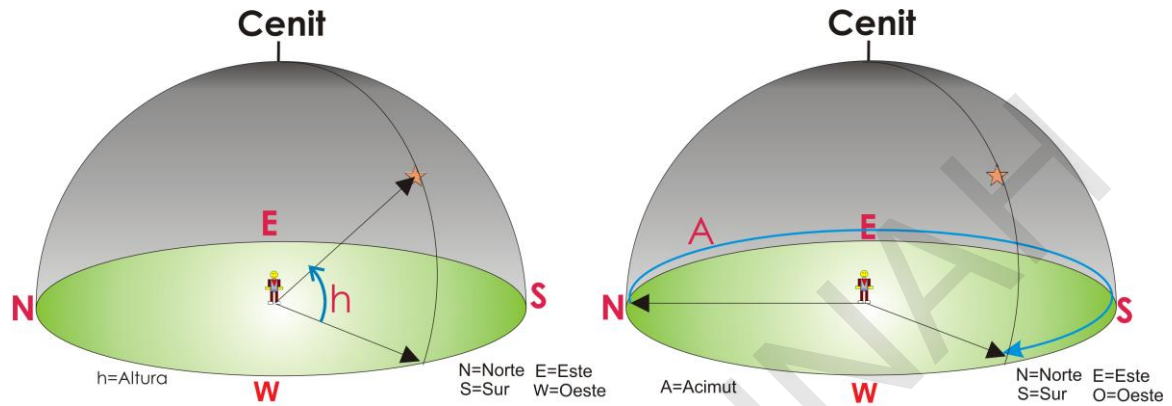


Figura 3: Representación de las coordenadas naturales, el observador se encuentra ubicado en el centro del plano del horizonte. A la derecha la medición de la altura y a la izquierda la medición del acimut.

#### II.2.4. El Sistema de Coordenadas Geográficas

Para ubicar un punto sobre el globo terráqueo, se han trazado un conjunto de líneas y puntos imaginarios de referencia sobre éste. Se ha definido el *Polo Norte Terrestre* y el *Polo Sur Terrestre*, como los puntos en cada extremo del eje de rotación de la Tierra. Se definió como *Ecuador*, al gran círculo perpendicular al eje terrestre, ubicado en el centro del planeta equidistante de los dos polos. Se trazaron semicírculos que van desde un polo al otro llamados *meridianos terrestres*, y círculos menores perpendiculares al eje de la Tierra y paralelos al ecuador llamados *paralelos terrestres*. Los meridianos y los paralelos le permiten al ser humano definir una red de *coordenadas geográficas*, que lo ayudan a ubicar, de una manera muy exacta, puntos sobre la superficie del planeta, como se muestra en la Figura 4, que está a continuación:

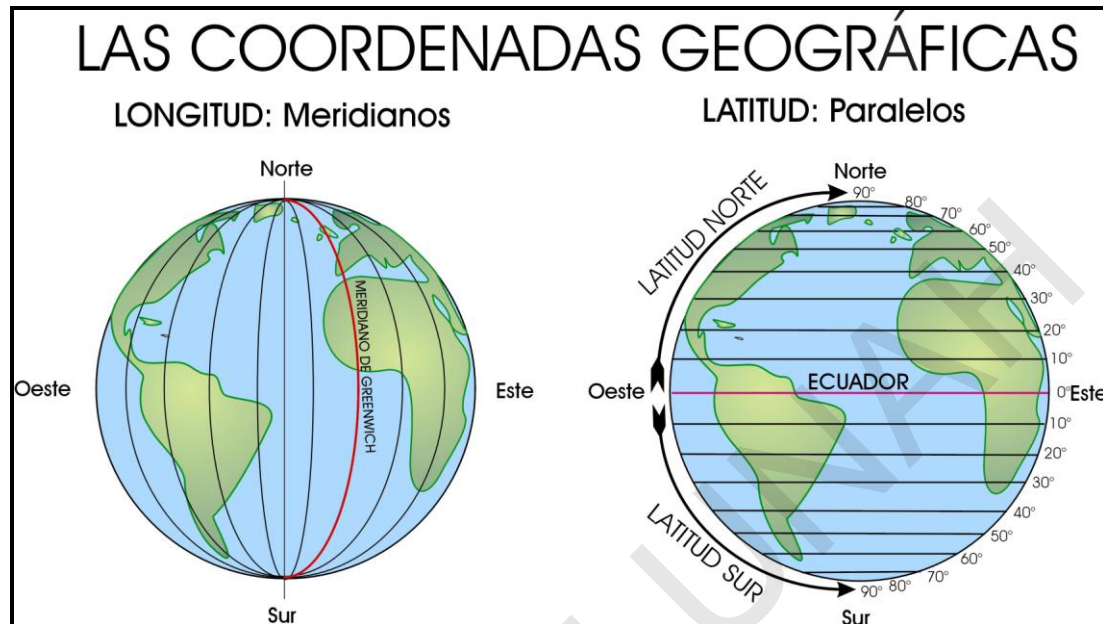


Figura 4: Las coordenadas geográficas, representadas mediante los meridianos y paralelos.

Los meridianos terrestres se miden en las unidades angulares de grados, minutos y segundos. Se comienzan a contarlos sobre el ecuador, a partir del meridiano que pasa por la ciudad inglesa de *Greenwich*, este meridiano recibe el nombre de *Meridiano de Greenwich* ó *meridiano 0°*. Los siguientes meridianos se miden sobre el ecuador terrestre, en dirección este a partir del meridiano cero. Cuando los ángulos son mayores de 180°, es conveniente medir los meridianos hacia el oeste (de Greenwich); por lo tanto, al medirlos en esa dirección; se escriben como cantidades angulares negativas. A estos valores cuantificados en los meridianos se les conoce como la *longitud geográfica*.

Sobre los paralelos terrestres, se mide la *latitud geográfica*; que se representan en unidades de grados, minutos y segundos. Se mide a partir del ecuador terrestre hacia los polos. Si la medida se hace del ecuador hacia el polo norte terrestre, la cantidad angular se le considera positiva y si se mide del ecuador hacia el polo sur terrestre, se le considera negativa. La latitud mide 0° en el ecuador, 90° en el polo norte terrestre y -90° en el polo sur terrestre.

### II.2.5. El Sistema de Coordenadas Horarias

Es un sistema que emplea como plano fundamental el plano ecuatorial de la Tierra. Sus coordenadas son (Amengual, 2007):

- **Angulo Horario (H):** Es la distancia angular medida hacia el oeste del ecuador celeste, desde el meridiano hasta el círculo horario que pasa a través de un astro. Se mide desde el Sur, en sentido retrógrado de 0h a 24h.
- **Declinación (D,  $\delta$ ):** Es una distancia angular medida en la esfera celeste, desde el ecuador celeste hasta el astro observado a través del círculo horario que pasa a través de éste. La medida obtenida, se expresa en grados y es positiva en el hemisferio celeste norte y negativa hacia el sur.

En la Figura 5, se diagrama la configuración de planos y puntos de referencias empleados en el sistema de coordenadas horarias, colocadas sobre la esfera celeste.

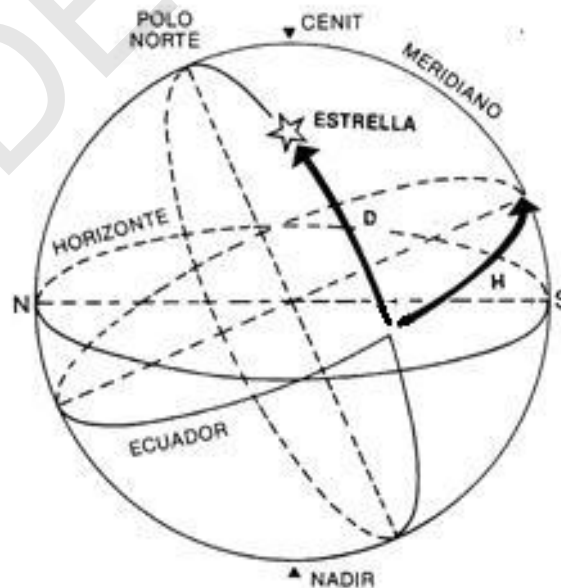


Figura 5: Referencia y Medición de las Coordenadas Horarias (Amengual, 2007).

### II.2.6. El Sistema de Coordenadas Celestes o Ecuatoriales Absolutas

Están basadas en el sistema de coordenadas geográficas, que han sido proyectadas en la esfera celeste. Este sistema de coordenadas utiliza como plano fundamental al ecuador celeste (que es la proyección del ecuador terrestre en la esfera celeste. Ridpath, 1997:77) y como eje fundamental al eje polar celeste (que es el mismo eje de rotación terrestre proyectado hacia la esfera celeste). Sus coordenadas son, la **declinación** ( $\delta$ , *DEC*) es la coordenada medida en grados en dirección al polo celeste norte o sur, desde el ecuador celeste. La **ascensión recta** ( $\alpha$ , *RA*), es la coordenada medida en sentido directo sobre el ecuador celeste a partir del punto Aries o vernal ( $\gamma$ ), (que es el punto donde se intercepta la eclíptica con el ecuador celeste, que en la actualidad está en la constelación de Piscis (Daintith, Gould, 2006: 161)); hasta la intersección entre el ecuador celeste y el círculo horario del cuerpo medido. El círculo horario se traza a partir del polo norte celeste (pnc) hasta el polo sur celeste (psc) pasando a través del objeto. La ascensión recta, tradicionalmente es medida en unidades de horas:minutos:segundos; de manera que 360° equivalen a 24 horas y una hora a 15°. Este sistema de coordenadas no se ve afectado por las coordenadas geográficas del observador, pero si por el movimiento de los planos fundamentales (Vives, 1971:120-121); en la Figura 6, se diagraman las referencias de este sistema de coordenadas.

Finalmente, se conoce como *eclíptica* al camino aparente del Sol a través del cielo en el transcurso de un año; esta ruta es el resultado del movimiento traslación de la Tierra; la eclíptica es también el plano de la órbita de la Tierra, proyectado en la esfera celeste (Ridpath, 1997:139), este camino se muestra en la Figura 7, donde se encuentran diagramadas las coordenadas celestes y las referencias usadas.



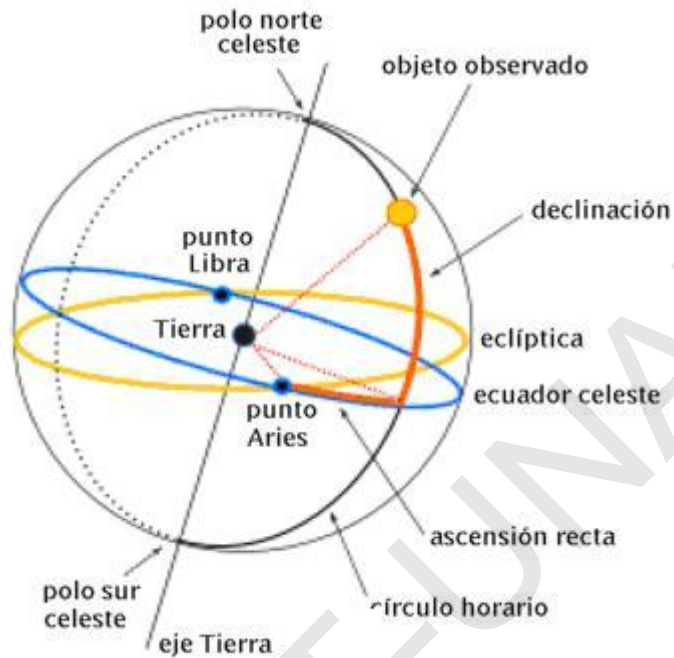


Figura 6: Referencias utilizadas en el sistema de Coordenadas Celestes, adaptado de Gleason, 1996.

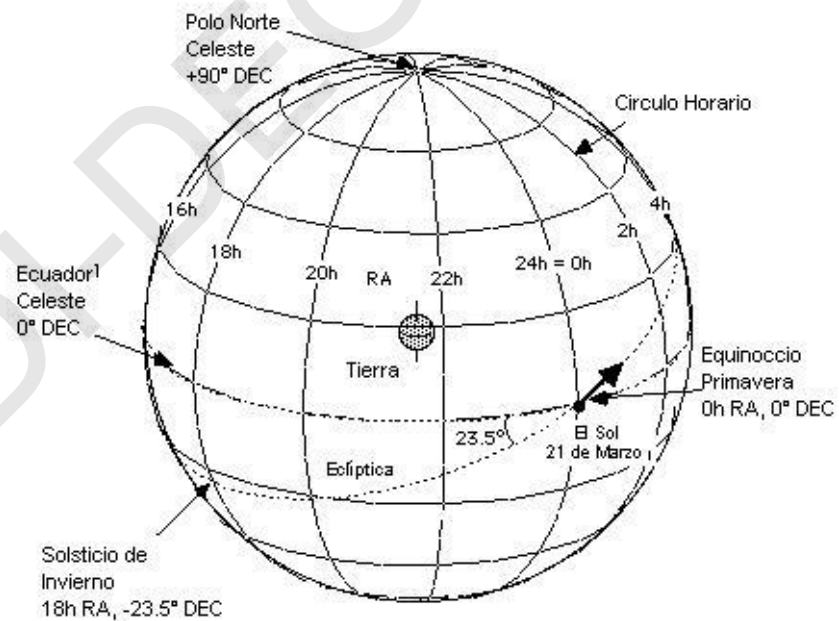


Figura 7: Las Coordenadas Celestes, adaptado de Gleason, 1996.

### **II.2.7. El Concepto de Tiempo y su Medida**

Al nivel más abstracto, se define el concepto *tiempo* como la medición de una serie de sucesos frente a otros, configurados de tal forma que dé como resultado una ordenación; de manera que un movimiento puede servir como base o referencia para establecer una escala temporal. Una definición adicional, es que el tiempo es la medición de la repetición de eventos; que para tal efecto puede considerarse con ese fin el movimiento de la aguja de un reloj, el paso del Sol por el meridiano del observador y otros; dando así origen a múltiples escalas para medición del tiempo (Green, 1985: 235).

La medición del tiempo, se basa en las observaciones de la rotación diurna de la bóveda celeste y del movimiento anual del Sol, de otra forma es el movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje y la traslación de la misma alrededor del Sol. Dado que la rotación terrestre ocurre casi uniformemente, permite observar un período de rotación igual en la esfera celeste. La unidad denominada *día*, determina su duración a partir de un punto específico en el cielo; de forma que es definido como el intervalo entre los sucesivos pasos del Sol por el meridiano (Morison, 2008:11).

No existen diferentes tipos de tiempos, sino que hay formas distintas de medirlo. La unidad día, puede ser dividida en unidades más pequeñas, como ser los minutos y segundos; que se utilizan para hacer mediciones de fracciones cortas de tiempo. Existe otra unidad mayor, conocida como año; empleada para medir grandes lapsos. Se define como *año trópico*, al paso sucesivo del centro del Sol verdadero a través del punto del equinoccio de primavera, y que por medio de muchas observaciones a través del tiempo determinaron que el año trópico equivale a 365.2422 días Solares medios. El tiempo sideral, está basado en la rotación de la tierra con respecto a las estrellas, es medido en unidades de días sidéreos, que son marcados a partir del punto del equinoccio de primavera o punto Aries. El tiempo solar medio, es medido tomando como referencia el movimiento uniforme del Sol medio (que representa una constante promedio del movimiento del Sol) que tiene como unidad el día solar medio; y utiliza como referencia un punto específico que puede ser calculado de acuerdo a la posición del Sol para ese instante. En

el caso del tiempo solar aparente, éste es medido en base al movimiento aparente del Sol, y su unidad, el día solar aparente es el intervalo que existe entre dos medios días sucesivos (Kartunnen, Kroger, Oja, et. al. 1996: 36-38; Daintith, Gould, 2006: 25 y 293; Roth, 2009:9-11).

Sobre las escalas para medir el tiempo, se mencionan las siguientes (Green, 1985: 235-236):

- **Tiempo Sideral:** Es considerado como el ángulo horario del equinoccio, influenciado por la precesión, dependiendo enteramente de la rotación de la Tierra, la cual se sabe que no es uniforme pero posee irregularidades casi periódicas.
- **Tiempo Solar:** Es definido por el ángulo horario del Sol. Esta medición depende básicamente de la rotación de la Tierra y de la ascensión recta del Sol; que cambia de acuerdo al movimiento orbital de la Tierra. Esta medición de tiempo es un híbrido a raíz de la relación de dos sucesos independientes, el *primero* es la rotación diaria de la Tierra y el *segundo*, el movimiento de la Tierra alrededor del Sol.

Con el mismo fin, otros autores, mencionan los siguientes sistemas de escalas para el cómputo del tiempo (Kartunnen, Kroger, Oja, et. al. 1996:38; Vives, 1971: 283, 247, 253):

- **Tiempo Local:** Es aquel que es medido en un meridiano geográfico dado, se le denomina tiempo u hora local de ese meridiano. Para todos los lugares en el mismo meridiano, el ángulo horario del punto del equinoccio de primavera es igual en un mismo momento; de modo que todos tienen el mismo tiempo sidéreo local.
- **Tiempo Universal:** Es el tiempo Solar medio del Meridiano de Greenwich (conocido como meridiano de origen). De modo que el tiempo local medio de cualquier punto en la Tierra, siempre es igual al tiempo universal en ese momento más la longitud del punto dado, expresado en medida horaria y tomada como positiva al este de Greenwich.
- **Tiempo del Huso Horario:** Con el fin de facilitar la vida cotidiana, en 1884 se propone el *Sistema de Cómputo de Tiempo del Huso Horario*. Consiste en que este cálculo se efectúa en los veinticuatro meridianos geográficos básicos, separado cada uno del otro por 15º (una hora) de longitud. Se definió como un huso horario, a aquellas partes de la

superficie terrestre que están divididas (por convención) por las líneas que van desde su Polo Norte a su Polo sur y que distan de los meridianos básicos en 7.5º aproximadamente a cada lado. Estas líneas están puestas exactamente en los mares y en las zonas deshabitadas del planeta, pero pueden y son ajustados para pasar por zonas de importancia económica para su beneficio. Están enumerados de 0 a 23, siendo cero el que pasa por Greenwich y colocándose los siguientes a 15º de separación contándose en rumbo este. Este sistema proporciona una misma hora, a aquellas regiones geográficas que se encuentran dentro del huso horario establecido.

### **II.2.8. Calendarios**

Este es el nombre que recibe el sistema utilizado para contar los períodos largos de tiempo. A través de la historia de la humanidad, han existido diversos tipos de calendarios. Estos se han clasificados como *Solares*, los que se han ideado para basarse en la duración del año trópico; *lunares*, en los que se usa la duración del mes sinódico o lunar; y finalmente los *lunisolares*, que son una combinación de los dos anteriores (Vives, 1971: 321; Kartunnen, Kroger, Oja, et. al. 1996:40-42).

#### **II.2.8.1. El Calendario Juliano**

Fue elaborado por el astrónomo de Alejandría llamado Sosígenes y fue introducido por Julio César en el año 46 d.C. y se ideó con el fin de cumplir con el siguiente principio:

*“La duración del año civil se considera igual a 365 días Solares medios en el transcurso de tres años sucesivos y cada cuarto año contiene 366 días.”*

De tal modo, que los años con duración de 365 días se consideran comunes y los que duran 366 son llamados bisiestos, caracterizados además por ser aquellos años que son divisibles exactamente por cuatro, y que febrero tiene un día adicional (Vives, 1971:296).

### **II.2.8.2. Calendario Gregoriano**

Surgió como resultado de la reforma del calendario Juliano realizado en 1582 por motivos religiosos, bajo las órdenes del Papa Gregorio XIII. Lo anterior se origina por la discrepancia existente entre el calendario Juliano con el año trópico; ya que este último es mayor 0.0078 días al primero, lo que ocasionó que al transcurrir el tiempo las fechas se corrieran. Esto era importante para la Iglesia, porque se tiene como regla que la fecha de pascua debe comenzar el primer domingo después del plenilunio de primavera; y al no modificarse el calendario las fechas cada día ocurrirían más tempranamente. Por ello, el Papa resolvió esto emitiendo dos principios:

1. Después del 4 de octubre de 1582 fue prescripto considerar no el 5, sino el 15 de octubre.
2. No considerar en el futuro bisiestos, aquellos años del siglo en los que el número de centenas no se divide exactamente por cuatro, como ser 1700, 1800, etc.

En base a lo anterior, se corrigió la discrepancia de los diez días acumulados del calendario Juliano desde su implementación (Bakulín, et. al. 1983: 55).

## **II.3.LA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA A SIMPLE VISTA**

Para la realización de observación astronómica, hay fenómenos que hacen variar la posición de la tierra y hacen que varíen coordenadas y valores de interés astronómicos, he aquí la definición de algunos de ellos (Kartunnen, Kroger, Oja, et. al. 1996:24-28; Ridpath, 1997: 373, 268, 451; Roth, 2009: 19-20):

- **Precesión:** También se le conoce como la precesión de los equinoccios y se presenta porque la Tierra tiene forma de un elipsoide de forma irregular, aplastada en los polos y deformada mayormente por la acción gravitacional del Sol; y que está sometida a la atracción gravitatoria del Sol y la Luna en el plano del ecuador celeste,

de modo que este fenómeno tiene como efecto el cambio de dirección del eje sobre el cual gira la Tierra, ya que éste no es perpendicular al plano de la eclíptica sino que está inclinado  $23.5^\circ$ , y presenta un balanceo durante su movimiento de traslación alrededor del Sol.

- **Nutación:** Es el fenómeno de la oscilación periódica del polo de la Tierra alrededor de su posición media en la esfera celeste, debido a la influencia de la órbita lunar excéntrica e inclinada sobre el planeta.

Las condiciones de observación, pueden verse afectadas por fenómenos locales en el cielo que degradan la calidad de la observación, algunos de ellos se describen a continuación (Vives, 1977: 103-110):

- **Contaminación Lumínica:** se define como la emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones, rangos espectrales u horarios innecesarios; lo cual ilumina el cielo y hace débiles los cuerpos celestes impidiendo de esta manera una adecuada observación.
- **Condiciones Climatológicas:** El clima local del sitio de observación tiene un papel determinante, ya que si hay presencia de lluvia, bruma o nubosidad; impidiendo la observación astronómica.
- **Turbulencia:** Es la distorsión de las imágenes astronómicas como resultado de las capas desiguales que conforman la atmósfera terrestre, que perturban la ruta de la luz provenientes de los cuerpos celestes, cuando esta cruza la atmósfera de nuestro planeta. Este fenómeno, se reconoce a simple vista a través del centelleo de los cuerpos celestes.

### II.3.1. Movimientos Aparentes y la Observación del Sol

Los movimientos aparentes del Sol se clasifican de la siguiente forma (Vives, 1971: 75,76):

- **Movimiento Diario:** Es el resultado del movimiento de rotación de la Tierra sobre su propio eje, dando origen al día y la noche (Savoie, 2003:10).
- **Movimiento Anual:** Si se observase diariamente y se marcara el punto de salida y puesta del Sol; se notaría al cabo de algún tiempo, que el Sol no sale ni se pone exactamente en el mismo lugar todos los días. El Sol, se desplaza del norte al sur y viceversa a través de lo que el hombre ha marcado y conocido como el año trópico; que ha servido para definir las estaciones astronómicas. Estas estaciones son cíclicas y están definidas por puntos que alcanza el Sol en su recorrido anual que para un **observador en el hemisferio norte** se denominan como (Savoie, 2003: 5-9; Ridpath 1997: 435,153; Vives, 1971: 99-103):
  - i. **Solsticio de Invierno o Solsticio de Diciembre:** Cuando el Sol se encuentra más al sur o entendido de otra manera es cuando alcanza su mayor declinación al sur del ecuador celeste, en el hemisferio norte ocurre en fechas cercanas a Diciembre 22.
  - ii. **Equinoccio de Primavera o Equinoccio de Marzo:** Cuando el Sol en su movimiento desde el sur hacia el norte, sale exactamente por el este y pone exactamente por el oeste (esta en el punto medio de su movimiento anual). Esto es resultado de que el Sol se encuentra en el punto donde la eclíptica intercepta el ecuador celeste, en el punto llamado Aries, Este evento ocurre en el hemisferio norte en las fechas cercanas a Marzo 21, de cada año. La declinación del Sol es cero grados.

- iii. **Solsticio de Verano o Solsticio de Junio:** Cuando el Sol se encuentra más al norte o entendido de otra manera es cuando alcanza su mayor declinación al norte del ecuador celeste. Ocurre en fechas cercanas a Junio 21 de cada año en el hemisferio norte.
- iv. **Equinoccio de Otoño o Equinoccio de Septiembre:** Cuando el Sol en su movimiento desde el norte hacia el sur, sale exactamente por el este y pone exactamente por el oeste (esta en el punto medio de su movimiento anual). Esto es resultado de que el Sol se encuentra en el punto donde la eclíptica intercepta el ecuador celeste, en el punto llamado Libra. Este evento se presenta en fechas cercanas a Septiembre 23 en el hemisferio norte, cada año.

Para las zonas tropicales del planeta, es evidente otro fenómeno respecto al Sol relacionado a su movimiento anual y se conoce como el **paso del Sol por el cenit**. Este fenómeno, ocurre dos veces en el año y es cuando el Sol transita por el cenit; esto se debe a que la declinación de este cuerpo celeste se iguala con el valor de la latitud geográfica de un determinado sitio, lo que ocasiona que en instantes cercanos al medio día local, cualquier cuerpo perpendicular colocado en el suelo no proyectaría ninguna sombra (Savoie, 2003: 13).

### **II.3.2. Movimientos Aparentes y la Observación del Planeta Venus**

La definición clásica de planeta nos dice que es un cuerpo que no emite luz, que orbita alrededor del Sol u otra estrella (Ridpath, 1999: 567). Actualmente esta definición ha cambiado y se detalla en el Anexo 1.2. Venus es el segundo planeta desde el Sol, poseyendo la órbita más circular de todos los planetas y a su vez el más cercano a la Tierra. El planeta ha sido estudiado por medio de técnicas de radar desde nuestro planeta y a bordo de sondas. En 1993, la sonda Magellan realizó el estudio más amplio de este planeta realizando un mapa de casi toda la superficie (Morison, 2008: 89-92).



Desde la Tierra, Venus puede aparecer hasta  $47^\circ$  de separación del Sol. En este momento es cuando lo observamos que se levanta y se oculta unas horas antes o después del Sol. Es en esta oportunidad cuando logra verse este planeta al crepúsculo o al ocaso del día y se observa como el objeto más brillante (después del Sol y la Luna) de la mañana o de la tarde-noche. Es en estos momentos cuando Venus es más brillante que la estrella Sirio, pudiendo llegar a proyectar sombras (UCAR, 2006).

Debido a que la órbita de Venus está entre la Tierra y el Sol, es posible distinguir desde aquí sus diferentes fases; de una forma parecida a las que podemos observar para la Luna. Galileo Galilei fue la primera persona en observar las fases de Venus en diciembre de 1610, empleando para ello un telescopio óptico. También, Galileo anotó los cambios en el tamaño del diámetro visible de Venus en sus diferentes fases, sugiriendo que éste se encontraba más lejos de la Tierra cuando estaba lleno y más cercano cuando se encontraba en fase creciente y estas observaciones proporcionaron una sólida base al modelo heliocéntrico, por considerar la rotación de los planetas alrededor del Sol.

Venus se encuentra mayormente iluminado treinta y siete días antes de la conjunción inferior (en el cielo vespertino, Ver Figura 8); treinta y siete días después de dicha conjunción (en el cielo matutino). Su mayor elongación y altura sobre el horizonte se produce aproximadamente setenta días antes y después de la conjunción inferior. En este momento muestra el planeta media fase. Entre estos intervalos, Venus es visible durante las primeras o últimas horas del día. El período de movimiento retrógrado es de veinte días en cada lado (antes y después) de la conjunción inferior. En muy raras ocasiones, Venus puede observarse en el cielo de la mañana y de la tarde el mismo día. Esto sucede cuando Venus se encuentra en su máxima separación respecto a la eclíptica y al mismo tiempo se encuentra en la conjunción inferior. Bajo esas circunstancias y desde uno de nuestros hemisferios, se puede ver en los dos momentos (Amett, 2005).

Los tránsitos de Venus sobre el disco Solar, acontecen cuando el planeta cruza exactamente entre la Tierra y el Sol; son eventos astronómicos relativamente raros. La primera vez que se

observó este tránsito astronómico fue en 1639 por Jeremiah Horrocks y William Crabtree (Spenak, 2002). El tránsito de 1761, observado por Mijaíl Lomonosov (Spenak, 2002), proporcionó la primera evidencia de que Venus tenía una atmósfera. Los tránsitos sólo pueden ocurrir en junio o diciembre, siendo estos los momentos en los que Venus cruza la eclíptica. Los tránsitos suceden en pares, a intervalos de ocho años; que estos a su vez ocurren de nuevo casi un siglo después. El anterior par de tránsitos sucedió en 1874 y 1882, el presente par de tránsitos son los de 2004 y 2012 (Mallama, 1996).

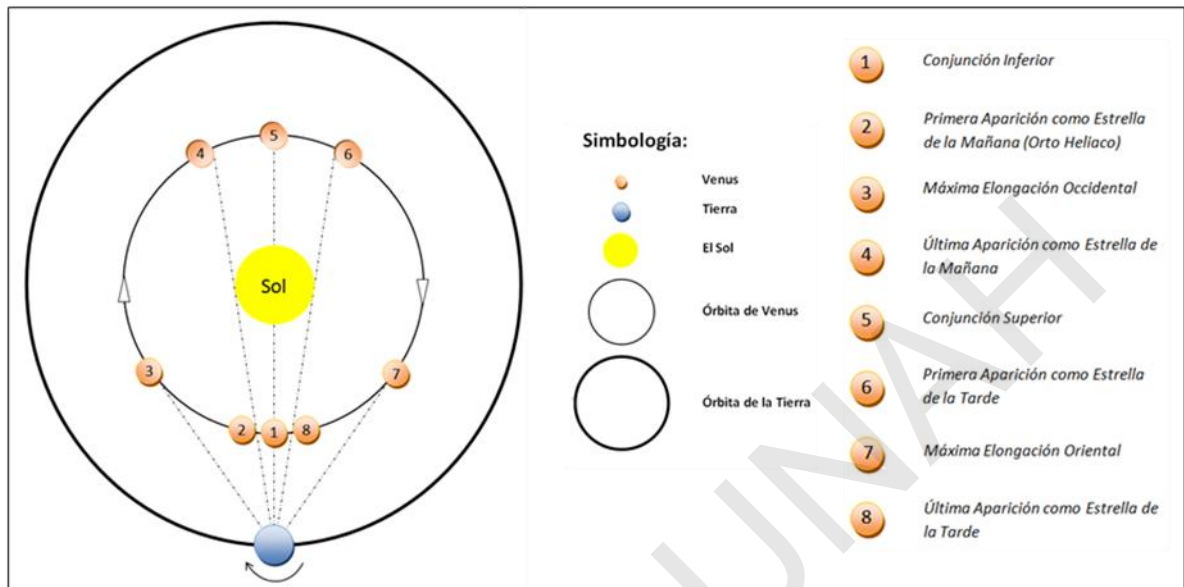
Para poder cuantificar los períodos de visibilidad en el horizonte del planeta Venus, se requiere conocer su período sinódico (que se define como el intervalo entre configuraciones idénticas sucesivas de un planeta con respecto al Sol. Roth, 2009) dicho de otra manera; en caso que alguien decidiese observar un planeta en determinada posición pasará un período (sinódico) para que ocupe ese lugar de nuevo. Para estimar el período sinódico de un planeta se requiere conocer su período orbital o sideral (es el intervalo que le toma a un planeta completar un revolución en su órbita alrededor del Sol. Roth, 2009), para el planeta Venus tiene un valor de 225 días y para la Tierra de 365 días; de manera que hay una relación Venus/Tierra (225/365 días). Si en un determinado momento tanto la Tierra, Venus y el Sol estuviesen alineados; se necesitarían 584 días para poder volver a tener esa configuración (Aveni, 2005:118); siendo este valor el del período sinódico de Venus.

El valor obtenido (584 días) tiene una forma práctica de estimarse, si un individuo decide observar el comportamiento de Venus en el horizonte; para ello tomaremos a la Tierra como una plataforma o punto estacionario mientras Venus se desplaza. Encontramos en la Figura 8, la posición 1, que denominaremos como conjunción inferior y que corresponde al momento en el que Venus se encuentra entre la Tierra y el Sol; pero es imposible que se observe esto porque el brillo de nuestra estrella lo impide. Poco a poco, al salir de la posición 1; Venus avanza hacia la posición 2, donde pasa a ser estrella de la mañana; volviéndose visible por unos instantes antes de la salida del Sol por el este. Esta primera aparición, se le conoce como orto heliaco. Los días subsiguientes el planeta aparecerá más temprano y será visible por más tiempo hasta que desaparece por el crepúsculo matutino. Es importante hacer notar que en los días próximos al

orto helíaco, Venus está más próximo a la Tierra y por ello se ve con su mayor brillo. A medida que Venus se aleja del Sol en dirección oeste, alcanza su mayor distancia angular respecto a nuestra estrella (alrededor de  $47^\circ$ ) alcanzando su máxima elongación occidental (Ver Figura 9), encontrándose este planeta en la posición 3 de nuestra figura. Venus, podrá llegar a salir hasta tres horas antes que el Sol. Paulatinamente este período se va reduciendo hasta que de nuevo volvemos a ver a este planeta justo antes del alba, Venus se encuentra ahora en la posición 4; el observador aparentemente pensará que el planeta se ha acercado de nuevo al Sol y se ha perdido su visualización a causa de ello; han transcurrido 260 días desde el orto heliacal hasta la última aparición del planeta por la mañana, en este momento se dice que ha entrado en la conjunción superior (posición 5). Le toma ocho semanas a Venus pasar por atrás del Sol. Al término, Venus es de nuevo visible; pero ahora por las tardes momentos después de la puesta del Sol en dirección oeste, posee un brillo mínimo y se encuentra lo más distante de la Tierra; esto corresponde a la posición 6. Luego, aparentemente Venus se empieza a alejar poco a poco del Sol; volviéndose visible por más tiempo antes del ocaso; hasta que alcanza la máxima elongación oriental (posición 7). Al pasar los días, Venus se acercará de nuevo al Sol y lo veremos por última vez como estrella de la tarde, entrando de nuevo a la conjunción inferior (posición 8), donde le tomará alrededor de ocho días salir de ahí (Aveni, 2005: 118-120).

De manera que un observador situado en un mismo punto, podrá observar a partir del orto helíaco de Venus, que transcurren 260 días hasta que el planeta ya no es visible por la mañana. Luego le tomará 56 días al planeta completar la conjunción superior desde su última aparición por el este. Aparecerá posteriormente como estrella de la tarde y será visible por otro período de 260 días en dirección oeste; hasta que Venus alcance la conjunción inferior, donde estará 8 días, para después reiniciar el ciclo apareciendo por su orto helíaco. Finalmente el período sinódico del planeta Venus tiene una duración de 584 días (260 como estrella de la mañana, 56 en conjunción superior, 260 como estrella de la tarde y 8 en conjunción inferior.)

En la Figura 8, se detalla la configuración de las órbitas de la Tierra y Venus, especialmente en los momentos más importantes como ser las conjunciones y elongaciones.



**Figura 8: Disposición de las órbitas del Sol, Venus y la Tierra. En la figura se muestran las conjunciones y elongaciones del planeta. Adaptado de Daintith, Gould, 2006: 143 y Aveni, 2005: 119.**

Al observarse a simple vista, los planetas muestran un brillo estable mientras que las estrellas centellean. Los planetas más cercanos son más brillantes que la mayoría de las estrellas. Cuando los planetas están visibles, se mueven al igual que el Sol y la Luna, sobre o alrededor de la eclíptica. En ella, se encuentra la banda de constelaciones zodiacales, dicha banda tiene un ancho de nueve grados a cada lado de la eclíptica (Daintith, Gould, 2006: 531).

Venus, al observarse a simple vista, tiene el aspecto de una estrella blanca muy brillante, siendo visible unas veces por la tarde después de la puesta del Sol y en otras ocasiones en la madrugada, antes del amanecer.

También es posible observar el movimiento de los planetas tomando como referencia las estrellas de fondo, esto relaciona las estrellas de las constelaciones zodiacales con los planetas; y permite que encontremos dos tipos de movimientos adicionales:

- El llamado *Movimiento Directo*, que se observa porque el planeta se desplaza en una dirección desde el oeste hacia el este, siguiendo el mismo sentido que lleva el Sol y la Luna.
- En otras épocas del año, es posible observar que algún planeta invierte su movimiento, a esto se le llama *Movimiento Retrógrado*. Es decir que el planeta se desplaza desde el este hacia el oeste (contrario al movimiento directo) respecto a las estrellas del zodiaco, pero luego de algún tiempo regresa al movimiento directo usual de los objetos celestes. Pero, al ocurrir este cambio de rumbo, es posible observar que el planeta aparentemente se detiene en el cielo.

El tiempo que le toma a un planeta en dar la vuelta completa por la esfera celeste a través de las constelaciones zodiacales se le llama *período sideral*. Ya que los planetas se mueven en la misma zona de cielo que el Sol, es posible comparar el movimiento entre ellos. En el caso de Venus, siempre anda muy cerca del Sol.

Cuando Venus es visible durante la tarde, mantiene un movimiento directo (o movimiento progrado, es aparente y visto desde la Tierra es en dirección oeste a este tomando como referencia las estrellas de fondo, Daintith, Gould, 2006: 123), su ángulo de elongación  $Z$  aumenta de valor de un día para otro, hasta alcanzar un valor máximo de aproximadamente  $47^\circ$ , este fenómeno ha sido detallado en la Figura 9. Al alcanzar su máxima elongación, aparenta quedar estacionario por unos días, pero poco tiempo después invierte su movimiento. Durante el movimiento retrógrado (de este a oeste), hace que cada día Venus disminuya su ángulo de elongación. En el momento en el que el planeta llega a acercarse al Sol, se pierde de vista. Algunos días después, Venus vuelve a ser visible, pero ahora se encuentra en posición contraria a la observada la última vez; es por ello que aparece por las madrugadas, y mantiene un movimiento retrógrado. Lo que ocasiona que cada día el ángulo de elongación crezca hasta llegar a un valor máximo, al ocurrir esto el planeta aparentemente queda estacionario por algunos días. Después reanuda su movimiento directo, moviéndose cada vez al oeste y disminuyendo su ángulo de elongación; hasta que se acerca de nuevo al Sol. Deja de ser visible por algunos días y reaparece como lucero vespertino, repitiendo el ciclo aquí descrito.

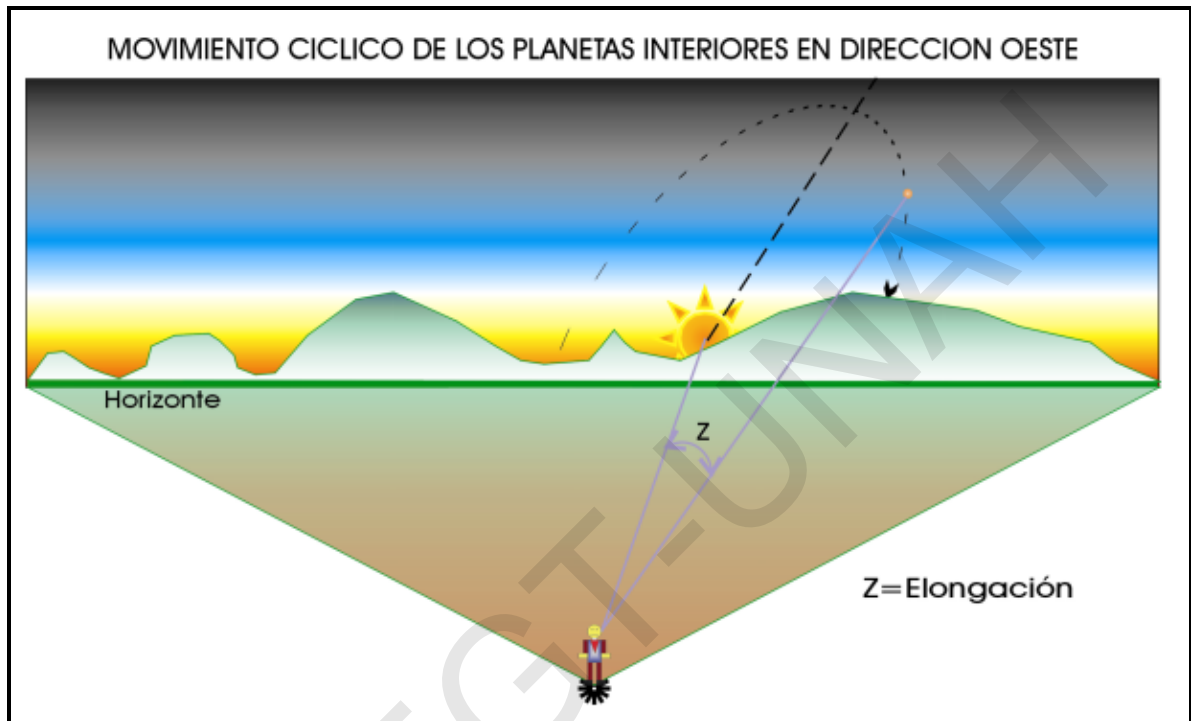


Figura 9: La medida de la elongación (Z) por un observador. Figura de elaboración propia del autor.

## II.4.MANEJO DE COORDENADAS Y CÁLCULO DE EFEMÉRIDES

### II.4.1. Trigonometría Esférica

Se define como trigonometría esférica, a la parte de la trigonometría que estudia los polígonos y ángulos formados en una esfera con un radio unitario. Se definen elementos conocidos como círculos máximos, que se conforman por la porción de la esfera cortada con un plano que atraviesa su centro. Se conoce como un círculo menor, a aquella porción de la esfera formada por un corte con un plano, que no pasa por su centro. El término triángulo esférico, se aplica a la figura obtenida en una superficie esférica, cuando tres puntos son unidos por arcos de círculos máximos; siendo estos menores que  $180^\circ$ . Los lados del triángulo esférico, se expresan como

ángulos cuyo vértice es el centro de la esfera. Un triángulo esférico cumple con las siguientes características:

- Un lado de un triángulo esférico es menor que la suma de los otros dos y mayor que su diferencia
- La suma de los tres lados de un triángulo esférico es menor que  $360^\circ$
- La suma de los tres ángulos es mayor que  $180^\circ$  y menor que  $540^\circ$
- Si un triángulo esférico tiene dos ángulos iguales, los lados opuestos también son iguales entre sí.
- Si un triángulo esférico tiene dos ángulos desiguales, a mayor ángulo se opone el mayor lado.

Una definición más rigurosa de lo anterior es la expresada a continuación (Gellert, *et. al.*, 1989: 261-282): Un *triángulo esférico*, es la superficie dibujada sobre una esfera de radio  $R$ , centrada en el punto  $O = (0,0,0)$ ; con vértices  $A$ ,  $B$  y  $C$ . Donde los vectores, que se originan en el centro de la esfera se definen y nombran como se muestra en la Figura 10.

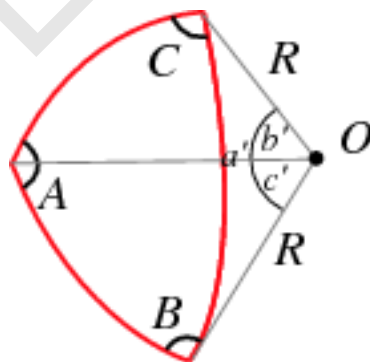


Figura 10: El triángulo esférico, Gellert *et.al.* 1989.

En la Figura 11, se compara y diferencian el triángulo esférico frente a un triángulo plano. El primero de origen de una sección de una esfera; de ahí su utilidad para emplearse en el cálculo de coordenadas que tiene como fundamento la misma figura geométrica.

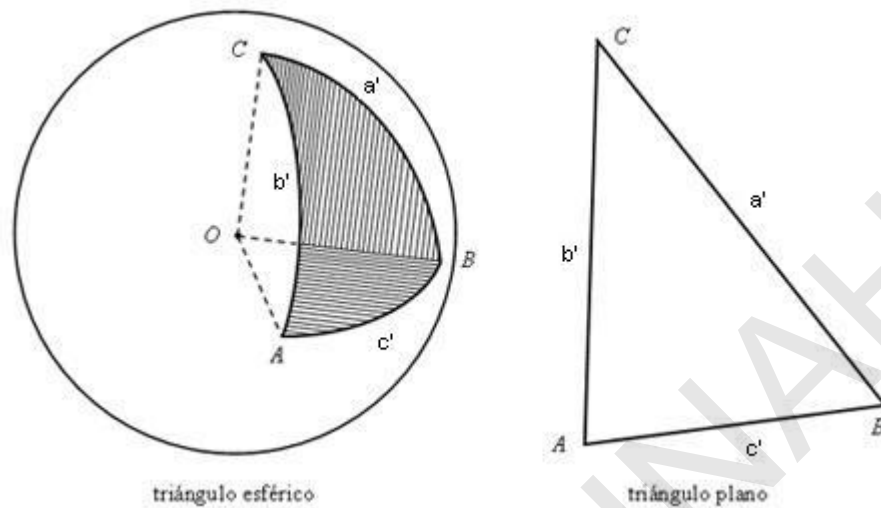


Figura 11: Comparación de un triángulo esférico y un triángulo plano.

La distancia angular de los lados del triángulo es medido en radianes, en el caso de los arcos que conforman al triángulo esférico, estos son definidos como el arco  $a'$  se define por el ángulo  $\angle BOC$  ( $a' \equiv \angle BOC$ ), el arco  $b'$  por el ángulo  $\angle COA$  ( $b' \equiv \angle COA$ ) y el arco  $c'$  como el ángulo  $\angle AOB$  ( $c' \equiv \angle AOB$ ).

Existen relaciones trigonométricas asociadas a los triángulos esféricos, éstas están expresadas en la Ecuación 1, Ecuación 2 y Ecuación 3; que se enuncian a continuación:

$$\cos(c'b') = \cos(a'c')\cos(a'b') + \sin(a'c')\sin(a'b')\cos A$$

Ecuación 1: Fórmula del Coseno

$$\frac{\text{sen}(c'b')}{\text{sen}(A)} = \frac{\text{sen}(a'c')}{\text{sen}(B)} = \frac{\text{sen}(a'b')}{\text{sen}(C)}$$

Ecuación 2: Fórmula del Seno

$$\cos(a'b')\cos(B) = \text{sen}(a'b')\cot(c'b') - \text{sen}(B)\cot(A)$$

Ecuación 3: Fórmula de la Cotangente



### II.4.2. Conversión entre Coordenadas

Con el empleo de la trigonometría esférica es posible convertir las coordenadas astronómicas entre un sistema de referencia a otro a través de ecuaciones ya definidas (Vives, 1971: 131-147; Ribas, 2006):

- **Obtención de coordenadas horarias desde las horizontales:**

Se utilizan las siguientes fórmulas, descritas en la Ecuación 4 enunciada a continuación:

$$\delta = \arcsen[\sen\phi\sen h - \cos\phi\cosh\cos A]$$

$$H = \arcsen\left[\frac{\sen A\cosh}{\cos\delta}\right]$$

Ecuación 4: Fórmula para convertir coordenadas horarias a horizontales.

Donde  $\phi$ , es la latitud geográfica del lugar.

- **Obtención de coordenadas horarias desde las horarias:**

Se emplean las siguientes fórmulas, descritas en la Ecuación 5 enunciada a continuación:

$$h = \arcsen[\sen\phi\sen\delta + \cos\phi\cos\delta\cos H]$$

$$A = \arcsen\left[\frac{\sen H\cos\delta}{\cosh}\right]$$

Ecuación 5: Fórmula para convertir coordenadas horizontales a horarias .

- **Obtención de coordenadas ecuatoriales desde las horarias:**

Para poder hacer la conversión entre estos sistemas, es necesario definir el Tiempo Sidéreo Local (TSL) como el ángulo horario del punto vernal. Para convertirlas se emplea las siguientes fórmulas descritas en la Ecuación 6:

$$\delta = \delta$$

$$\alpha = TSL - H$$

Ecuación 6: Fórmulas para convertir coordenadas horarias a ecuatoriales

- **Obtención de las coordenadas horarias desde las ecuatoriales:**

Las fórmulas siguientes permiten la conversión se enuncian en la Ecuación 7:

$$\delta = \delta$$

$$H = TSL - \alpha$$

**Ecuación 7: Fórmulas para convertir coordenadas ecuatoriales a horarias.**

- **Obtención de las coordenadas ecuatoriales absolutas desde las eclípticas:**

Para calcular las coordenadas ecuatoriales a partir de la base de las coordenadas celestes, se emplea la Ecuación 8:

$$\eta = \arcsen[\cos a \sen \delta - \sen a \cos \delta \sen \alpha]$$

$$\rho = \arccos\left[\frac{\cos \delta \cos \alpha}{\cos \eta}\right]$$

**Ecuación 8: Fórmula para convertir coordenadas ecuatoriales a eclípticas.**

Donde:

- $\eta$ , es la medida angular del arco formado entre el cuerpo celeste y el plano de la eclíptica.
- $\rho$ , es la medida angular del arco formado entre el punto vernal y el punto de corte de  $\eta$  en la eclíptica.

- **Obtención de las coordenadas celestes desde las ecuatoriales:**

Para calcular las coordenadas celestes a partir de la base de las coordenadas ecuatoriales, se utiliza la Ecuación 9:

$$\delta = \arcsen[\cos a \sen \eta + \sen a \cos \eta \sen \rho]$$

$$\alpha = \arccos\left[\frac{\cos \eta \cos \rho}{\cos \delta}\right]$$

**Ecuación 9: Fórmula para convertir coordenadas celestes a ecuatoriales.**

## II.5.LA CIVILIZACIÓN MAYA

### II.5.1. Localización Geográfica de los Mayas

La civilización Maya se estableció en el sureste de México, incluyendo la Península de Yucatán y el noroeste de Centroamérica; que incluye a los países de Guatemala, Belice y la parte oeste de Honduras y de El Salvador. El área ocupada por los Mayas se ve limitada al sur por el Océano Pacífico y al norte por el Golfo de México y el Mar Caribe. Poder limitar hacia el este y oeste es más difícil por la ausencia de barreras naturales, se puede decir que se vio limitada por zonas de transición entre las culturas Mayas y las No-Mayas. De manera que al oeste se limita por la región central de México y al este se ve limitada por la línea baja del Río Lempa en la región central de El Salvador, dirigiéndose al norte rumbo a Lago Yojoa y a lo largo del Río Ulúa, terminando en las costas del Mar Caribe en Honduras (Morley y Brainerd 1983: 19). El mapa de la Figura 12, sitúa el espacio geográfico ocupado por la civilización maya:



Figura 12: El mapa muestra la extensión geográfica ocupada por la civilización Maya (Adaptado de History, 2006).

## II.5.2. Período de Desarrollo de los Mayas

Fash (1991:15) expone que la civilización Maya constituye una de las culturas precolombinas más impresionantes del continente americano. Dado que los arqueólogos trabajan con restos, ellos proceden a clasificarlos de diversas formas con el fin de estudiarlos mejor. Para lo que es la cultura Maya, y para las zonas culturales identificadas, existe una división en tres períodos culturales; que a su vez cada uno de ellos está subdividido y dependiendo del sitio arqueológico estas subdivisiones se han segmentado en fases a partir de la cerámica encontrada. A su vez, propone una segmentación del período de existencia de la civilización Maya, mencionando que esta cultura se desarrolló entre el 2000 antes de Cristo (a.C.) hasta 1519 después de Cristo (d.C.) aproximadamente; considerando las siguientes subdivisiones de desarrollo:

- **Preclásico (2000 a.C. – 250 d.C.):** Este período es caracterizado por la conformación de la cultura y está dividido en
  - *Preclásico Temprano* (2000 a.C. – 1000 a.C.)
  - *Preclásico Medio* (1000 a.C. – 300 a.C.)
  - *Preclásico Tardío* (300 a.C. – 250 d.C.), incluyendo el llamado protoclásico, 100 d.C. - 250 d.C.
- **Clásico (250 d.C. – 900 d.C.):** Es definido como la época en la que los mayas habitantes de las Tierras bajas, tallaron inscripciones jeroglíficas en monumentos de piedra y dieron uso al sistema de cómputo de tiempo conocido como la Cuenta Larga. Se ha dividido en:
  - *Clásico Temprano* (250 d.C. - 600 d.C.)
  - *Clásico Tardío* (600 d.C. – 900 d.C.)

Este período, se ha considerado una época en la que existió influencia de los grandes centros mayas de México; sucesos ocurridos entre los años 400 d.C. – 700 d.C., este rango de años se le llama *Clásico Medio* y es usado en el Copán con la finalidad de fechar cerámica.

- **Postclásico (900 d.C. – 1519 d.C.):** Caracterizado por el colapso del período clásico en las ciudades mayas de las Tierras bajas del sur. Finaliza con la llegada de los conquistadores españoles en 1519. Se ha dividido en:

- *Postclásico Temprano* (900 d.C. – 1200 d.C.)
- *Postclásico Tardío* (1200 d.C. – 1519 d.C.)

En la Tabla 1, se muestra los períodos de la Civilización Maya y las Fases de Copán (adaptado y modificado de Fash, 1991):

UDI-DEGT-UNAH

**DIVISIONES CRONOLÓGICAS DE LA HISTORIA MAYA Y LAS FASES DE COPAN**

|                   | Fecha    | Período     | Sub Período     | Fases Copán |          |            |
|-------------------|----------|-------------|-----------------|-------------|----------|------------|
| Después de Cristo | 1200     | Postclásico | Tardío          | EJAR        |          |            |
|                   | 1100     |             | Temprano        |             |          |            |
|                   | 1000     | Clásico     |                 | Tardío      | CONER    |            |
|                   | 900      |             | Medio           | ACBI        |          |            |
|                   | 800      |             |                 | Temprano    | BIJAC    |            |
|                   | 700      |             | Protoclásico    |             |          |            |
|                   | 600      |             | Antes de Cristo | Tardío      | CHABIJ   |            |
|                   | 500      |             |                 |             |          | Preclásico |
|                   | 400      | Temprano    |                 | RAYO        |          |            |
|                   | 300      |             |                 |             | Temprano |            |
|                   | 200      | Temprano    |                 |             |          |            |
|                   | 100      |             |                 | Temprano    |          |            |
| 0                 | Temprano |             |                 |             |          |            |
| 100               |          | Temprano    |                 |             |          |            |
| 200               | Temprano |             |                 |             |          |            |
| 300               |          | Temprano    |                 |             |          |            |
| 400               | Temprano |             |                 |             |          |            |
| 500               |          | Temprano    |                 |             |          |            |
| 600               | Temprano |             |                 |             |          |            |
| 700               |          | Temprano    |                 |             |          |            |
| 800               | Temprano |             |                 |             |          |            |
| 900               |          | Temprano    |                 |             |          |            |
| 1000              | Temprano |             |                 |             |          |            |
| 1100              |          | Temprano    |                 |             |          |            |
| 1200              | Temprano |             |                 |             |          |            |

Adaptado y Modificado de Fash, 1991.

**Tabla 1: Divisiones cronológicas de la historia Maya y las Fases de Copán. Modificado de Fash, 1991.**

## II.6.ASTRONOMÍA EN LA CULTURA MAYA

### II.6.1. Cosmología

Para esta civilización, la realidad era una combinación de religión y rituales. Con la religión se pretendía explicar el sentido del humano en la Tierra, las funciones del mundo sagrado y los misterios de la vida y la muerte; a ello se le añadía un sentido relacionado al poder político. Su vida y costumbres se fundamentaban ante todo en principios religiosos, de tal forma que la vida material era una manifestación de la vida espiritual. Se le dio importancia a la influencia que según ellos provenían de sus ancestros, dioses y asuntos sobre naturales; que definían el rumbo del destino. Consideraban que el plano religioso y del inframundo alteraban la vida en la Tierra, tanto para bien como para mal. Estas relaciones delicadas y complejas entre la Tierra y el otro mundo, fueron delegadas por la sociedad maya a los gobernantes, políticos y sacerdotes de las ciudades; de forma que los gobernantes cumplían con el papel de chamanes que tenían la habilidad de interactuar en la dimensión terrestre y la del otro mundo. Los gobernantes mayas, vivían en las mismas zonas que los otros pobladores. Ellos comunicaban al pueblo, las acciones realizadas por ellos a través de actos rituales; a tal punto que el arte existente en las ciudades mayas es el resultado tanto de la expresión pública como privada de la visión del mundo hecha por sus gobernantes; ellos, lograban con estas acciones enmarcar con sentido histórico sus acciones y recalcar la creencia de la existencia de un ciclo de tiempo cósmico que se repite a través de la historia (Schele y Freidel, 1990: 65-66).

Para los mayas, el universo estaba formado por tres capas; la *superior* llamada el arca estrellada del cielo, una *media* que era la Tierra hecha para florecer y dar fruto gracias a la sangre derramada por los reyes; finalmente una *inferior* llamada Xibalbá, que era la morada de los muertos mejor llamada como el inframundo; así como se muestra en la Figura 13. En ningún momento estas capas fueron consideradas aisladas, sino relacionadas entre sí. En el caso del cielo, se le asoció un gran monstruo cósmico que hacía posible las lluvias al verter su sangre sobre los sacrificios de la realeza hechos en la Tierra. El inframundo (Xibalbá), era el sitio donde ingresaban los reyes al encontrarse en trance; este sitio poseía sus propios elementos naturales, como construidos y era la morada de los muertos. Los mayas creían que el Sol en su camino

diario, entraba al inframundo dando la impresión que este rotaba dando lugar a la noche. El mundo de la Tierra, plano de existencia de los humanos se consideró que flotaba sobre un océano primordial, representándolo muchas veces como el dorso de una tortuga. Según los mayas, los cuatros puntos cardinales proveían la forma de la superficie del mundo, siendo de suma importancia la ruta que el Sol tomaba en su movimiento diario aparente (este a oeste) (Schele y Freidel 1990: 67).

UDI-DEGT-UNAH



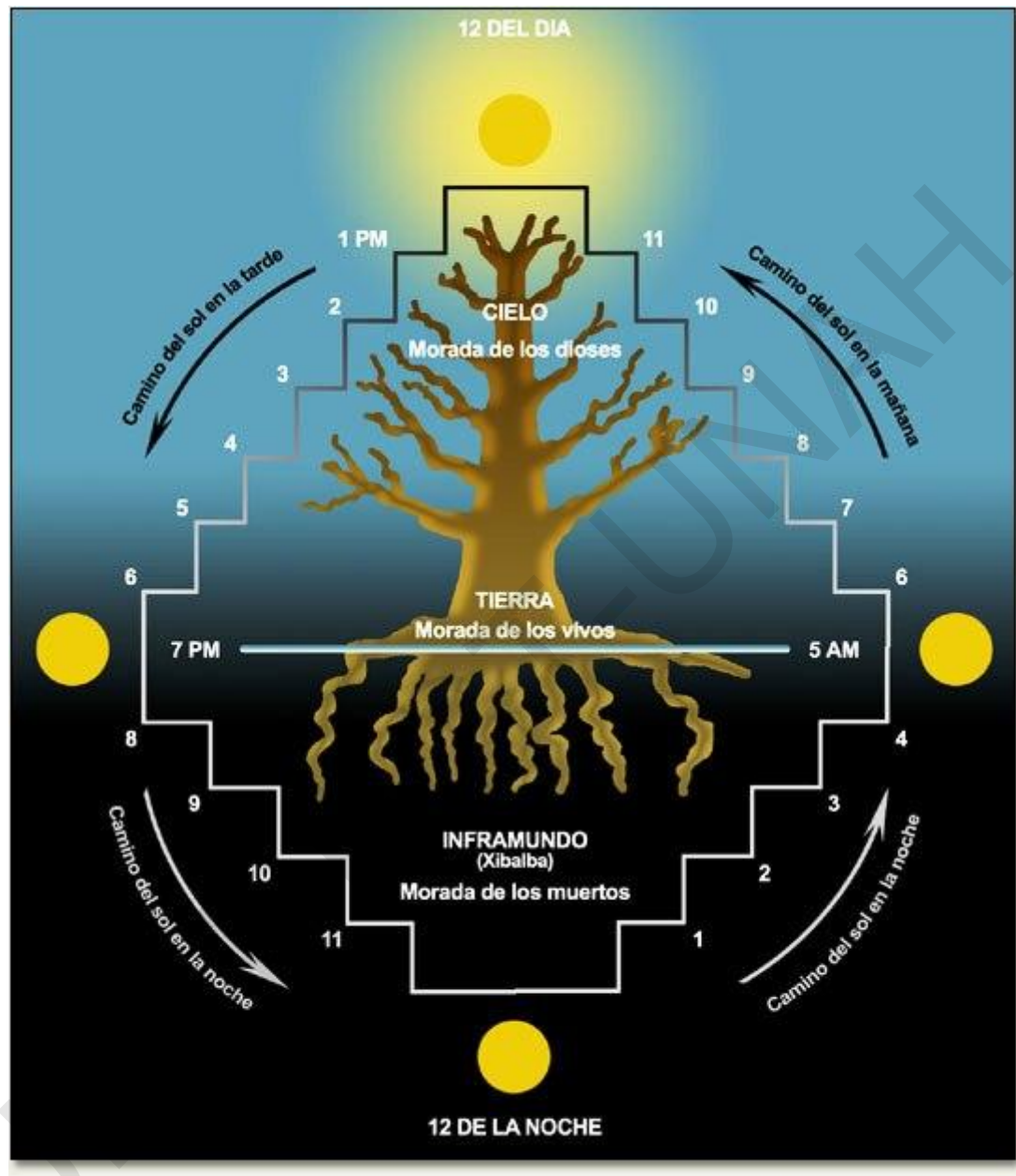


Figura 13: El Wacah-Chan, el árbol del mundo. Esta imagen, contiene el camino del Sol a través del cielo, la Tierra y el Inframundo; se muestra el ciclo que según los mayas seguía diariamente. (IPN, 2007)

A cada uno de los puntos cardinales se le asignó un árbol especial, un ave, un color, ritos, dioses y dominios relacionados. El *este* fue considerado rojo, era la dirección más importante porque es por ahí donde nace el Sol. El *norte*, se consideró blanco y fue llamado el lado del cielo; era el lugar de donde provenían las lluvias. El *oeste* fue considerado de color negro, sitio donde el Sol

moría. El *sur* era amarillo y se consideró como el gran lado del Sol. También fue considerado de mucha importancia el punto donde coinciden los ejes de los puntos cardinales, era el *centro*; que también tenía asociado a él los mismo aspectos de los otros puntos. En ese lugar, se levantaba un árbol llamado *Wacah Chan*, cuyas raíces provenían desde el inframundo, lugar que lo alimentaba con sus aguas; de ahí se levantaba tan alto que cruzaba el mundo de la Tierra y llegaba hasta el cielo, coexistiendo en los tres mundos (Schele y Freidel, 1990: 67), esta visión cosmológica de los mayas se muestra en la Figura 14.



Figura 14: Los colores asociados a los puntos cardinales este (rojo), oeste (negro), norte (blanco) y sur (amarillo). En esta ilustración, se muestra los elementos decorativos de cada dirección y su combinación con cada uno de los mundos concebidos por la cultura maya. (Adaptado de Mooney, 1990)

El mundo humano, fue concebido desde su creación como un lugar lleno de vida y entrelazado con lo sacro; pero esto último se concentraba en sitios especiales, como ser en las cuevas y en

las montañas. La ubicación de estos puntos de poder, fue dispuesta por los dioses desde un principio. A ello, los humanos agregaron sus propios sitios de poder en las comunidades que ellos crearon; complementándose con los ya dispuestos por los dioses. El Wacah Chan no poseía un punto determinado, sino que era materializado en cualquier lugar a través de rituales, que eran ejecutados por el rey; convirtiéndose el mismo en el árbol cósmico al encontrarse cautivado por visiones en el éxtasis de sus ritos. Existen dos grandes representaciones simbólicas de este eje central, uno de ellos es el gobernante por sí mismo; pero por otra parte se encuentra el Wacah Chan; pero el acto propio de comunicación entre el mundo de los humanos y el otro mundo se llevó a cabo a través de uno de los símbolos más preciados y venerados de la cultura maya; estos son *la serpiente de la visión* y *la barra formada por una serpiente bicéfala*. De esta manera, los gobernantes mayas abrían una puerta que los comunicaba desde el mundo humano con el otro mundo; conectados por medio de uno de estos seres. Una vez finalizados los ritos, los asuntos del otro mundo debían ser materializados en nuevos rituales, construcciones o en el cuerpo mismo de la persona que realizaba la ceremonia. Relacionado con el sentido del poder, esta comunicación y los actos de sangre asociados, se realizaban en las plazas y pirámides de las ciudades mayas. El simbolismo de los monumentos ubicados en las plazas de las ciudades que eran conocidos como *te-tun* (que significa árbol de piedra y en sí es el nombre maya que se le da a las estelas), era una representación de la Tierra cubierta por bosques; condiciones que eran requeridas para los ritos. En las estructuras llamadas *yotot* (templos), utilizadas con fines ceremoniales; eran adornados con figuras que representaban un monstruo; estos detalles eran observables desde la entrada a los mismos. Además muchas de las pirámides y templos fueron decoradas con imágenes de **witz**<sup>1</sup> (monstruo, deidad de la montaña;), que originaba la creencia que el templo en sí es una cueva (dichos seres se muestran en la Figura 15, tal como se encuentran en Copán); que lo lleva a lo más profundo de la montaña y en su interior se encontraba por lo general un

---

<sup>1</sup> Por muchos años los estudiosos del mundo maya, no han hecho diferencia entre un witz, un Chac y un cauc considerándolas (entre otras cosas) como monstruos semejantes a serpientes. Hay que recordar que una deidad para los mayas podía concebirse en muchos papeles. Sobre los witz, Linda Schele y David Freidel en su obra *A Forest of Kings: The untold story of the Ancient Maya (1990)*; hacen algunas diferenciaciones en cuanto a detalles icnográficos en el witz, pero no los aparta por completo del Chac y el cauc, sino que son semejantes entre ellos a lo de funciones y forma refieren.

altar decorado con los esqueletos propios del otro mundo. Con esto, la estructura en si se convertía en una montaña para la realeza (del gobernante), y era una ruta más que existía para comunicarse con el mundo sobrenatural (Schele y Freidel, 1990: 69-70).

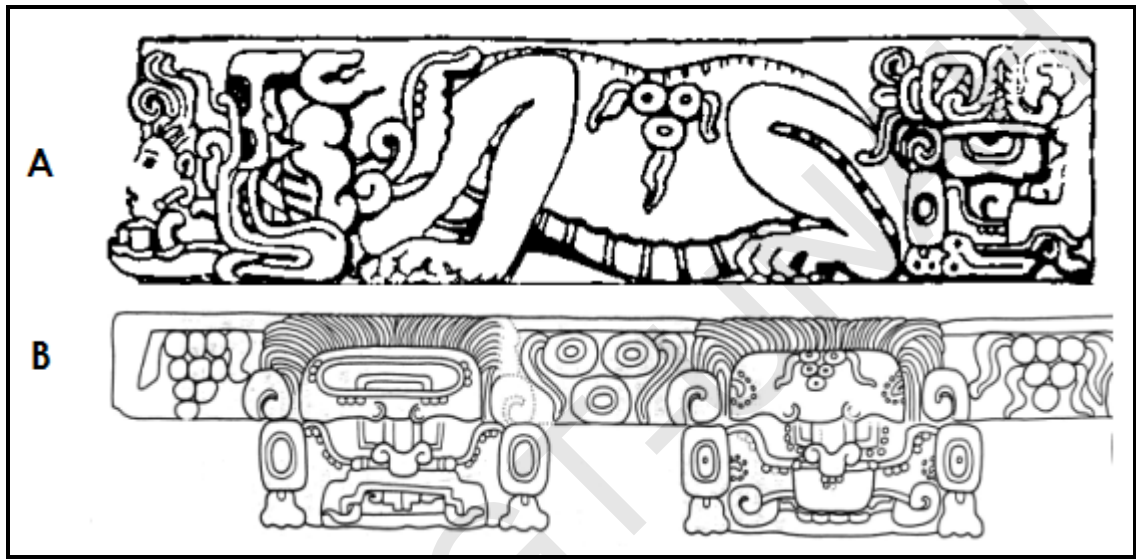


Figura 15: Las serpientes sagradas mayas en la iconografía de Copán, A) Representación de una barra de serpiente bicefálica, en altares (Kelly, 1982: 96); y B) Serpientes de la visión, en el Templo 18 (Baudez, 1994: 193)

### **II.6.2. El Calendario Maya**

Los mayas al desarrollar la escritura, representaron los números mediante un sistema vigesimal (un sistema con base en veinte números, del cero al diecinueve) representado por puntos, barras y una concha que es el glifo del cero (Kelly, 1982:21-22), como se muestran en la Figura 16:

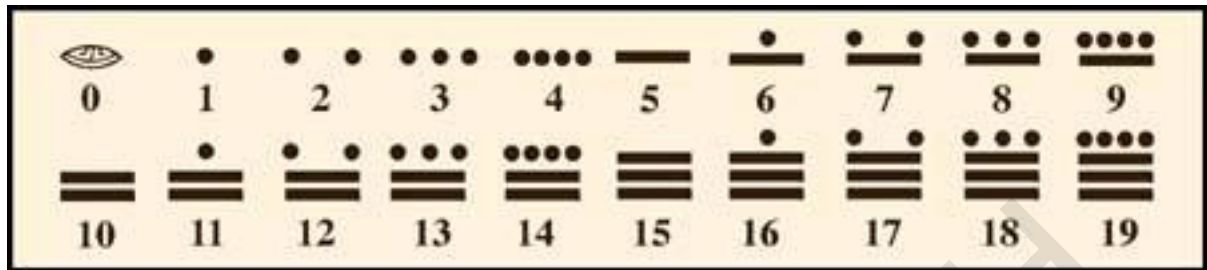


Figura 16: Los números mayas, adaptado de Kelly, 1982.

El sistema calendárico desarrollado por esta civilización, se denomina como *La Cuenta Larga (CL)*. Representa un sistema lineal para medir el tiempo, que inicia desde una fecha cero que se ha asociado al 13 de agosto del año 3114 a.C. (Fash, 1991:31). Las fechas son dadas a partir de este inicio contando los días que transcurrían. El método utilizado para medir los días (llamados *kin*) eran organizados como se muestra en la Tabla 2:

| LA CUENTA LARGA: AGRUPACIÓN DE LA CUENTA DE DIAS |              |  |
|--|--------------|--|
| Cuenta Máxima                                    | Equivalencia | Número de días transcurridos desde el inicio |
| 20 kins  | 1 uinal      | 20   |
| 18 uinales                                       | 1 tun        | 360  |
| 20 tuns  | 1 katun      | 7,200  |
| 20 katuns  | 1 baktun     | 144,000                                      |

Tabla 2: La cuenta larga y sus agrupaciones. Tabla de elaboración propia del autor.

En la cuenta larga, cada fecha es organizada en forma de cinco números (2.7.9.16.3, se leería como 2 baktunes, 7 katunes, 9 tunes, 16 uinales y 3 kines), siendo el total de días desde el inicio de la cuenta en el 3114 a.C.

En los escritos mayas a partir del período clásico, las fechas escritas en Cuenta Larga (CL), están precedidas por un glifo introductorio; seguidas por la posición que ocuparía esa fecha en uno de los otros sistemas de medición empleados. Estos son conocido como *Tzolkin* (calendario ritual de una duración de 260 días, resultante de la combinación de 13 números y 20 nombres de días; repitiéndose cada vez que se completase el ciclo), el *Haab* (calendario Solar de 365 días, compuesto de 18 meses de 20 días, más un mes de 5 días al final), uno de los *nueve "Señores de*



*la Noche*”, *cuenta lunar* (que proporciona el mes lunar, día de lunación y la duración de la lunación) y en ciertas ocasiones le precede a la CL un “*calendario ritual*” de 819 días. La suma o la combinación de todas estas formas de medir el tiempo se le conoce como la Serie Inicial, ya que se encuentran al inicio de cada inscripción en la que aparecen. Las siguientes ilustraciones muestran los glifos asociados a los días (Tzolkin) mostrados en la Figura 17 y meses (Haab) del calendario mostrados en la Figura 18:



Figura 17: Glifos representativos de los días del Tzolkin, (Schele y Freidel, 1990: 79)



Figura 18: Glifos representativos de los meses del Haab, (Schele y Freidel, 1990: 79)

La mayoría de las fechas dadas con Series Iniciales, refieren a textos con fechas de importancia histórica en la vida de los gobernantes de las ciudades mayas, en cambio las fechas de la CL, refieren a eventos naturales; ocurridos en el pasado o por ocurrir, esto se hacía con el fin que los gobernantes realizaran o dejaran de hacer actividades para esas fechas, pero fueron manejadas a voluntad para marcar festividades (Fash, 1991: 31).

### II.6.3. Las Observaciones Mayas del Planeta Venus

Venus se consideró como uno de los cuerpos celestes más importantes observados por los mayas. Lo relacionaban ampliamente con Kukulcan quien, según las leyendas, fue la deidad que fundó esta cultura (Carlson, 1993: 203). Los mayas denominaban a Venus de varias formas siendo *Chak Ek* (la gran estrella, ya que en maya *Chak* significaba rojo, grande y *Ek* estrella) la más común. También se le conoce como *Noh ek*, (estrella perro, porque sigue al Sol al ser estrella de la tarde) y *Xux ek* (la estrella avispa, al aparecer Sola y resplandeciente como estrella matutina) (Stross, MSa: 3, Lamb: 1979).

Según Carlson (1993:203), existen varios mitos que asocian a Venus, uno de los más notables es el que se originó durante el período postclásico maya en el área geográfica de Yucatán, que asociaba a Venus con el *Señor de la Casa del Amanecer*, que era otra personificación del ya conocido Quetzalcoatl llamado también la *Serpiente Emplumada*, este último nombre por la leyenda que sus acciones daban como resultado el apareamiento del planeta ya sea por la mañana o por la tarde, pues el era hermano del Sol.

Otras historias relatan que el nombre que recibía Venus dependía de su aparición en el cielo ya sea por las mañanas o por las tardes. Los mayas estudiaron los movimientos de Venus atentamente, pensaron que sus posiciones junto con las de los otros planetas tenían influencia sobre la vida en la Tierra; por ello los mayas programaron sus guerras y eventos rituales de importancia (los usaban como oráculos y con fines adivinatorios; Sánchez, 2007), basándose en las predicciones de los eventos observables de Venus y otros astros. Esto se deja claro en el Códice de Dresde, donde los mayas incluyeron un almanaque en el que mostraban el ciclo completo de Venus, en cinco grupos de 584 días cada grupo (aproximadamente ocho años terrestres), después de los cuales se repetía el esquema. (Según ellos y en la realidad, Venus completa ocho períodos siderales en el mismo tiempo que la Tierra completa cinco, este fenómeno resulta en la resonancia 8:5) (Aveni, 1983: 83-88). La estrella de la mañana para los mayas representó al Dios de la Guerra, Kukulcan. En esos momentos Venus es el objeto más brillante del cielo y opaca a los otros cuerpos celestes, demostrando su supremacía (exceptuando a la Luna y el Sol). Esto es evidente en las leyendas relacionadas con Kukulcan; haciéndose múltiples ceremonias en su honor.

Se sabe, que extrañamente para el período postclásico maya, las personas en esa época cubrían ventanas para que no entrara la luz de este planeta a sus casas, porque se tenía la creencia que ésta podía hacerles daño (UCAR, 2006; Aveni, 1983: 26). Siempre en ese período el planeta fue asociado con guerras (fenómeno muy común para esa época) y a la vez con las desgracias que traían, llegándose a considerar como una presencia nociva y pernicioso; lo cual fue evidente en la iconografía relacionada con *el lenguaje jeroglífico de la guerra*; ya que el glifo representativo



de Venus aparecía acompañando glifos que en otros contextos representaban batallas y sacrificios; como ser los glifos emblemas de las ciudades (Carlson, 1993: 204).

El planeta Venus tiene una revolución sinódica de aproximadamente 583.92 días. Según Hunten (1983), los mayas ajustaron este valor a 584 días. Ellos hacen notar que las revoluciones individuales de Venus ocurren aproximadamente en 580, 587, 583, 583 y 587 días cada una. Pero cualesquiera las cantidades de días, su promedio es 583.92, lo que hace concluir que el valor que ellos utilizaban era bastante útil para hacer notar el movimiento del planeta con un pequeño margen de error. Durante la revolución sinódica, Venus pasa por cuatro períodos; el primero, después de su conjunción inferior es estrella matutina por unos 240 días. Después, en un segundo período desaparece por 90 días, durante su conjunción superior. En el tercer período, reaparece como estrella vespertina por espacio de otros 240 días. Finalmente desaparece de nuevo 14 días en su conjunción inferior (Aveni, 1983: 85, 2005: 118-122; Maupomé, 2000: 52-58).

Realmente no se conoce la forma cómo marcaban cada uno de los períodos explicados, pero el total de la revolución sinódica debía de ser siempre el mismo valor, 584 días. Según la astronomía Maya, Venus era estrella matutina durante 236 días. Era invisible durante su conjunción superior durante 90 días. Se convertía en estrella vespertina durante 250 días e invisible durante su conjunción inferior durante los ocho días faltantes para sumar 584 días (Maupomé, 2000: 44).

### **II.6.3.1. Venus en los Códices**

A los escritos con jeroglíficos o escritura maya en libros se les da el nombre de *códices*. Esta palabra proviene del latín *codex*, que significa libro o tabla cubierta para escribir. Estos escritos se componen de una pieza de papel fabricada del árbol de amate y recubierta con estuco blanco o cal. La hoja se doblaba en forma de acordeón. Las dimensiones de cada hoja tienen entre 20 y 22 centímetros de alto, un ancho de 11 centímetros y una longitud máxima de 6.7 metros.

Los mayas utilizaban ambos lados de la hoja y anotaban en ella contenido relacionado con rituales, adivinación, almanaques y calendarios. El contenido correspondía a la suerte o situaciones que se podrían presentar cada día de cada Katún, que es un período Maya importante, compuesto de veinte años. En el caso de Venus, los códices también contenían datos astronómicos colocados tablas sobre las revoluciones sinódicas del planeta; todo ello era relacionado con la suerte de la humanidad, que casi siempre predecían desastres.

La existencia de éste y de otros códices la evidencia por vez primera Pedro Mártir de Anglería en su libro *De Orbe Novo* de 1520. En él cita, que en 1519 llegaron de Mesoamérica a Europa, procedentes de Veracruz, estos textos. Se cree que el conquistador español Hernán Cortés los recogió entre las localidades de Cozumel y Cempoala y, en este último lugar, Bernal Díaz del Castillo menciona que se encontraron muchos libros en un templo. Además se menciona en varias fuentes documentales del tiempo de la conquista que se destruyeron gran cantidad de textos, siguiendo las normas de la Santa Inquisición.

El Códice de Dresde es uno de los libros Mayas que sobreviven. Consta de setenta y cuatro páginas ilustradas y cuatro en blanco. Basado en el estilo y la información calendárica, se cree que se escribió al norte de Yucatán, y la fecha del documento oscila entre 1200 y 1250 d.C, dentro del período postclásico tardío de la civilización. Este libro apareció por primera vez en la Biblioteca Real de Dresde en Alemania en el siglo XVIII, sufriendo muchos daños durante la Segunda Guerra Mundial.

Estudiando estos textos, el bibliotecario Ernst Forstemann descifró las tablas lunares y venusianas del Códice de Dresde e identificó igualmente varios símbolos de los días, de los meses y de los números. Descubrió también que los mayas contaban utilizando la base veinte en sus cálculos. Forstemann logró identificar una serie de cálculos especializados catalogados como la "*Tabla de Venus*", que contenía los registros de los movimientos aparentes de Venus.

También, el Códice de Dresde contiene una serie de almanaques de 260 días y diversidad de cálculos astronómicos, sobre todo información precisa sobre los movimientos de Venus y la

ocurrencia de eclipses. Sobre estos eventos, se lleva un control en cuanto a la aparición y desaparición de Venus, detallado en las páginas 24 y 46-50 del códice, marcando su aparición como estrella matutina y vespertina. En esos escritos se relaciona también a este planeta con el dios Kukulcan (nombrado como Quetzalcoátl o Serpiente Emplumada, en el período postclásico), en la página 49 en manifestaciones malignas, tirando flechas a sus víctimas.

De acuerdo con Villacorta y Villacorta (1976: 172), en el Códice Peresiano que tiene un origen maya-tzendal proveniente del área de Chiapas, y específicamente en las páginas 21-24, y formando un sólo tratado referente a los planetas denominado "*La Lucha de los Planetas*"; aparece Venus (pagina 22, del códice) al lado de divinidades y de la muerte; siendo el lugar donde se le menciona más claramente (Villacorta y Villacorta, 1976: 174 y 218-219).

También existe mención a Venus, en los códices de Madrid y Grolier; este último que está centrado por completo en el ciclo y movimiento de Venus; y que quizás sea el códice más astronómico de todos (Rodríguez, 2007).

### **II.6.3.2. Glifos de Interés**

Los Mayas utilizaron jeroglíficos para referirse a Venus, las deidades, fenómenos, días y meses relacionadas entre si; pero no fue exclusivo su uso para ellos. En la Tabla 3, se listan los glifos más empleados y los autores que los vinculan a los objetos y fenómenos mencionados:

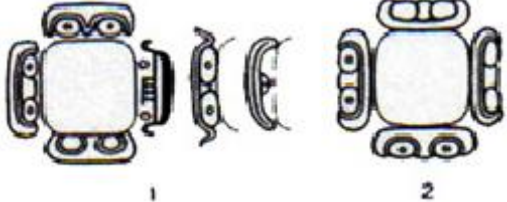
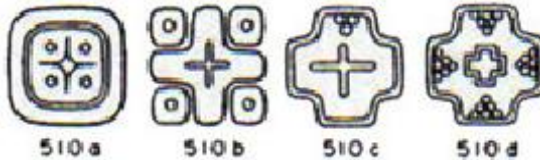





| JERoglÍFICOS EMPLEADOS POR LOS MAYAS PARA REFERIRSE A VENUS, DEIDADES, SERES Y FENÓMENOS RELACIONADOS |   |                                  |   |
|---|---|----------------------------------|---|
| No.   | Glifo   | Autor                            | Asociación  |
| 1   |    | Thompson (1962)                  | Venus como "Ek", que significa estrella, enmarcando el glifo central como un afijo. |
| 2   |    | Thompson (1962)                  | Venus como "Ek", que significa estrella; esta vez como glifo central.               |
| 3   |   | Thompson (1962)                  | Glifo representando a la Deidad Chac  |
| 4   |  | Kettunen, Helmke (2004:72)       | Glifo "Chak-ki", representando a la deidad Chac.                                    |
| 5   |  | Kettunen, Helmke (2004:72-73)    | Glifos de "Chan", significando serpiente, cuatro o el cielo.                        |
| 6   |  | Kettunen, Helmke (2004:19 y 81)  | Glifo de "Witz", que se interpreta como montaña, cerro o monstruo.                  |
| 7   |  | Schele y Freidel (1990: 68 y 73) | Glifo de "cauac", relacionado con la lluvia, el cielo y la Tierra.                  |

Tabla 3: Jeroglíficos Mayas que hacen referencia a Venus, deidades, seres y fenómenos relacionados con el. Tabla de elaboración propia del autor.

### **II.6.3.3. Deidades Asociadas con Venus**

Venus fue considerado como el hermano del Sol, teniendo muchas dimensiones y algunas de ellas consideradas malévolas y peligrosas; especialmente cuando el planeta aparecía por las mañanas (Henderson, 1997: 55). Una de las concepciones del planeta al aparecer por el Este (por las mañanas) fue asociarlo con Kukulcan que fue concebido como un dios Maya, su nombre significa: “*Serpiente Emplumada*”. En el período postclásico (Galindo, 1996; Carlson, 1993), la leyenda cuenta que Kukulcán relata que fue el guerrero que llegó a través del mar a las costas de Yucatán. Luego se convirtió en fundador de su civilización y de ahí se deriva el mito de que él es el señor del viento, por el control que ejerce en el navío que lo transportó. En Chichen Itzá durante el período postclásico, por ejemplo; se le observa plantando maíz, cargando herramientas y continuando un viaje. Este último hecho da origen a la conexión Solar (Galindo, 1996). Durante el período clásico de la civilización, en la región que corresponde a la península de Yucatán, existieron representaciones de Kukulcán con el aire saliendo de su boca y asociándose aun más con el Sol, porque se le consideró como una de las divinidades creadoras (Maupomé, 2000). En cambio en la zona de Guatemala y Honduras aparece como señor del trueno, la luz y la lluvia; refiriéndose así como a un dios de la cosecha (Sharer, 1997: 532).

Kukulcán recibió diversos nombres, como una divinidad creadora se le conoce como *Gucumatz* y *Lucero del Alba* en algunas regiones de Yucatán, Guatemala y Honduras. En escritos del período post clásico como el Códice de Dresde, Kukulcán es la deidad que aparece más frecuentemente, con una nariz larga truncada (parecido a un tapir), con la capacidad de caminar sobre el agua, controlar el fuego y se le coloca en el árbol que controla los cuatro vientos, el Wacah Chan (Galindo, 1996).

Durante el período postclásico y sumándose a ello el decaimiento de la civilización maya; la visión de Kukulcán fue cambiada a la de un ser nocivo. Esto es evidente en la zona de Yucatán, por el fenómeno de la desaparición prolongada de Venus, y su aparición antes de la salida del Sol en el este, siendo asociada con poderes malévolos y se encuentra registrado en el Códice de Dresde (Páginas 46-50, edición de Forstemann; Aveni, 1983: 26, 240-244).

Durante el período clásico tardío, en la zona de Copán; la evidencia del decaimiento del culto a Kukulcán (o a la asociación dada, como serpiente bicéfala), se relaciona ampliamente con la obstrucción de la ventana dirigida hacia el Oeste, ubicada en el extremo occidental del Templo 22 o Templo de Venus; con lo que se demuestra que los gobernantes por algún motivo dejaron de reverenciar al planeta y a las deidades asociadas (Aldana, Fash, 2001).

En las creencias mayas, existieron una gran cantidad de dioses; a los cuales se les asociaban diversas facetas, títulos y nombres. En ciertos casos los dioses podían llegar a tener cuatro dimensiones o ser cuatro dioses siendo en si uno, sólo que cada uno de ellos se ubicaba o asociaba con uno de los puntos cardinales; diferenciándose entre ellos con la variación de colores o dualidades opuestas como ser juventud frente a ancianidad, bondad frente a maldad, etc. (Henderson, 1997: 52).

A Venus se le asoció directa o indirectamente con las siguientes deidades (Kelly, 1982: 63 y 65):

- **Dios B:** Llamado también el dios de la nariz larga y lengua colgante. En la clasificación de Zimmerman es el equivalente al Dios G10 y G10a. Este Dios esta asociado con las cuatro direcciones, muy prominente en los códices y siempre se encuentra en situaciones benéficas. También se le coloca asociado con el agua, serpientes y en labores agrícolas (plantando); se le ha asociado con Kukulcan (llamado también Itzamna, que es una divinidad creadora) en muchas ocasiones, al igual ocurre con la amplia asociación con la deidad de las lluvias Chac.
- **Dios K:** Llamado también el dios con la nariz ornamental. En la clasificación de Ziemmerman es el equivalente al Dios G8. Esta deidad absolutamente prominente, posee una conexión muy peculiar con los Dioses B y D. Su glifo posee severas variantes y es muy frecuente en las inscripciones. En el Códice de Dresde, se le asocia como el patrón del año Ben, en las ceremonias de año nuevo, que ocurre en los días Lamat, Ben, Etz'nab y Akbal. En el Códice de Madrid, la misma ceremonia está marcada, pero ocurre en los días Cauac, Kan, Muluc e Ix. En el Chilam Balam,

este dios se le conoce como Ah Bolon Tzacab, y en las ciudades de Copán, Chichón Itzá y en ocasiones en Palenque aparece el glifo de este Dios acompañado del prefijo numeral nueve o “Bolon”, que no aparece en los códices. Es muy probable que exista alguna conexión entre el Dios K y el Dios G1 (de la noche), siendo una representación similar con la deidad del maíz

#### ***II.6.3.4. Festividades y Ritos Asociados a Venus***

A través de la historia maya, Venus fue relacionado a los eventos que originaban batallas y guerras, especialmente lo demuestran así aquellos jeroglíficos que contienen el glifo representativo de Venus seguido ya sea por puntos, conchas cortadas; de lo cual se sugiere que se derivó una especie de lenguaje de guerra, cuyos análisis epigráficos han asociado a estos glifos a conflictos bélicos especialmente en los momentos cuando Venus hace su primera aparición como estrella de mañana o de la tarde (Carlson, 1993: 204-208).

Closs, Aveni y Crowley (1984:230-234) mencionan que la relación entre Venus y las lluvias nace de muchas leyendas, pero una muy notable es la que relata que el Sol tenía una disputa con las nubes, ya que las nubes sostenían que ellas originaban las lluvias al formarse; pero el Sol decía que no, que ellas no lo podían hacer y mucho menos sin contar con el permiso de cruzarse frente a él, de manera que las nubes no se formaron. Como resultado de este mal entendido, la gente empezó a sufrir y morir en la Tierra. La historia se resuelve cuando empezó a llover, pues el Sol se dio cuenta que él no era tan poderoso como las nubes, resolviendo el diferendo; permitiendo que las nubes se formaran y que lo cubrieron sin permitirle ver. La historia finaliza con una frase que asocia a las nubes como el antiguo hermano del Sol; y que según la mitología el antiguo hermano del Sol (Señor Kin) es Venus (señor Xulab).

Adicionalmente, Kelly (1982:96) menciona que durante el período clásico Maya, Kukulcan se consideró como un ser bicéfalo (serpiente bicéfala) y estas representaciones, siempre estaban acompañadas del glifo representativo de Venus. En Copán, estos glifos se utilizaron para muchas interpretaciones, sobretodo en aquellas que estaban relacionadas con las cosechas y divinidades; apareciendo frecuentemente adornadas con glifos de cauac.

## II.7.EL PARQUE ARQUEOLÓGICO DE COPÁN RUINAS

El sitio arqueológico de Copán Ruinas fue declarado en 1980 por UNESCO como patrimonio mundial de la humanidad; su decisión fue basada en los criterios de ser este un sitio que cuenta con destacadas construcciones que demuestran una etapa significativa de la historia humana de la región y por estar asociado directamente con acontecimientos, tradiciones vivas, ideas y creencias; plasmados en trabajos artísticos que representan una significación universal excepcional (UNESCO, 2006).

En la actualidad, al vocablo “*Copán*” no se le conoce con certeza su origen, pero se le ha asociado con el significado de “*Puente*”, “*Bandera Retorcida*” y otros. La etimología más satisfactoria es la creencia que el nombre se derive de un jefe nativo llamado *Copán Calel*, que defendió esa zona contra los invasores españoles cerca del año 1530 (Strömsvik, 1946: 8).

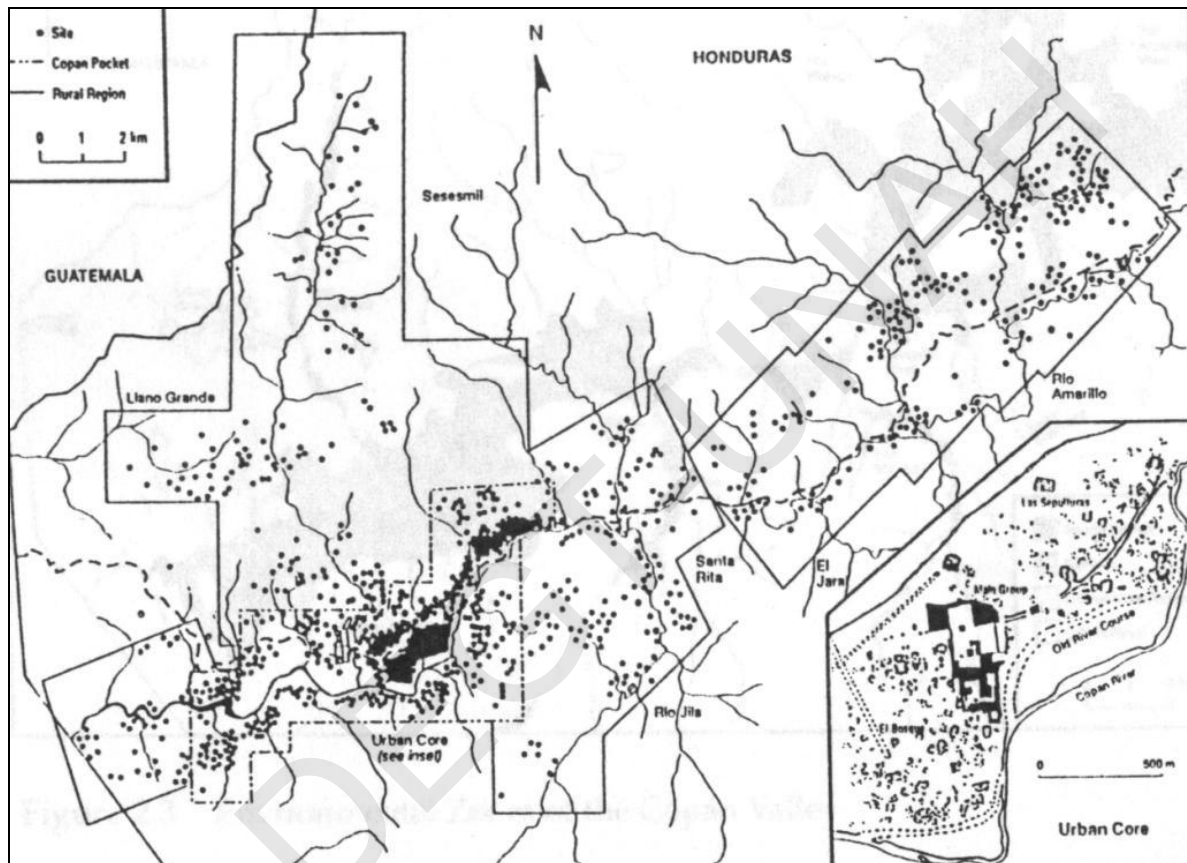
### II.7.1. Localización Geográfica

Copán está ubicado en el sureste del imperio Maya y al occidente de la República de Honduras en América Central. Representó en esta zona el mayor centro de desarrollo del período clásico. Se encuentra en un fértil valle contiguo al río de su mismo nombre y rodeado por bastas montañas. El descubrimiento de esta ciudad se realizó algunos años después de la conquista Española, como lo describió en su momento Diego García de Palacio en el año de 1576 (Sharer 1983: 320-327).

El Valle de Copán se encuentra a una altura promedio de 620 metros sobre el nivel del mar (msnm), midiendo aproximadamente unos 13 kilómetros (Km) de largo por unos 2.5Km de ancho en su parte más amplia. Las montañas que rodean el valle se elevan a alturas de hasta 920 msnm. El clima suele ser templado, especialmente durante la estación seca de Diciembre a Mayo, con una temperatura que oscila entre 15 grados Celsius (°C) y 32°C, llegando a un mínimo de 10°C en el invierno. La lluvia anual se calcula entre 1.25 metros a 2.0 metros, que cae en su



mayor parte entre los meses de Junio a Noviembre (Strömsvik, 1946: 1-7). La Figura 19 muestra el Valle de Copán y el área urbana maya para el período clásico:



**Figura 19: Mapa del Valle de Copán, donde se muestran las áreas arqueológicas y de asentamientos humanos, (Abrams, et. al, 1996: 58).**

El sitio arqueológico de Copán está compuesto por estructuras y plazas interconectadas aledañas. El corazón o núcleo de este centro urbano está compuesto hacia el norte por la Plaza Principal, hacia el sur por la Acrópolis y El Cementerio y las estructuras residenciales de la élite de la ciudad hacia el noreste y el suroeste del núcleo, en la Figura 20; se muestra la distribución de las estructuras del área central de Copán.

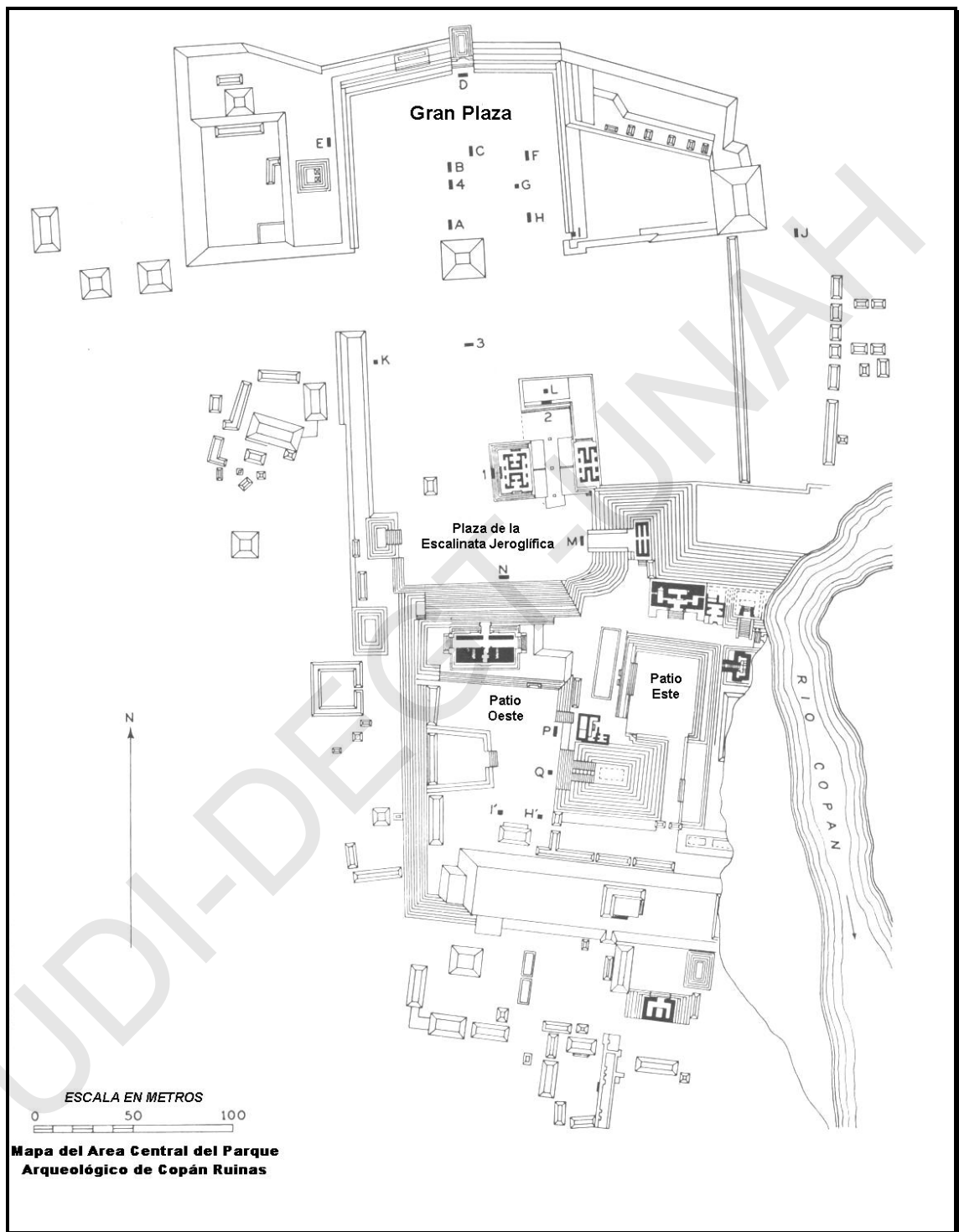


Figura 20: Mapa del Área Central del Parque Arqueológico de Copán Ruinas, (modificado de Sharer, 1983: 323).

### **II.7.2. Reseña de las Investigaciones Realizadas en Copán**

Diego García de Palacios en 1576, en sus escritos da evidencias que observó las ruinas él mismo, y que en esa época aun estaban de pie seis estelas en la Gran Plaza. García de Palacios detalló la Gran Plaza y varias estructuras del área, pero no logró conocer quiénes habían construido todo lo que ahí se encontraba. Consultó a los lugareños y no logró encontrar explicación a su origen más allá de *“Que en tiempos muy antiguos vino un gran señor de Yucatán quien construyó esas estructuras y al cabo de algunos años el regresó a su Tierra nativa dejando completamente abandonado el sitio”*. Los lugareños del área llamaban a la zona donde se encontraban las ruinas con el nombre de Copán, pero no era el nombre antiguo del sitio y quedó hasta hoy en día denominado de esa forma.

Fue hasta 1834, bajo orden del Gobierno de la Federación de Centro América, que el Coronel Juan Galindo, quien había explorado ya las ruinas Mayas de Palenque y Uxatlán, exploró el sitio de Copán. Permaneció varios meses en el lugar, describió con dibujos y anotaciones sus hallazgos, siendo publicado todo su trabajo en periódicos y revistas de Londres, París y New York. El Coronel Galindo fue el primero en realizar excavaciones en el Patio Oeste de la Acrópolis, encontrando una cripta funeraria.

El explorador John Lloyd Stephens posteriormente en 1839, se interesó en el trabajo publicado por el Coronel Galindo y con la ayuda de un dibujante inglés de nombre Frederick Catherwood, que poseía amplia experiencia en documentar sitios antiguos, publicaron una obra muy ilustrada con el nombre de *Incidentes de Viaje en Centro América, Chiapas y Yucatán* (1841). En esa obra no concluyeron nada sobre el origen o el significado de esas estructuras, sino que confirmaron que pertenecieron a pobladores mucho más antiguos a los que encontraron los conquistadores españoles a su llegada. Además dedujeron que los jeroglíficos de muchas estructuras representaban acontecimientos históricos y que algunos altares fueron utilizados para sacrificios.

Posteriormente, se realizó un trabajo de documentación fotográfica del lugar por parte de Alfred Maudslay, aumentando aún más el interés por esta ciudad. El investigador George Gordon, del Museo Peabody de la Universidad de Harvard, condujo investigaciones en la zona en el período comprendido de 1891 a 1894.

Los resultados de Gordon atrajeron la atención de más instituciones en la investigación del sitio, entre ellas la Institución Carnegie, que auspició investigaciones en el sitio por muchos años. Esta institución realizó primordialmente labor de conservación, entre otras actividades. De tal forma, que se trabajó para evitar el daño que causaba el río en las estructuras debido a un cambio de curso que este había sufrido. Además se excavaron y se restauraron muchas estructuras, incluidas estelas y templos. Para 1920, Silvanus Morley contando con el auspicio de la Institución Carnegie, continuó con la investigación en Copán. Morley pretendió fechar los monumentos a los cuales tuvo acceso, iniciando desde esa época con la asociación de las fechas con el fin de marcar el tiempo en sus diferentes facetas. Dio bastante importancia la asociación de las fechas con eventos astronómicos (situación de mucha importancia en esa época) (Fash y Agurcia, 1996: 38).

Posteriormente, en el período comprendido entre 1935-1942 y 1946; Gustavo Strömsvik se dedicó a la tarea de erigir las estelas caídas y quebradas, a restaurar el Campo de Pelota, la Escalinata Jeroglífica de la Estructura 26 y a supervisar el trabajo de Aubrey Trik en el Templo 22. Además protegió la ciudad del río con un muro de contención. Relacionado al Templo 22, Strömsvik contacta a Tatiana Proskouriakoff con el fin que ella realizara dibujos de cómo habría sido este templo y otros de la ciudad; resultados publicados en la obra *An Album of Maya Architecture* (Fash y Agurcia, 1996: 39-41).

Ya en la década de los años setenta, el arqueólogo Gordon Willey a partir de una invitación hecha por el Dr. Adán Cueva, director del Instituto Hondureño de Antropología e Historia; comienza a desarrollar un programa a largo plazo de investigación, orientado a determinar (entre otras cosas) la visión que existió en el contexto económico, político y social de las estructuras y monumentos de Copán. Entre los numerosos resultados obtenidos, destaca la

propuesta sobre que las Tierras bajas Mayas para el año 731 d.C., fueron gobernadas por cuatro ciudades principales. Ellos, derivaron lo anterior a partir de la dedicatoria de la Estela A, cuyo texto jeroglífico cita a Copán, Tikal, Calakmul y Palenque y su relación con los cuatro puntos cardinales. Ya para el año 1977, inició la primera fase del Proyecto Arqueológico Copán (PAC I), bajo la dirección de Claude Baudez, quien logró terminar el mapa del Valle de Copán. Entre 1980-1985, William Sanders desarrolla el PAC II, teniendo como meta primordial reconstruir la Historia de la población y agricultura de la cuenca del Río Copán (Fash y Agurcia, 1996: 41-44)

### ***II.7.3. Venus y los Monumentos de Estudio en el sitio Arqueológico de Copán Ruinas***

Los monumentos aquí descritos fueron seleccionados en base a la presencia de los glifos que se describieron y se enumeraron páginas atrás en la Tabla 3, ya que ellos están relacionados de una u otra manera con Venus.

- **Templo 22**

Este templo con forma de fortaleza, descansa en la terraza de una gradería muy ancha que se encuentra al norte del patio oeste; en la Figura 21 se muestra un plano de este templo. Las gradas que conducen a este templo, son las más altas de la región Maya. La entrada a esta estructura está hecha en forma de una enorme boca de serpiente, donde la segunda grada de la parte superior está tallada con puntos en forma de dientes teniendo a cada lado un colmillo curvo apuntando hacia arriba, mientras que alrededor las piedras redondas grotescas forman un arco rectangular dando la impresión de ser dientes de menor tamaño. La fachada de este templo esta dividida en dos zonas por una moldura intermedia. La zona inferior, estaba lisa con excepción de tres máscaras del dios de la lluvia (Chac) superpuestas a cada esquina. La zona superior, completamente caída a causa del terremoto de Diciembre de 1934 (Baudez, 1994:200); estaba sobrecargada con decoraciones de máscaras grotescas, serpientes, y otros. Al entrar en esta estructura, se encuentra una escultura (fachada interior) en forma de marco

alrededor de la puerta interior; la cual esta esculpida con figuras humanas sentadas en enormes calaveras y monstruos fantásticos; a estos tallados se les asocia un sentido representativo del hombre y el universo. Las grandes calaveras sobre el suelo, significan muerte y Tierra, las figuras humanas sentadas cuyas espaldas forman rostros de dioses simbolizando la vida en la Tierra. Cada figura humana, tiene su mano levantada sosteniendo la quijada de un ser de dos cabezas y que en si forman un arco entretejido por pequeños espíritus celestes con forma humana (Strömsvik, 1946: 67-70).

Maudslay (1889-1902, Vol I, pl. 17a, b), encontró en el interior del Templo, torsos y estatuas con una mano abajo pegada al cuerpo y otra levantada; él las interpretó como, mujeres jóvenes que movían sus manos mientras cantaban. De acuerdo con Proskouriakoff (Strömsvik, 1946: 44), estas estatuas son hombres y personalizan el maíz. El sentido de su actitud aun no está claro, y aunque ninguna fue reconstruida en su totalidad se encontraron en el pasillo hacia al oeste que separa el Templo 22 de la estructura conocida como Popol Nah.

La orientación de este templo es este-oeste. Su interior esta comunicado por estrechos corredores. La habitación ubicada al norte del templo, está más alta que el resto del piso del edificio por alrededor de medio metro; además posee dispuestas en forma de una "H", dos habitaciones una al este y otra al oeste. Esta última tiene una ventana en forma de un agujero, con medidas de 20 centímetros (cm) de ancho, 80cm de alto que disminuyen cerca de su parte media a 65cm y pasa a través de la pared extendiéndose por un metro, hasta el exterior del edificio. (Baudez, 1994: 200).

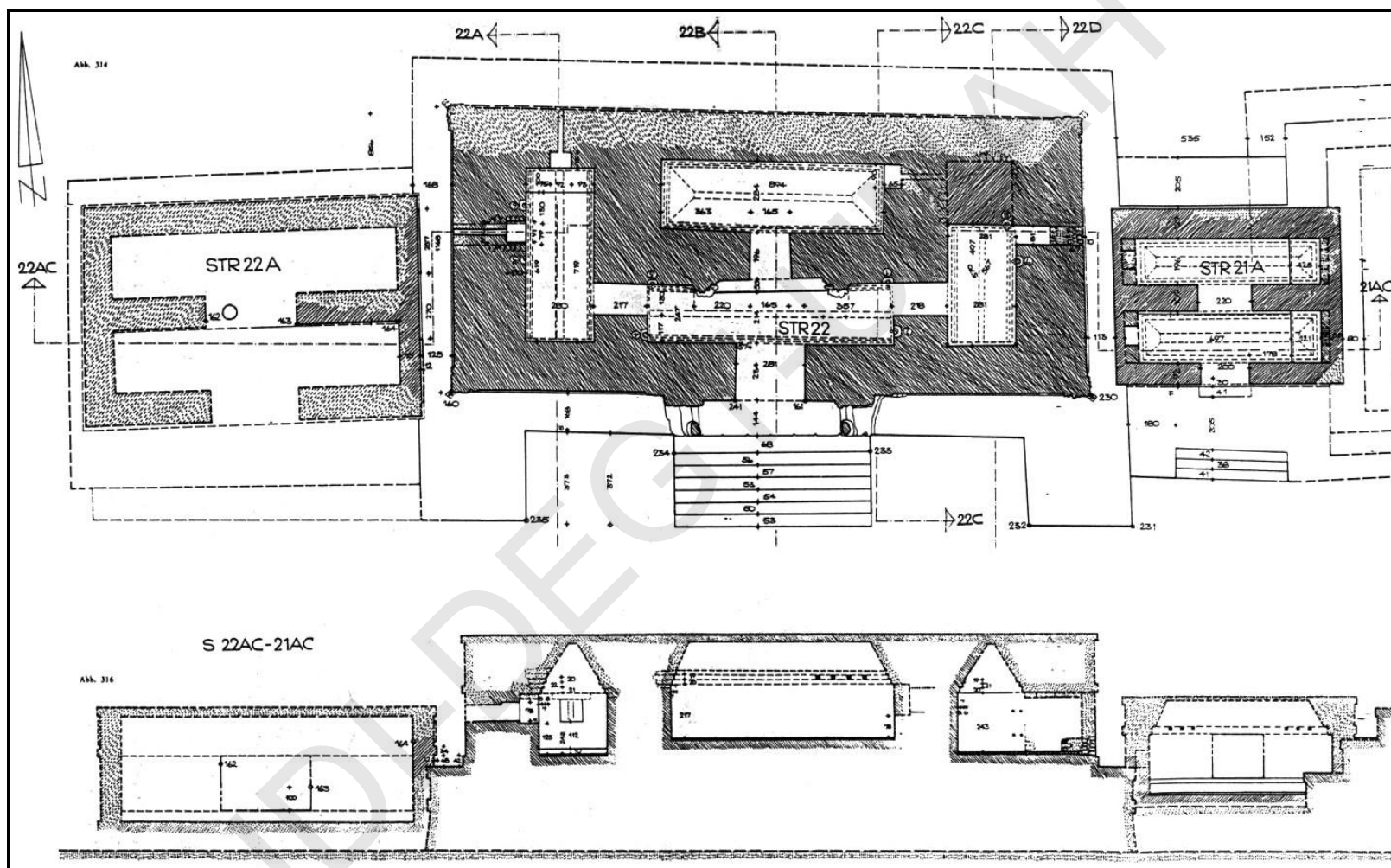


Figura 21: Plano y sección del Templo 22, incluyendo las estructuras aledañas la 22A y 21A, Después de Hohmann y Vogrin, (1982); citado por Baudez (1994).

UDI-DEGT-UNAH



Baudez (1994: 200), menciona que existen cuatro mascarones de la deidad Chac en las cuatro esquinas exteriores del templo, estos se muestran en la Figura 22. Trik (1939), describe con detalle estas máscaras, diciendo que tienen su frente adornada por dos grandes detalles en forma de espiral, poseen ojos grandes cerrados hasta la mitad por una especie de parpado y están subrayados por el glifo T23 (glifo que significa *na*). La quijada superior tiene dos muelas y espirales a los lados, pero carecen de la quijada inferior. El hocico de los mascarones, es grande, ondulado y proyectado en forma de una tira. La naturaleza terrenal de estos monstruos, es clara por medio de los tres círculos puestos en la frente y en el hocico (estos círculos son mejor conocido como el glifo de cauac).

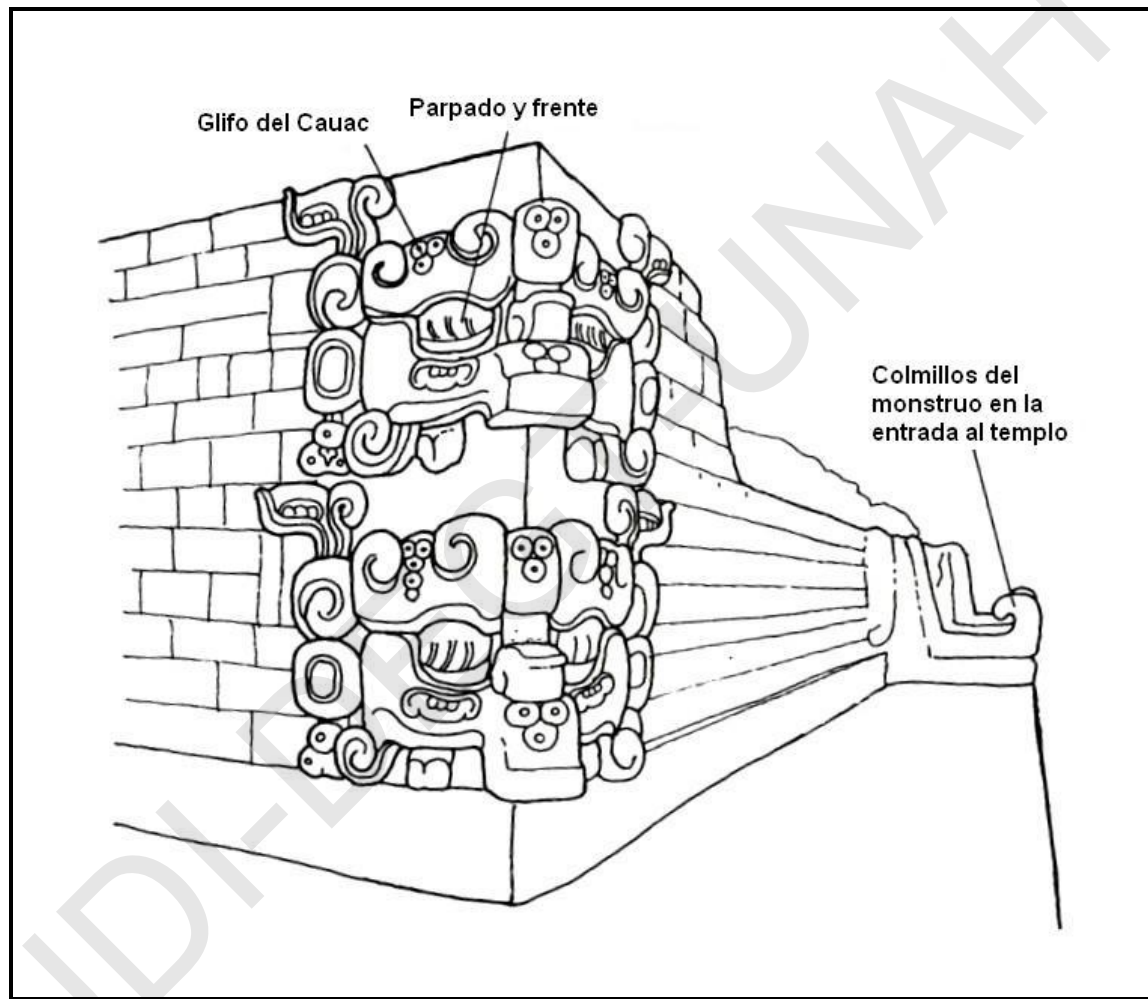


Figura 22: Se muestra en él, una de las máscaras ubicadas en las esquinas del templo. Schele y Freidel asociaron estos mascarones con Witz una deidad casi igual al Chac, (adaptado de Schele y Freidel, 1990).

En el interior del templo, adornando y enmarcando la entrada de la habitación que se encuentra más al norte está tallada una fachada. Baudez (1994: 205-211), propone que la entrada al templo representa la boca de un monstruo cauac y que las máscaras de este dios, se encuentran en las cuatro esquinas del edificio. Asume que en sí toda la estructura representa la Tierra. Siempre, Baudez apoya esta visión suponiendo que la pared destruida del norte fue una cabeza que se complementaba con la del sur; dando la idea de un monstruo bicéfalo. Esta visión, contrasta de alguna forma por la propuesta por Schele y Freidel (1990: 67-70), que ellos proponen un sentido de montaña a este tipo de templos; asumiendo que el monstruo representado en los mismos sitios es un witz, muy similar al cauac o Chac. Ambas propuestas, se combinan en que esos monstruos pudieron tener varias interpretaciones, sobre todo como de un monstruo cósmico que regía el mundo terrenal. Lo esculpido en la entrada de la habitación al norte, pretendió representar el universo tripartito concebido por los mayas, donde la base inferior representa el inframundo, las figuras bicefálicas (representadas por figuras grotescas en forma de S, muy similares a lo que se encuentra tallado en los Altares G ubicados en la Gran Plaza) el cielo y los dos bacabs que se encuentran en el medio son la Tierra, que sostienen el monstruo del cielo; esto está representado en la Figura 23.

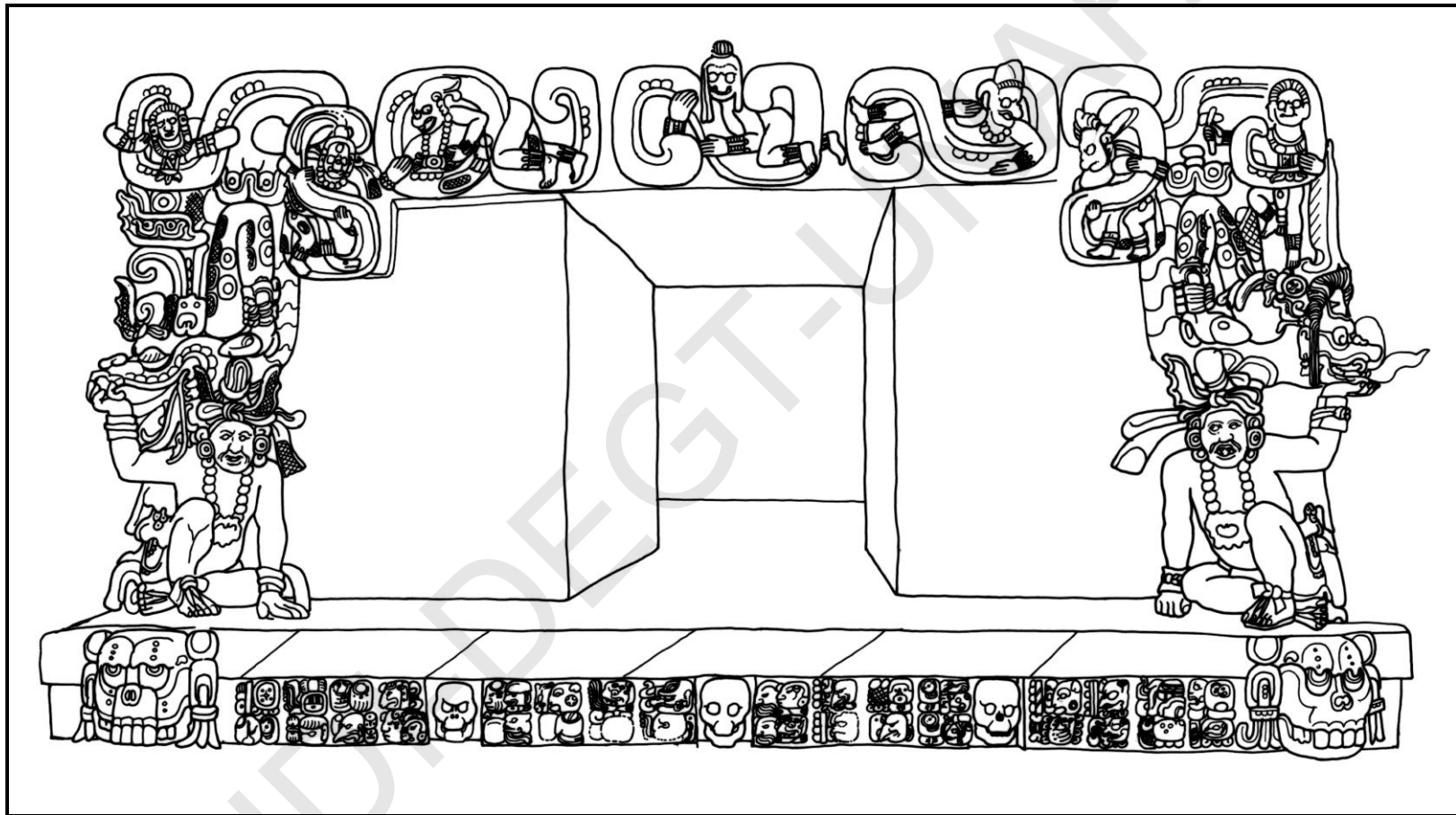


Figura 23: Dibujo de la fachada al interior del Templo 22, se logra observar en la parte inferior las calaveras y la banda que representa el inframundo. En su parte media y en ambos lados se observan los bacabs que sostienen las cabezas del monstruo cósmico, y en la parte superior el cuerpo del monstruo formado por los detalles en forma de S combinados con los grotescos adornados. Nótese lo claro que se detalla el glifo de Venus en la esquina superior izquierda (oeste) y en la esquina superior derecha (este). (Dibujo obtenido de la colección Linda Schele, disponible en <http://www.famsi.org> )

Las figuras de los bacabs, dirigen su cara hacia el centro de la puerta de la habitación; ellos están en cuclillas con un pie en la Tierra mientras el otro está doblado bajo el cuerpo, con la mano externa soportan el monstruo del cielo y la otra está apoyada en la Tierra. Esta tallada de perfil una máscara identificada como un cauac (similar a la de al Estela C), que posee tres semicírculos en alto relieve ubicados en la frente y en los ojos; esto denota la naturaleza terrenal de los bacabs, que a su vez están adornados con granos redondos en forma de cruz acompañados de huesos. Es muy notable el detalle de los semicírculos que ellos tienen en las orejas, que quizá trataban de representar una especie de planta. Al lado izquierdo (oeste), puede identificarse sobre el bacab; hojas de lirios de agua y glifos que representan a Venus. Hacia el lado derecho (este), la cabeza del monstruo bicefálico posee una especie de oído humano con un espiral en su interior acompañado de una semilla, que probablemente indica alguna forma de plantar el maíz, además tiene un medallón marcado con un glifo denominado como cimi. En esa misma dirección y en la parte superior es evidente la presencia del glifo representativo de Venus junto con el glifo de ahau, que juntos se expresarían como “el señor Venus” (Baudez, 1994: 208-209).

Al Templo 22, varios autores han sugerido la fecha dedicatoria del mismo, las cuales se resumen en la siguiente Tabla 4:

| <b>Fecha Dedicatoria del Templo 22</b> |                                   |                         |                       |
|--|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>Fecha Cuenta Larga</b>              | <b>Fecha en Rueda Calendárica</b> | <b>Fecha Gregoriana</b> | <b>Sugerido por</b>   |
| 9.14.3.6.8                             | 5 Lamat 1 Zip                     | Marzo 27, 715 d.C.      | Baudez (1994)         |
| 9.14.3.6.8                             | 5 Lamat 1 Zip                     | Marzo 27, 715 d.C.      | Fash y Agurcia (2004) |

**Tabla 4: Fecha dedicatoria del Templo 22, propuestas por varios autores. Tabla de elaboración propia del autor.**

Astronómicamente, los mayas consideraron un ciclo de 584 días para el período sinódico de Venus. Maupomé (2000: 44-47), expone que el calendario maya se basa en

la aparición y desaparición de este planeta, fenómenos marcados claramente, por la evidencia que está contenida en los códices, detallándose de la Tabla 5:

| CODICE FUENTE   | PERIODO SINODICO DE VENUS (584 DIAS) |  |
|-----------------|--------------------------------------|--|
|                 | NO. DIAS                             | OBSERVADO                                |
| DRESDE, GROLIER | 236                                  | Estrella de la mañana<br>(hacia el este) |
|                 | 90                                   | Desaparición<br>(conjunción superior)    |
|                 | 250                                  | Estrella de la Tarde<br>(hacia el oeste) |
|                 | 8                                    | Desaparición<br>(conjunción inferior)    |
| BORGIA          | 243                                  | Estrella de la mañana<br>(hacia el este) |
|                 | 77                                   | Desaparición<br>(conjunción superior)    |
|                 | 252                                  | Estrella de la Tarde<br>(hacia el oeste) |
|                 | 12                                   | Desaparición<br>(conjunción inferior)    |

Tabla 5: El período sinódico de Venus, según los códices. Tabla de elaboración propia del autor.

Closs, Aveni y Crowley (1984: 221-223), hacen referencia al período sinódico de Venus, agrupándolo en ciclos de ocho años terrestres, lapso que se obtiene como número de años necesarios para observar a este planeta en el mismo lugar en el cielo; este valor es obtenido cuando Venus completa cinco períodos sinódicos. Basados en esto, buscaron un uso astronómico para la ventana que se encuentra al oeste del Templo 22. Ellos, concluyeron que la ventana, servía para observar a Venus en ciclos sucesivos en las posiciones llamadas “*máximos extremos*”<sup>2</sup>, que podían ocurrir tanto en dirección norte

<sup>2</sup> Closs, Aveni y Crowley (1984:223), hacen hincapié que el uso de la ventana sólo fue efectivo durante los primeros dos siglos después de su construcción. Estos se debe, a que si un observador marca un punto donde observó a Venus, éste se repetirá dentro de ocho años: observándolo casi en el mismo lugar, con la salvedad que existe una diferencia en fracciones de arco al punto marcado, que en los ciclos sucesivos no se notaría, hasta que esta diferencia se acumulara (por varios ciclos) y se observe un desplazamiento mayor y mayor a través del tiempo; distanciándolo del punto observado inicialmente.

como al sur. Estos máximos, se definen cuando Venus se encuentra en el punto más lejos del Sol, en cualquiera de las direcciones mencionadas. Esto se debe, a que este planeta; tal como se ha dicho no se comporta de la misma manera en su desplazamiento a través del cielo año con año, sino que se aparta de la eclíptica y no se pone en el mismo sitio si tomamos de referencia al Sol, ya que se aleja algunos grados de él; de forma que cualquier alineamiento u observación de Venus se desviaría de otra utilizada con el fin de marcar al Sol. En cualquiera de los “*máximos extremos*”, a través de la ventana no fue posible observar a Venus en esa posición. Los instantes en los que según Closs, Aveni y Crowley (1984: 236 y 239-241) se logró observar a Venus a través de la ventana, están correlacionadas con el máximo extremo del planeta en dirección norte, condición detallada como resultado en el período comprendido entre el 700-718d.C. y mostrado en la Tabla 6:

| <b>OBSERVACIONES DE VENUS CORRELACIONADAS CON EL MÁXIMO EXTREMO EN DIRECCIÓN NORTE Y USANDO UN ESQUEMA DIAGONAL EN LA VENTANA DEL TEMPLO 22, PARA DETERMINAR SU APARICIÓN</b> |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <b>Año</b>  | <b>Tipo de Observación del Planeta Venus</b> | <b>Fecha</b>    |
| 700   | Aparición más temprana en la ventana         | 22 Abril        |
| <b>701</b>  | <b>Máximo extremo hacia el norte</b>         | <b>2 Mayo</b>   |
| 702   | Última aparición en la ventana               | 22 Abril        |
| 703   | Aparición más temprana en la ventana         | 12 Mayo         |
| <b>704</b>  | <b>Máximo extremo hacia el norte</b>         | <b>11 Mayo</b>  |
| 705   | Última aparición en la ventana               | 6 Mayo          |
| 708   | Aparición más temprana en la ventana         | 30 Abril        |
| <b>709</b>  | <b>Máximo extremo hacia el norte</b>         | <b>30 Abril</b> |
| 710   | Última aparición en la ventana               | 20 Abril        |
| 711   | Aparición más temprana en la ventana         | 10 Mayo         |
| <b>712</b>  | <b>Máximo extremo hacia el norte</b>         | <b>14 Mayo</b>  |
| 713   | Última aparición en la ventana               | 4 Mayo          |
| 716   | Aparición más temprana en la ventana         | 28 Abril        |
| <b>717</b>  | <b>Máximo extremo hacia el norte</b>         | <b>28 Abril</b> |
| 718   | Última aparición en la ventana               | 18 Abril        |

Tabla 6: Algunas de las observaciones de Venus correlacionadas con el movimiento máximo extremo al norte, y las apariciones de este por la ventana del Templo 22 propuestas por Aveni, Closs y Hartung (1993).

En la tabla se muestra claramente que Venus es observable en el año antes y después del máximo extremo en dirección norte en fechas muy similares de ocurrencia. En la tabla anterior, existen saltos en el ciclo de observaciones, que ocurren en los años 706, 707, 714 y 715, pero enmarcando los eventos en el ciclo de ocho años del planeta, los eventos ocurren cíclicamente.

El sentido, social y cultural del posible uso dado por los mayas de Copán a estas observaciones probablemente nunca se conozca. Closs, Aveni y Crowley (1984: 234-237), determinaron que la mayoría de los máximos extremos en dirección norte del planeta ocurre entre el final de abril y el principio del mes de mayo (específicamente entre el 25 de Abril y el 3 de Mayo) en los años comprendidos entre el 700-900d.C. lo cual puede asociarse con las primeras lluvias de la época lluviosa en la región de Copán. Estas observaciones pudieron servir de aviso para iniciar la plantación del maíz; y de esta manera el templo se utilizó como un sistema de alerta temprana para eventos agrícolas.

Basándose en los glifos tallados en el templo, ellos (Closs, Aveni y Crowley, 1984: 234-237) asocian esa iconografía, con la creencia maya que Venus al viajar al norte despertaba la serpiente de la lluvia (Chac) y daba inicio la época lluviosa. Si bien es cierto los extremos máximo en dirección norte no son eventos anuales (y no son observables en el Templo 22), pudieron significar alguna celebración especial en esas fechas; adicionalmente en los años que no ocurre el máximo, la observación a través de la ventana pudo servir como aviso del inicio de la temporada lluviosa; pues coinciden con las mismas fechas que los máximos mencionados.

- **Estela B**

Está ubicada en el Gran Plaza, posee un gobernante tallado que se encuentra viendo hacia el este. Tiene forma rectangular y posee cuatro lados. Fue encontrada por Sthepens, quien notó que hacía falta un pedazo del lado superior izquierdo contiguo a la



cabeza del gobernante. La Estela B posee las dimensiones de 373cm (centímetros) de altura, un largo en su base (N-S) de 118cm y un ancho (E-W) de 100cm (Baudez, 1994: 23). En la Tabla 7, se listan las fechas dedicatorias a la estela y los autores de las mismas.

| <b>Fecha Dedicatoria de la Estela B</b> |                                   |                         |                       |
|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>Fecha Cuenta Larga</b>               | <b>Fecha en Rueda Calendárica</b> | <b>Fecha Gregoriana</b> | <b>Sugerido por</b>   |
| 9.15.0.0.0                              | 4 Ahau 13 Yax                     | Agosto 23, 732 d.C.     | Strömmsvik (1946)     |
| 9.15.0.0.0                              | 4 Ahau 13 Yax                     | Agosto 23, 732 d.C.     | Baudez (1994)         |
| 9.15.0.0.0                              | 4 Ahau 13 Yax                     | Agosto 23, 731 d.C.     | Fash y Agurcia (2004) |

Tabla 7: Fecha dedicatorio de la Estela B, propuesta por varios autores. Tabla de elaboración propia del autor.

La estela está dedicada al 13avo. Gobernante (18 Conejo) (Fash y Agurcia, 2004: 23). El gobernante ha sido tallado emergiendo del monstruo representativo de la Tierra, poseyendo en él dos cabezas de papagayos; por algún tiempo se consideró de forma distinta. Se pensó que eran trompas de elefantes con lo cual surgió una posible asociación entre la cultura Maya y alguna influencia proveniente del mundo asiático, dando origen a una discusión de su significado por muchos años (Baudez, 1994: 26). Adicionalmente Strömmsvik (1946: 26) relacionaba las estelas A y B por tener la misma fecha dedicatoria. Conforme a los nuevos estudios se sabe que la Estela A es contemporánea con la B, cuyas fechas dedicatorias sólo se distancian por algunos meses. En general la estela posee treinta bloques conteniendo glifos; y Stephens al encontrarla mencionó que poseía un altar en forma de cabeza de lagarto (Strömmsvik , 1946: 27).

Astronómicamente, Pineda de Carías, Véliz y Agurcia (2002: 27); afirman que parados en medio de los Altares G, es posible observar en las fechas de los pasos del Sol por el Cenit, al Sol ponerse atrás de la estela B.

- **Altare G**

En sí son tres monumentos (G1, G2 y G3) en uno, entre ellos forman una especie de “ $\Delta$ ”. Se encuentran ubicados en la Gran Plaza; entre las estelas F y H. De los tres altares el más grande es el G1. Se presume que fueron construidos con el fin de dar funcionalidad similar a las estelas de la plaza. De acuerdo a Strömsvik (1946), ellos tienen tallados la forma de serpientes bicéfalas, de manera que probablemente marquen algún acontecimiento o época. Estos altares fueron reparados en 1935, y se colocaron en el lugar que se cree que estaban originalmente. Al ser estudiados, no encontraron ninguna ofrenda como sucedió con las estelas ya descritas (Strömsvik , 1946: 35-36 y Baudez, 1994: 55-58).

Las dimensiones del Altar G1 son de 255cm de largo, 143cm de alto y 28cm de grueso. El Altar G2 mide 170cm de largo, 115cm de alto y 33cm de grueso. El Altar G3 tiene 183cm de largo, 110cm de alto y 38cm de ancho (Baudez, 1994: 55-58). A estos monumentos les han asociado distintos autores las fechas dedicatorias mostradas en Tabla 8:

| <b>Fecha Dedicatoria del Altar G1</b> |                                   |                         |                       |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>Fecha Cuenta Larga</b>             | <b>Fecha en Rueda Calendárica</b> | <b>Fecha Gregoriana</b> | <b>Sugerido por</b>   |
| 9.18.10.0.0                           | 10 Ahau 8 Zac                     | Agosto 19, 801 d.C.     | Strömsvik (1946)      |
| 9.18.10.0.0                           | 9 Ahau 8 Zac                      | Agosto 19, 800 d.C.     | Fash y Agurcia (2004) |
| <b>Fecha Dedicatoria del Altar G2</b> |                                   |                         |                       |
| <b>Fecha Cuenta Larga</b>             | <b>Fecha en Rueda Calendárica</b> | <b>Fecha Gregoriana</b> | <b>Sugerido por</b>   |
| 9.18.5.0.0                            | 4 Ahau 13 Ceh                     | Septiembre 15, 796 d.C. | Strömsvik (1946)      |
| 9.18.5.0.0                            | 4 Ahau 13 Ceh                     | Septiembre 15, 795 d.C. | Fash y Agurcia (2004) |
| <b>Fecha Dedicatoria del Altar G3</b> |                                   |                         |                       |
| <b>Fecha Cuenta Larga</b>             | <b>Fecha en Rueda Calendárica</b> | <b>Fecha Gregoriana</b> | <b>Sugerido por</b>   |
| 9.17.0.0.0                            | 13 Ahau 18 Cumhu                  | Junio 24, 771 d.C.      | Strömsvik (1946)      |
| 9.16.15.0.0                           | 7 Ahau 18 Pop                     | Febrero 16, 766 d.C.    | Fash y Agurcia (2004) |

Tabla 8: Fecha dedicatoria de los Altares G1, G2, G3; propuesta por varios autores. Tabla de elaboración propia del autor.

Astronómicamente, Pineda de Carias, Véliz y Agurcia (2002: 25, 27) colocándose en medio de los Altares G, usaron ese sitio como punto de observación de las puestas del Sol en las fechas del paso del Sol por el cenit (afirmando que el Sol se pone atrás de la Estela B ese día) y en el día del equinoccio de primavera (afirman que el Sol se pone atrás de la Estela 4); pero no se le asocia ningún otro uso aparte del mencionado.

#### II.7.4. El Linaje K' Inich Yax K' Uk' Mo'

La mayoría de los monumentos y estructuras de Copán corresponden al Período Clásico de la civilización Maya. Copán mantuvo relaciones con otras ciudades, variando según la época y el gobernante en curso. Es evidente que mantuvo relaciones cercanas con Kaminaljuyú y Teotihuacan según lo encontrado en cerámicas y esculturas, tal como se evidencia en la Estela 6, que data del 682 d.C., donde el gobernante posee en su vestimenta símbolos y artefactos propios de Teotihuacan. Estos símbolos perduraron en los gobernantes ya bien avanzado el período clásico; aun cuando estas ciudades relacionadas perdieron importancia.

De acuerdo con Fash y Agurcia (1996: 53-54), la historia dinástica de Copán siguió el orden que muestra la Tabla 9:

| <b>ORDEN DINASTICO DE COPAN DURANTE EL PERIODO CLÁSICO</b> |                          |                           |
|--|--------------------------|---------------------------|
| <b>Gobernante No.</b>                                      | <b>Nombre</b>            | <b>Período de Estadía</b> |
| 1er.   | K'inich Yax K'uk'Mo'     | 426 d.C. – 435 d.C.       |
| 2do.   | Petate Cabeza            | 435 d.C. - ¿?             |
| 3er.   | Desconocido              | ¿? – 485 d.C.             |
| 4to.   | Cu Ix                    | 485 d.C. - 495 d.C.       |
| 5to.   | Desconocido              | Desconocido               |
| 6to.   | Desconocido              | Desconocido               |
| 7mo.   | Nenúfar Jaguar           | 504 d.C. – 544 d.C.       |
| 8vo.   | Desconocido              | Desconocido               |
| 9no.   | Desconocido              | 551 d.C. - ¿?             |
| 10mo.  | Luna Jaguar              | 553 d.C. - 578 d.C.       |
| 11avo.   | Humo Serpiente           | 578 d.C. – 628 d.C.       |
| 12avo.   | Humo Jaguar              | 628 d.C. – 695 d.C.       |
| 13avo.   | 18 Conejo                | 695 d.C. – 738 d.C.       |
| 14avo.   | Humo Mono                | 738 d.C. – 749 d.C.       |
| 15avo.   | Humo Caracol             | 749 d.C. - ¿?             |
| 16avo.   | Yax Pac                  | 763 d.C. - ¿?             |
| 17avo.   | U cit Tok (Pretendiente) | 822 d.C. - ¿?             |

Tabla 9: El orden dinástico de Copán. Adaptado de Fash y Agurcia (1996).

Aveni (2005: 350) menciona que el 13avo. Gobernante (18 Conejo) de la ciudad de Copán era el abuelo del 16avo. Gobernante (Yax Pac). Se sabe por diversos autores (Henderson, 1997:

163; Aldana y Fash, 2001: 12), que la madre de Yax Pac era una mujer oriunda de la zona de Palenque, y que de alguna forma causó un problema para aclarar su vínculo que lo relacionara con el linaje de los gobernantes de Copán, esto está tallado en la Estela 8, tal como se muestra en detalle en la Figura 24.

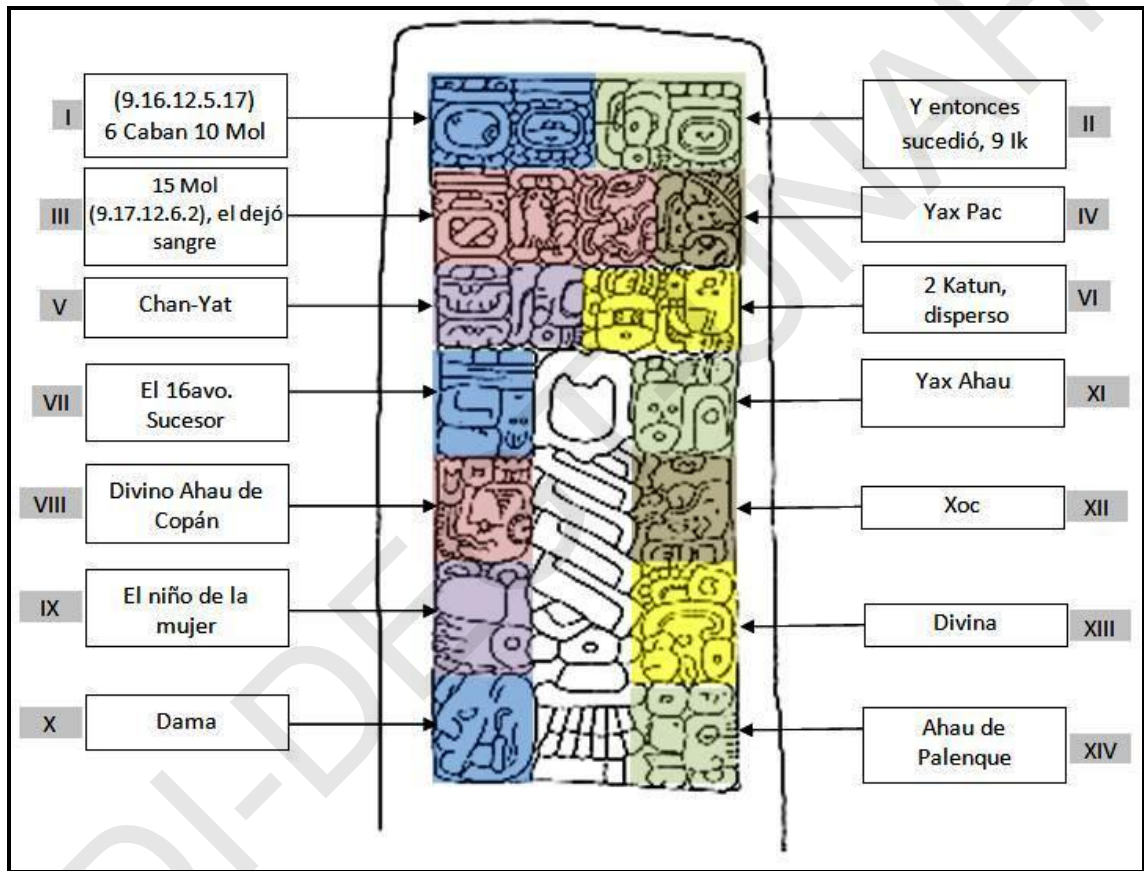


Figura 24: Estela 8 de Copán, acerca de la madre de Yax Pac. Los numerales indican el orden de lectura (Modificado de Schele y Freidel, 1990).

Aldana y Fash (2001: 3-7), se basan en la evidencia epigráfica y arqueológica acumulada en los últimos años; mencionan y relatan el proceso de ascendencia al trono de los gobernantes del clásico tardío de Copán, ellos son los comprendidos entre el 12avo. y 16avo. Gobernante; conforme a estos hallazgos, se afirma que cada gobernante del mundo Maya tenía su propia cosmovisión utilizando de manera fundamental al Sol y otros cuerpos celestes en asuntos políticos. Copán no fue la excepción, y el 12avo. Gobernante de la ciudad (Humo Jaguar) tuvo la

visión de expandir la ciudad. Ese objetivo lo logró por medio de la diplomacia y política, contando para esos fines con el apoyo de los eventos Solares; en especial cuando el Sol ha alcanzado su mayor altura en el cielo, ese momento es conocido como el paso del Sol por el cenit. De manera que al ascender al trono el hijo de Humo Jaguar, el 13avo. Gobernante (18 Conejo) heredó los intereses de su padre. Con ello él construyó un centro ceremonial (La Gran Plaza) para demostrar en actos públicos su relación con el Sol y la grandeza que eso le traía; tal como se ha tratado de confirmar su existencia a través de los estudios arqueoastronómicos realizados por Pineda de Carías, Veliz y Agurcia (2002: 15-44), donde asocian el emplazamiento de los monumentos en ese sitio con el fin de marcar eventos como los Solsticios, equinoccios y pasos del Sol por el cenit. Adicionalmente 18 Conejo, creó un templo (Templo 22) para servir como centro de gobierno y a la vez hacer culto privado (o con una audiencia más selecta) a su oráculo, el planeta Venus (Aveni, 2005: 352; Aldana y Fash, 2001: 7). Esto de una u otra manera servía para demostrar tanto a propios como a extraños de la ciudad de Copán, la hegemonía y el poder del gobernante en curso.

Siempre durante el reinado de 18 Conejo, el mundo maya había sufrido cambios bastante notables, que iniciaron al principio del 14avo. Katún (711 d.C.). Los principales cambios eran a nivel político, sobre todo en el área del Petén donde las ciudades habían alcanzado un máximo en cuanto al desarrollo social, económico, político y arquitectónico. La ciudad de Tikal, había sufrido para esos años un cambio en la línea de sucesión al trono de modo que el 25avo. Gobernante (Jasaw Chan K'awil) derrotó a su enemigo el gobernante de la ciudad de Calacmul (Y'chak K'ak) en la fecha maya 9.13.3.7.18 11 Etnab 11 Chen, que corresponde al 20 de Julio del año 695 d.C. (Aldana y Fash, 2001: 8). Es conocido, que Copán recibió mucha influencia proveniente de las ciudades de Tikal y Calacmul después de estos eventos al convertirse en potencias políticas de la época en el mundo maya. Durante mucho tiempo, también se vio influenciada por Palenque; ciudad que mantuvo alianzas con Tikal por mucho tiempo. Estas influencias para inicios del 14 Katun (Año 711 d.C.) se intensificaron con la derrota sufrida por el gobernante de muchos años de la ciudad de Calacmul (Y'chak K'ak) a manos del gobernante de Tikal. Esta ofensiva se lleva a cabo por la importancia que ha alcanzado la ciudad dentro del

imperio y al derrotarla pasa a ser parte de la alianza Tikal-Palenque. Este conflicto termina con el ascenso al trono de un gobernante “títere” a beneficio de las ciudades agresoras.

Las situaciones ocurridas en Calacmul, llegan a oídos de 18 Conejo. Él estaba consciente de la situación que se vivía y buscó la ayuda y guía necesaria en su oráculo. Con ello él procede a demostrar y promocionar a su ciudad como un centro de importancia de la zona y quizás deseaba ser parte de la alianza Tikal-Palenque. Desafortunadamente, Quiriguá tenía los mismos intereses e imitaba las acciones de la ciudad de Copán, hasta el punto que 18 Conejo muere en batalla a manos del gobernante contemporáneo de Quiriguá (K'ak Tiliw), eso ocurre en fecha 9.15.6.14.6, correspondiente al 1 de Mayo del año 738 d.C. (Aldana y Fash, 2001: 13).

Se menciona que era evidente para el 14avo. Gobernante de Copán (Humo Mono), que el oráculo de Venus había fallado de una manera catastrófica, ocasionando la muerte de su predecesor, quien era su padre. Ante semejante situación, Humo Mono no siguió con el culto a Venus en sus actividades políticas, es por ello que manda a construir el templo conocido como el Popol Nah, obstruyendo la visión hacia el oeste de la ventana del oráculo del Templo 22; con ello se aseguraba que él, ni sus sucesores cometieran el error de utilizar el oráculo de Venus para guiar sus vidas y actividades políticas. Es importante aclarar que Humo Mono no le dio la misma importancia a la construcción de monumentos en armonía con el cielo, ni a usar el cielo para guiar sus actividades políticas; él dio mayor importancia a la solución de conflictos políticos quizá usando otros medios. El sucesor de Humo Mono, el 15avo. Gobernante de la Ciudad de Copán, llamado Humo Caracol (hermano de Humo Mono); se preocupó por devolver el honor a su dinastía tal como ocurrió tiempo atrás. Él reconstruyó con esos fines la Escalinata Jeroglífica construida inicialmente por 18 Conejo, antes de morir en batalla. Humo Caracol tenía la firme creencia, que al completar esta labor devolvería la gloria a todos sus grandes ancestros gobernantes a partir de Humo Jaguar; aumentando su respeto y admiración dentro de la población de Copán (Aldana y Fash, 2001: 13).

Posterior a la muerte de Humo Caracol, asciende el 16avo. Gobernantes (Yax Pac). Se conoce que las situaciones vividas por Yax Pac, diferían mucho a las de los gobernantes anteriores a él. Esto se debía, por la calamidad que atravesaba la región de Copán, resultado de inviernos con poca precipitación lluviosa que se manifestaban en la pérdida de cosechas, la proliferación del hambre y muerte en la zona, tanto para humanos como para animales. Yax Pac, tenía la esperanza que el sufrimiento de su pueblo fuese escuchado por sus ancestros y deidades del otro mundo, para así poder ganarles la batalla a los dioses de la muerte y dar paso a una nueva época de bonanza y gloria como la que vivieron sus ancestros (Schele y Freidel, 1990: 336).

Usando y vinculando datos arqueológicos como forestales, recolectados en gran cantidad desde mediados de la década de los años setenta, permitieron realizar una serie de investigaciones en el área del Valle de Copán; enfocadas a determinar si el fenómeno conocido como deforestación fue una de las principales causas del decaimiento de la ciudad. De acuerdo con sus resultados y como se muestra en la Figura 25, la época comprendida entre el 700-850d.C., fue cuando se alcanzó el máximo desarrollo en el Valle de Copán, a nivel social, político y cultural; propiciando las condiciones para que la población de la zona pasara de aproximadamente 5,600 habitantes hasta la cifra muy conservadora de 20,000 habitantes. La mayor parte de la concentración poblacional, se ubicaba en el núcleo urbano del valle y la zona conocida como la Bolsa de Copán; pero no fue exclusivo de ese sitio, sino que también se incrementó la población que residía en las zonas rurales que extendieron su área de residencia a través de zonas ecológicas al pie de las montañas (Abrams, et. Al., 1996: 55-58, 63).



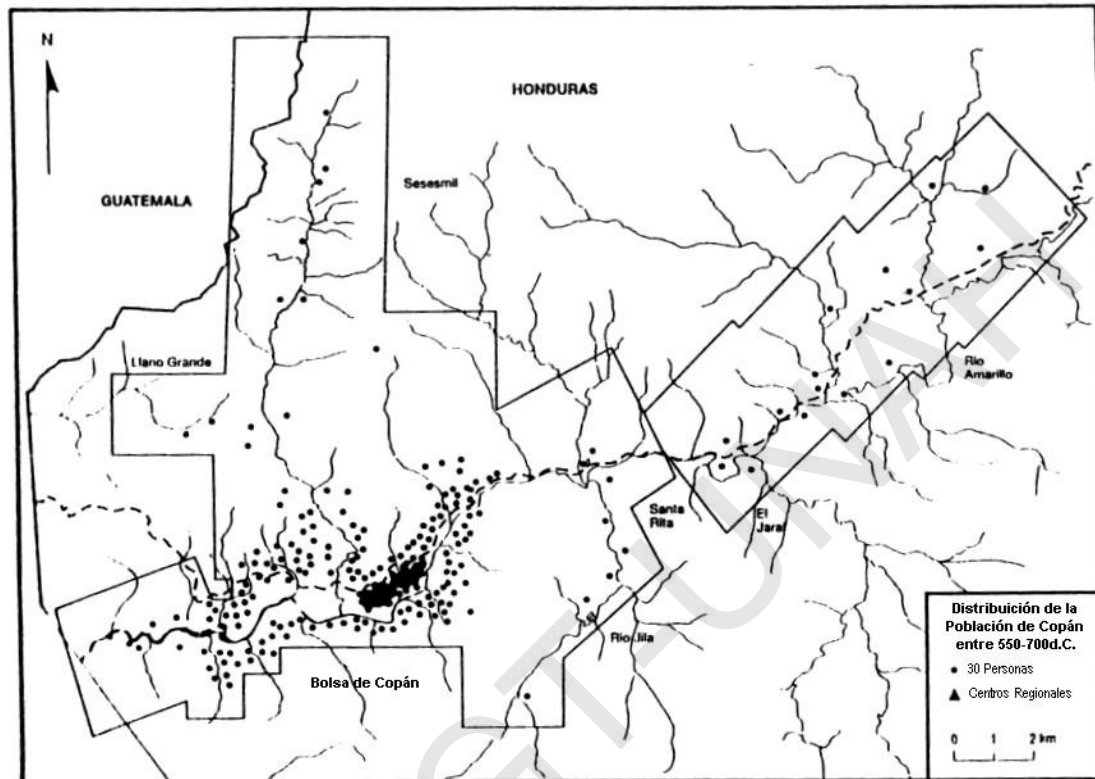


Figura 25: Mapa del Valle de Copán, Los puntos marcan sitios donde se concentran un número de alrededor de treinta personas y su distribución en el valle en el período comprendido entre el 550-700 d.C. La mayor concentración de habitantes es en la región de la Bolsa de Copán, en el centro urbano de la zona (adaptado de Abrams, et. al., 1996).

Siempre Abrams, et. Al (1996: 64-68, 71), mencionan que la principal causa para que la producción agrícola se vea afectada y disminuida a largo plazo, se debe a dos fenómenos: el *primero*, es el agotamiento de los nutrientes de los suelos de siembra y el *segundo* es el daño que ocasiona la erosión. De manera que, al aumentar la población del Valle de Copán; hubo necesidad de incrementar la producción de alimentos ocasionando un uso continuo e intenso de los sitios de cultivo, que finalmente terminó por agotarlos. Por otra parte, la erosión se presentó en la zona a raíz a la alta demanda de madera, su uso se empleó primordialmente para ser combustible en la elaboración de alimentos, fue utilizada como parte del proceso de elaboración de materiales empleados en la construcción de obras arquitectónicas y por ser la materia prima de las viviendas empleadas por la mayor parte de los habitantes; esto ocasionó que en poco tiempo se destruyeran los bosques y los recursos que provenían de ellos, al punto que para las épocas cercanas al año 800 d.C., se habían depredado en un lapso muy corto alrededor de 23

kilómetros cuadrados de recursos forestales de las zonas ecológicas del Valle de Copán. Estos fenómenos se describen en la Figura 26 (años 700-850d.C.) y en la Figura 27 (años 850-1000d.C.)

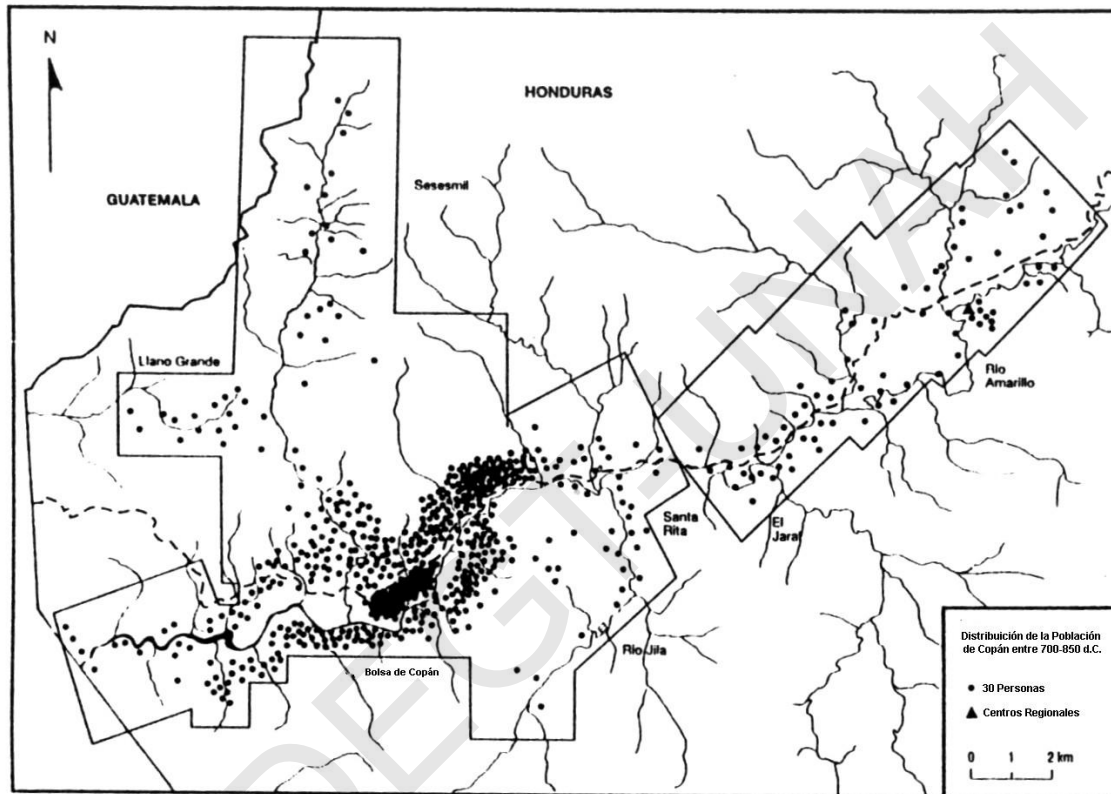


Figura 26: Mapa del Valle de Copán, los puntos marcan sitios donde se concentran un número de alrededor de treinta personas y su distribución en el valle en el período comprendido entre el 700-850 d.C. La mayor concentración de habitantes es en la región de la Bolsa de Copán, en el centro urbano de la zona, mostrándose en este mapa el máximo poblacional alcanzado durante el período Clásico de Copán (adaptado de Abrams, et. al., 1996).

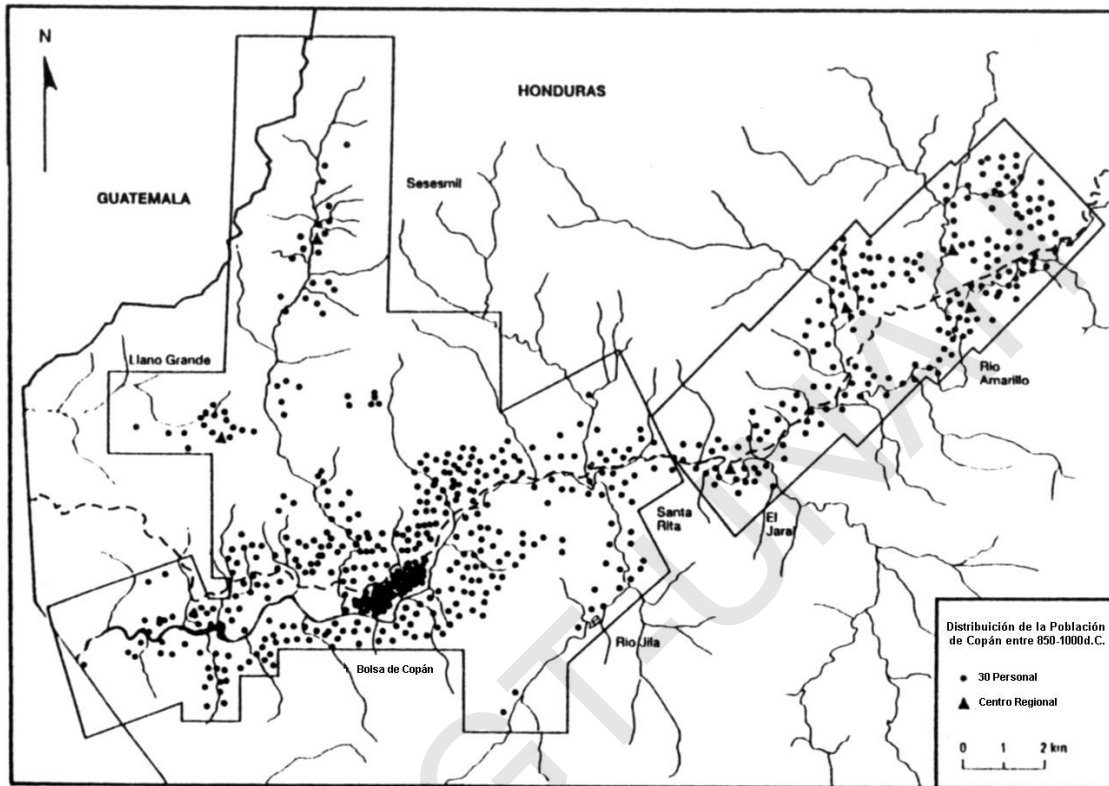


Figura 27: Mapa del Valle de Copán, Los puntos marcan sitios donde se concentran un número de alrededor de treinta personas y su distribución en el valle en el período comprendido entre el 850-1000 d.C. La mayor concentración de habitantes es en la región de la Bolsa de Copán, en el centro urbano de la zona, mostrándose en este mapa la disminución de la población después del período Clásico de Copán, el régimen gobernante era inexistente a raíz de la escasez que se vivía en el valle (adaptado de Abrams, et. al., 1996).

Se ha propuesto que a causa de los problemas mencionados que vivía Yax Pac, poder mantener el poder bajo su único mando resultaba extremadamente difícil, y por necesidad (y sin perder el su papel como autoridad máxima) compartió el trono con sus medio hermanos más jóvenes llamados Yahau-Chan-Ah-Bac y Yax-Kamlay; que de forma directa eran competencia opuesta por el control de Copán. Esta estrategia de compartir el poder funcionó por algún tiempo, hasta que debido a las calamidades que se vivían; Yax Pac compartió de nuevo el control de la ciudad con patriarcas nobles que no eran del linaje gobernante. Esta situación, causó un decaimiento de Copán, sobre todo relacionado a la fe de sus habitantes; que poco a poco estaban dudando de la historia y casta del gobierno de la ciudad, hasta el punto que el suceso que debía celebrarse en la fecha 9.18.0.0.0 (15 de Septiembre de 795), a causa del inicio de un nuevo katún; no conllevó

ningun acto ritual. Este evento, se cree que causó que Yax Pac volviera a prestar atención a la Gran Plaza; emplazando el altar G2 contiguo al altar G3 (colocado poco después de ascender al poder). Cinco años después, en la fecha que corresponde al 9.18.10.0.0 el tercero de los altares llamado G1 fue colocado; que junto a los otros tres era en sí un altar triangular en medio de la plaza de 18 Conejo. **Hay que aclarar, que realmente se desconoce los motivos propios de la colocación de estas estructuras, y si tenían que ver con la celebración del nuevo Katún, es nada más que un supuesto.** Este último altar (G1), muestra el poder compartido que tenía Yax Pac con su medio hermano Yahau-Chan-Ah-Bac (Ver Figura 28); igual que los otros tres es una serpiente bicéfala con una cabeza como esqueleto y otra con carne, pero con la salvedad que en el lado norte los glifos tallados ahí se interpretan (entre otras cosas) la frase “En la Tierra de Yax Pac” y en el sur se encuentra el nombre “Yahau-Chan-Ah-Bac”; que en conjunto puede interpretarse como el ingreso en condición de rey del medio hermano del gobernante en curso a la plaza privada y sagrada del reino de Copán (Schele y Freidel, 1990: 338-339).

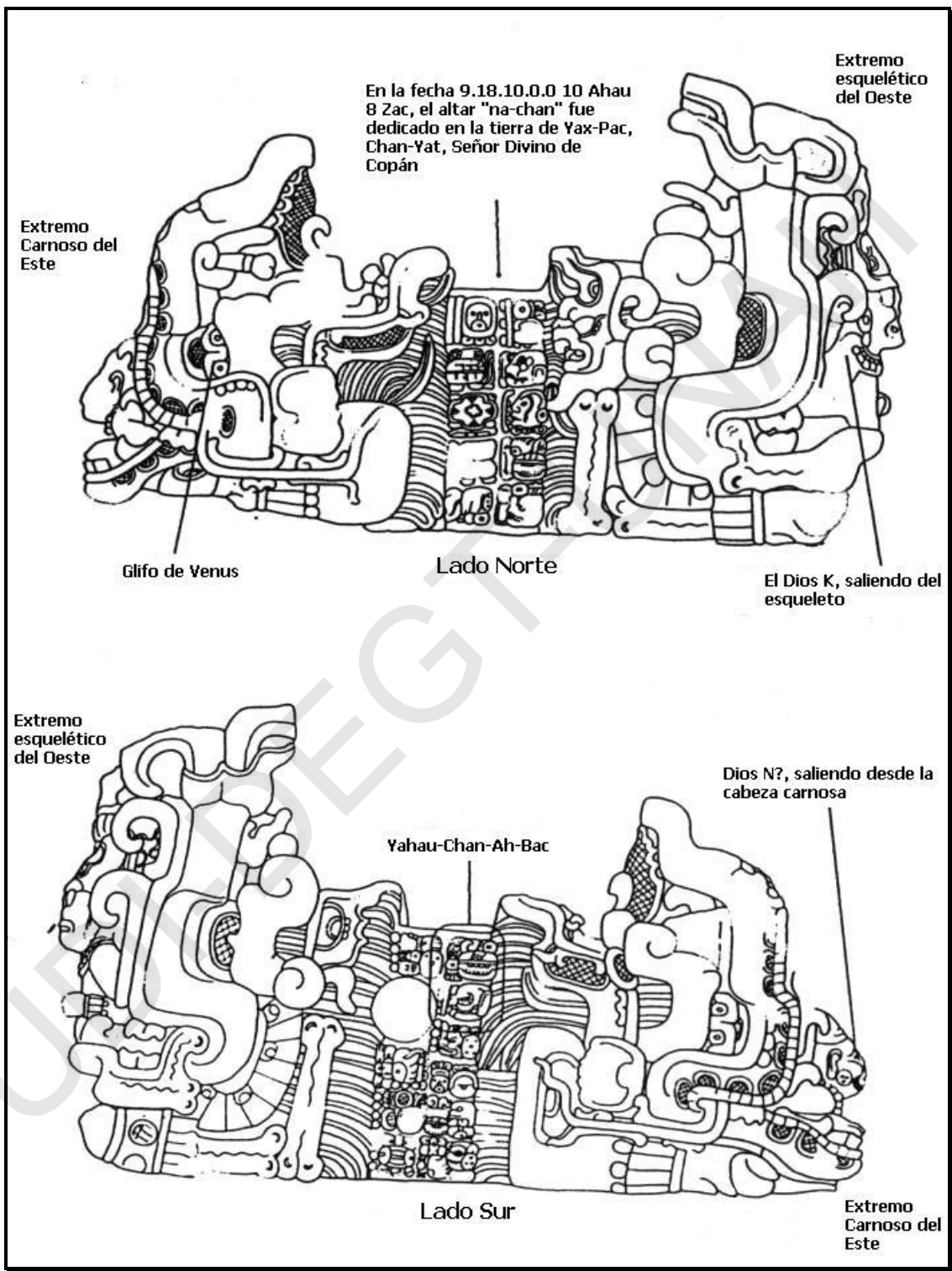


Figura 28: Dibujo donde se menciona el ingreso del medio hermano de Yax Pac a la Plaza Sagrada de Copán (adaptado del Altar G1 original de Schele y Freidel, 1990).



### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe en el Parque Arqueológico de Copán Ruinas una estructura conocida como el Templo 22, llamada también Templo de Venus (Aveni, 2005: 345). La construcción de este monumento data del período del reinado de XIII Gobernante de la ciudad llamado 18 Conejo (695-738d.C.) (Fash y Agurcia, 2004; Aveni, 2005; Aldana y Fash, 2001), quien utilizó el templo con fines ceremoniales, de gobierno y astronómicos. Se sabe que este gobernante hacía uso de conocimientos astronómicos para demostrar su poderío y guiar las decisiones de gobierno (Aldana y Fash, 2001). De manera que él tenía conocimientos que eran usados en sitios públicos (tal es el caso de los fenómenos Solares, en la Gran Plaza) o sitios privados (el caso de Venus, en el Templo 22) con diversos fines. Este gobernante, pierde su vida en la montaña Papagayo; a manos del gobernante de la Ciudad de Quiriguá (Henderson, 1997). Debido a este incidente el gobernante que lo sucede a él, es Humo Mono (738-749d.C.) construye la estructura conocida como la Casa del Pueblo o Popol Nah también llamada Estructura 10L-22A con el fin de utilizarla como centro de gobierno y para asegurarse que no se utilice de nuevo el Templo 22 por los futuros gobernantes para tomar decisiones en base a los eventos que ahí se observasen, porque había fallado causando la muerte a su predecesor (Aldana y Fash, 2001). De esta manera se pierde el culto al planeta Venus en la ciudad Maya de Copán.

Años después, asciende al poder el XVI Gobernante, llamado Yax Pac o Yax Pasah (763-820 d.C.) quien era hijo de una dama de Palenque y probablemente era originario de ese sitio, y a la vez fue nieto de 18 Conejo. Al ascender al poder de Copán, él enfrentó un escenario de gobierno muy difícil, a tal punto que confrontó problemas que van desde la dudas de los nobles sobre su conexión con el linaje de los gobernantes de la ciudad, hasta la competencia por el poder por sus medio hermanos y más grave aún; hambruna, escasez y calamidad entre su pueblo (Schele y Freidel, 1990; Aveni, 2005).

Como fue evidente, en Copán se empleó la astronomía con variados fines. Esta investigación, busca determinar si existen alineamientos astronómicos como resultado del emplazamiento y uso del conjunto de los Altares G durante el gobierno de Yax Pac, para marcar en la Gran Plaza

con la ayuda de las estelas los eventos astronómicos relacionados con el planeta Venus que fueron observados por 18 Conejo en el Templo 22; y de esta manera dejar evidencia que el último gran gobernante de la ciudad, utilizó la astronomía como un medio para ayudar a mitigar los problemas de escasez, de gobierno y de linaje que afrontaba él con su pueblo.

### III.1.HIPÓTESIS

- Habrán sido empleados el conjunto de Altares G con la ayuda de alguna de las estelas, para marcar alineamientos en la Gran Plaza con los eventos astronómicos del planeta Venus observados a través de la ventana de Venus del Templo 22.
- Poseen los monumentos en estudio iconografía similar que se relacione de alguna manera con Venus, que indiquen y/o respalden los posibles alineamientos astronómicos marcados en la Gran Plaza con la ayuda de la estelas y que representen lo observado a través de la ventana de Venus del Templo 22.

### III.2.OBJETIVOS

#### ***III.2.1. Objetivo General***

Determinar la existencia de alineamientos con el planeta Venus en la Gran Plaza de Copán, marcados durante el gobierno de Yax Pac. Al mismo tiempo, se pretende evaluar si el punto medio ubicado entre el conjunto de Altares G (punto g) sirvió de referencia para observar el horizonte oeste delimitado por la ubicación de las estelas frente a ellos y a la vez, comprobar que estos monumentos fueron utilizados como referencias para marcar alineamientos. También, se desea construir un modelo por ordenador que utilice datos del lugar de origen geográfico, astronómico, fotográfico, planos y referencias bibliográficas para demostrar alguna relación o correlación con observaciones similares; que se saben fueron realizadas desde el Templo 22 durante el período de gobierno de 18 Conejo.

### **III.2.2. Objetivos Específicos**

1. Medir las dimensiones lineales y orientaciones angulares de los monumentos en estudio, específicamente del Templo 22, Altares G y Estela B. Estos datos se obtendrán mediante el empleo de cintas métricas y por medio de sombras proyectadas por un gnomon; resultantes de observaciones astronómicas de eventos solares.
2. Realizar observaciones astronómicas en las fecha del paso del Sol por el cenit y del equinoccio de primavera, ya que en estos días será posible obtener puntos a partir de la sombra proyecta por un gnomon; medidas con cierta frecuencia. Estas acciones, proveerán de una serie de puntos que al unirlos representan la trayectoria de la sombra durante el día de la observación, que posteriormente se podrán extrapolar y formar con ellas líneas que proporcionen la orientación de los monumentos con respecto a todo el sitio geográfico de Copán Ruinas.
3. Elaborar un horizonte virtual, específicamente desde el punto medio de los Altares G (punto G), con el fin de emplearlo para simular el horizonte real observable y utilizarlo para determinar en el modelo, el papel que desempeñan en la búsqueda de los alineamientos las estelas que ahí se encuentran. Este horizonte, se conformará a partir de un carrusel de fotografías digitales que posteriormente se tratarán con el fin de emplearse en el modelo por ordenador.
4. Se empleará un modelo basado en la reutilización de componentes probados, para simular eventos astronómicos determinados; a los cuales se le agregará el horizonte virtual; que será descrito por un archivo de etiquetas que contendrá los parámetros necesarios. Este modelo, será comprobado simulando eventos que a través de la observación astronómica y documentación fotográfica obtenida y verificada de eventos observados y documentados desde el punto G; de manera que estos puedan modelarse; y por medio de ellos comprobar la efectividad de esta herramienta. Una vez alcanzado el nivel de fiabilidad requerido para el modelo, éste se utilizará para simular el cielo y el horizonte sobre el



punto G en las fechas de interés relacionadas a Venus (sobre todo en los momentos que se observó a través de la ventana del Templo 22). De los resultados que de ahí se obtengan, se podrán sacar las conclusiones correspondientes; de manera que proporcionen evidencia de alineamientos en las fechas de interés entre los monumentos en estudio y el cuerpo celeste considerado.

5. Se realizará una documentación y comparación iconográfica con el fin de encontrar si los monumentos de estudio poseen glifos comunes entre sí y que estén relacionados con el planeta Venus; ya sea a través de deidades, eventos, seres u otro factor que lo relacione con el planeta. Además se relacionará el sentido social por el cual durante el gobierno de Yax Pac, se decidió o motivó a marcar un alineamiento; que hiciera culto a Venus y sus deidades asociadas, que sirva de soporte a los resultados que proporcione esta investigación.

## IV. METODOLOGÍA

Aquí se han descrito las etapas que se desarrollaron a lo largo de esta investigación, estas van desde la toma de los datos, continuando con el procesamiento de los mismos y finalizando con la obtención de los resultados. El camino que se siguió, está diagramado en la Figura 29:

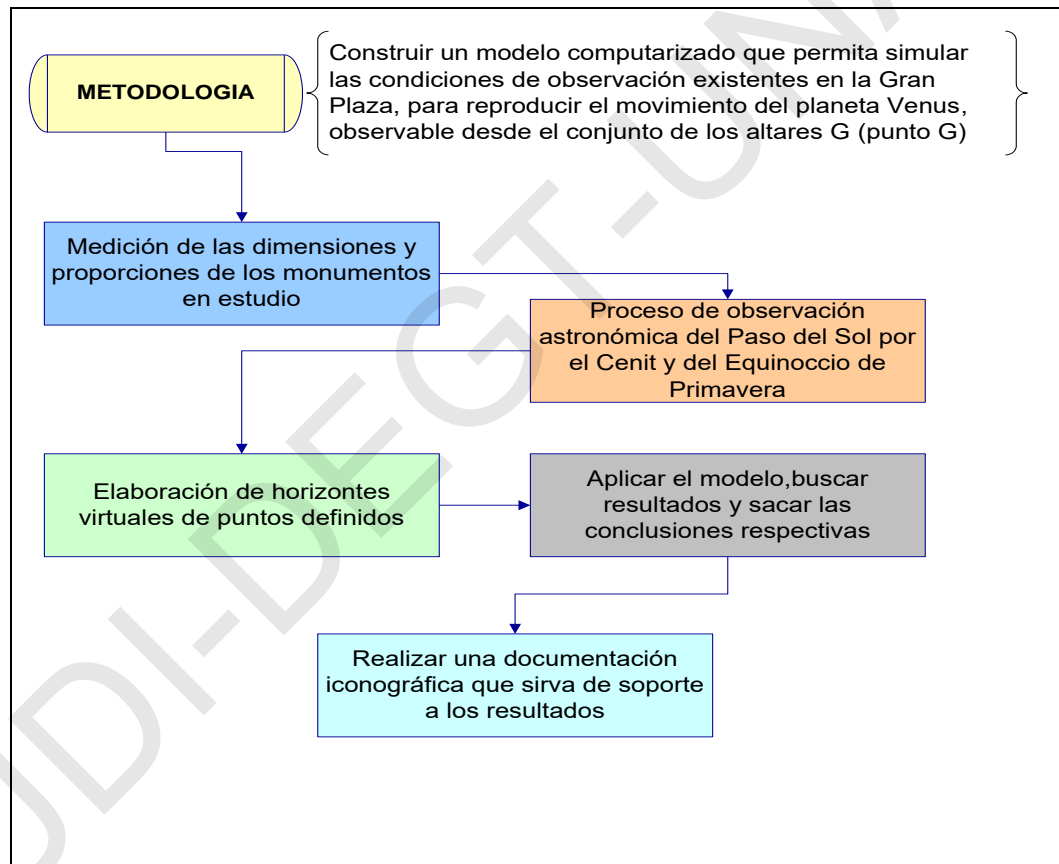


Figura 29: Metodología seguida por el autor.

En la etapa de la *Medición de las Dimensiones y Proporciones de los Monumentos en Estudio*, se obtuvo datos lineales de los contornos de los monumentos, estos fueron obtenidos por medio de cintas métricas. Además se midió la separación que existe entre la parte media del lado en

dirección a los altares G y su separación lineal o distancia con el punto G. Sin embargo, resultó de mucha utilidad conocer la separación de cada monumento dentro del estudio, considerando siempre como punto de referencia el punto medio de cada monumento de las caras (lado) más cercanas entre uno y otro.

Durante la etapa de la *Observación Astronómica del Paso del Sol por el Cenit y del Día del Equinoccio de Primavera*, se realizó el proceso de observación astronómica, con el fin de marcar la sombra que proyectaba un gnomon en diversos momentos y utilizarla posteriormente con el fin de obtener las orientaciones de los monumentos, la orientación de los ejes E-W, N-S; de la ventana de Venus en el Templo 22 y posteriormente extrapolar estos datos y emplearlos más tarde en la obtención de orientaciones en el Punto G.

En la *Elaboración de Horizontes Virtuales de Puntos Definidos*, se empleó una técnica que consistió en hacer un carrusel de imágenes digitales alrededor de un punto, de manera que se documentó por medio de esta vía todo el horizonte. Después, se usó una herramienta de software especializada para la unión de estas imágenes en una sola; que representa un panorama del horizonte que se documentó.

La *Aplicación del Modelo*, fue posible cuando se contó con todos los elementos necesarios para hacerlo operar. Aquí, se usó el horizonte que se formó en la etapa anterior. Éste fue empleado en conjunto con otra herramienta de software que permitió remover la fracción de cielo que se encontraba en el panorama; de manera que permitió el uso de componentes probados, los cuales se colocaron sobre este horizonte y sirvieron para simular el cielo y los cuerpos celestes deseados en el estudio. Este proceso, se llevó a cabo una etapa de calibración, que se completó con la simulación de varios eventos que se conoce con antelación que suceden desde el punto de observación donde se tomaron las imágenes para conformar el horizonte, al simular quedó verificado el modelo. Una vez listo, y contando con la fiabilidad necesaria; se empleó el modelo con el fin deseado, que fue la simulación del cielo en las fechas críticas para esta investigación.

Por último y con el fin de respaldar los hallazgos, se realizó un proceso de *Documentación Iconográfica de Soporte*, que sirviese de prueba adicional a las relaciones que se encontraron y que permitiera encontrar evidencia que relacionara los resultados con los glifos comunes que se encontraron en los monumentos y estructuras de estudio.

Para realización de todo lo anterior, fue necesario el uso y manipulación de múltiples herramientas, que variaron en cuanto a complejidad y naturaleza; estas han sido detalladas en la Tabla 10, que se muestra a continuación.

UDI-DEGT-UNAH

| <b>HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO EXPERIMENTAL</b> |                                  |  |   |                        |
|---|----------------------------------|--|---|------------------------|
| <b>No.</b>  | <b>Instrumento ó Herramienta</b> | <b>Característica</b>  | <b>Datos Obtenidos / Procedimientos Realizados</b>  | <b>Uso</b>             |
| <b>1</b>  | <b>GPS</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fabricante: Garmin</li> <li>▪ Modelo: GPSmap 76</li> <li>▪ Software Ver. 3.90</li> <li>▪ 16 Canales</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coordenadas de Latitud y Longitud de diversos sitios dentro del Sitio Arqueológico de Copán</li> <li>▪ Hora Local precisa</li> <li>▪ Altura sobre el nivel del mar</li> <li>▪ Cálculo de Distancias</li> </ul> | <b>TOMA DE DATOS</b>   |
| <b>2</b>  | <b>CÀMARA</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fabricante: DIGITREX</li> <li>▪ Modelo: DSC-2100</li> <li>▪ Resolución de 2.1 mega píxeles</li> <li>▪ 4x Zoom Digital</li> <li>▪ Lente de Vidrio con distancia focal de 9 milímetros</li> <li>▪ Sensor CMOS</li> <li>▪ 128MB de memoria CompactFlash</li> <li>▪ Interfaz USB</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fotografías de alta resolución para caracterizar los monumentos y el horizonte observable</li> <li>▪ Fotografías para documentar la observación astronómica realizada</li> </ul>                               | <b>TOMA DE DATOS</b>   |
| <b>3</b>  | <b>GNOMON</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fabricado de madera con dimensiones 60cm de alto por 5cm de ancho y 4cm de fondo</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herramienta utilizada para proyectar y medir la sombra Solar durante el paso del Sol por el Cenit y el Equinoccio de Primavera</li> </ul>  | <b>TOMA DE DATOS</b>   |
| <b>4</b>  | <b>CINTA METRICA (CM1)</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fabricante: TopLock</li> <li>▪ Material: Metal</li> <li>▪ Longitud: 7.5m</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medición de longitud de los monumentos en estudio</li> </ul>   | <b>TOMA DE DATOS</b>   |
| <b>5</b>  | <b>CINTA METRICA (CM2)</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fabricante: Chong Feng</li> <li>▪ Material: Fibra de Vidrio</li> <li>▪ Longitud: 50m</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medición de longitud de los monumentos en estudio</li> </ul>   | <b>TOMA DE DATOS</b>   |
| <b>6</b>  | <b>ORDENADOR (PC1)</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fabricante: HP Compaq</li> <li>▪ Plataforma: PC/i386</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Procesamiento de imágenes</li> <li>▪ Edición de imágenes</li> </ul>  | <b>ANÁLISIS DE LOS</b> |

| <b>HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO EXPERIMENTAL</b> |                                  |   |  |                              |
|---|----------------------------------|---|--|------------------------------|
| <b>No.</b>  | <b>Instrumento ó Herramienta</b> | <b>Característica</b>   | <b>Datos Obtenidos / Procedimientos Realizados</b>   | <b>Uso</b>                   |
|   |                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo: dc5700</li> <li>▪ Procesadores Intel® Core™ 2 CPU 4300 @ 1.80Ghz</li> <li>▪ 1GB de memoria RAM</li> <li>▪ Video Intel® Q965/Q963 Express</li> <li>▪ Almacenamiento con capacidad de 150GB HD 7500rpm SATA</li> <li>▪ Sistema Operativo Microsoft® Windows™ XP SP2 -2002</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboración de modelos CAD/CAM</li> <li>▪ Simulación del cielo observable</li> <li>▪ Cálculos de ángulos y distancias</li> </ul>  | <b>DATOS</b>                 |
| <b>7</b>  | <b>ORDENADOR (PC2)</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fabricante: Apple Computer Inc.</li> <li>▪ Plataforma: MAC/Intel</li> <li>▪ Modelo: iMac</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Edición de imágenes</li> <li>▪ Elaboración de horizontes artificiales</li> <li>▪ Elaboración de mosaicos de imágenes</li> <li>▪ Renderización</li> <li>▪ Simulación del cielo observable</li> </ul> | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |
| <b>8</b>  | <b>SOFTWARE (SW1)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación: SketchUp</li> <li>▪ Fabricante: @Last® Software</li> <li>▪ Versión: 5.0.232</li> <li>▪ Plataforma: Win/PC</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboración de modelos 3D</li> <li>▪ Comprobación de mediciones</li> </ul>  | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |
| <b>9</b>  | <b>SOFTWARE (SW2)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación: Panorama Maker</li> <li>▪ Fabricante: ArcSoft Inc.</li> <li>▪ Versión: 3.5</li> <li>▪ Plataforma: Win/PC</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboración de escenarios</li> <li>▪ Elaboración, composición y edición de panoramas</li> <li>▪ Elaboración, composición y edición de mosaicos</li> </ul>   | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |
| <b>10</b>   | <b>SOFTWARE (SW3)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación: CorelDraw</li> <li>▪ Fabricante: Corel Corporation</li> <li>▪ Versión: 9.337</li> <li>▪ Plataforma: Win/PC</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elaboración de diagramas</li> <li>▪ Procesamiento de imágenes</li> <li>▪ Elaboración de mosaicos</li> </ul>   | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |

| <b>HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO EXPERIMENTAL</b> |                                  |   |  |                              |
|---|----------------------------------|---|--|------------------------------|
| <b>No.</b>  | <b>Instrumento ó Herramienta</b> | <b>Característica</b>   | <b>Datos Obtenidos / Procedimientos Realizados</b>   | <b>Uso</b>                   |
| <b>11</b>   | <b>SOFTWARE (SW4)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación: PhotoShop</li> <li>▪ Fabricante: Adobe Systems Inc.</li> <li>▪ Versión: 6.0</li> <li>▪ Plataforma: Win/PC &amp; MAC</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Edición y ajuste de los panoramas para emplearse en la modelación</li> </ul>  | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |
| <b>12</b>   | <b>SOFTWARE (SW5)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación: Starry Night Pro</li> <li>▪ Fabricante: Imaginova Canada Ltd.</li> <li>▪ Versión: 5.0.1</li> <li>▪ Plataforma: Win/PC &amp; MAC</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simulación del cielo sobre los sitios de observación</li> <li>▪ Modelado del horizonte</li> <li>▪ Cálculo de efemérides</li> <li>▪ Obtención de mapas de cielo</li> </ul> | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |
| <b>13</b>   | <b>SOFTWARE (SW6)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación: TurboCAD Pro</li> <li>▪ Fabricante: IMSI</li> <li>▪ Versión: 11.0</li> <li>▪ Plataforma: Win/PC &amp; MAC</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diseño CAD/CAM</li> <li>▪ Cálculos de orientaciones</li> </ul>  | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |
| <b>14</b>   | <b>SOFTWARE (SW7)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación: SkyMap Pro</li> <li>▪ Fabricante: C.A. Marriot</li> <li>▪ Versión: v10.0.5</li> <li>▪ Plataforma: Win/PC</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obtención de mapas de cielo</li> <li>▪ Cálculo de efemérides</li> </ul>   | <b>ANÁLISIS DE LOS DATOS</b> |

**Tabla 10: Herramientas e instrumentos utilizados en el desarrollo experimental.**

## V. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS Y RESULTADOS

### V.1.MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES Y PROPORCIONES DE LOS MONUMENTOS DE ESTUDIO

- **Medición de las Dimensiones del Templo 22**

Para reconstruir digitalmente el Templo 22 y descifrar sus orientaciones se midió usando las cintas CM1 y CM2; empleando las CM1 para detalles menores a 7 metros (m), y la CM2 para medidas mayores. Se realizó inicialmente una medición que se comprobó posteriormente.

Esta labor inicia por tomar las medidas exteriores del Templo 22, lo que incluyó graderías y muros. Luego me trasladé al interior, para medir cada una de las paredes que conforman las habitaciones y pasillos. Presté especial atención a la Ventana de Venus, la cual según la bibliografía estudiada está relacionada con observaciones del planeta Venus. Las medidas obtenidas se digitalizaron para un mejor manejo y dieron como resultado el diagrama que se muestra en Figura 30:



UDI-DEGT-UNAH

Dimensiones Obtenidas del Templo 22  
Diagrama (en azul) del Interior y Exterior

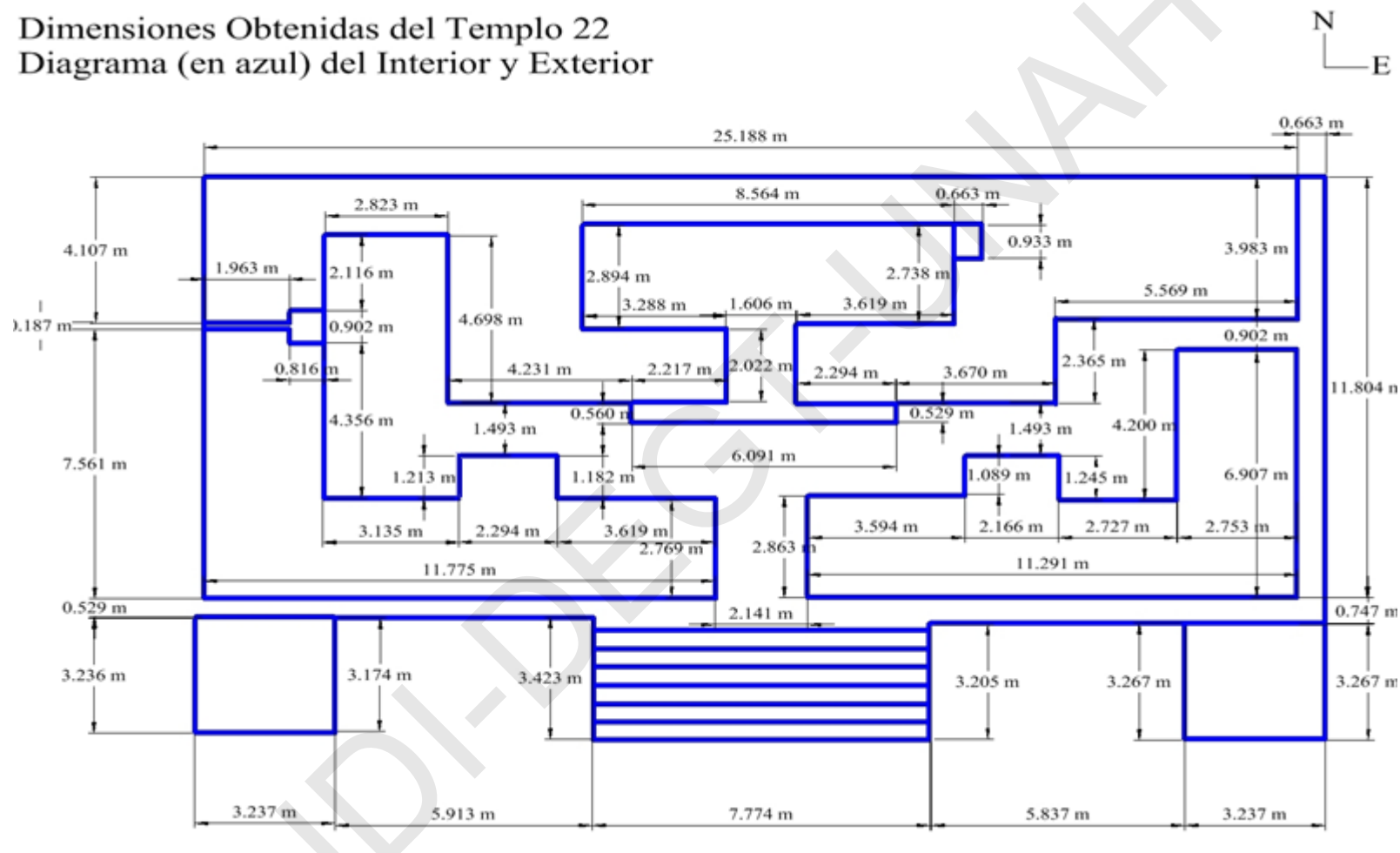


Figura 30: Diagrama que muestra las medidas en metros obtenidas del Templo 22.

Con respecto a la Ventana de Venus, utilizando la CM1 se obtuvieron los siguientes datos consolidados en el siguiente alzado mostrado en la Figura 31:

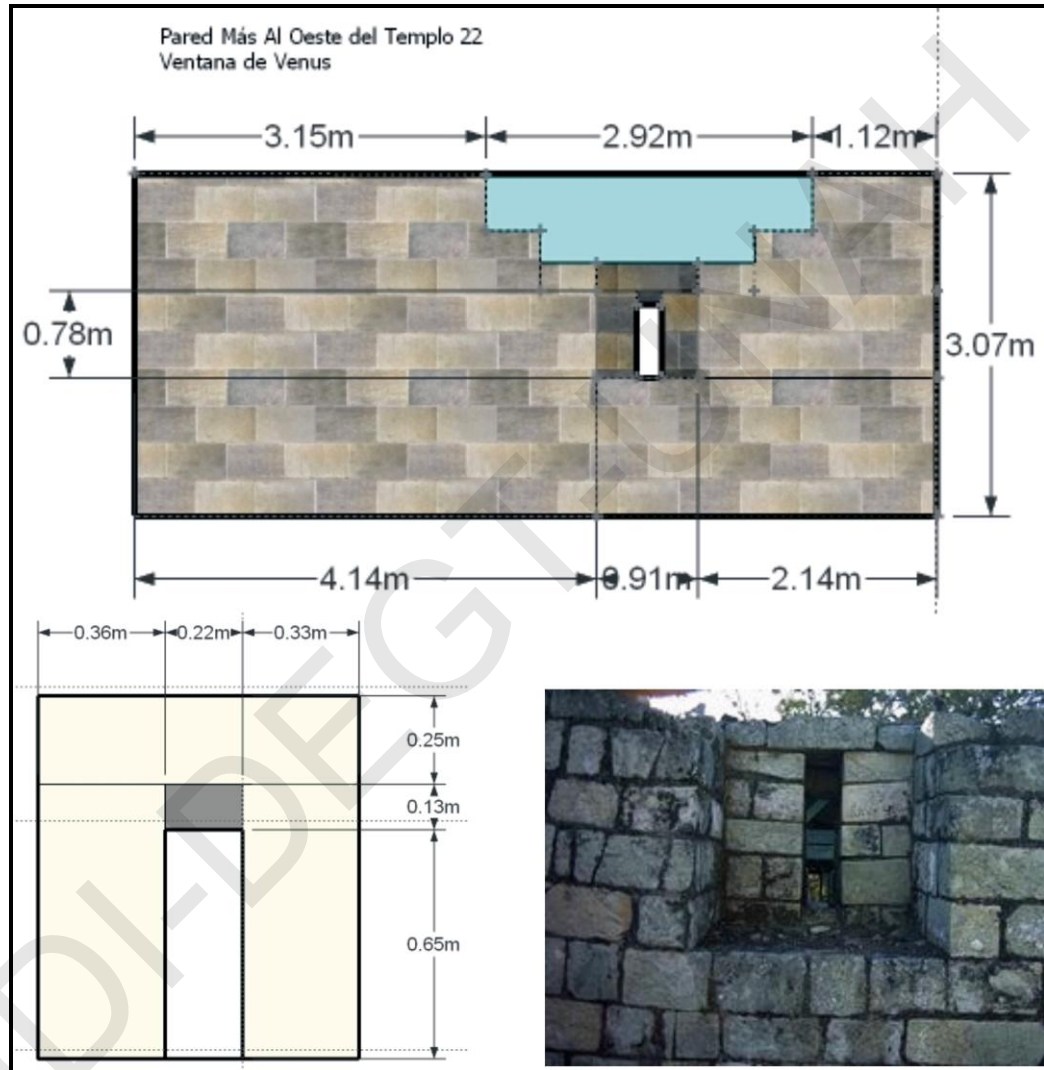


Figura 31: Diagramas y medidas obtenidas de la Ventana de Venus. Arriba diagrama completo de la pared. Abajo izquierda medidas frontales de la ventana. Abajo derecha, fotografía al momento de la medición.

Ya que el Templo 22 no posee techo, fue posible medir la ventana vista desde la parte superior y tomar datos de como pasa a través de la pared del templo, las medidas resultantes se muestran en la Figura 32:

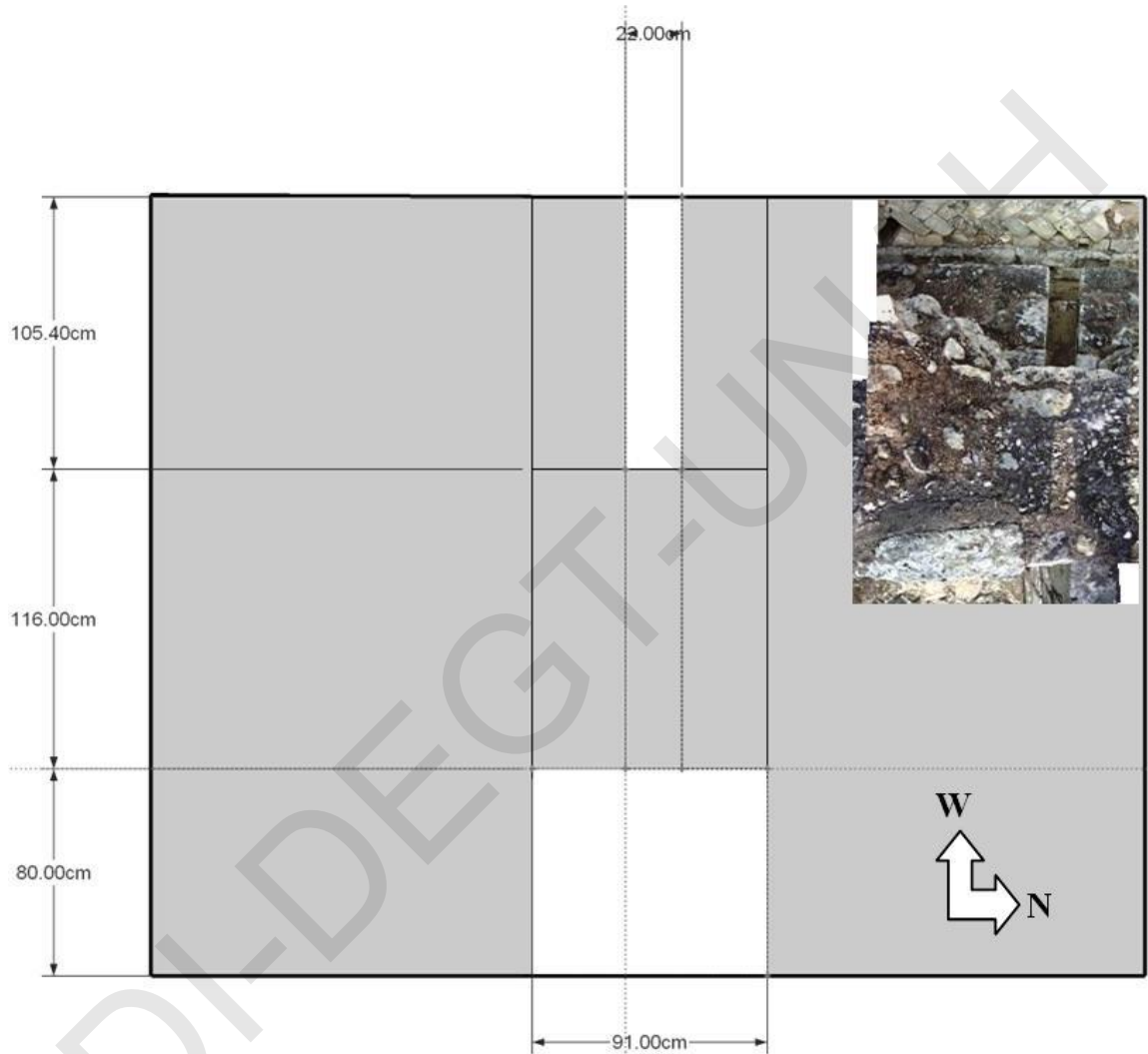


Figura 32: Medidas de la Ventana de Venus vista desde arriba.

Empleando el GPS, se obtuvo las coordenadas geográficas de la Ventana de Venus, tomadas en intervalos de cinco minutos tal como se muestran en la Tabla 11:

| COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LA VENTANA DE VENUS |   |  |                    |  |
|--|---|--|--------------------|--|
| No.  | Latitud<br>(Grados ° minutos ' segundos") | Longitud<br>(Grados ° minutos ' segundos") | Altura<br>(metros) | Fecha (Día/Mes/Año) y Hora<br>(Hora:Minutos) |
| 1  | 14° 50' 16.9" Norte<br>(N)                | 89° 08' 27.7" Oeste<br>(W)                 | 648.0m             | 01/05/2007 09:45am                           |
| 2  | 14° 50' 16.6" N                           | 89° 08' 28.1" W                            | 647.0m             | 01/05/2007 09:50am                           |
| 3  | 14° 50' 16.7" N                           | 89° 08' 28.1" W                            | 647.7m             | 01/05/2007 10:55am                           |
| 4  | 14° 50' 16.7" N                           | 89° 08' 27.5" W                            | 638.0m             | 01/05/2007 11:05am                           |
| 5  | 14° 50' 16.6" N                           | 89° 08' 27.8" W                            | 640.0m             | 01/05/2007 11:10am                           |

Tabla 11: Coordenadas geográficas de la ventana de Venus. El GPS fue colocado en el punto medio frente a la abertura de la ventana.

▪ **Medición y Ubicación de los monumentos en La Gran Plaza**

Usando las cintas métricas CM1 y CM2, se procedió a medir la separación de los monumentos y su ubicación en la Gran Plaza (al punto medio de la cara más cercana), en el orden que muestra la Tabla 12 y se diagrama en la Figura 33:

| DISTANCIAS OBTENIDAS ENTRE<br>LOS MONUMENTOS DE LA GRAN PLAZA |   |                  |
|---|---|------------------|
| No.   | Monumentos  | Distancia<br>(m) |
| 1   | Gradería al N de la Estructura 4 a la cara S de la Estela A | 4.31             |
| 2   | Cara N de la Estela A a la Cara S de la Estela 4            | 20.00            |
| 3   | Cara N de la Estela 4 a la Cara S de la Estela B            | 8.75             |
| 4   | Cara N de la Estela B a la Cara W de la Estela C            | 8.80             |
| 5   | Cara E de la Estela C a la Cara W de la Estela F            | 20.92            |
| 6   | Cara S de la Estela F a la Cara N del Altar G2              | 8.03             |
| 7   | Cara S del Altar G2 a la Cara N del Altar G3                | 5.54             |
| 8   | Cara W del Altar G2 a la Cara N del Altar G1                | 3.90             |
| 9   | Cara S del Altar G1 a la Cara N del Altar G3                | 1.40             |
| 10  | Cara S del Altar G3 a la Cara N de la Estela H              | 8.73             |
| 11  | Cara W de la Estela H a la Cara E de la Estela A            | 36.12            |
| 12  | Cara N de la Estela C a la Cara S de la Estela D            | 36.32            |
| 13  | Cara N de la Estela C a la Gradería N (al W de la Estela D) | 39.30            |
| 14  | Cara N de la Estela D hacia la Gradería al N                | 2.39             |
| 15  | Cara W de la Estela B hacia la Gradería al W                | 41.78            |
| 16  | Cara W de la Estela 4 hacia la Gradería al W                | 41.52            |
| 17  | Cara W de la Estela A hacia la Gradería al W                | 40.24            |

Tabla 12: Distancias medidas entre los monumentos de la Gran Plaza. Se toma como referencia de las medidas en los monumentos el punto medio de la cara (lado) que se mide.

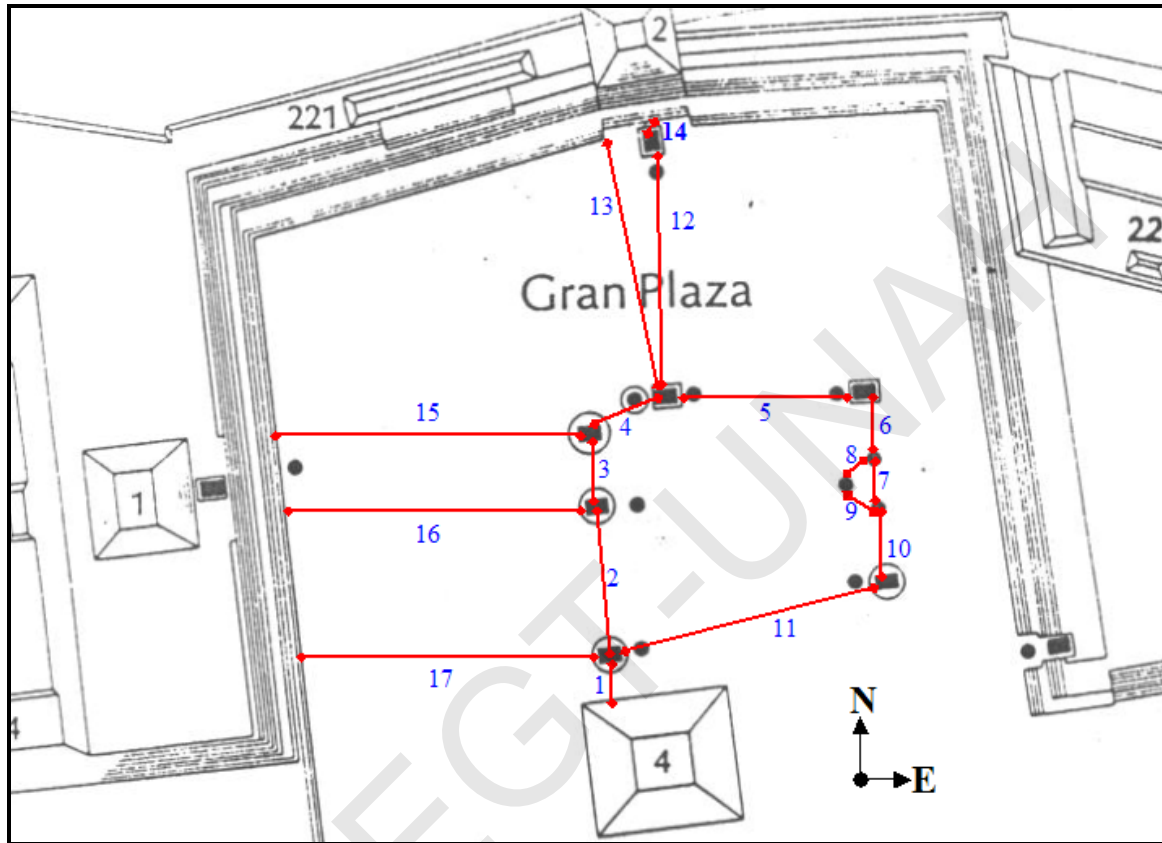


Figura 33: Diagrama de las mediciones hechas en la Gran Plaza. Los números corresponden a los de la tabla.

Con el fin de estimar el ángulo que se forma desde el punto de referencia entre los Altares G, se midió la distancia en línea recta hacia los monumentos (Ver Figura 34, para referencia) conocidos como Estelas A, 4, B y E; y sus resultados se tabularon en la Tabla 13:

| DISTANCIAS OBTENIDAS ENTRE LOS ALTARES G HACIA LOS MONUMENTOS |   |               |
|---|---|---------------|
| No.   | Monumentos  | Distancia (m) |
| d1  | Hasta la Estela A (cara E)  | 42.37         |
| d2  | Hasta la Estela 4 (cara E)  | 36.81         |
| d3  | Hasta la Estela B (cara E)  | 38.42         |
| d4  | En dirección a la Estela E , hasta la estela 4 (estimada a 2.6m al N de la cara E de la Estela B) | 36.68         |

Tabla 13: Distancias obtenidas entre los Altares G hacia las Estelas A, 4, B, E.

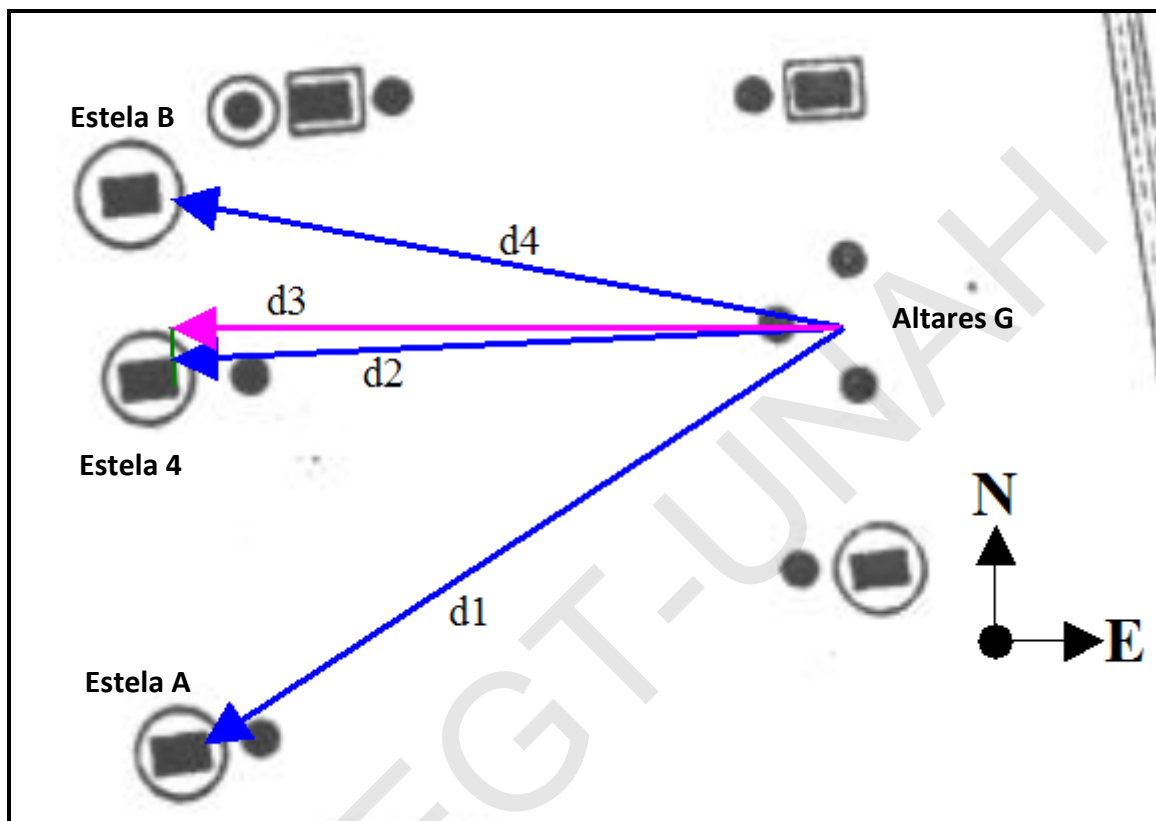


Figura 34: Distancia desde el Punto G a las Estelas. Se conservan los números dados en la tabla.

Usando el GPS, se estimó con precisión las coordenadas geográficas del punto de referencia entre los Altare G, datos obtenidos cada cinco minutos, se listan en la Tabla 14:

| COORDENADAS GEOGRAFICAS EN LOS ALTARES G |   |  |                    |
|--|---|--|--------------------|
| No.                                      | Latitud<br>(Grados ° minutos ' segundos") | Longitud<br>(Grados ° minutos ' segundos") | Altura<br>(metros) |
| 1  | 14° 50' 24.8" Norte (N)                   | 89° 08' 31.6" Oeste (W)                    | 615.7m             |
| 2  | 14° 50' 24.9" N                           | 89° 08' 31.2" W                            | 613.6m             |
| 3  | 14° 50' 24.7" N                           | 89° 08' 31.8" W                            | 613.7m             |
| 4  | 14° 50' 24.8" N                           | 89° 08' 31.3" W                            | 615.0m             |
| 5  | 14° 50' 24.7" N                           | 89° 08' 31.4" W                            | 619.0m             |

El margen de error de las coordenadas fue estimada con la desviación estándar de los segundos en ambas coordenadas por separado (LAT y LON). Lo que equivale en el terreno a 2.6m de error en Latitud y 7.1m en Longitud.

Tabla 14: Coordenadas Geográficas de los Altare G.

## V.2.OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA

Se realizó un programa de observación para el Equinoccio de Primavera (20 Marzo del 2007) y para el primer paso del Sol por el Cenit SN (30 de Abril del 2007). Para ello se utilizó un gnomon de madera, el cual se colocó en la habitación ubicada al norte del Templo 22. De la sombra que proyectó el gnomon se marcó su borde superior a intervalos regulares (diez minutos en promedio), pero siendo más frecuente en las momentos cercanos al medio día, Los datos se anotaron con viñetas en el suelo durante el Equinoccio de Primavera, pero finalmente se cubrió el piso de esta habitación con una manta plástica para el primer Paso del Sol por el Cenit; la cual permitió recoger el dato de las sombra de una forma mucho más eficiente. Se aclara que, las horas dadas y mencionadas aquí están referenciadas a GMT-6.

### V.2.1. Equinoccio de Primavera

- **ANTES:**

Se preparó la efemérides para este día, tal como se muestra en el Anexo 1.3. En el Templo 22, se harían mediciones de la sombra proyectada por un gnomon y se esperaba obtener una línea. En esta fecha el Sol se encontraría en su camino medio entre el Sur y el Norte; al momento de salir por el este se esperaba que este cuerpo tuviera una coordenada de Acimut=90° y al ocaso en dirección Oeste se un ángulo de Acimut=270°.

Posteriormente, se observaría la puesta del Sol desde los Altares G, donde se pretendía comprobar personalmente el alineamiento visible desde ahí con la Estela 4; en esos momentos. Finalmente, se observaría el planeta Venus, para medir sus coordenadas de altura y acimut (utilizando los puños con los brazos extendidos, de manera que se le consideró como una unidad con un valor de 10°); después de ello se deseaba ubicar sobre que monumentos se encontraba el planeta en esos momentos.



- **DURANTE:**

Se observó la salida del Sol, evento esperado a nivel del horizonte según las efemérides a las 06:05h hora local, pero debido al relieve montañoso y a las condiciones meteorológicas se logró observar hasta las 06:30h, en el horizonte local; este suceso lo demuestra la Figura 35.



**Figura 35: La salida al Sol. La fotografía muestra el horizonte en dirección este a las 06:30h hora local.**

Con el fin de determinar si existía una orientación relacionada con la salida del Sol en este día en el interior del Templo 22, se procedió a fotografiar las sombras que se proyectaba con las paredes del interior, notando que la pared del pasillo que conduce al Templo 21, proyectaba una sombra con una longitud de 30.5cm, desde la pared donde inicia el pasillo, esto ocurrió a las 06:53h; lo anterior se muestra en la Tabla 15, que está a continuación:



**Tabla 15:**

**Sombra proyectada por la pared del pasillo que comunica el Templo 22 con el Templo 21. En a) la sombra vista desde el Templo 21. b) El Sol observado situado en la pared al fondo del pasillo. c) La sombra al final del pasillo, en el exterior del Templo 22. d) La sombra proyectada contiguo a la pared del fondo, al inicio del pasillo.**

Momentos después en la habitación principal del Templo 22, se marcó el primer punto de la sombra proyectada por el gnomon, eso ocurrió a las 7:01h. Se continuó con esta actividad con regularidad, marcando los puntos cada diez minutos, tal como se muestra en la Figura 36:



Figura 36: Marcando el primer punto a la 7:01. Las marcas adicionales son del día anterior.

A las 07:34h, la sombra que estaba formada en el pasillo que conduce al Templo 21, ya se había acortado midiendo Solo 2.5cm al inicio del mismo y desapareció por completo a las 10:25h, lo anterior se muestra a continuación en la Tabla 16:

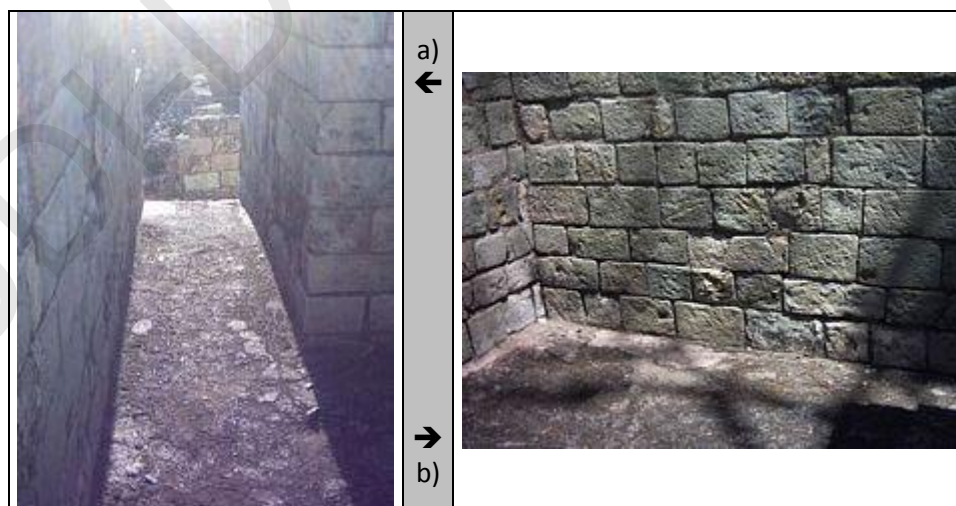


Tabla 16:  
 Sombra proyectada por la pared del pasillo que comunica el Templo 22 con el Templo 21, visto desde el fondo. En a) La sombra proyectada a las 07:34h. b) La sombra a las 10:25h.

Al finalizar las observaciones de sombras a las 16:31, se obtuvo una serie de puntos que al unirlos y extrapolarlos formaba una línea, como se muestra a continuación en la Tabla 17:

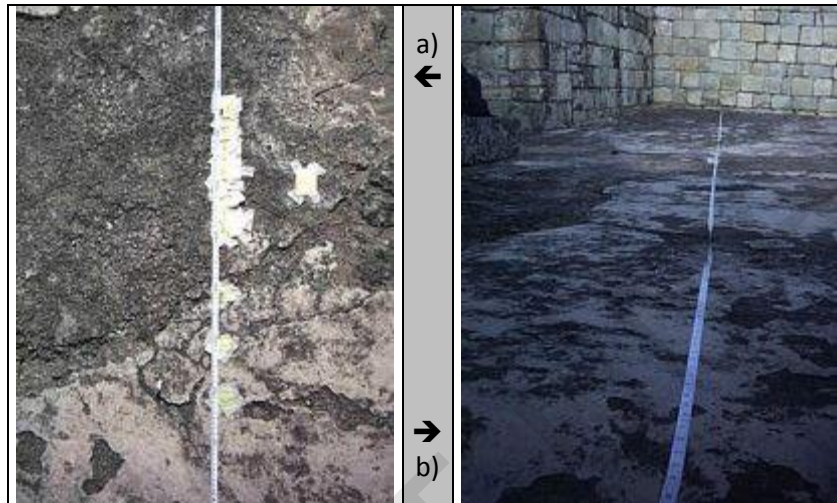


Tabla 17:

Línea formada al unir y extrapolar los puntos obtenidos durante la observación en la habitación al norte del templo, durante el equinoccio de primavera, a) Unión de los puntos; b) Extrapolación de la línea obtenida hacia las paredes E y W de la habitación.

Las medidas obtenidas con la cinta métrica CM2 de esa línea son las que muestra la Figura 37:

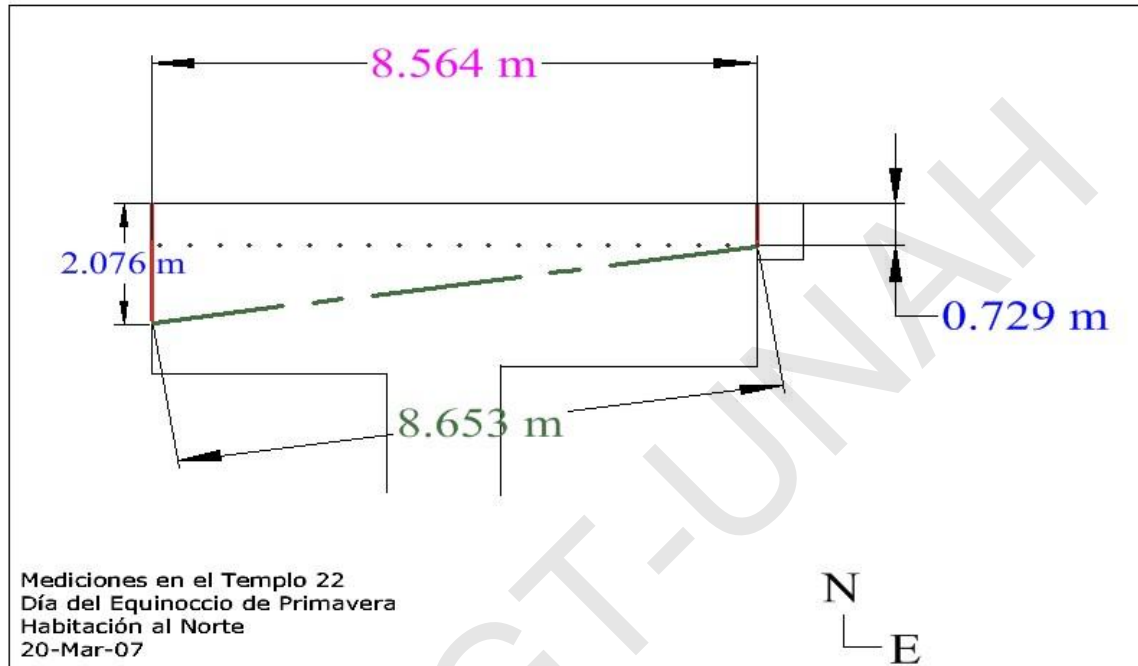
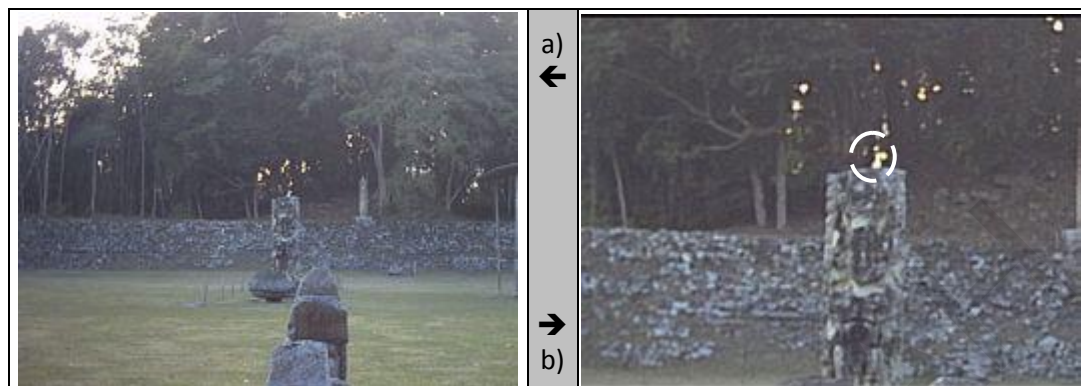


Figura 37: Mediciones obtenidas con la unión de las marcas de las sombras en la habitación del Templo 22

Finalizadas las observaciones y mediciones en el Templo 22, las actividades se continuaron en la Gran Plaza para observar el alineamiento que ocurriría en el ocaso cuando el Sol se pone justo detrás de la Estela 4, observado desde el Punto G (punto medio entre los Altares G). Con la cámara se logró documentar este evento como se muestra en la Tabla 18:





**Tabla 18:**

**Alineamiento entre los Altares G y la Estela 4, observado en los instantes de la puesta del Sol, a) Fotografía tal como fue visto desde los altares G, cerca la parte superior del Altar G1 y al fondo la Estela 4; b) Fotografía con ampliación en el preciso momento que ocurría el alineamiento sobre la Estela 4, la posición del Sol está donde esta el círculo sobre la estela.**

Finalmente, se realizaron observaciones de Venus, conforme a las efemérides; fue visible a partir de las 18:13h, con una medida de Acimut= $275^{\circ}$  y Altura= $30^{\circ}$  (como lo muestra la Figura 38); esta medida se obtuvo utilizando como referencia los puños con el brazo extendido, dándoles un valor de referencia de diez grados. Para el caso del acimut, los puños se colocaron en posición horizontal y se empezó a medir desde el norte (en dirección a la estela F) rumbo al este hasta llegar al lugar deseado; se utilizaron las coordenadas horizontales; las cuales fueron descritas en el apartado que trata sobre las coordenadas en este documento. En el caso de la altura, se utilizaron los puños en forma vertical a nivel del horizonte, tomando como referencia el plano conformado por la grama de la plaza.



**Figura 38: Venus (al interior del círculo amarillo) sobre el Parque Arqueológico de Copán Ruinas, el día del Equinoccio de Primavera. Imagen tomada a las 18:33h.**

▪ **DESPUÉS:**

Con los datos obtenidos, se procedió a calcular el ángulo que se obtuvo como resultado de medir y extrapolar la línea formada por la sombra del gnomon respecto a la pared al norte del templo, utilizando el software SW6. Esta medida se muestra en la Figura 39:

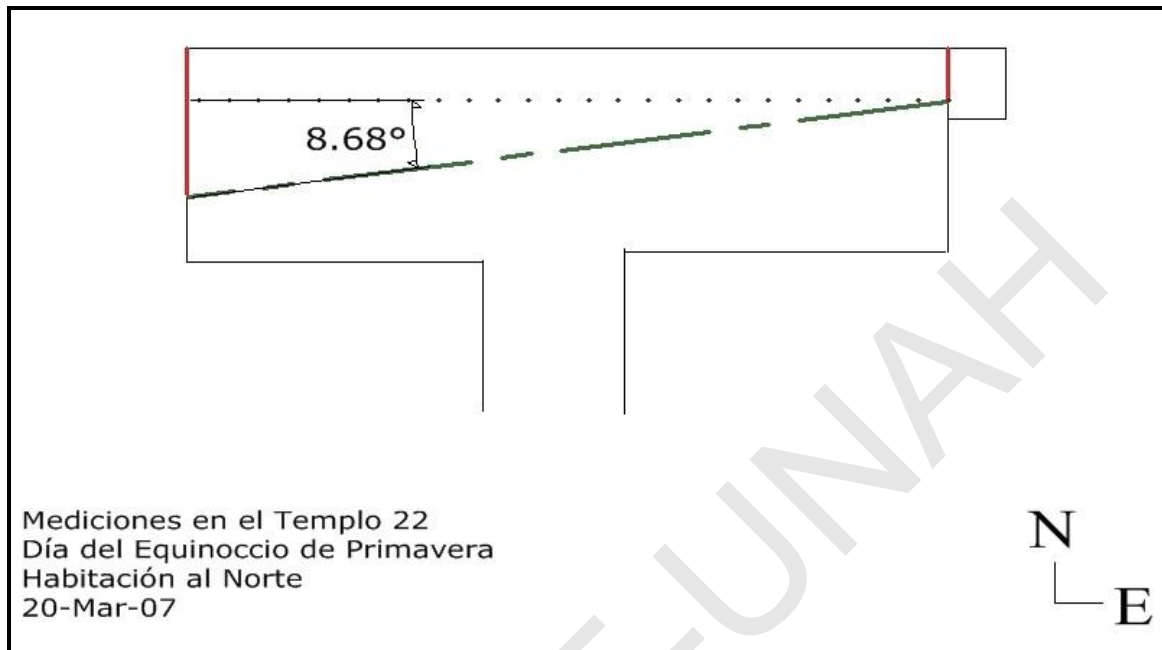


Figura 39: El ángulo obtenido es de 8.68°

Este cálculo se obtuvo al operar mediante funciones trigonométricas las medidas obtenidas, con la Ecuación 10:

$$\cos(\theta) = \frac{\text{lado\_adyacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{8.564m}{8.653m} = 0.9897$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.9897) = 8.68^\circ$$

Ecuación 10: Cálculo del ángulo entre la sombra y la pared el día del Equinoccio de Primavera.

Por otra parte con las imágenes tomadas en el pasillo, sólo fue posible evidenciar que el pasillo interior que conduce al Templo 21, no está orientado exactamente sobre la línea eje E-W, y deja en evidencia la posibilidad para encontrar orientaciones de otro tipo.



### **V.2.2. Primer Paso del Sol por el Cenit (SN)**

- **ANTES:**

Se prepararon las efemérides para esta fecha; tal como se detalla en el Anexo 1.4. Este día se esperaba obtener una sombra, que al marcar y unir sus puntos medidos formara una especie de curva no muy pronunciada; y que en los momentos cercanos al medio día (entre 11:50h-12:00h) el gnomon que se utilizó para la observación no proyecte ninguna sombra; ya que el Sol transitará por el punto más alto del meridiano del observador, con una medida de altura casi igual a 90°. Para cada marca, se le anotó la hora local obtenida mediante el GPS, con lo que se obtuvo una mayor exactitud de la medición del tiempo.

Al final de la jornada, se observaría la puesta del Sol desde los Altares G, para comprobar en esos momentos el alineamiento visible desde ahí con la Estela B; después de esto se procedería a observar el planeta Venus.

- **DURANTE:**

Para facilitar la toma de datos, se colocó una manta plástica en la habitación al norte del Templo 22, la cual estaba paralela a la pared a una distancia de 15cm; se observó la salida del Sol (Figura 40), evento que se esperaba según la efemérides a las 05:37h a nivel del horizonte, pero debido al relieve montañoso ocurrió a las 06:07h en el horizonte local.



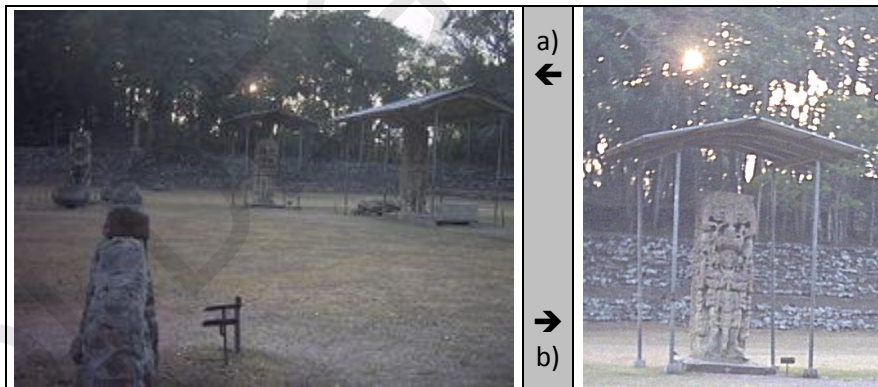
**Figura 40:** La salida al Sol. La fotografía muestra el horizonte en dirección este a las 06:07h

La primera marca de la sombra proyectada por el gnomon fue a las 06:36h, actividad que se repitió con regularidad cada 10 minutos hasta las 07:57h. Se reinicia de nuevo a las 10:48h, y a partir de las 11:16h, las marcas se hacen más frecuentes, cada 5 minutos. El paso del Sol por el Cenit ocurrió a las 11:54h. La sombra fue suficientemente larga en dirección este, hasta las 12:06, momento en el que se reinician las mediciones cada cinco minutos hasta las 12:28; luego se marcaban cada 10 minutos suspendiéndolas a las 13:18h. Se toman las últimas medidas a partir de las 16:36, cada cinco minutos, la última fue a las 17:02h. La manera como se tomaron estos datos han sido representados en la Tabla 19:



**Tabla 19:**  
**Observaciones y mediciones realizadas en la habitación al norte del Templo 22, durante el día del Paso del Sol por Cenit SN, a) Fotografía de la primera medición a la 06:36h b) Fotografía al momento del tránsito Solar a las 11:54h.**

Finalizada la observación en el Templo 22, las actividades se realizan en la Gran Plaza, fotografiando y verificando el alineamiento visible desde el sitio medio entre los Altares G (punto G) en dirección de la estela B, al momento del ocaso; así como se detalla en la Tabla 20:



**Tabla 20:**  
**Observando el alineamiento a la puesta del Sol, a) Tal como se observó desde los altares G b) Ampliación, mostrando el disco Solar sobre la Estela B**

Poco después a las 18:20h, Venus ya era visible, con una Altura=40° y un Acimut=290°, esta medida se obtuvo utilizando como referencia los puños con el brazo extendido, dándoles un valor de referencia de diez grados. Para el caso del acimut, los puños se ponen en posición horizontal y se empieza a medir desde el norte (en dirección a la estela F) rumbo al este hasta llegar al lugar deseado; se utilizaron las coordenadas horizontales, las cuales fueron descritas en el apartado que trata sobre las coordenadas en este documento. En el caso de la altura, se

utilizaron los puños en forma vertical a nivel del horizonte, tomando como referencia el plano conformado por la grama de la plaza. La posición de Venus se documenta en la Figura 41, mediante una fotografía.



Figura 41: Aparición de Venus en el cielo a las 18:20h, el día del paso del Sol por el Cenit SN.

▪ **DESPUÉS:**

Las medidas obtenidas durante este día, se emplearán como una referencia adicional para comprobar los modelos computarizados que se harán de la ubicación u orientación de los monumentos.

## V.3. ELABORACIÓN DE HORIZONTES VIRTUALES DE PUNTOS DEFINIDOS

### V.3.1. Horizontes

Para simular el cielo sobre La Gran Plaza, y poder determinar la posición de Venus; relacionándolo con el horizonte y el sitio de emplazamiento de los monumentos ahí encontrados, se procedió a formar un carrusel de imágenes fotografiando a los 360° alrededor del horizonte de los puntos de referencia. Los lugares elegidos para ese fin, fueron el sitio donde se observaron los alineamientos solares, que es el punto G; y para comprobación adicional se obtuvo los mismos datos sobre la Ventana de Venus en el Templo 22. Con la cámara digital y la ayuda de un trípode, se capturó con cada imagen una fracción del horizonte equivalente a un ángulo de 30°, que con un total de doce fotografías más una de ajuste fueron necesarias para poder realizar un panorama del horizonte, los datos obtenidos se detallan en la Tabla 21 y en la Tabla 22:

| FOTOGRAFÍAS DEL HORIZONTE TOMADAS DEL PUNTO DE REFERENCIA ENTRE LOS ALTARES G       |   |  |   |
|---|---|--|---|
|    |  |  |  |
| 1/13  | 2/13  | 3/13   | 4/13  |
|    |  |  |  |
| 5/13  | 6/13  | 7/13   | 8/13  |
|    |  |  |  |
| 9/13  | 10/13   | 11/13  | 12/13   |
|  |   |  |   |
| 13/13   |   |  |   |

Tabla 21: Fotografías del horizonte tomadas del punto de referencia entre los Altares G.







| FOTOGRAFÍAS DEL HORIZONTE TOMADAS DEL PUNTO DE REFERENCIA<br>SOBRE LA VENTANA DEL TEMPLO 22 |   |  |   |
|---|---|--|---|
|            |  |  |  |
| 1/13  | 2/13  | 3/13   | 4/13  |
|            |  |  |  |
| 5/13  | 6/13  | 7/13   | 8/13  |
|            |  |  |  |
| 9/13  | 10/13   | 11/13  | 12/13   |
|           |   |  |   |
| 13/13   |   |  |   |

Tabla 22: Fotografías del horizonte tomadas del punto de referencia sobre la ventana del Templo 22.

### V.3.2. Modelado del Horizonte y el Cielo en el Templo 22 - Altares G

Haciendo uso del ordenador PC1 y el software SW2, las imágenes fueron procesadas con el fin de mejorar su relación de contraste y nitidez. Después se realizaron correcciones y se seleccionaron puntos de corte y ajuste de las imágenes capturadas con el fin de realizar panoramas de 360°, quedando los panoramas del horizonte de la forma como se encuentra en la Figura 42:



**Figura 42: Panoramas realizados, Arriba sobre la Ventana de Venus en el Templo 22, referenciado al Norte. Abajo, en los Altares G, referenciado al Oeste**

Se empleó el ordenador PC2, con el fin de incrementar eficiencia en la elaboración de los horizontes; estos son útiles si se utilizan con el software SW5; el cual modela el cielo y los cuerpos celestes. Para utilizarlo con ese fin, se convierten estos archivos de formato JPG (compreso), que son archivos de imágenes de mapa de bits a un formato de capas; los cuales representan una combinación de canales compuestos y de una conversión de formato de capas (Ver Figura 43). Este proceso se realizó con el software SW4, inicia con la creación de un archivo PSD (PhotoShop Drawing) de fondo transparente. Este debe tener la misma medida en píxeles que el panorama disponible, la cual de preferencia debe ser de 4096x512px; de no ser así, es necesario hacer una disminución o ampliación de la escala del archivo que contiene el panorama.

Posterior a ello, hay que recortar la imagen. Se deja únicamente el horizonte a mostrar en el modelo, esta labor se completa usando la herramienta “lazo” disponible en el SW4, recortando el espacio que corresponde al cielo (esto se hace porque el SW5, lo simulará y no es necesario que sea estático. Después, se agregó un canal neutro (Alpha). El canal Alpha será la transparencia del espacio de la imagen recortada, más el horizonte (Ver Figura 44, Figura 45).



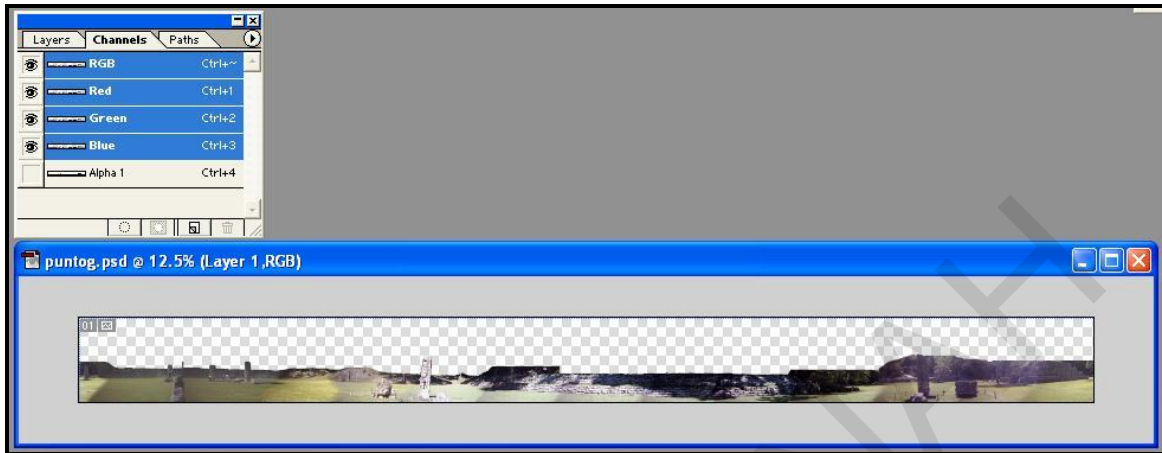


Figura 43: El Horizonte con la fracción del cielo recortada.



Figura 44: Canal Alpha, que corresponde al horizonte y al cielo eliminado.

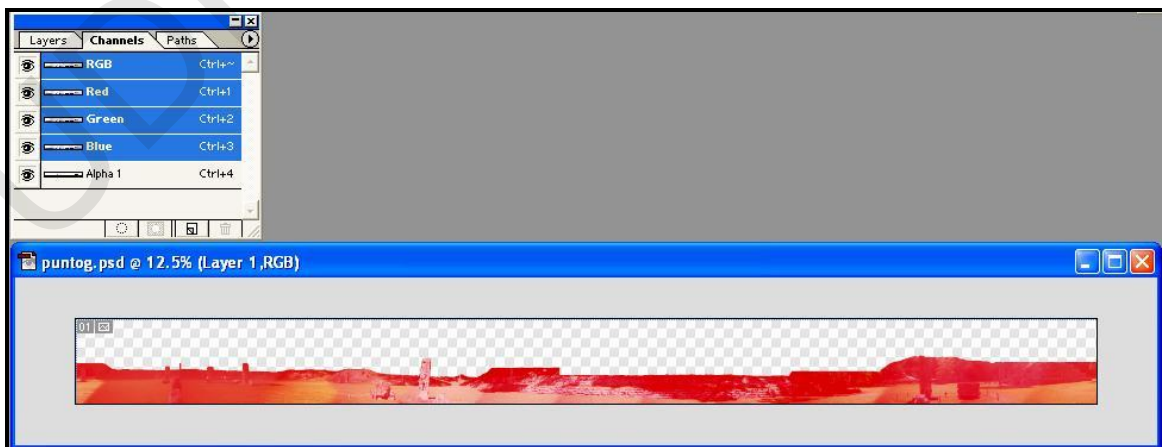


Figura 45: Combinación del Horizonte y el canal Alpha, en un archivo PSD.

Finalmente, hay que crear un archivo de parámetros. Esto se hace utilizando un editor de texto sin formato y se crea un archivo con extensión .TXT, para el horizonte simulado en los Altares G, resultando en el código que se encuentra en la Tabla 23:

### CÓDIGO FUENTE DEL ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN PARA EL HORIZONTE SIMULADO EN LOS ALTARES G

```
<HTML>
<BODY>
//Cabecera, detalle y formato
Este us archivo de Tesis <A HREF="mrzablah@yahoo.com">documento panoramico.</A>
<SN_VALUE name="Version" value="Pro (Mac) - p400c-EM">
<SN_VALUE name="VersionSKU" value="p400c-EM">
<SN_VALUE name="charset" value="Macintosh-ASCII">

// Nombre del Horizonte (llave)
<SN_VALUE name="PanoName" value="Punto G COPAN">
<SN_VALUE name="ImageFileName" value="puntog.psd">

// Altura de la imagen en grados.
<SN_VALUE name="ImageHeight" value="55.000000000000000000">

//Como nuestra imagen tiene un canal Alpha, Yes=si lo hay y es el 0, No=No lo hay
<SN_VALUE name="UseImageAlpha" value="Yes">

// Valores para coordinar la imagen con la malla de coordenadas del software
<SN_VALUE name="ImageCentreDec" value="17.000000000000000000">
<SN_VALUE name="ImageCentreRa" value="305.000000000000000000">

// Los siguientes parámetros sitúan a donde se encuentra la imagen en grados
// respecto a los puntos cardinales
<SN_VALUE name="ImageAxisDec" value="90.000000000000000000">
<SN_VALUE name="ImageAxisRa" value="0.000000000000000000">

<SN_VALUE name="PanoBrightness" value="1.000000000000000000">

// comandos para mejor presentación del panorama (tanteo)
<SN_VALUE name="PanoBottomDistance" value="0.1">
<SN_VALUE name="PanoTopDistance" value="1.000000000000000000">
<SN_VALUE name="PanoApproxColor" value="36000, 36000, 36000">

// Precargar el panorama al iniciar?
<SN_VALUE name="Preload" value="No">
<SN_VALUE name="ImageCoordSys" value="1">
<SN_VALUE name="ImageTransferMode" value="4">
```

```
<SN_VALUE name="ImageWidth" value="360.00000000000000000000">  
  
//FIN  
</BODY>
```

**Tabla 23: Código fuente del archivo de configuración para el horizonte simulado.**

Una vez concluido esto, los archivos resultantes (PSD y TXT) se colocan en el directorio indicado para estos fines por la versión usada de SW5. Procedemos a comprobar y a ajustar lo necesario para el modelo obtenido. En la Figura 46 y en la Figura 47; se muestran ejemplos de la validación del modelo realizado:



Figura 46: Comprobación del modelo a través de la representación del alineamiento observado desde los altares G hacia la estela 4, el día del Equinoccio de Primavera. Simulado para el 20 de Marzo de 2007, a las 17:08. La malla vista al fondo representa las coordenadas naturales, se incluye en rojo el ecuador celeste y en verde la eclíptica.



Figura 47: Comprobación del modelo a través de la representación del alineamiento observado desde los altares G hacia la estela B, el día del Paso del Sol del Cenit. Simulado para el 30 de abril de 2007, a las 17:13. La malla vista al fondo representa las coordenadas naturales, se incluye en rojo el ecuador celeste y en verde la eclíptica.

### V.3.3. Modelado y Comprobación de los Datos Obtenidos del Templo 22

Utilizando el ordenador PC1, las herramientas de SW6 y SW1; junto con los datos obtenidos en el Templo 22, se procedió a elaborar un modelado digital en 2D, para realizar posteriormente un modelo en 3D. Con éstos, se pretende obtener un par de datos; el *primero*, es comprobar los resultados obtenidos de la observación de las sombras. El *segundo*, es determinar el ángulo hacia el cual está dirigida la Ventana de Venus.

Usando el SW6, y con las medidas tomadas; se realiza el diagrama de planta del Templo 22, el cual resultó en la Figura 48:

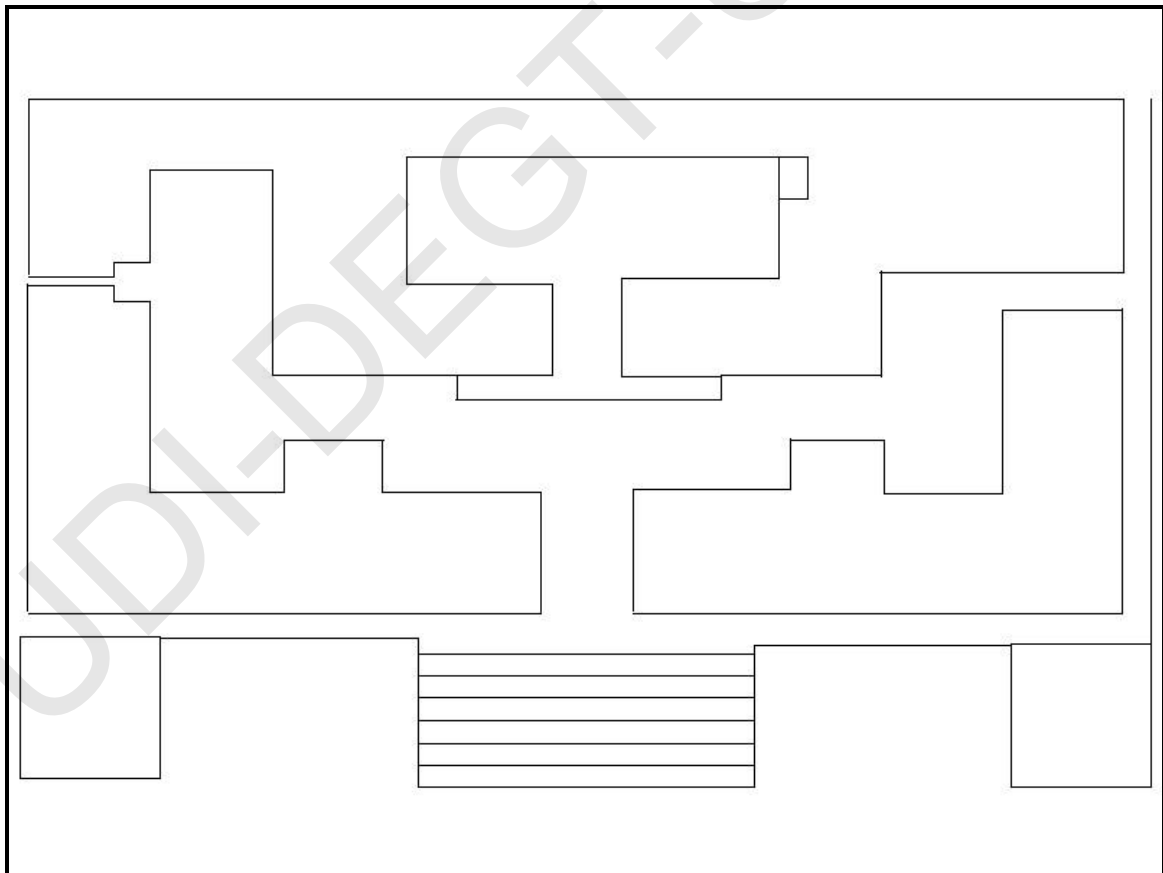
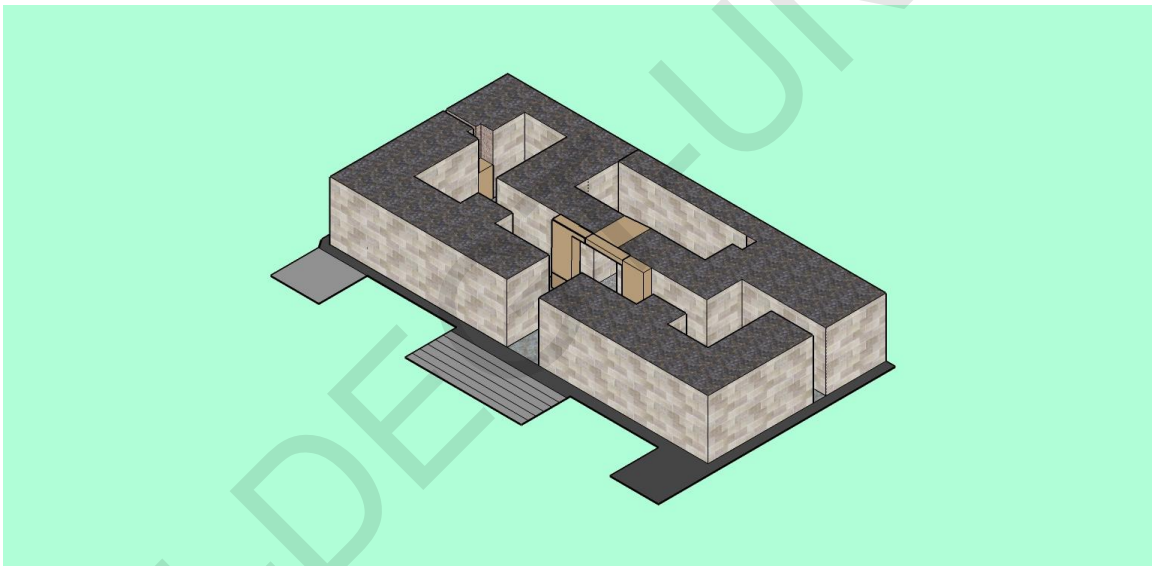


Figura 48: Diagrama en 2D del Templo 22, hecho con el SW6.

Una vez terminado el modelo en 2D, se procede a exportarlo, para utilizarse como base del modelo en 3D y el software SW1. Una vez importado en la herramienta, se procede a completar las capas; las cuales se les determina su altura utilizando la herramienta “empujar”. Luego se marcan con color café claro donde se encuentran los detalles pertinentes a la iconografía y de la disposición de la ventana de Venus localizados en el Templo 22. Finalmente se le colocan las texturas a utilizar para detallar mejor lo que corresponde al interior y exterior del templo. Vale aclarar que el proceso de renderizado es transparente al usuario con esta herramienta. El modelo resultante se muestra en la Figura 49:



**Figura 49: Modelo 3D finalizado del Templo 22. Aquí se muestra en una perspectiva desde la parte superior de la esquina SE .**

Luego de haber completado los modelos, se ingresó como parámetros las coordenadas geográficas del templo, se realizó una representación de las sombras obtenidas en las observaciones comprobando que los datos medidos y modelados están correctos, ya que la orientación de las sombras proyectadas en la simulación son iguales a las tomadas en los días de los eventos Solares, tal como se detalla en la Figura 50:



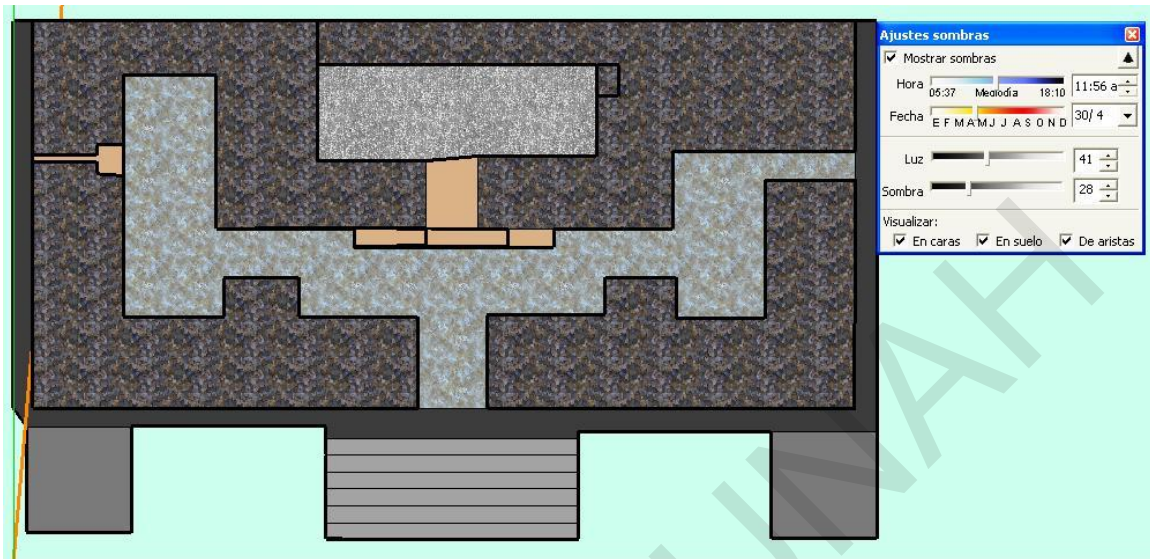


Figura 50: El modelo del Templo 22, no proyecta sombras a su interior a las 11:56h del 30 de abril del 2007, que según las observaciones no habían en ese momento, ya que era el paso del Sol por el Cenit.

Finalmente, con el modelo 2D se calculan los ejes E-W y N-S, con el fin de poder determinar la orientación angular del eje central de la Ventana de Venus, obtenida mediante el uso del SW6 determinando un valor de  $8.38^\circ$ , utilizando las habilidades para este fin que posee el software empleado. Este resultado, difiere  $0.30^\circ$  con el calculado el día del Equinoccio de Primavera que fue de  $8.68^\circ$ , ya que se ha empleado una técnica más precisa en el ordenador que en el campo. Tomamos el promedio de estos dos valores, como la orientación de la ventana en dirección N (norte) del eje E-W con una medida de  $278.5^\circ$  acimut. El cálculo mediante el SW6, se encuentra en la Figura 51:



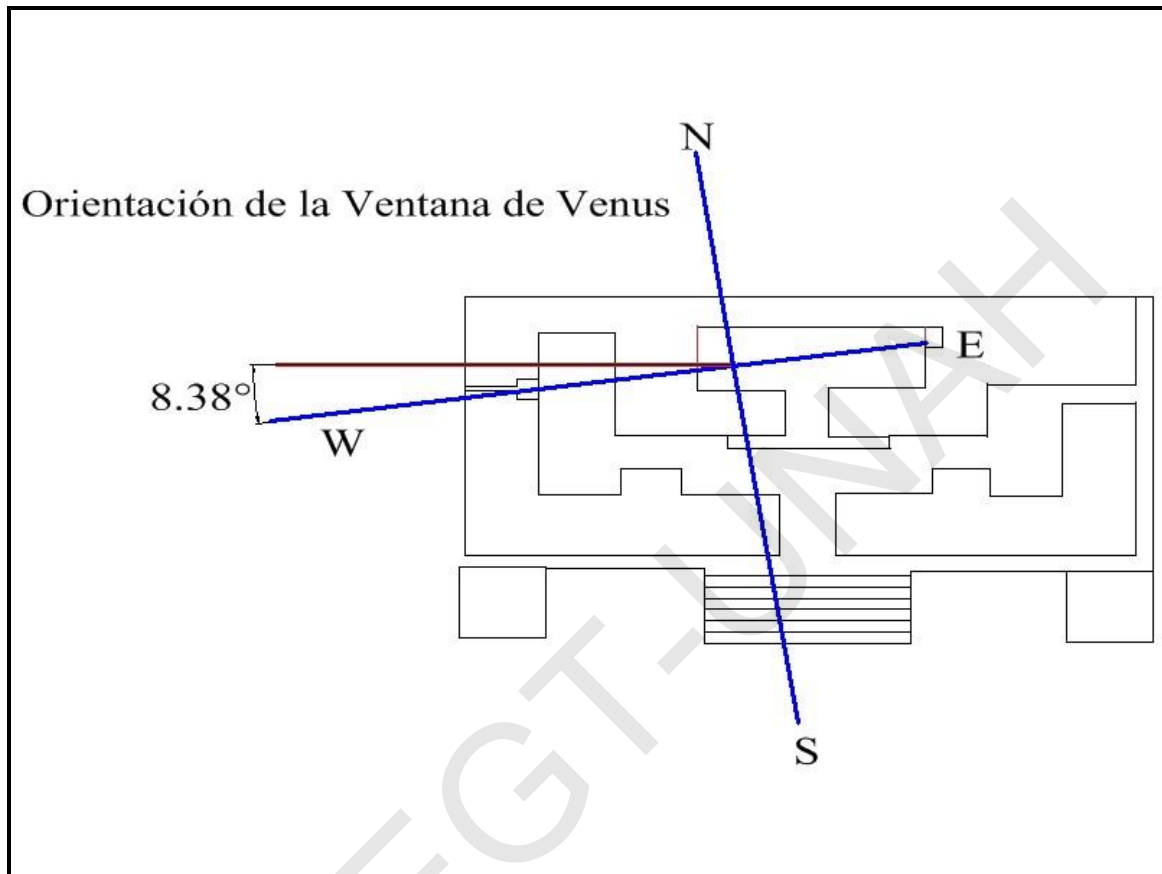


Figura 51: Orientación angular de la Ventana de Venus

#### **V.3.4. Orientaciones Angulares entre los Altares G y Estelas**

Contando ya con un modelo 2D del Templo 22, se representó la sombra proyectada y medida durante el día del Equinoccio de Primavera; obteniendo a partir de ello su orientación angular. Este día, al unir el conjunto de puntos marcados de la sombra del gnomon; se obtiene una línea recta, la cual corresponde al eje E-W. Por definición, una línea que cruce el eje E-W a  $90^\circ$  representaría al eje N-S. Estos cálculos se realizaron con la ayuda del SW1 y SW6, usando el ordenador PC1. Esta línea se extrapoló, hasta colocarla sobre el modelo digital de la Gran Plaza; que se construyó digitalmente a partir de las mediciones que se tienen hasta el momento, específicamente de la zona donde se encuentran los monumentos de estudio. Utilizando siempre el SW6, se logró obtener las orientaciones angulares respecto al punto G, en contraste a la posición de las estelas A, 4 y B; ya que éstas están inmediatamente frente al punto de

referencia mencionado. De esta manera y como se muestra Figura 52, las estelas fueron representadas por medio de cuadrados y los altares por medio de circunferencias; en la figura la línea punteada representa el eje E-W, extrapolada y las líneas que conectan las estelas representan el eje N-S; los rayos de los ángulos se originan del punto G y se dirigen a la parte media de la base de las estelas. Como resultado, se obtiene una medida angular de la separación de las estelas con base en el punto G.

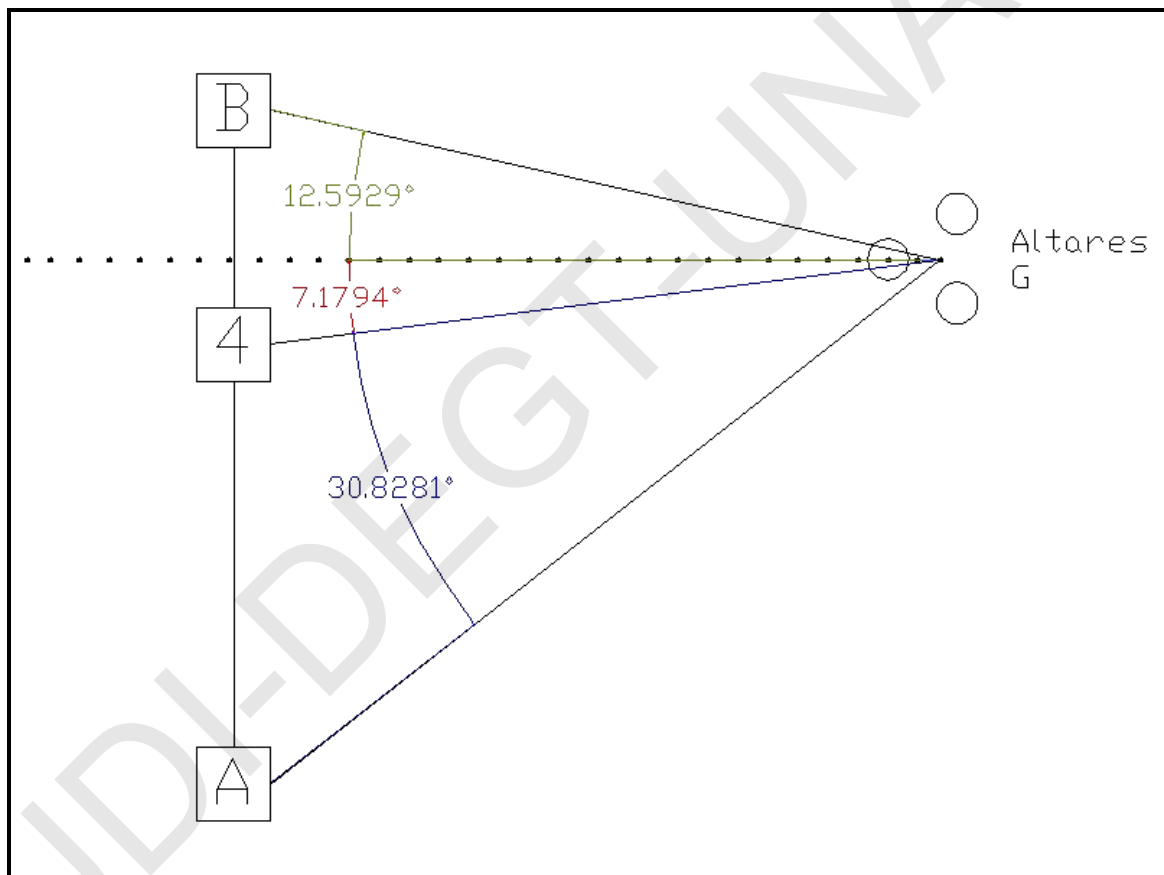


Figura 52: Medidas angulares obtenidas en base a las mediciones. El eje E-W, esta en azul, la línea punteada es la dirección hacia donde se encuentra la Estela E, sobre las graderías al oeste.

## **V.4.APLICACIÓN DEL MODELO COMPUTARIZADO Y SUS RESULTADOS OBTENIDOS**

Una vez corroborado los datos observados con el modelo, se determina que el modelo es fiable, para ubicar y analizar la posición de Venus y determinar a partir de él, los posibles alineamientos que ocurrirían al ser vistos desde el punto G. De esta manera y conforme a lo ya explicado sobre el uso del Templo 22, es de especial interés para resolver el problema de estudio simular la observación desde los Altares G, en las fechas dedicatorias de los monumentos considerados, como ser el Templo 22, la Estela B y los Altares G3, G2, G1. Estas observaciones se muestran en la Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56 y Figura 57:

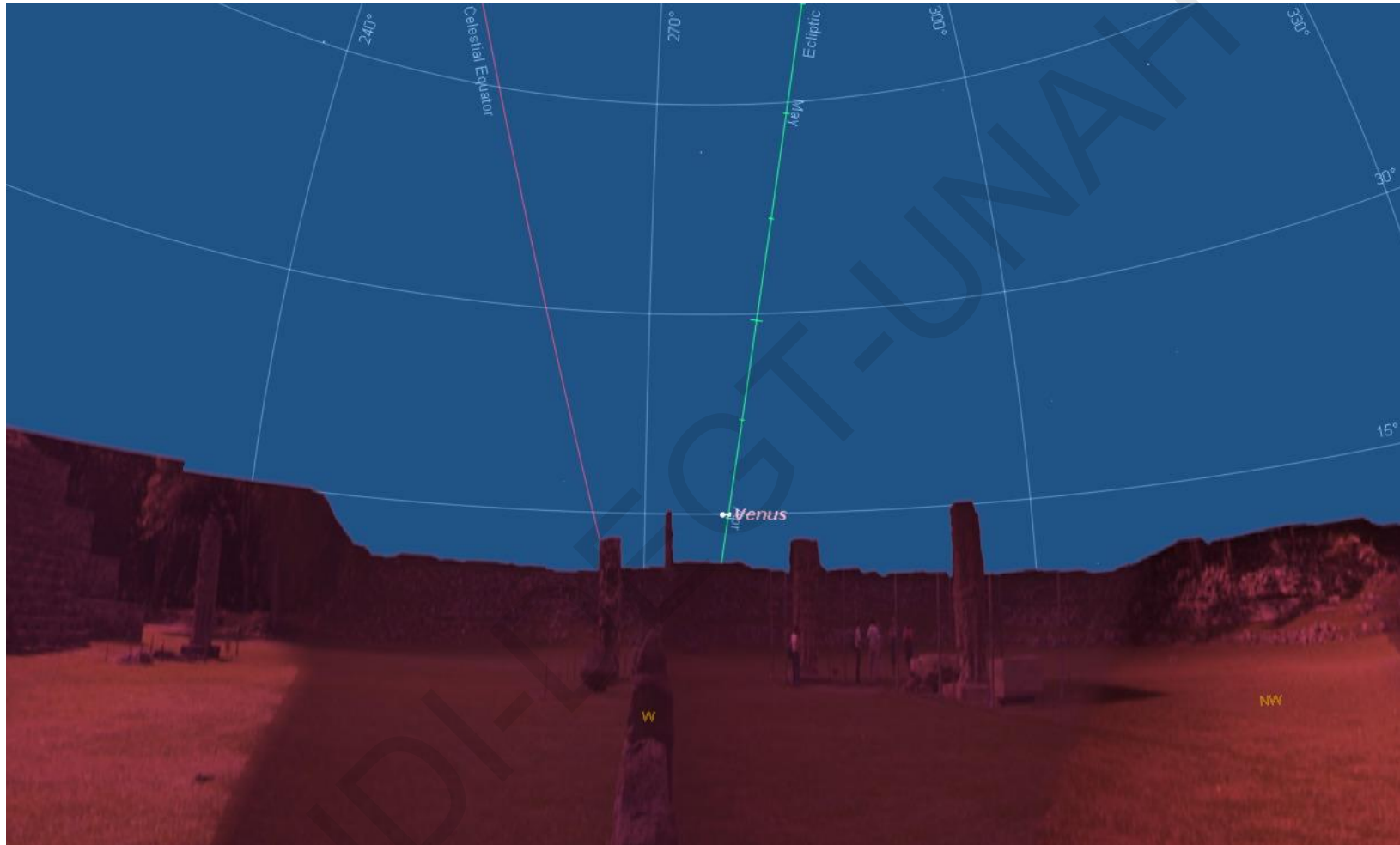


Figura 53: El cielo en la fecha dedicatoria del Templo 22, que corresponde al 27 de Marzo del 715. La hora se ajustó al primer contacto visual de Venus por la tarde.



Figura 54: El cielo en la fecha dedicatoria de la Estela B, que corresponde al 23 de Agosto del 731. La hora de observación se ajustó para mostrar en la misma zona de cielo, los planetas Marte y Venus.

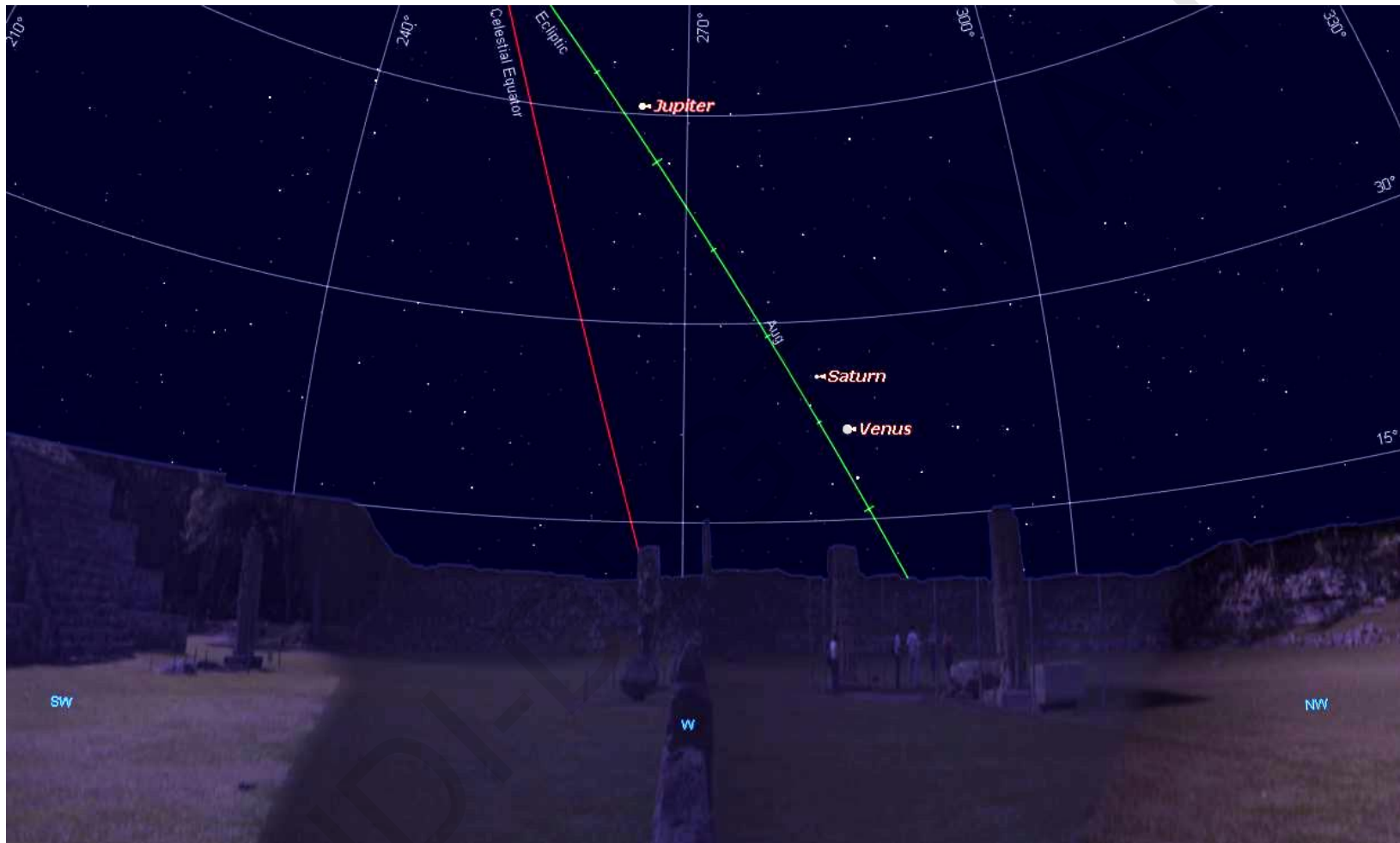


Figura 55: El cielo en la fecha dedicatoria del Altar G3, que corresponde al 24 de Junio del 771. La hora de observación se ajustó para mostrar en la misma zona de cielo, los planetas Júpiter, Saturno y Venus; evento muy particular de esa fecha.

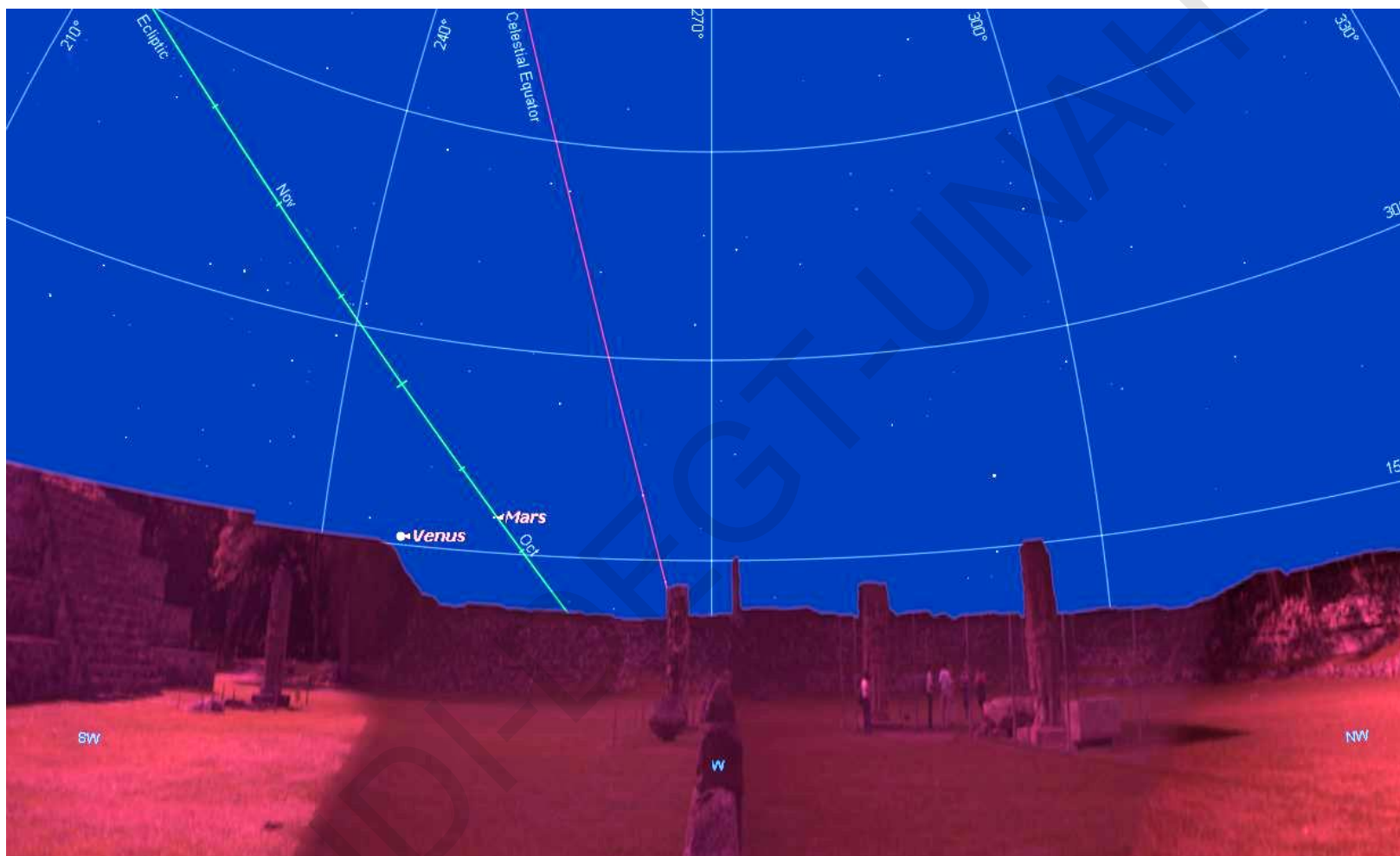


Figura 56: El cielo en la fecha dedicatoria del Altar G2, que corresponde al 15 de Septiembre del 795. La hora se ajustó al primer contacto visual por la tarde de Venus y Marte; la observación de ambos planetas es el evento para esa fecha.



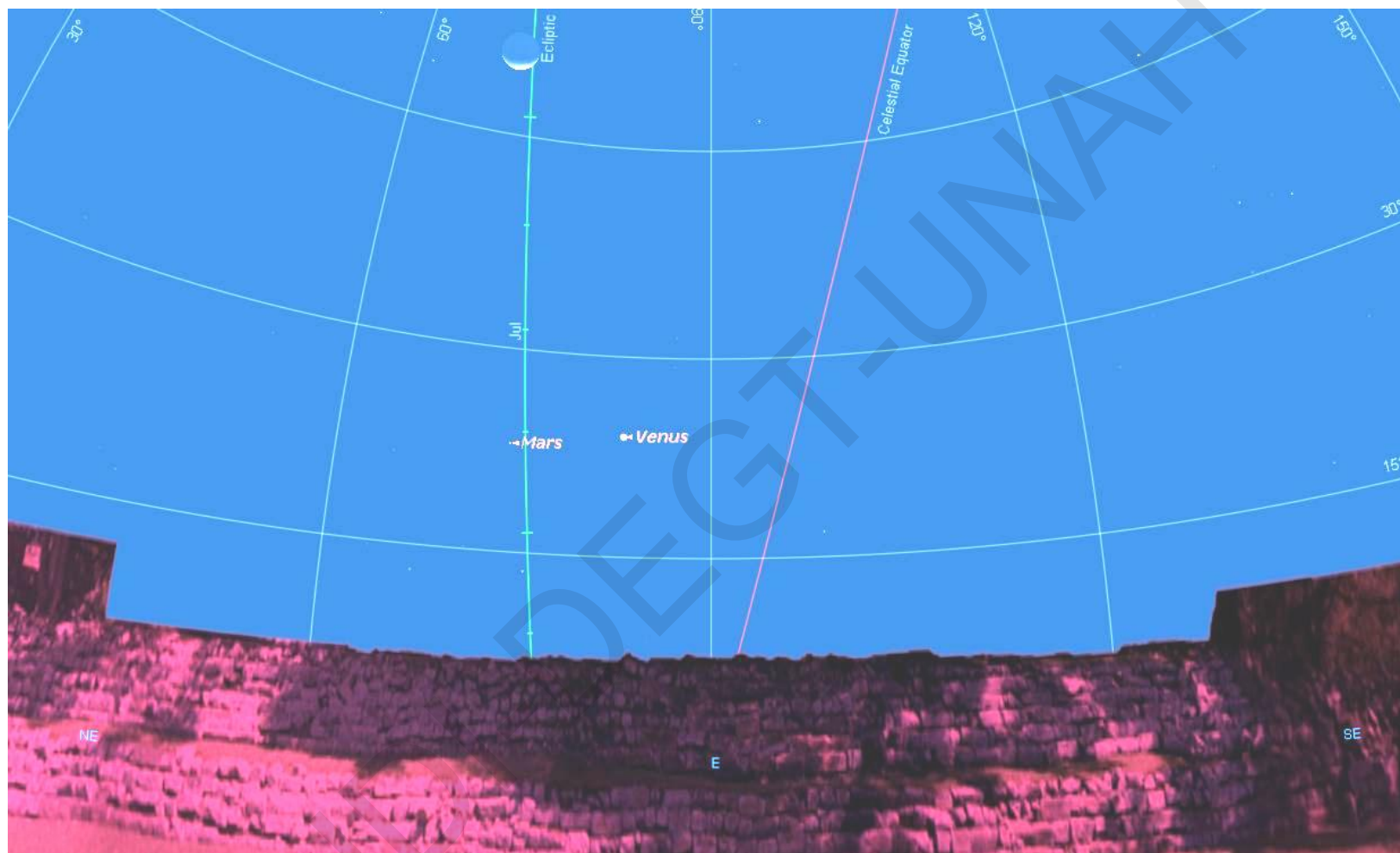


Figura 57: El cielo en la fecha dedicatoria del Altar G1, que corresponde al 19 de Agosto del 800. La hora se a ajustado para ubicar a Venus con la mayor altura posible previo a la salida del Sol. Nótese que la observación es en horas de la madrugada en dirección Este. Marte y Venus son visibles en esa fecha.



Después de encontrar que en las fechas dedicatorias de los altares G, Venus está acompañado de los planetas Júpiter, Saturno y Marte; este último común y encontrándose en la misma región de cielo que Venus, en las fechas dedicatorias de los altares G2 y G1. Es válido hacer notar que en la fecha dedicatoria del Altar G1, Venus es estrella de la mañana, momento en el cual es observado en dirección Este, a diferencia cuando es visible en las fechas dedicatorias de los otros dos altares, que es por la tarde y en dirección Oeste.

Ahora es importante saber que se habrá observado en la Gran Plaza en los días en los que Venus fue visible en el Templo 22 y su ubicación cuando este planeta se encuentra en su máximo extremo al norte. Por ello y utilizando los datos de fechas que corresponden a estos eventos publicadas por Closs, Aveni y Crowley (1984:236), se simuló la observación entre el año 700 al 710, obteniendo los datos que muestran la Figura 58, Figura 59, Figura 60, Figura 61, Figura 62, Figura 63, Figura 64 y Figura 65; para las diferentes fechas consideradas:



Figura 58: Venus al momento de ponerse sobre la Estela A. Esta observación corresponde a la fecha del 22 de Abril del 700 a las 14:54, momento de la aparición más temprana en la Ventana del Templo 22. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=268° y Altura=11°.

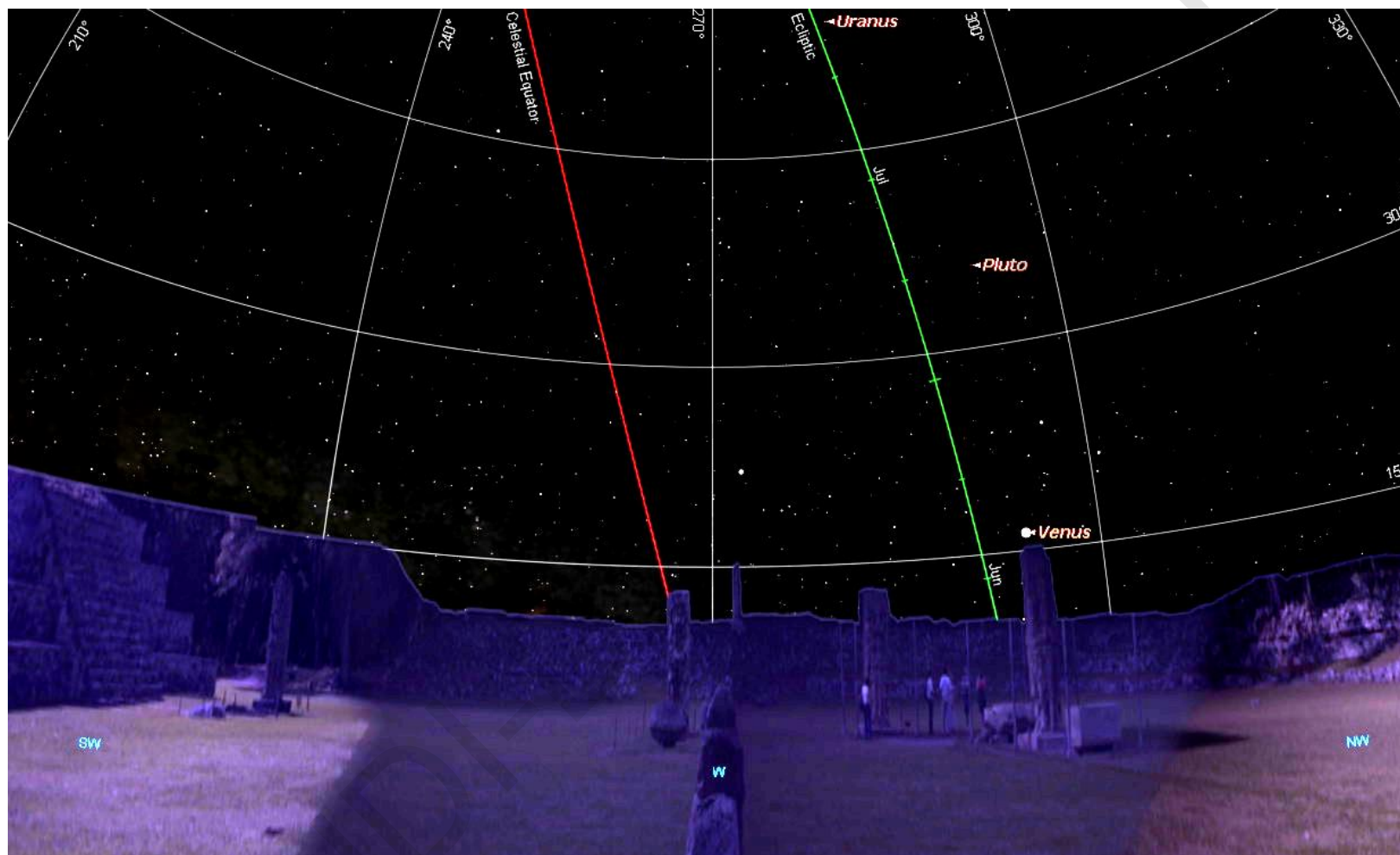


Figura 59: Venus al momento de ponerse sobre la Estela C. Esta observación corresponde a la fecha del 02 de Mayo del 701 a las 20:07, momento que corresponde a un máximo extremo al Norte. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=294° y Altura=16°.

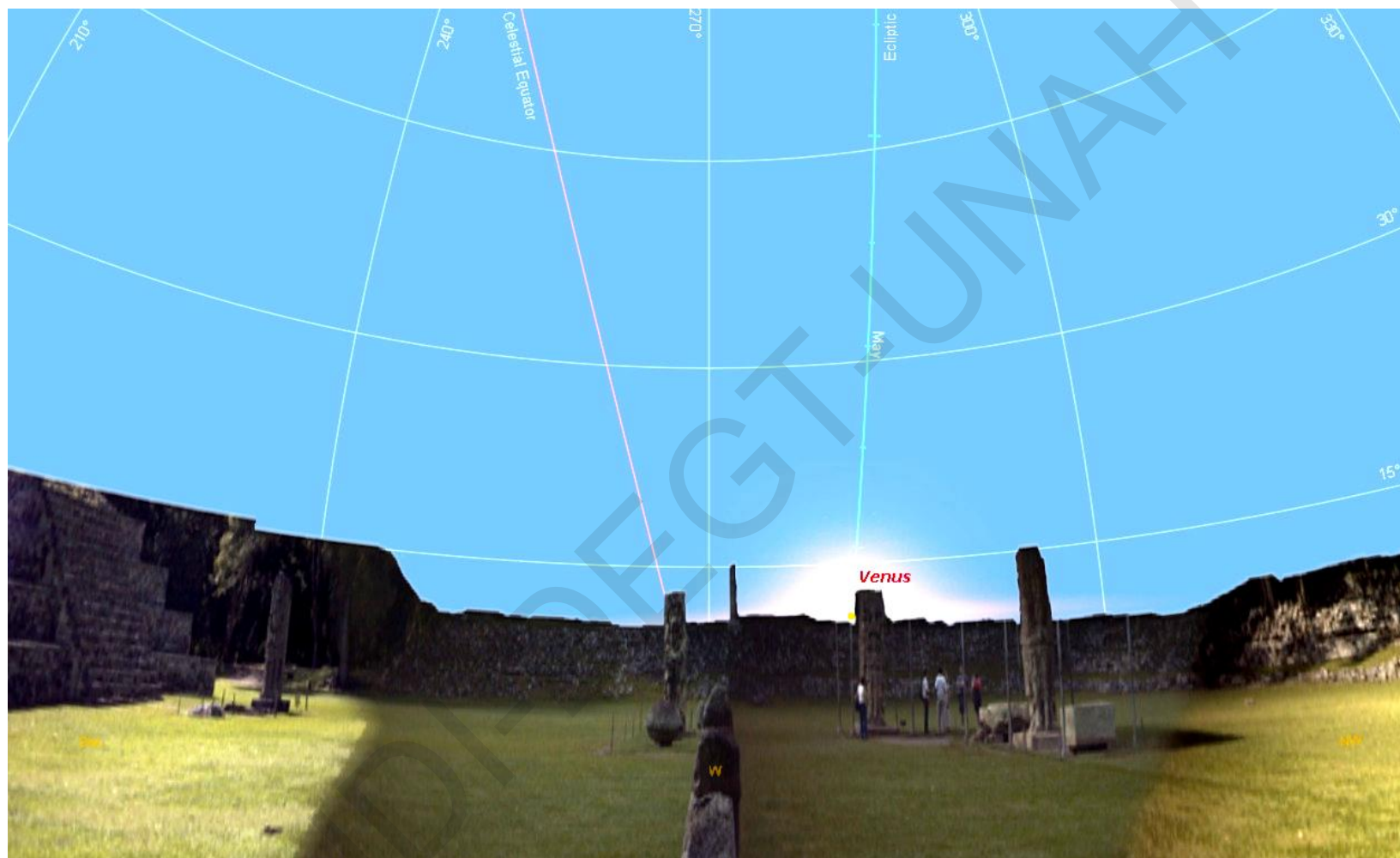


Figura 60: Venus al momento de ponerse sobre de la Estela B. Esta observación corresponde a la fecha del 22 de Abril del 702 a las 17:20, momento de la última aparición en la Ventana del Templo 22. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=280° y Altura=14°.



Figura 61: Venus al momento de ponerse en un punto medio entre Estela A y la Estela E. Esta observación corresponde a la fecha del 12 de Mayo del 703 a las 14:24, momento de la aparición más temprana en la Ventana del Templo 22. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=269° y Altura=31°.





Figura 62: Venus al momento de ponerse sobre la Estela C. Esta observación corresponde a la fecha del 11 de Mayo del 704 a las 20:07, momento de un máximo extremo al Norte. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=293° y Altura=15°.



Figura 63: Venus al momento de ponerse ligeramente al costado de la Estela B. Esta observación corresponde a la fecha del 06 de Mayo del 705 a las 16:31, momento de la última aparición en la Ventana del Templo 22. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=280° y Altura=11°.



Figura 64: Venus al momento de ponerse en un punto medio entre la Estela A y la Estela E. Esta observación corresponde a la fecha del 30 de Abril del 708 a las 15:11, momento aparición más temprana en la Ventana del Templo 22. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=270° y Altura=11°.





Figura 65: Venus al momento de ponerse sobre la Estela C. Esta observación corresponde a la fecha del 30 de Abril del 700 a las 20:07, momento de un máximo extremo al Norte. Las coordenadas de la posición de Venus son Acimut=291° y Altura=14°.





## V.5.DOCUMENTACIÓN ICONOGRÁFICA

Con el fin de hacer una comparación de los monumentos en estudio en base a sus glifos y el sentido de éstos; se procedió a documentarlos fotográficamente. Se utilizó la cámara digital con este fin y se tomaron imágenes a la distancia para centrar el detalle a documentar, en el campo de la cámara. Se desea resaltar a lo largo de este apartado, toda aquella iconografía que tiene algún tipo de relación con Venus, tal como se planteó en la Tabla 3.

La documentación fotográfica inició en el Templo 22. Este monumento, que está relacionado directamente con el planeta Venus, resultó fundamental para analizar posteriormente las estructuras de estudio ubicadas en la Gran Plaza; siendo éste nuestro punto de partida para determinar su sentido tanto iconográfico como su posible utilización astronómica. La Tabla 24 especifica y detalla las imágenes obtenidas:

| TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ICONOGRAFÍA DEL TEMPLO 22                                    |  |                |             |   |   |                |             |
|---|--|----------------|-------------|---|---|----------------|-------------|
|        |  |                |             |   |   |                |             |
| <b>No.:</b>   | 1  | <b>Código:</b> | PICT0041-II | <b>No.:</b>   | 2 | <b>Código:</b> | PICT0042-II |
| <b>Descripción:</b>   |  |                |             | <b>Descripción:</b>   |   |                |             |
| Lateral del mascarón del monstruo Chac ubicada en la esquina exterior S-E. Secuencia 1/3. |  |                |             | Frontal del mascarón del monstruo Chac ubicada en la esquina exterior S-E. Secuencia 2/3. |   |                |             |

**TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ICONOGRAFÍA DEL TEMPLO 22**

|   |   |   |             |   |   |                |             |
|---|---|---|-------------|---|---|----------------|-------------|
|          |   |   |             |   |   |                |             |
| <b>No.:</b>   | 3 | <b>Código:</b>  | PICT0043-II | <b>No.:</b>   | 4 | <b>Código:</b> | PICT0058-II |
| <b>Descripción:</b>   |   |   |             | <b>Descripción:</b>   |   |                |             |
| Lateral del mascarón del monstruo Chac ubicada en la esquina exterior S-E. Secuencia 3/3. |   |   |             | Lateral del mascarón del monstruo Chac ubicada en la esquina exterior S-W. Secuencia 2/3. |   |                |             |
|         |   |  |             |   |   |                |             |
| <b>No.:</b>   | 5 | <b>Código:</b>  | PICT0062-II | <b>No.:</b>   | 6 | <b>Código:</b> | PICT0057-II |
| <b>Descripción:</b>   |   |   |             | <b>Descripción:</b>   |   |                |             |
| Frontal del mascarón del monstruo Chac ubicada en la esquina exterior S-W. Secuencia 2/3. |   |   |             | Lateral del mascarón del monstruo Chac ubicada en la esquina exterior S-W. Secuencia 3/3. |   |                |             |

**TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ICONOGRAFÍA DEL TEMPLO 22**



**No.:** 7      **Código:** PICT0066-II

**Descripción:**

Uno de los colmillos de la entrada del Templo 22.



**No.:** 8      **Código:** PICT0067-II

**Descripción:**

Cabeza del monstruo que acompaña a los colmillos de la entrada.



**No.:** 9      **Código:** PICT0021-II

**Descripción:**

Fachada Interior, barra del inframundo 1/7, rumbo W-E.









**No.:** 10      **Código:** PICT0022-II

**Descripción:**






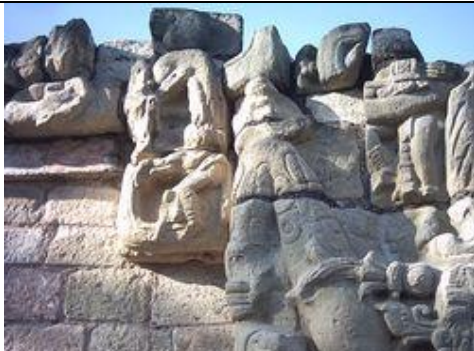
Fachada Interior, barra del inframundo 2/7, rumbo W-E.



**TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ICONOGRAFÍA DEL TEMPLO 22**

|   |                            |  |                            |
|---|----------------------------|--|----------------------------|
|    |                            |    |                            |
| <b>No.:</b> 11  | <b>Código:</b> PICT0023-II | <b>No.:</b> 12   | <b>Código:</b> PICT0024-II |
| <b>Descripción:</b>   |                            | <b>Descripción:</b>  |                            |
| Fachada Interior, barra del inframundo 3/7, rumbo W-E.                              |                            | Fachada Interior, barra del inframundo 4/7, rumbo W-E.                               |                            |
|   |                            |   |                            |
| <b>No.:</b> 11  | <b>Código:</b> PICT0025-II | <b>No.:</b> 12   | <b>Código:</b> PICT0026-II |
| <b>Descripción:</b>   |                            | <b>Descripción:</b>  |                            |
| Fachada Interior, barra del inframundo 5/7, rumbo W-E.                              |                            | Fachada Interior, barra del inframundo 6/7, rumbo W-E.                               |                            |
|  |                            |  |                            |
| <b>No.:</b> 13  | <b>Código:</b> PICT0027-II | <b>No.:</b> 14   | <b>Código:</b> PICT0030-II |
| <b>Descripción:</b>   |                            | <b>Descripción:</b>  |                            |
| Fachada Interior, barra del inframundo 7/7, rumbo W-E.                              |                            | Fachada interior, barra de la Tierra sección del Bacab al E, (1/3).                  |                            |

**TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ICONOGRAFÍA DEL TEMPLO 22**

|  |                            |   |                            |
|--|----------------------------|---|----------------------------|
|         |                            |                 |                            |
| <b>No.:</b> 15   | <b>Código:</b> PICT0028-II | <b>No.:</b> 16  | <b>Código:</b> PICT0029-II |
| <b>Descripción:</b>  |                            | <b>Descripción:</b>   |                            |
| Fachada interior, Barra de la Tierra sección del Bacab al E, parte media, secuencia 2/3. |                            | Fachada interior, Barra de la Tierra sección del Bacab al E, parte inferior, secuencia 3/3.       |                            |
|        |                            |                |                            |
| <b>No.:</b> 17   | <b>Código:</b> PICT0036-II | <b>No.:</b> 18  | <b>Código:</b> PICT0034-II |
| <b>Descripción:</b>  |                            | <b>Descripción:</b>   |                            |
| Fachada interior, Barra del Cielo, rumbo W-E, secuencia 1/4 .                            |                            | Fachada interior, Barra del Cielo, rumbo W-E, secuencia 2/4.                                      |                            |
|       |                            |               |                            |
| <b>No.:</b> 19   | <b>Código:</b> PICT0033-II | <b>No.:</b> 20  | <b>Código:</b> PICT0031-II |
| <b>Descripción:</b>  |                            | <b>Descripción:</b>   |                            |
| Fachada interior, Barra del cielo, rumbo W-E, secuencia 3/4.                             |                            | Fachada interior, Barra de la Tierra en la sección del Bacab al W, parte superior, secuencia 1/3. |                            |



| TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ICONOGRAFÍA DEL TEMPLO 22                                   |  |   |                            |  |  |  |
|--|--|---|----------------------------|--|--|--|
|         |  |   |                            |  |  |  |
| <b>No.:</b> 21   | <b>Código:</b> PICT0033-II   | <b>No.:</b> 22  | <b>Código:</b> PICT0031-II |  |  |  |
| <b>Descripción:</b>  |  | <b>Descripción:</b>   |                            |  |  |  |
| Fachada interior, Barra de la Tierra sección del Bacab al W, parte media, secuencia 2/3. |  | Fachada interior, Barra de la Tierra sección del Bacab al W, parte inferior, secuencia 3/3. |                            |  |  |  |

Tabla 24: Iconografía del Templo 22.

En la Gran Plaza, se caracterizaron a nivel fotográfico (Ver Tabla 26), la iconografía del conjunto de altares G y se eligió la Estela B, por haber observado durante la elaboración de esta investigación alineamientos Solares; los datos obtenidos se detallan en la Tabla 25:

| TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ESTELA B   |  |                        |                           |  |  |  |
|---|--|------------------------|---------------------------|--|--|--|
|  |  |                        |                           |  |  |  |
| <b>No.:</b> 23  | <b>Código:</b> PICT0113-I  | <b>No.:</b> 24         | <b>Código:</b> PICT0114-I |  |  |  |
| <b>Descripción:</b>   |  | <b>Descripción:</b>    |                           |  |  |  |
| Cara E de la Estela B.  |  | Cara N de la Estela B. |                           |  |  |  |

| TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ESTELA B   |    |                |            |  |    |                |            |
|---|----|----------------|------------|--|----|----------------|------------|
|  |    |                |            |  |    |                |            |
| <b>No.:</b>   | 25 | <b>Código:</b> | PICT0115-I | <b>No.:</b>  | 26 | <b>Código:</b> | PICT0116-I |
| <b>Descripción:</b>   |    |                |            | <b>Descripción:</b>  |    |                |            |
| Cara W de la Estela B.  |    |                |            | Cara S de la Estela B.   |    |                |            |

Tabla 25: Iconografía de la Estela B.

| TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ALTAR G3   |    |                |            |  |    |                |            |
|---|----|----------------|------------|--|----|----------------|------------|
|  |    |                |            |  |    |                |            |
| <b>No.:</b>   | 27 | <b>Código:</b> | PICT0004-I | <b>No.:</b>  | 28 | <b>Código:</b> | PICT0005-I |
| <b>Descripción:</b>   |    |                |            | <b>Descripción:</b>  |    |                |            |
| Cara W del Altar G3.  |    |                |            | Cara S del Altar G3.   |    |                |            |



**TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ALTAR G3**



|                      |                           |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>No.:</b> 29       | <b>Código:</b> PICT0006-I | <b>No.:</b> 30       | <b>Código:</b> PICT0007-I |
| <b>Descripción:</b>  |                           | <b>Descripción:</b>  |                           |
| Cara E del Altar G3. |                           | Cara N del Altar G3. |                           |

**TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ALTAR G2**



|                      |                           |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>No.:</b> 31       | <b>Código:</b> PICT0016-I | <b>No.:</b> 32       | <b>Código:</b> PICT0017-I |
| <b>Descripción:</b>  |                           | <b>Descripción:</b>  |                           |
| Cara W del Altar G2. |                           | Cara S del Altar G2. |                           |



|                      |                           |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>No.:</b> 33       | <b>Código:</b> PICT0014-I | <b>No.:</b> 34       | <b>Código:</b> PICT0015-I |
| <b>Descripción:</b>  |                           | <b>Descripción:</b>  |                           |
| Cara E del Altar G2. |                           | Cara N del Altar G2. |                           |





| TOMA DE DATOS ARQUEOLÒGICOS: ALTAR G1  |    |         |            |   |    |         |            |
|--|----|---------|------------|---|----|---------|------------|
|   |    |         |            |   |    |         |            |
| No.:   | 35 | Código: | PICT0009-I | No.:  | 36 | Código: | PICT0011-I |
| Descripción:   |    |         |            | Descripción:  |    |         |            |
| Cara W del Altar G1.   |    |         |            | Cara S del Altar G1.  |    |         |            |
|  |    |         |            |  |    |         |            |
| No.:   | 37 | Código: | PICT0011-I | No.:  | 38 | Código: | PICT0012-I |
| Descripción:   |    |         |            | Descripción:  |    |         |            |
| Cara E del Altar G1.   |    |         |            | Cara N del Altar G1.  |    |         |            |

Tabla 26: Iconografía de los Altares G1, G2, G3.

### V.5.1. Comparación Iconográfica Física entre el Templo 22, la Estela B y Altares G

En esta etapa, el análisis se realizó con el fin de determinar si estaban presentes en cualquiera de sus variantes y formas, los glifos relacionados con las deidades Chac/witz; si estaba presente el glifo representativo del planeta Venus, el glifo de la lluvia cauc y alguna personificación de la deidad del maíz relacionada con las cosechas. A lo largo de este apartado se pretende comparar y determinar los detalles comunes señalados en cada una de las figuras. Este análisis permitió conocer lo esquematizado en la Figura 66:



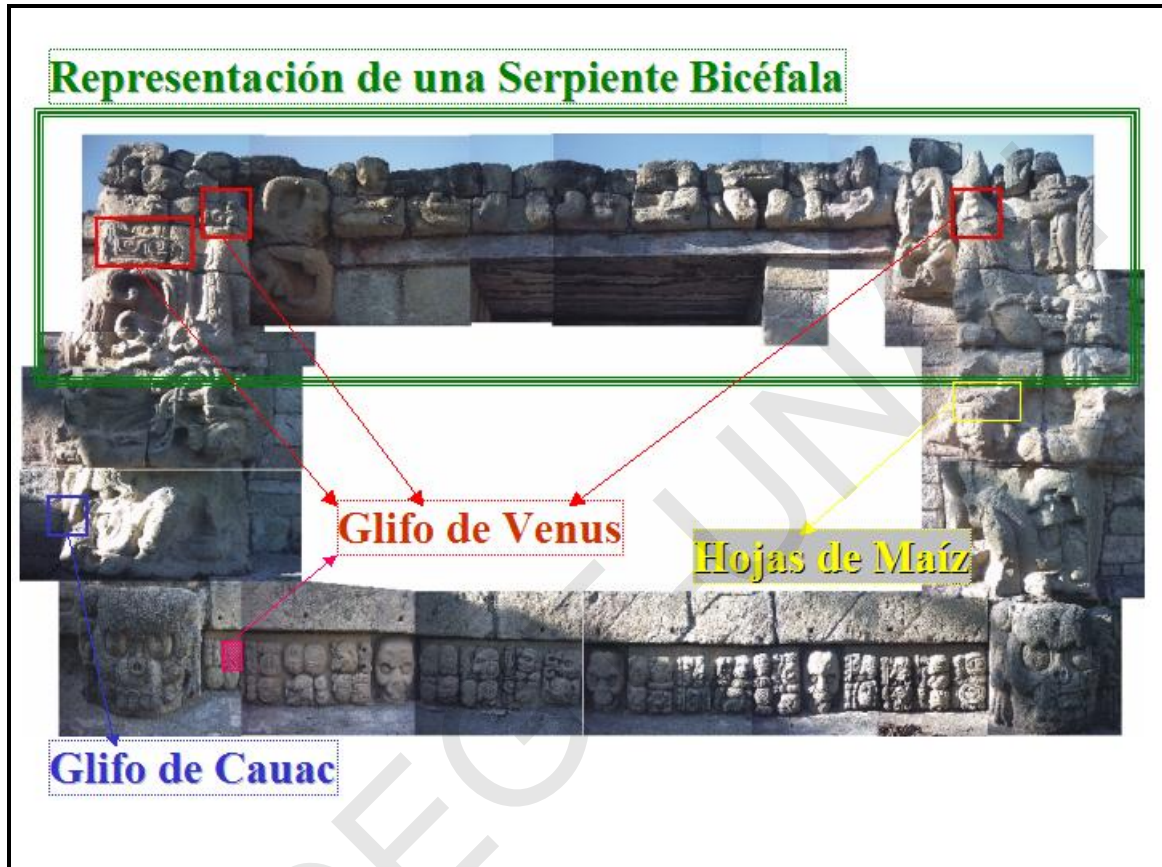


Figura 66: Mosaico de la Fachada al interior del Templo 22, realizada con la ayuda de la herramienta SW3. En el se muestran los glifos encontrados y sus asociaciones.

En la Figura 67, se describen los mascarones de Chac que se encuentran en cada una de las esquinas exteriores del Templo 22.

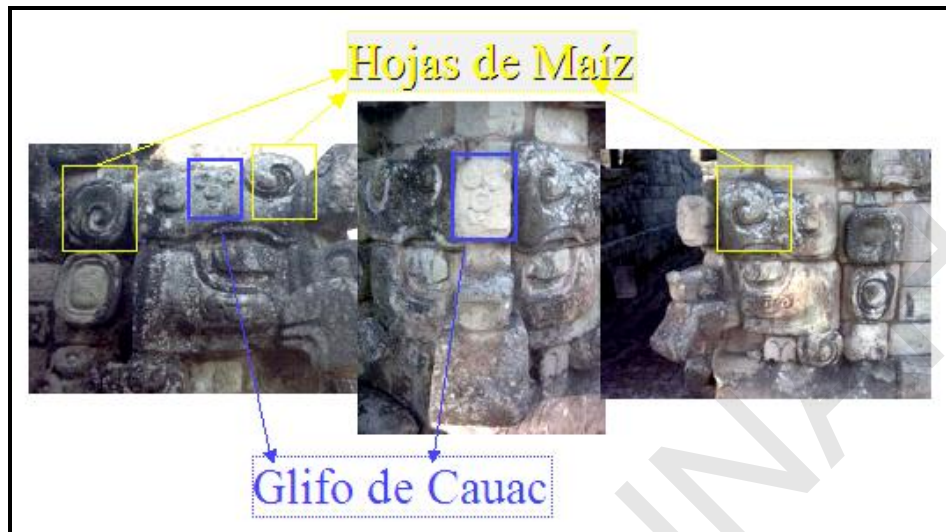


Figura 67: Mascarones de la deidad Chac, ubicadas en las cuatro esquinas al exterior del Templo 22.

Por otra parte, la Figura 68, indica en donde se encuentran los glifos de Venus en la cara norte del Altar G1 y mientras tanto la Figura 69 lo hace para la cara sur del mismo monumento. La Figura 70, indica donde se encuentran los grifos de Venus en el Altar G3 en las caras este y oeste; y la Figura 71 lo hace para el Altar G2 en su cara Oeste.

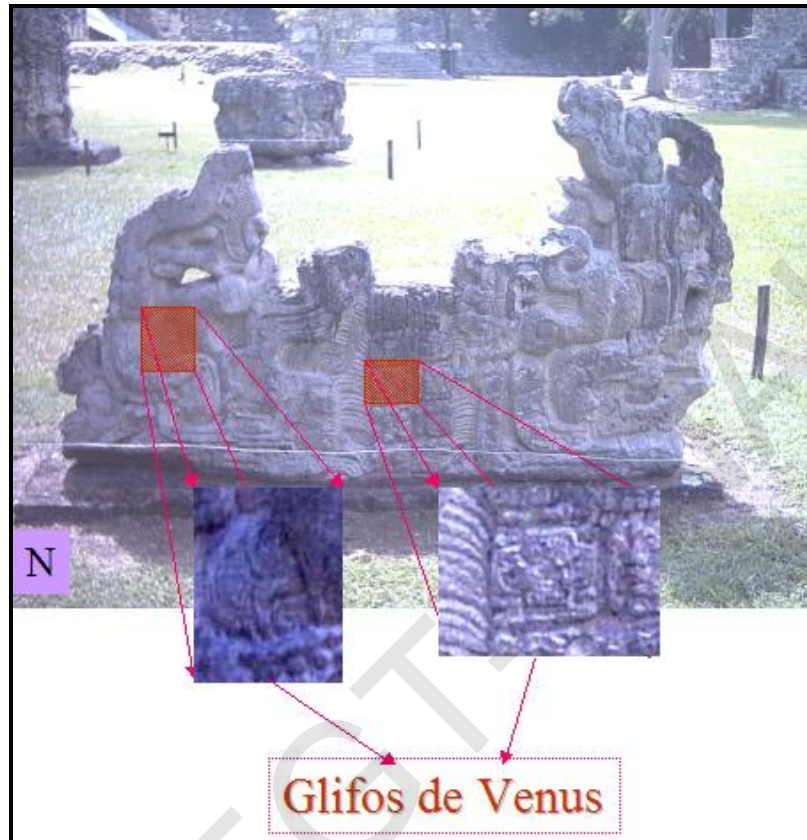


Figura 68: Cara Norte del Altar G1.



Figura 69: Cara Sur del altar G1.





Figura 70: Caras Oeste (arriba) y Este (abajo), del altar G3.



Figura 71: Cara Oeste del altar G2.

En la iconografía observada en la Estela B (Ver Figura 72), es posible observar que en las caras este y sur del monumento, existen muy bien marcados y en abundancia los glifos de cauac.



Figura 72: Caras Este y Sur de la Estela B.

Siempre en relación con la Estela B, llama mucho la atención al observar la cara oeste; el lujo de detalle con los que se tallaron los glifos de cauac y su gran tamaño; además de estar acompañados con una deidad del maíz y de la relación de todo esto con la presencia del el glifo de Witz, como se muestra en la Figura 73:





Figura 73: Cara Oeste de la Estela B.

UDI-DEGT-UNAH

## VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Utilizando los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se ha clasificado su discusión en dos secciones a nivel astronómico y a nivel Iconográfico, tal como se muestra a continuación.

### VI.1. EVENTOS OBSERVABLES DE VENUS Y LAS COINCIDENCIAS ENTRE LAS ORIENTACIONES DEL TEMPLO 22 Y ALTARES G – ESTELAS

Conforme a las mediciones obtenidas de la orientación de la Ventana de Venus en el Templo 22, calculada con  $278.5^\circ$  de acimut, se encontró que esta medida no coincide exactamente con las existentes entre los altares G y las estelas de la Gran Plaza. Tomando en cuenta, que las observaciones modeladas fueron en base a las conclusiones del uso de la ventana dadas por parte de Closs, Aveni y Crowley (1984)<sup>3</sup>, fue necesario hacer simulaciones sucesivas de las fechas de uso propuestas; concluyendo que Venus es observable en su primera aparición por la ventana hasta en una separación angular máxima de  $11.5^\circ$  (Acimut= $268^\circ$ ) hacia al Sur del eje de orientación de la ventana y en su última aparición por la ventana hasta un máximo de  $2.5^\circ$  (Acimut= $281^\circ$ ) hacia al Norte del eje central de la ventana. Hay que hacer notar, que según el modelo en la fecha que corresponde a un máximo extremo de Venus, este planeta se pone justamente sobre la esquina sur de la parte superior de la Estela C, pero a veces con la variación de ponerse bordeando el perfil Sur de la misma estela. Para estimar este pequeño margen de error, que no permite la coincidencia perfecta entre las observaciones modeladas y los fenómenos de Venus, es necesario considerar que el modelo pueda contener un pequeño margen de ajuste que estimaremos con la Ecuación 11:

$$\begin{aligned} \text{Ajuste} &= \text{Orientación\_Ventana\_Venus} - \text{Eje\_Medido\_Altares\_G} \\ \text{Ajuste} &= 8.5^\circ - 7.1794^\circ \\ \text{Ajuste} &= 1.3206^\circ \end{aligned}$$

Ecuación 11: Medida angular de ajuste al Modelo

<sup>3</sup> Las medición obtenida de la Ventana de Venus es mayor que la propuesta por Closs, Aveni y Crowley por  $0.25^\circ$ , esta diferencia no es perceptible a simple vista.

En la Tabla 27, se muestra que sumando la medida angular de ajuste al modelo es evidente la ocurrencia de los alineamientos con Venus en los momentos considerados en este estudio, entre los Altares G y las estelas; tal como alguna vez se observó en el Templo 22:

| MOMENTO                                   | MEDIDA DE ACIMUT PREVIA | MEDIDA DE ACIMUT AUMENTANDO EL ANGULO DE AJUSTE | COINCIDENCIA EN LAS ORIENTACIONES  |
|---|-------------------------|---|--|
| PRIMERA APARICIÓN POR LA VENTANA DE VENUS | 268°                    | 269.32°   | <b>Estela 4</b><br>(En otros ciclos se acerca más a la Estela E, pero el evento ocurre dos días después al propuesto por Closs, Aveni y Crowley) |
| ÚLTIMA APARICIÓN POR LA VENTANA DE VENUS  | 281°                    | 282.32°   | <b>Estela B</b>  |
| MÁXIMO EXTREMO AL NORTE DEL PLANETA       | 293°                    | 294.32°   | <b>Estela C</b>  |

Tabla 27: Resultados de las orientaciones encontradas entre el planeta Venus con los monumentos estudiados.

No existe una fecha específica de ocurrencia de estos fenómenos, pero suceden entre el final del mes de abril y el mes de mayo cuando Venus es observable por la tarde.

## VI.2.A NIVEL ICONOGRÁFICO

Es evidente, tal como se menciona a continuación que los monumentos de estudio tienen jeroglíficos comunes. A tal punto, que hay un sentido redundante en ellos, que es la representación de las deidades en forma de serpientes y de serpientes bicéfalas, la personificación de deidades relacionadas al maíz, el glifo del planeta Venus y más evidente aún el glifo caucac representativo de la lluvia. En la Tabla 28, se muestran los resultados de este análisis:

| MONUMENTO | GLIFO          |       |                                 |      |
|-----------|----------------|-------|---------------------------------|------|
|           | CAUAC (LLUVIA) | VENUS | WITZ/CHAC, SERPIENTES BICEFALAS | MAIZ |
| Templo 22 | SI             | SI    | SI                              | SI   |
| Estela B  | SI             | NO    | SI                              | SI   |
| Altar G3  | NO             | SI    | SI                              | NO   |
| Altar G2  | NO             | SI    | SI                              | NO   |
| Altar G1  | NO             | SI    | SI                              | NO   |

Tabla 28: Similitudes iconográficas entre los monumentos estudiados.

Es común para todos los monumentos de estudio tener representada alguna variante de una serpiente, en el caso de los Altares G por sí solos son la representación de una serpiente bicéfala, en el caso de la Estela B, el gobernante se encuentra en las fauces de un ser bicéfalo (al Este) y lo mismo está representado al Oeste con los glifos de cauac, además en ella se menciona la existencia de “cuatro serpientes de la montaña, witz”, en los glifos. El Templo 22, posee la representación en cada una de las esquinas del exterior, y en la fachada en la parte superior representando al monstruo cósmico bicéfalo.

El glifo de Venus coincide en todos los monumentos (excepto en la Estela B), ya sea tallado como el glifo propiamente dicho o como parte de otro en las dedicaciones. La deidad asociada al maíz y la representación del cauac es común sólo para el Templo 22 y la Estela B.

## VII. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos, los Altares G por medio de sus fechas dedicatorias marcaban la presencia de Venus, pero en sí no era ningún evento astronómico cíclico del planeta. Ha sido evidente, que los altares G complementaron su uso con las estelas que se encuentran en la Gran Plaza; de manera que fue empleado el Punto G (ubicado en medio de los altares) con la finalidad de marcar en su sitio de emplazamiento los eventos representados en el Templo 22 a través de la Ventana de Venus.

Los altares G se emplearon con fines astronómicos pero en base a las similitudes iconográficas, éso sólo fue una parte de su sentido. Dadas las dificultades con que vivía el pueblo de Copán para la época de Gobierno de Yax Pac, seguramente se emplearon estos monumentos para hacer culto a la deidad de las lluvias (Chac, representada según la mitología maya por la estrella de la tarde, que es el planeta Venus), como es evidente por la presencia de los glifos comunes de esta deidad entre los monumentos de estudio. Al hacer esto, Yax Pac esperaba obtener una mejoría en las cosechas a través de épocas lluviosas con más precipitaciones, lo cual desafortunadamente nunca se dió y terminó con el linaje Yax K'uk Mo. Tal como se mencionó al final del marco teórico, la falta de precipitaciones ocasionó el colapso de la ciudad de Copán, que finalmente fue abandonada.

Como es observable desde el Punto G, con la ayuda de las estelas se marcó la primera aparición de Venus por la Ventana del Templo 22 usando la Estela 4 y Estela E, la última aparición con la Estela B y finalmente el fenómeno no observable en el Templo 22, el máximo extremo al norte de Venus con la Estela C.

El sentido iconográfico de estos eventos se enmarca en la utilización de glifos comunes entre los monumentos, lo cual es evidente por la presencia de serpientes (y serpientes bicéfalas), glifos de cauac, glifos relacionados al maíz y aún más la presencia de los glifos representativos de Venus. Es claro que la Gran Plaza de Copán, fue objeto de respeto inconmensurable por parte de sus habitantes, y que contrastando con las fechas obtenidas de la ocurrencia de los eventos observables de Venus (que van desde finales de abril a principios de mayo); ellos guardaron y marcaron en ese sitio, uno de sus conocimientos más valioso: el inicio del período lluvioso, que

daba origen al nuevo maíz y que determinaba con gran armonía la unión de las creencias que ellos tenían de la vida, siendo éste el evento más importante del pueblo y sus gobernantes.

Estas creencias se amparan en el hecho que Chak-Ek (Venus) despierta al Chac que habita en el Norte, y que por su ritual de sacrificio derrama su sangre sobre el mundo humano en forma de lluvia (cauac), propiciando la germinación y nacimiento de nuevos cultivos todos los años. (Aveni, et.al., 1993: 90-92)

Conforme con toda la evidencia bibliográfica que sustenta este estudio, queda clara mi postura que las investigaciones arqueoastronómicas, deben estar conformadas no sólo por el componente astronómico sino que, con el mismo peso y pertinencia, por las componentes iconográficas, sociales, culturales y políticas vividas por los habitantes de la ciudad en la época de los monumentos.



## ANEXOS

### ANEXO 1.1: Comparación de las Características Planetarias entre Venus y la Tierra

| CARACTERÍSTICAS  | VALORES     |             |
|--|-------------|-------------|
|  | Venus       | Tierra      |
| Masa (kg)  | 4.869e+24   | 5.97+24     |
| Masa (Tierra = 1)  | 0.81476     | 1.0000e+00  |
| Radio ecuatorial (km)  | 6,051.8     | 6,378.14    |
| Radio ecuatorial (Tierra = 1)  | 0.9488      | 1.0000e+00  |
| Densidad media (gm/cm <sup>3</sup> )   | 5.25        | 5.515       |
| Distancia media desde el Sol (km)  | 108,200,000 | 149,600,000 |
| Distancia media desde el Sol (Tierra = 1)  | 0.7233      | 1.0000      |
| Período rotacional (días)  | -243.0187   | 0.99727     |
| Período orbital (días)   | 224.701     | 23.9345     |
| Velocidad orbital media (km/seg)   | 35.02       | 29.79       |
| Excentricidad orbital  | 0.0068      | 0.0167      |
| Inclinación del eje (grados)   | 177.36      | 23.450      |
| Inclinación orbital (grados)   | 3.394       | 0.0000      |
| Gravedad superficial en el ecuador (m/seg <sup>2</sup> )   | 8.87        | 9.78        |
| Velocidad de escape en el ecuador (km/seg)   | 10.36       | 11.18       |
| Albedo geométrico visual   | 0.65        | 0.37        |
| Temperatura superficial media  | 482°C       | 150°C       |
| Presión Atmosférica (bares)  | 92          | 1.013       |
| Composición atmosférica  |             |             |
| Dióxido de carbono   | 96%         |             |
| Nitrógeno  | 3+%         | 77%         |
| Trazas de: dióxido de azufre, vapor de agua, monóxido de carbono, argón, helio, neón, cloruro de hidrógeno, y fluoruro de hidrógeno. |             |             |
| Oxígeno  |             | 21%         |
| Otros  |             | 2%          |

**Fuente:** Hamilton, Calvin J., Solar Views. **En Línea:** disponible en <http://www.Solarviews.com>.

Consultado el 14 de Abril de 2006

**ANEXO 1.2:** Definición de Planeta

A través de la historia los conceptos han evolucionado al haber nuevos descubrimientos. Actualmente, la concepción de planeta ha cambiado conforme a lo discutido y ratificado en la XXVI Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional, que explícitamente menciona tres categorías de objetos (2006):

1. Un “Planeta”, es un cuerpo celeste que:
  - a. Está en órbita alrededor del Sol
  - b. Posee suficiente masa para que su propia gravedad sobrepase las fuerzas de cuerpo rígido de manera que asuma la forma de equilibrio hidrostático
  - c. Ha limpiado el vecindario alrededor de su órbita
2. Un “Planeta Enano” es un cuerpo celeste que:
  - a. Está en una órbita alrededor del Sol
  - b. Posee suficiente masa para que su propia gravedad sobrepase las fuerzas de cuerpo rígido de manera que asuma la forma de equilibrio hidrostático
  - c. No ha limpiado el vecindario alrededor de su órbita
  - d. No es un satélite
3. Todos los otros objetos (excepto los satélites) orbitando alrededor del Sol serán referidos colectivamente como “Pequeños Cuerpos del Sistema Solar”.



## Efemérides de Venus – 20 Marzo 2007

Lugar: Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Lat. 14° 50' 24" N Lon. 89° 08' 30" W Altura: 835 msnm

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 07:55:00          | +00° 22' 10"        | 076° 43' 38"        |
| 08:00:00          | +01° 24' 03"        | 077° 02' 37"        |
| 08:05:00          | +02° 29' 19"        | 077° 21' 16"        |
| 08:10:00          | +03° 36' 38"        | 077° 39' 36"        |
| 08:15:00          | +04° 45' 10"        | 077° 57' 39"        |
| 08:20:00          | +05° 54' 26"        | 078° 15' 24"        |
| 08:25:00          | +07° 04' 13"        | 078° 32' 53"        |
| 08:30:00          | +08° 14' 22"        | 078° 50' 07"        |
| 08:35:00          | +09° 24' 46"        | 079° 07' 05"        |
| 08:40:00          | +10° 35' 23"        | 079° 23' 50"        |
| 08:45:00          | +11° 46' 11"        | 079° 40' 22"        |
| 08:50:00          | +12° 57' 07"        | 079° 56' 40"        |
| 08:55:00          | +14° 08' 10"        | 080° 12' 47"        |
| 09:00:00          | +15° 19' 19"        | 080° 28' 42"        |
| 09:05:00          | +16° 30' 35"        | 080° 44' 27"        |
| 09:10:00          | +17° 41' 55"        | 081° 00' 02"        |
| 09:15:00          | +18° 53' 20"        | 081° 15' 27"        |
| 09:20:00          | +20° 04' 49"        | 081° 30' 43"        |
| 09:25:00          | +21° 16' 22"        | 081° 45' 51"        |
| 09:30:00          | +22° 27' 59"        | 082° 00' 51"        |
| 10:00:00          | +29° 38' 45"        | 083° 28' 44"        |
| 10:30:00          | +36° 50' 59"        | 084° 54' 34"        |
| 11:00:00          | +44° 04' 18"        | 086° 20' 54"        |
| 11:30:00          | +51° 18' 23"        | 087° 51' 14"        |
| 12:00:00          | +58° 32' 57"        | 089° 31' 24"        |
| 12:30:00          | +65° 47' 38"        | 091° 33' 18"        |

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 13:00:00          | +73° 01' 46"        | 094° 27' 51"        |
| 13:30:00          | +80° 13' 13"        | 100° 15' 16"        |
| 14:00:00          | +86° 59' 13"        | 129° 40' 20"        |
| 14:30:00          | +84° 40' 25"        | 249° 26' 07"        |
| 15:00:00          | +77° 36' 39"        | 262° 39' 35"        |
| 15:30:00          | +70° 23' 47"        | 266° 54' 56"        |
| 16:00:00          | +63° 09' 27"        | 269° 24' 18"        |
| 16:30:00          | +55° 54' 55"        | 271° 16' 25"        |
| 17:00:00          | +48° 40' 41"        | 272° 52' 20"        |
| 17:30:00          | +41° 27' 06"        | 274° 21' 02"        |
| 18:00:00          | +34° 14' 26"        | 275° 47' 15"        |
| 18:30:00          | +27° 03' 01"        | 277° 14' 03"        |
| 19:00:00          | +19° 53' 20"        | 278° 43' 49"        |
| 19:30:00          | +12° 46' 12"        | 280° 18' 45"        |
| 20:00:00          | +05° 44' 20"        | 282° 01' 06"        |
| 20:05:00          | +04° 35' 15"        | 282° 19' 03"        |
| 20:10:00          | +03° 26' 59"        | 282° 37' 18"        |
| 20:15:00          | +02° 20' 00"        | 282° 55' 51"        |
| 20:20:00          | +01° 15' 13"        | 283° 14' 44"        |
| 20:25:00          | +00° 14' 00"        | 283° 33' 56"        |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |

**Explicación:** Esta tabla presenta la altura y el acimut en función de la hora local a partir de la salida hasta la puesta del Sol. El detalle de cada una de las columnas se explica a continuación de acuerdo al número de columna:

- <sup>1</sup>: Esta columna presenta la *Hora Local*. Mostrada en Horas:Minutos:Segundos
- <sup>2</sup>: Es la columna *Altura*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''
- <sup>3</sup>: Es la columna *Acimut*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''

**Fuente:**

- *United States Naval Observatory, Astronomical Applications Department.*
- *SkyMap Pro v10.0.5*



## Efemérides de la Luna – 20 Marzo 2007

Lugar: Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Lat. 14° 50' 24" N Lon. 89° 08' 30" W Altura: 835 msnm

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 07:10:00          | +00° 56' 37"        | 079° 33' 06"        |
| 07:15:00          | +01° 59' 14"        | 079° 49' 47"        |
| 07:20:00          | +03° 04' 21"        | 080° 06' 14"        |
| 07:25:00          | +04° 10' 56"        | 080° 22' 28"        |
| 07:30:00          | +05° 18' 26"        | 080° 38' 29"        |
| 07:35:00          | +06° 26' 31"        | 080° 54' 17"        |
| 07:40:00          | +07° 35' 00"        | 081° 09' 55"        |
| 07:45:00          | +08° 43' 48"        | 081° 25' 21"        |
| 07:50:00          | +09° 52' 49"        | 081° 40' 38"        |
| 08:00:00          | +12° 11' 24"        | 082° 10' 43"        |
| 08:30:00          | +19° 09' 53"        | 083° 37' 52"        |
| 09:00:00          | +26° 11' 05"        | 085° 01' 59"        |
| 09:30:00          | +33° 14' 13"        | 086° 25' 07"        |
| 10:00:00          | +40° 18' 50"        | 087° 49' 42"        |
| 10:30:00          | +47° 24' 34"        | 089° 18' 59"        |
| 11:00:00          | +54° 31' 04"        | 090° 58' 14"        |
| 11:30:00          | +61° 37' 54"        | 092° 57' 10"        |
| 12:00:00          | +68° 44' 20"        | 095° 37' 44"        |
| 12:30:00          | +75° 48' 42"        | 100° 04' 32"        |
| 13:00:00          | +82° 43' 29"        | 111° 25' 25"        |
| 13:30:00          | +87° 21' 09"        | 189° 12' 53"        |
| 14:00:00          | +82° 02' 02"        | 252° 50' 46"        |
| 14:30:00          | +75° 06' 05"        | 262° 49' 03"        |
| 15:00:00          | +68° 02' 41"        | 267° 00' 21"        |
| 15:30:00          | +60° 58' 01"        | 269° 37' 16"        |
| 16:00:00          | +53° 53' 38"        | 271° 36' 39"        |
| 16:30:00          | +46° 50' 15"        | 273° 18' 32"        |

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 17:00:00          | +39° 48' 18"        | 274° 52' 04"        |
| 17:30:00          | +32° 48' 14"        | 276° 22' 19"        |
| 18:00:00          | +25° 50' 27"        | 277° 52' 32"        |
| 18:30:00          | +18° 55' 29"        | 279° 25' 16"        |
| 19:00:00          | +12° 04' 17"        | 281° 02' 46"        |
| 19:30:00          | +05° 19' 43"        | 282° 47' 18"        |
| 19:35:00          | +04° 13' 43"        | 283° 05' 35"        |
| 19:40:00          | +03° 08' 35"        | 283° 24' 08"        |
| 19:45:00          | +02° 04' 52"        | 283° 42' 59"        |
| 19:50:00          | +01° 03' 28"        | 284° 02' 08"        |
| 19:55:00          | +00° 05' 33"        | 284° 21' 36"        |
| 19:35:00          | +04° 13' 43"        | 283° 05' 35"        |
| 19:40:00          | +03° 08' 35"        | 283° 24' 08"        |
| 19:45:00          | +02° 04' 52"        | 283° 42' 59"        |
| 19:50:00          | +01° 03' 28"        | 284° 02' 08"        |
| 19:55:00          | +00° 05' 33"        | 284° 21' 36"        |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |
|                   |                     |                     |

**Explicación:** Esta tabla presenta la altura y el acimut en función de la hora local a partir de la salida hasta la puesta del Sol. El detalle de cada una de las columnas se explica a continuación de acuerdo al número de columna:

- <sup>1</sup>: Esta columna presenta la *Hora Local*. Mostrada en Horas:Minutos:Segundos
- <sup>2</sup>: Es la columna *Altura*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''
- <sup>3</sup>: Es la columna *Acimut*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''

**Fuente:**

- *United States Naval Observatory, Astronomical Applications Department.*
- *SkyMap Pro v10.0.5*

**ANEXO 1.4:** Efemérides para el 30 de Abril del 2007, Día del Primer Paso del Sol por el Cenit (S-N); en el Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Honduras

### **Efemérides de Sol – 30 Abril 2007**

Lugar: Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Lat. 14° 50' 24" N Lon. 89° 08' 30" W Altura: 835 msnm

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 05:37:00          | +00° 18' 56"        | 074° 41' 10"        |
| 05:39:00          | +00° 42' 54"        | 074° 48' 50"        |
| 05:41:00          | +01° 07' 31"        | 074° 56' 25"        |
| 05:43:00          | +01° 32' 45"        | 075° 03' 57"        |
| 05:45:00          | +01° 58' 29"        | 075° 11' 26"        |
| 05:47:00          | +02° 24' 38"        | 075° 18' 51"        |
| 05:49:00          | +02° 51' 06"        | 075° 26' 12"        |
| 05:51:00          | +03° 17' 50"        | 075° 33' 30"        |
| 05:53:00          | +03° 44' 47"        | 075° 40' 44"        |
| 05:55:00          | +04° 11' 55"        | 075° 47' 56"        |
| 05:57:00          | +04° 39' 12"        | 075° 55' 04"        |
| 05:59:00          | +05° 06' 36"        | 076° 02' 09"        |
| 06:01:00          | +05° 34' 06"        | 076° 09' 10"        |
| 06:03:00          | +06° 01' 42"        | 076° 16' 09"        |
| 06:30:00          | +12° 19' 14"        | 077° 45' 36"        |
| 07:00:00          | +19° 24' 00"        | 079° 16' 05"        |
| 07:30:00          | +26° 31' 37"        | 080° 38' 58"        |
| 08:00:00          | +33° 41' 12"        | 081° 55' 44"        |
| 08:30:00          | +40° 52' 15"        | 083° 07' 35"        |
| 09:00:00          | +48° 04' 26"        | 084° 15' 31"        |
| 09:30:00          | +55° 17' 30"        | 085° 20' 22"        |
| 10:00:00          | +62° 31' 16"        | 086° 22' 56"        |
| 10:30:00          | +69° 45' 32"        | 087° 24' 01"        |
| 11:00:00          | +77° 00' 10"        | 088° 24' 49"        |
| 11:30:00          | +84° 15' 00"        | 089° 29' 45"        |
| 12:00:00          | +88° 30' 03"        | 269° 27' 09"        |

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 12:30:00          | +81° 15' 10"        | 271° 04' 30"        |
| 13:00:00          | +74° 00' 26"        | 272° 06' 32"        |
| 13:30:00          | +66° 46' 01"        | 273° 07' 20"        |
| 14:00:00          | +59° 32' 02"        | 274° 09' 02"        |
| 14:30:00          | +52° 18' 40"        | 275° 12' 37"        |
| 15:00:00          | +45° 06' 05"        | 276° 18' 50"        |
| 15:30:00          | +37° 54' 32"        | 277° 28' 31"        |
| 16:00:00          | +30° 44' 17"        | 278° 42' 34"        |
| 16:30:00          | +23° 35' 43"        | 280° 02' 04"        |
| 17:00:00          | +16° 29' 26"        | 281° 28' 18"        |
| 17:30:00          | +09° 26' 48"        | 283° 02' 56"        |
| 17:46:00          | +05° 44' 23"        | 283° 57' 31"        |
| 17:48:00          | +05° 16' 53"        | 284° 04' 34"        |
| 17:50:00          | +04° 49' 28"        | 284° 11' 40"        |
| 17:52:00          | +04° 22' 10"        | 284° 18' 50"        |
| 17:54:00          | +03° 55' 01"        | 284° 26' 02"        |
| 17:56:00          | +03° 28' 01"        | 284° 33' 18"        |
| 17:58:00          | +03° 01' 14"        | 284° 40' 38"        |
| 18:00:00          | +02° 34' 41"        | 284° 48' 00"        |
| 18:02:00          | +02° 08' 26"        | 284° 55' 27"        |
| 18:04:00          | +01° 42' 34"        | 285° 02' 57"        |
| 18:06:00          | +01° 17' 10"        | 285° 10' 30"        |
| 18:08:00          | +00° 52' 20"        | 285° 18' 07"        |
| 18:10:00          | +00° 28' 08"        | 285° 25' 48"        |
| 18:12:00          | +00° 04' 36"        | 285° 33' 32"        |

**Explicación:** Esta tabla presenta la altura y el acimut en función de la hora local a partir de la salida hasta la puesta del Sol. El detalle de cada una de las columnas se explica a continuación de acuerdo al número de columna:

- <sup>1</sup>: Esta columna presenta la *Hora Local*. Mostrada en Horas:Minutos:Segundos
- <sup>2</sup>: Es la columna *Altura*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''
- <sup>3</sup>: Es la columna *Acimut*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''

**Fuentes:**

- *United States Naval Observatory, Astronomical Applications Department.*
- *SkyMap Pro v10.0.5*



## Efemérides de Venus – 30 Abril 2007

Lugar: Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Lat. 14° 50' 24" N Lon. 89° 08' 30" W Altura: 835 msnm

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 08:15:00          | +00° 10' 38"        | 063° 30' 27"        |
| 08:17:00          | +00° 32' 37"        | 063° 38' 09"        |
| 08:19:00          | +00° 55' 12"        | 063° 45' 45"        |
| 08:21:00          | +01° 18' 20"        | 063° 53' 16"        |
| 08:23:00          | +01° 41' 58"        | 064° 00' 40"        |
| 08:25:00          | +02° 06' 01"        | 064° 07' 59"        |
| 08:27:00          | +02° 30' 25"        | 064° 15' 13"        |
| 08:29:00          | +02° 55' 05"        | 064° 22' 21"        |
| 08:31:00          | +03° 20' 00"        | 064° 29' 23"        |
| 08:33:00          | +03° 45' 07"        | 064° 36' 19"        |
| 08:35:00          | +04° 10' 23"        | 064° 43' 11"        |
| 08:37:00          | +04° 35' 48"        | 064° 49' 56"        |
| 08:39:00          | +05° 01' 20"        | 064° 56' 37"        |
| 08:41:00          | +05° 26' 58"        | 065° 03' 11"        |
| 08:43:00          | +05° 52' 42"        | 065° 09' 41"        |
| 09:00:00          | +09° 34' 00"        | 066° 01' 18"        |
| 09:30:00          | +16° 10' 55"        | 067° 17' 18"        |
| 10:00:00          | +22° 52' 19"        | 068° 14' 13"        |
| 10:30:00          | +29° 36' 21"        | 068° 51' 01"        |
| 11:00:00          | +36° 21' 46"        | 069° 04' 53"        |
| 11:30:00          | +43° 07' 18"        | 068° 50' 11"        |
| 12:00:00          | +49° 51' 22"        | 067° 56' 31"        |
| 12:30:00          | +56° 31' 36"        | 066° 04' 30"        |
| 13:00:00          | +63° 03' 44"        | 062° 35' 45"        |
| 13:30:00          | +69° 18' 40"        | 056° 07' 55"        |
| 14:00:00          | +74° 53' 29"        | 043° 31' 28"        |

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 14:30:00          | +78° 44' 22"        | 018° 41' 40"        |
| 15:00:00          | +78° 52' 19"        | 343° 19' 23"        |
| 15:30:00          | +75° 11' 19"        | 317° 35' 22"        |
| 16:00:00          | +69° 40' 20"        | 304° 26' 37"        |
| 16:30:00          | +63° 26' 58"        | 297° 43' 36"        |
| 17:00:00          | +56° 55' 36"        | 294° 07' 07"        |
| 17:30:00          | +50° 15' 47"        | 292° 10' 41"        |
| 18:00:00          | +43° 31' 57"        | 291° 14' 16"        |
| 18:30:00          | +36° 46' 34"        | 290° 57' 39"        |
| 19:00:00          | +30° 01' 14"        | 291° 10' 05"        |
| 19:30:00          | +23° 17' 13"        | 291° 45' 43"        |
| 20:00:00          | +16° 35' 47"        | 292° 41' 36"        |
| 20:30:00          | +09° 58' 42"        | 293° 56' 36"        |
| 20:56:00          | +04° 21' 46"        | 295° 17' 15"        |
| 20:58:00          | +03° 56' 26"        | 295° 24' 04"        |
| 21:00:00          | +03° 31' 16"        | 295° 30' 59"        |
| 21:02:00          | +03° 06' 17"        | 295° 38' 00"        |
| 21:04:00          | +02° 41' 31"        | 295° 45' 06"        |
| 21:06:00          | +02° 17' 00"        | 295° 52' 18"        |
| 21:08:00          | +01° 52' 48"        | 295° 59' 36"        |
| 21:10:00          | +01° 28' 59"        | 296° 06' 59"        |
| 21:12:00          | +01° 05' 38"        | 296° 14' 28"        |
| 21:14:00          | +00° 42' 49"        | 296° 22' 02"        |
| 21:16:00          | +00° 20' 35"        | 296° 29' 43"        |

**Explicación:** Esta tabla presenta la altura y el acimut en función de la hora local a partir de la salida hasta la puesta del planeta Venus. El detalle de cada una de las columnas se explica a continuación de acuerdo al número de columna:

- <sup>1</sup>: Esta columna presenta la *Hora Local*. Mostrada en Horas:Minutos:Segundos
- <sup>2</sup>: Es la columna *Altura*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''
- <sup>3</sup>: Es la columna *Acimut*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''

**Fuentes:**

- *United States Naval Observatory, Astronomical Applications Department.*
- *SkyMap Pro v10.0.5*



## Efemérides de la Luna – 30 Abril 2007

Lugar: Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Lat. 14° 50' 24" N Lon. 89° 08' 30" W  
 Altura: 835 msnm

| Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> | Hora <sup>1</sup> | Altura <sup>2</sup> | Acimut <sup>3</sup> |          |              |              |
|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------|--------------|--------------|
| 17:04:00          | +00° 20' 14"        | 103° 03' 06"        | 00:00:00          | +57° 05' 15"        | 208° 22' 52"        | 04:26:00 | +04° 57' 46" | 253° 01' 19" |
| 17:06:00          | +00° 43' 41"        | 103° 11' 05"        | 00:30:00          | +53° 02' 26"        | 218° 43' 58"        | 04:28:00 | +04° 31' 24" | 253° 09' 10" |
| 17:08:00          | +01° 07' 44"        | 103° 19' 08"        | 01:00:00          | +48° 06' 23"        | 226° 54' 46"        | 04:30:00 | +04° 05' 07" | 253° 16' 57" |
| 17:10:00          | +01° 32' 20"        | 103° 27' 14"        | 01:30:00          | +42° 33' 57"        | 233° 20' 40"        | 04:32:00 | +03° 38' 58" | 253° 24' 40" |
| 17:12:00          | +01° 57' 23"        | 103° 35' 23"        | 02:00:00          | +36° 36' 47"        | 238° 27' 05"        | 04:34:00 | +03° 12' 57" | 253° 32' 19" |
| 17:14:00          | +02° 22' 48"        | 103° 43' 35"        | 02:30:00          | +30° 22' 40"        | 242° 34' 25"        | 04:36:00 | +02° 47' 07" | 253° 39' 54" |
| 17:16:00          | +02° 48' 31"        | 103° 51' 51"        | 03:00:00          | +23° 56' 49"        | 245° 57' 40"        | 04:38:00 | +02° 21' 32" | 253° 47' 25" |
| 17:18:00          | +03° 14' 27"        | 104° 00' 10"        | 03:30:00          | +17° 22' 53"        | 248° 47' 41"        | 04:40:00 | +01° 56' 13" | 253° 54' 52" |
| 17:20:00          | +03° 40' 34"        | 104° 08' 33"        | 04:00:00          | +10° 43' 55"        | 251° 12' 14"        | 04:42:00 | +01° 31' 17" | 254° 02' 15" |
| 17:22:00          | +04° 06' 50"        | 104° 17' 00"        | 04:20:00          | +06° 17' 16"        | 252° 37' 18"        | 04:44:00 | +01° 06' 48" | 254° 09' 34" |
| 17:24:00          | +04° 33' 13"        | 104° 25' 30"        | 04:22:00          | +05° 50' 43"        | 252° 45' 23"        | 04:46:00 | +00° 42' 51" | 254° 16' 50" |
| 17:26:00          | +04° 59' 41"        | 104° 34' 03"        | 04:24:00          | +05° 24' 12"        | 252° 53' 23"        | 04:48:00 | +00° 19' 31" | 254° 24' 02" |
| 17:28:00          | +05° 26' 14"        | 104° 42' 41"        | 04:26:00          | +04° 57' 46"        | 253° 01' 19"        |          |              |              |
| 17:30:00          | +05° 52' 50"        | 104° 51' 23"        | 04:28:00          | +04° 31' 24"        | 253° 09' 10"        |          |              |              |
| 18:00:00          | +12° 34' 07"        | 107° 10' 24"        | 04:30:00          | +04° 05' 07"        | 253° 16' 57"        |          |              |              |
| 18:30:00          | +19° 13' 16"        | 109° 49' 12"        | 04:32:00          | +03° 38' 58"        | 253° 24' 40"        |          |              |              |
| 19:00:00          | +25° 46' 20"        | 112° 54' 13"        | 04:34:00          | +03° 12' 57"        | 253° 32' 19"        |          |              |              |
| 19:30:00          | +32° 10' 14"        | 116° 34' 14"        | 04:36:00          | +02° 47' 07"        | 253° 39' 54"        |          |              |              |
| 20:00:00          | +38° 20' 56"        | 121° 01' 19"        | 04:38:00          | +02° 21' 32"        | 253° 47' 25"        |          |              |              |
| 20:30:00          | +44° 12' 33"        | 126° 32' 06"        | 04:40:00          | +01° 56' 13"        | 253° 54' 52"        |          |              |              |
| 21:00:00          | +49° 36' 21"        | 133° 28' 39"        | 04:42:00          | +01° 31' 17"        | 254° 02' 15"        |          |              |              |
| 21:30:00          | +54° 19' 17"        | 142° 17' 25"        | 04:44:00          | +01° 06' 48"        | 254° 09' 34"        |          |              |              |
| 22:00:00          | +58° 02' 51"        | 153° 21' 17"        | 04:46:00          | +00° 42' 51"        | 254° 16' 50"        |          |              |              |
| 22:30:00          | +60° 24' 12"        | 166° 39' 02"        | 04:48:00          | +00° 19' 31"        | 254° 24' 02"        |          |              |              |
| 23:00:00          | +61° 03' 05"        | 181° 18' 41"        | 04:20:00          | +06° 17' 16"        | 252° 37' 18"        |          |              |              |
| 23:30:00          | +59° 52' 51"        | 195° 42' 41"        | 04:22:00          | +05° 50' 43"        | 252° 45' 23"        |          |              |              |
|                   |                     |                     | 04:24:00          | +05° 24' 12"        | 252° 53' 23"        |          |              |              |

**Explicación:** Esta tabla presenta la altura y el acimut en función de la hora local a partir de la salida hasta la puesta del Sol. El detalle de cada una de las columnas se explica a continuación de acuerdo al número de columna:

- 1: Esta columna presenta la *Hora Local*. Mostrada en Horas:Minutos:Segundos
- 2: Es la columna *Altura*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''
- 3: Es la columna *Acimut*, presentada en formato Grados° Minutos' Segundos''

### Fuentes:

- *United States Naval Observatory, Astronomical Applications Department.*
- *SkyMap Pro v10.0.5*

## BIBLIOGRAFÍA

- **Abrams, Elliot M.; Freter, AnnCorinne; Rue, David J.; Windgard, John**
  - **1996** The Role of Deforestation in the Collapse of the Late Classic Copan Maya State. *EN* Tropical Deforestation. Edit. Columbia University Press, New York, USA 1996.
- **Aldana, Gerardo; Fash, William**
  - **2001** Art Astronomy, and Statecraft in Late Classic Copán, *En* Conferencia del Congreso Internacional de Copán, Ciencia, Arte y Religion en el Mundo Maya. 12-14 de Julio, 2001. Copan Ruinas, Honduras.
- **Aveni, Anthony**
  - **1983** Sky Watcher of Ancient Mexico, University of Texas Press, USA
  - **2005** Observadores del Cielo en el México Antiguo, Fondo de Cultura Económica. Ed. Segunda. México
- **Aveni, Anthony; Closs, Michael; Hartung, Horst**
  - **1993** An Appraisal of Baudez Appraisal of Archaeoastronomy at Copan (and Elsewhere) *EN Indiana*. No. 13 Berlin 1993
- **Bakulin, P.I.; Konomovich, E.V.; Moroz, V.I.**
  - **1983** Curso de Astronomía General. Edit. MIR. Moscú, Rusia,1983
- **Baudez, Claude**
  - **1994** Maya Sculpture of Copán, University of Oklahoma Press: Norman, USA
- **Broda, Johanna**
  - **1982** Arqueoastronomía y Desarrollo de las Ciencia en el México prehispánico, *En* Simposio de Historia de la Astronomía en México. Baja California, México 1982.
  - **2000** Arqueoastronomía y desarrollo de las ciencias en el México prehispánico, *En* Historia de la Astronomía en México, Fondo de Cultura Económica. Ed. Tercera. Compilado por Marco Arturo Moreno Corral, México. 2000
- **Carlson, John B.**
  - **1993** Venus Regulated Warfare and Ritual Sacrifice in Mesoamerica *EN: "Astronomies and Culture"* , Edit. Colorado University Press. EEUU, 1993.

- **Closs, Michael P.; Aveni, Anthony F.; Crowley, Bruce**
  - **1984** The Planet Venus and Temple 22 at Copán *EN: "Indiana"*, No. 9. Edit. IBERO-AMERIKANISCHES INSTITUT PREUSSISCHER KULTURBESITZ. Mannverlag, Berlin, Alemania, 1984.
- **Daintith, John; Gould, William.**
  - **2006** The Facts on File dictionary of Astronomy. Ed. Quinta, Edit. Infobase Publishing. New York, USA.
- **Dreyer, J.L.E.**
  - **1953** A History of Astronomy: from tales to Kepler. Edit. Dover Publications, Inc., Ed. Segunda. USA, 1953.
- **Fash, William;**
  - **1991** Scribes, Warrior and Kings. The City of Copán and the Ancient Maya. Edit. Thames and Hudson. Londres, Inglaterra. 1991.
- **Fash, William; Agurcia, Ricardo**
  - **1996** Visión del Pasado Maya, Edit. Centro Editorial; San Pedro Sula, Honduras.
  - **2004** Historia escrita en Piedra: Guía al Parque Arqueológico de las Ruinas de Copán. Asociación Copán e IHAH, Copán Ruinas.
- **Forbes, George.**
  - **2005** History of Astronomy. Edit. Project Gutenberg.
- **Galindo, Jesús**
  - **1996** Arqueoastronomía en la América Antigua. Edit. CONACYT, México
- **Gellert, W.; Gottwald, S.; Hellwich, M.; Kästner, H.; Künstner, H.**
  - **1989** *Spherical Trigonometry* EN *VNR Concise Encyclopedia of Mathematics*. Ed. Segunda Edit. Van Nostrand Reinhold. New York, USA, 1989.
- **Green, M. Green**
  - **1985** Spherical Astronomy. Edit. Cambridge University. Cambridge, Inglaterra, 1985.
- **Hawkins, Gerald S.; White, John B.**
  - **1965** Stonehenge Decoded. Edit. Dell Publishing Co. Inc.. New York, USA.
- **Henderson, John**
  - **1997** The World of the Ancient Maya, Ed. Segunda. Edit. Cornell University Press, Ithaca, USA.

- **Hohmann, Hasso & Vogrin, Annegrete**
  - **1982** Die Architektur von Copan (Honduras). 2 vol. Edit. Akademische Druck- und Verlagsanstalt.
- **Hunten, D.**
  - **1983** Venus. Edit. University of Arizona Press. Tucson, USA.
- **Karttunen, H.; Kroger, P.; Oja, H.; Poutanen, M.; Donner, K.J.**
  - **1996** Fundamental Astronomy. Ed. Tercera, Edit. Springer. Berlín, Alemania, 1996.
- **Kelly, David H.**
  - **1982** Deciphering the Maya Script. Ed. Tercera, Edit. University of Texas Press, Austin. USA, 1982.
- **Kettunen, Harri; Helmke, Cristophe**
  - **2004** Introducción a los Jeroglíficos Mayas, Manual para el Taller de Escritura. Traducido por Cases Marin, Juan Ignacio, Universidad de la Laguna, 2004.
- **Lamb, Weldon W.**
  - **1979** Star lore in the Yucatec Maya Dictionaries, *En* Archaeoastronomy in the Americas. Edit. Ballena Press-Santa Fe.
- **Maudslay, Alfred**
  - **1902** Biología Centrali-Americana: Contributions to the Knowledge of the Fauna and Flora of Mexico and Central America, Edit. Arte Primitivo. New York, EEUU. 1902.
- **Maupomé, Lucrecia**
  - **2000** Reseña de las Evidencias de la Actividad Astronómica en la América Antigua, *En* Historia de la Astronomía en México, Fondo de Cultura Económica. Ed. Tercera. Compilado por Marco Arturo Moreno Corral, México. 2000.
- **Morison, Ian**
  - **2008** Introduction to Astronomy and Cosmology. Edit John Wiley and Sons, Ltd. West Sussex, Reino Unido, 2008.
- **Morley, Sylvanus G; Brainerd, George W.**
  - **1983** The Ancient Maya. Ed. Cuarta, Edit. Stanford University Press. California, EEUU, 1983.
- **Pineda de Carías, María Cristina; Veliz, Vito; Agurcia, Ricardo**
  - **2002** Acerca de las observaciones del Sol realizadas en la Gran Plaza del Parque Arqueológico de Copán Ruinas, Honduras, *En* Yaxkin, Volumen XXI, 2002.

- **RidPath, Ian**
  - **1997** A Dictionary of Astronomy. Edit. Oxford University Press. New York, USA, 1997.
  - **1999** Diccionario de Astronomía. Edit. Complutense S.A.. Madrid, España.
- **Roth, Gunther D.**
  - **2009** Handbook of Practical Astronomy. Edit. Springer, Berlin, Alemania, 2009.
- **Savoie, Denis**
  - **2003** Sundials. Edit. Springer y Praxis Publishing, Chichester, Reino Unido, 2003.
- **Schele, Linda; Freidel, David**
  - **1990** A FOREST OF KINGS: The untold story of the Ancient Maya Edit. William Morrow and Company, Inc. New York, USA, 1990.
- **Seeds, Michael A.**
  - **1990** Foundations of Astronomy. Ed. 1990. Edit. Wodsworth Publishing. Belmont, California – USA.
- **Sharer, Robert J.**
  - **1983** The Ancient Maya Ed. Segundo. Edit. Stanford University Press. California, USA.
- **Stross, Bryan**
  - **MSa** Venus and Sirius, Some Unexpected Similarities. University of Texas.
- **Strömsvik, Gustavo**
  - **1946** Guía de las Ruinas de Copán, Secretaria de Educación Pública, Copán, Honduras.
- **Thompson, J. Eric**
  - **1962** A Catalog of Maya Hieroglyphs. Ed. 1962. Edit. University of Oklahoma Press, USA.
- **Trik, Aubrey S.**
  - **1939** Temple XXII at Copan *En* Contributions to American Anthropology and History, No. 27/Publication 509. Edit. Carnegie Institution. Washington, D.C., EEUU, 1939.
- **Villacorta, J. Antonio; Villacorta, Carlos**
  - **1976** Códices Mayas. Ed. Segunda, Edit. Tipografía Nacional, Guatemala, C.A.



- **Vives, Teodoro J.**
  - **1971** Astronomía de Posición. Edit. Alambra S.A., Madrid, España, 1971.

## **EN LINEA:**

- **Amengual, Carlos.**
  - **2007** Sistema de Coordenadas en la Esfera Celeste. EN LINEA. Disponible en <http://astronomia.org/doc/esfcel.pdf>. Consultado el 14 Noviembre de 2007.
- **Amett, Bill**
  - **2005** The Nine Planets-Venus, EN LINEA. Disponible en <http://www.nineplanets.org/venus.html> Consultado el 20 de Septiembre de 2005.
- **Gleason, Keith**
  - **1996** *APAS 1010 Laboratories - Introduction to Astronomy*. EN Sommers-Bausch Observatory's manuals EN LINEA. Disponible en: <http://lyra.colorado.edu/sbo/astroinfo/coords/coordinates.html> .Consultado el 01 de Agosto de 2008.
- **UCAR**
  - **2006** Kukulcan, Equipo de Windows to The Universe Boulder, Co. 2000-2004. Corporación Universitaria de Investigaciones Científicas (UCAR). 1995-2000; bajo la supervisión de los Regentes de la Universidad de Michigan. EN LINEA. Disponible en: <http://www.windows.ucar.edu> . Consultado el 14 de Abril de 2006.
- **History**
  - **2006** Mayas. EN LINEA Disponible en <http://www.history.de/themen/maya/maya.htm>. Consultado el 16 Diciembre de 2006.
- **IPN**
  - **2007** SACBE. EN LINEA Disponible en [http://oncetv-ipn.net/sacbe/mundo/el\\_cosmos\\_maya/cosmos\\_ceiba.html](http://oncetv-ipn.net/sacbe/mundo/el_cosmos_maya/cosmos_ceiba.html). Consultado el 27 de Mayo de 2007.
- **Mallama, A.**
  - **1996** Schroeter's Effect and the Twilight Model for Venus, *En Journal of the British Astronomical Association*, 106(1): 1996-p16-18. EN LINEA. Disponible en [http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-article\\_query?1996JBAA..106...16M](http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?1996JBAA..106...16M). Consultado el 12 de Abril de 2006.



- **Mooney, Sharon**
  - **1990** Ancient Skywatchers - The Maya Cosmos, *En* National Geographic Society Magazine. Se empleó la imagen revisada disponible EN LINEA. en [http://www.edwardtbabinski.us/geocentrism/ancient\\_american\\_cosmology.html](http://www.edwardtbabinski.us/geocentrism/ancient_american_cosmology.html). Consultado el 09 de Agosto del 2006.
- **Ribas, José Martí**
  - **2006** *Formulario para el Cálculo de Efemérides de un Astro a Partir de sus elementos Orbitales* EN LINEA Disponible en [http://www4.ujaen.es/~jmarti/index\\_a.html](http://www4.ujaen.es/~jmarti/index_a.html). Consultado el 24 Junio de 2008.
- **Rodríguez, Jesús Gerardo**
  - **2007** *Astronomía en el Mundo Maya*, Sociedad Astronómica de la Laguna. EN LINEA. Disponible en <http://www.astro-digital.com/1/mayas.html> . Consultado el 17 de Enero de 2007.
- **Sánchez, Domingo P.**
  - **2007** El símbolo latinoamericano de Venus EN LINEA. Disponible en <http://rupestreweb.info/venus.html>. Consultado el 17 de Enero de 2007.
- **Spentak, Fred**
  - **2002** 2004-2012 Transit of Venus, Carnegie Institution – NASA/GSFC; Junio 18-21 del 2002 EN LINEA. Disponible en <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/transit/venus0412.html> Consultado el 20 de Septiembre de 2005.
- **UNESCO**
  - **2006** *Patrimonio Mundial de la Humanidad* EN LINEA Disponible en <http://whc.unesco.org/en/list/129/> Consultado el 23 de Mayo de 2006.