

15
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA**



**EL SISTEMA GLOBAL DE POSICIONAMIENTO
(GPS) Y SU APLICACION EN LA DELIMITACION
DE ZONAS ARQUEOLOGICAS**

T E S I S

PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

RUBEN

ESQUETA

ADAM



**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A MIS PADRES. GRACIAS POR EL ESFUERZO Y
SACRIFICIO REALIZADO PARA QUE PUDIERA
REALIZARME PROFESIONALMENTE.**

**A ELIA. GRACIAS POR ESE IMPULSO
PARA SEGUIR ADELANTE.**

**A ANA KAREN Y JESSICA ANDREA.
GRACIAS POR SU CARIÑO.**

Agradecimientos

Deseo agradecer al Dr. José Luis Palacio Prieto, su valiosa asesoría y comentarios al presente trabajo; agradezco también el apoyo recibido a las autoridades pasadas y actuales de la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas (DRPMZA), muy en especial a la Arqta. Ma. Teresa García García por el apoyo y facilidades recibidas, y al Arqto. Pedro Francisco Sánchez Nava; a la Arqta. Blanca Luz M. Paredes Gudño y al Mtro. Ivan Šprajc por sus comentarios y sugerencias.

Mi gratitud también, a la sección de topografía de la DRPMZA, en especial a los topógrafos José G. Orta y Juan A. Muñoz, por el apoyo recibido en el trabajo de campo; al técnico en computación Carlos Mora León por la digitalización de textos; y a los sindicales del presente trabajo, Mtro. Alberto López Santoyo, al Ing. Jorge Guzman Díaz de León y al Lic. Macario Arredondo Romero y a todos aquellos que de alguna manera participaron en el desarrollo del presente trabajo. Mil gracias.

Introducción

El presente trabajo, se empezó a desarrollar a principios de 1994 en la Subdirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, hoy Dirección (DRPMZA), dependencia del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), encargada de realizar y elaborar las delimitaciones y expedientes técnicos, que posteriormente servirán como base para las Declaratorias legales de Zonas Arqueológicas. Procurando de esta manera, mantenerlas a salvo de cualquier factor físico y humano que pudiese afectarlas. Para llevar a cabo el trabajo de campo y ante la necesidad de delimitar con precisión las zonas arqueológicas, la DRPMZA adquirió, en 1993, 3 receptores GPS (Global Positioning System-Sistema Global de Posicionamiento) para ayudar en la elaboración de los planos de delimitación.

Desde tiempo atrás la DRPMZA, es la encargada de realizar el inventario de sitios arqueológicos a nivel nacional, lo cual forma parte de una etapa previa, de la cual se seleccionarán los principales sitios arqueológicos que ameriten protección. Por ello es aconsejable llevar a cabo el procedimiento completo de protección, desde la elección del sitio, la elaboración del plano de delimitación, hasta la expedición del decreto de zona de monumentos arqueológicos.

Existen algunos trabajos referidos a la conservación y protección de zonas arqueológicas INAH (Programa, 1984), en donde se trata lo relacionado con los problemas que afectan la conservación del patrimonio arqueológico y los objetivos y programas prioritarios de conservación realizados por el INAH, como son, la identificación y catálogo del patrimonio arqueológico, y la protección de zonas. Nalda y López (1984), tratan lo referente a los objetivos, importancia y metodología del inventario arqueológico nacional y la relevancia que este tiene en el proceso de delimitación. Sánchez (1986, 1995, 1996) por ejemplo, propone una metodología de delimitación en la zona Puuc del área maya; además,

trata la historia y situación actual de la protección del patrimonio cultural, además de la conservación y restauración de la zona arqueológica de Teotihuacan. Solanes (1988) realiza un trabajo que abarca temas sobre la protección y diagnóstico de zonas arqueológicas, y señala el programa de delimitaciones y decretos que se realizaría en la DRPMZA de 1984 a 1988; considerando que muchos de los conceptos que ahí se señalan, aún se mantienen vigentes. Además, Solanes y Vela (1986), tratan algunas consideraciones sobre la delimitación y declaratoria de zonas arqueológicas, de manera particular en la zona arqueológica de Cholula, en el Edo. de Puebla. Díaz (1990), trata sobre la conservación del patrimonio cultural en México y en particular sobre la destrucción y conservación de los monumentos, los instrumentos legales de protección y la importancia del patrimonio cultural. Finalmente Olivé (1995), trata sobre la historia del INAH, sus antecedentes, organización, funcionamiento y servicios.

En cuanto a trabajos sobre el uso de receptores GPS, la información es escasa. Entre los que existen, se pueden citar los de Reilly (1989), sobre técnicas de levantamiento con equipo GPS; TRIMBLE N. (1989, 1991), sobre cuestiones teóricas generales del sistema y el funcionamiento específico del receptor (4000SE) y programas de cómputo. En cuanto a trabajos de aplicación del sistema en México, se encuentran los realizados por el INEGI (1994) en el que se aplica el uso de los receptores GPS a través de diferentes técnicas de levantamiento en el Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE) y finalmente el trabajo de Palacio, et al (1995), en el cual se refiere a la aplicación de receptores GPS en el inventario de carreteras e infraestructura asociada. Además de estos trabajos, poco se conoce sobre el uso del sistema GPS en México. Mientras que las aplicaciones en Arqueología no son muchas, aunque se sabe de la realización de restituciones fotogramétricas de algunas zonas arqueológicas (Kohunlich, Dzibanché, en el Edo. de Quintana Roo), en donde se han utilizado receptores GPS para el levantamiento de puntos de control. Se puede afirmar que dentro del INAH, y sobre todo en el "Proyecto de Delimitación de Zonas Arqueológicas," es la primera vez que se utiliza de

manera importante el sistema GPS.

El presente trabajo, plantea los siguientes objetivos:

- **Documentar el proceso de delimitación de zonas arqueológicas con receptores GPS.**
- **Dar a conocer los fundamentos básicos sobre el funcionamiento del sistema GPS y su utilidad en la labor de delimitación de una zona arqueológica.**

Para la realización del trabajo, se buscó que todos los resultados obtenidos, así como los nuevos conocimientos generados, tuvieran el mayor grado de exactitud y confiabilidad. Para ello, se planeó un procedimiento ordenado que permitiera establecer los hechos y fenómenos hacia los cuales, está encaminada la investigación, siendo el principal enfoque la descripción, registro, análisis e interpretación de la información obtenida, tanto por medio de la investigación bibliográfica, como del análisis de la información recabada en campo.

El trabajo está dividido en tres capítulos, que cubren de manera general con los objetivos del trabajo. El capítulo I trata sobre la delimitación de una zona arqueológica, sus antecedentes e importancia, la situación actual, el programa de delimitaciones y decretos de zonas arqueológicas y la importancia que tiene la delimitación de una zona arqueológica en la conservación del patrimonio cultural de México. El capítulo II refiere los antecedentes del sistema GPS y los principios básicos de su funcionamiento. Finalmente, el capítulo III trata sobre algunos aspectos generales del sistema GPS, la planeación del trabajo, los procedimientos de medición, las técnicas de levantamiento y la aplicación del sistema sobre una zona arqueológica en particular.

Capítulo I. Delimitación de Zonas Arqueológicas.

1.1. Antecedentes.

La protección de las zonas arqueológicas ha sido una preocupación constante tanto para el INAH como para las instituciones que le antecedieron en las labores de protección del patrimonio arqueológico del país. En donde el carácter específico de estas acciones de protección ha sufrido diversas transformaciones a lo largo del tiempo: desde simples prohibiciones hasta la declaratoria legal de zonas de monumentos arqueológicos. Estos cambios con respecto al tipo de protección se vinculan directamente con la concepción prevaleciente en cada momento, sobre lo que debe considerarse como sitio arqueológico, así como a la instrumentación legal disponible.

En la época colonial quienes primero describieron los asentamientos indígenas fueron los propios colonizadores y, a lo largo de la dominación española, cronistas y funcionarios de los más diversos niveles, dejaron testimonios escritos de los restos prehispánicos. Por citar algunos, Sahagún y Torquemada se refieren a Xochicalco y Teotihuacan, Landa describe a la ciudad de Chichén-Itzá, fray Antonio de Ciudad Real relata sus experiencias al reseñar Izamal.

La Corona española, en 1575, indicó en la quinta Ley de Indias, que "todo lo que se encuentra de las culturas indígenas pertenece al Estado y no a visitadores, iglesias o personas particulares."¹ Para entonces se realizan las primeras exploraciones arqueológicas: "en Xochicalco por José Antonio Alzate y en Palenque por el capitán Andrés del Río y Guillermo Dupaix, quien en 1804 es comisionado para estudiar los monumentos de la Nueva España realizando tres expediciones arqueológicas: al centro del país, a Veracruz y a Oaxaca, hasta llegar al sitio de Palenque."² La atención hacia estos objetos

¹ DÍAZ, Berrio, Salvador. Conservación del Patrimonio Cultural de México, pág. 83.

² OLIVE, Negrete, Julio C. INAH. Una Historia. Vol. I, pág. 23.

motiva la formación de una Junta de Antigüedades, la fundación del Museo Nacional, la creación del primer texto legal relativo a la exportación de antigüedades, etcétera.

A través de la Ley de monumentos arqueológicos publicada en 1897, se declara "la propiedad de la nación sobre los monumentos arqueológicos existentes en territorios mexicanos y se dispuso lo relativo a su identificación, protección y conservación, reiterando la prohibición de exportar las antigüedades mexicanas."³ Es a partir de entonces que se reconoce la importancia de las culturas indígenas en México.

A partir de las disposiciones contenidas en dicha ley, se llevan a cabo algunas declaratorias de zonas de monumentos sobre determinados sitios arqueológicos, siendo éstos los de mayor tamaño y monumentalidad conocidos en esa época, con el objetivo de identificarlos, protegerlos y conservarlos.

El primer sitio en que se intenta aplicar dicha ley es Cholula, en el Edo. de Puebla en el año de 1899, siendo éste un avance substancial con respecto a los instrumentos de protección de los sitios arqueológicos. Otro ejemplo es la declaratoria de zonas de monumentos arqueológicos de Teotihuacan, en el Edo. de México realizada en 1907, la cual cubría únicamente los monumentos de mayor tamaño. A diferencia de la anterior, en 1910 se lleva a cabo la delimitación de la Zona Arqueológica de Xochicalco, en el Edo. de Morelos, la que abarcaba 161 hectáreas y cubría casi la totalidad del sitio, lo que constituyó un factor determinante en el buen grado de conservación que presenta el sitio actualmente.

En la década de los 20's se inicia la exploración de una serie de importantes zonas arqueológicas como Tulum, Chichén-Itzá, Xochicalco, Tenayuca, Uxmal, Monte Albán, Copilco y Teotihuacan, y por otra parte se da principio a importantes trabajos para recuperar monumentos coloniales. A partir de esta época el trabajo relacionado con los bienes culturales se convierte en una actividad que se va haciendo cada vez más en forma sistemática, dirigida a la adquisición de conocimientos para desarrollar la protección física y legal de los monumentos.

³ *Ibid.*, pág. 1007.

En 1930, se redactó una ley cuya función era "catalogar y proteger los monumentos y los lugares de belleza natural, de propiedad nacional."⁴ En 1933, surge una nueva ley que declara que "todos los monumentos arqueológicos inmuebles, y los objetos que dentro de ellos se encontraran, pertenecían al dominio de la nación, e introdujo el deber, para quienes poseyeran colecciones arqueológicas privadas, de inscribirlas en una Oficina de Registro."⁵ Ambas leyes permitieron grandes avances en el estudio y la protección del patrimonio cultural.

Los antecedentes de la protección de zonas arqueológicas previos a la creación del INAH en 1939, consisten en una serie de lineamientos legales con diversos niveles de cobertura. Así, durante el siglo XIX existen leyes en las que se señala la necesidad de conservar los monumentos arqueológicos. Pero es a partir del 3 de febrero de 1939, en que se da a conocer en el Diario Oficial de la Federación, la Ley Orgánica que crea al INAH como una dependencia de la Secretaría de Educación Pública, a la cual, se le confiere la responsabilidad de la custodia del patrimonio cultural en lo que concierne a "la exploración de las zonas arqueológicas del país y a la vigilancia, conservación y restauración de monumentos arqueológicos, históricos y artísticos de la República, así como de los objetos que en dichos monumentos se encuentren. Además, se le encargó la realización de la investigación científica y artística que interesen a la arqueología e historia de México, y de las antropológicas y etnográficas, principalmente de la población indígena del país."⁶ uniendo de esta manera la investigación científica con la función social de conservar el patrimonio cultural.

De esta manera, la historia de la protección de zonas arqueológicas, en el período que abarca de 1939 hasta la promulgación de la Ley Federal de 1972, consiste básicamente en acciones de deslinde de terrenos en los que existen monumentos arqueológicos. De hecho, en la mayoría de los casos únicamente se deslinda en aquéllos predios en que la

⁴ Ibid., pág. 31.

⁵ Ibid., pág. 31.

⁶ INAH, Programa Nacional de Conservación del Patrimonio Arqueológico e Histórico de México, págs. 8-9.

existencia de restos arqueológicos está plenamente demostrada.⁷ Así se multiplican las exploraciones arqueológicas en numerosos sitios prehispánicos y comienza el levantamiento de planos con mayor precisión de estos asentamientos. Teotihuacan vuelve a ser delimitado y protegido mediante decreto en 1964. Así varios sitios son resguardados mediante ordenamientos legales, entre ellos están Tlateloico, Templo Mayor, Palenque y Cuicuilco. Con el pasar de los años se amplió el marco de protección jurídica de las zonas arqueológicas mediante el programa prioritario de delimitación y declaratoria de zonas arqueológicas.

Estas políticas de protección se han incorporado al orden normativo nacional en diversas leyes, la última de ellas es la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, promulgada el 23 de abril de 1972, y su Reglamento del 20 de septiembre de 1975, que se encuentran hoy vigentes, y en donde se define que son propiedad de la nación, todos los bienes arqueológicos muebles e inmuebles, y se crean nuevos instrumentos jurídicos y administrativos para el control, estudio y defensa del patrimonio arqueológico. Es hasta 1985, que se aprobaron las reformas a la Ley Orgánica del INAH, y en donde se precisan los nuevos objetivos de la institución. "La investigación científica sobre antropología e historia relacionada principalmente con la población del país y con la conservación y restauración del patrimonio cultural arqueológico e histórico, así como el paleontológico, y la protección, conservación, restauración y recuperación de ese patrimonio y la promoción y difusión de las materias y actividades que son competencia del Instituto"⁸ Dentro de las funciones que se le atribuyen al instituto, existen tres que son primordiales para realizar la protección de un sitio arqueológico y que según la Ley Orgánica en el artículo 2. señala:

⁷ El deslinde o delimitación de una zona arqueológica es el acto mediante el cual se reconoce la existencia de una o más evidencias de las culturas prehispánicas, y se lleva a efecto mediante un levantamiento topográfico en el cual se establecen las mojoneras en el campo y localizando en el plano la poligonal envolvente con los detalles de mayor relevancia. Las evidencias arqueológicas pueden ser muebles o inmuebles y la forma de salvaguarda de este patrimonio se realiza a través de la delimitación y se protege legalmente como zona arqueológica mediante decreto expedido por el ejecutivo federal. SANCHEZ, Caero Oscar F. Delimitación de zonas arqueológicas: historia y

⁸ OLIVE, op. cit., pág 66

"IX. Identificar, investigar, recuperar, rescatar, proteger, restaurar, rehabilitar, vigilar y custodiar, en los términos prescritos por la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, los respectivos monumentos y zonas, así como los bienes muebles asociados a ellos.

XI. Proponer al Ejecutivo Federal las declaratorias de zonas y monumentos arqueológicos e históricos y de restos paleontológicos e históricos, sin perjuicio de la facultad del Ejecutivo para expedirlas directamente.

XII. Llevar el registro público de las zonas y monumentos arqueológicos e históricos y de los restos paleontológicos."⁹

Entre 1993 y 1994 se expidieron 17 declaratorias de zonas arqueológicas, llegándose con esto a un total de 20 zonas protegidas legalmente (ver cuadro 1.). Además se elaboraron en 1994 los expedientes técnicos y los planos de delimitación de otras 20 zonas.

En el cuadro 2. se observan las principales leyes, decretos y acuerdos de México, referidos al conjunto general de los monumentos arqueológicos e históricos, o sobre los bienes culturales, en donde los diferentes tipos de temas que abordan dan una idea de la problemática que se presenta en torno a la protección del patrimonio.

Las exploraciones y descubrimientos no concluyen, continuamente se descubre y estudia un gran número de piezas, elementos, relieves, pinturas, edificios y conjuntos enteros de valor arqueológico, histórico o artístico, tanto en zonas y ciudades ya conocidas, como en otras que se van registrando y valorando, incorporándose la búsqueda o hallazgo de objetos no como objetivo principal sino como parte del conocimiento y la conservación del patrimonio.

Al hacer un análisis cronológico de las actividades relacionadas con los monumentos, es posible afirmar que éstas se dividen en dos grandes etapas. En primer lugar, desde algunos años antes de la Independencia y durante el siglo XIX se define una primera fase que se caracteriza por la actividad de exploración, reconocimiento,

⁹ INAH. Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia, pág. 7.

descubrimiento y publicación de los conocimientos sobre los elementos del pasado. La segunda parte consiste en la intervención ya directa y física sobre las construcciones, con el fin de conservarlas, restaurarlas y protegerlas, esta fase se inicia poco antes de la Revolución de 1910, siendo el interés inicial dirigido hacia los grandes monumentos de la época prehispánica.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA		
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS		
ZONAS ARQUEOLÓGICAS DECLARADAS		
ZONA ARQUEOLÓGICA	ESTADO	FECHA DE PUBLICACIÓN DE DECRETO
Teotihuacan	México	Acuerdo de utilidad pública 9 de Julio de 1907 Área central 30 de Abril de 1964 Área ampliada 30 de Agosto de 1988
Chichén-Itzá	Yucatán	Publicación 5 de Julio de 1996 Se abroga 30 de Noviembre de 1988
La Venta	Tabasco	Publicación 30 de Noviembre de 1988
Bonampak	Chiapas	1a. publicación 2 de Diciembre de 1993 2a. publicación 9 de Diciembre de 1993
Palenque	Chiapas	1a. publicación 2 de Diciembre de 1993 2a. publicación 9 de Diciembre de 1993
Paquime	Chihuahua	1a. publicación 2 de Diciembre de 1993 2a. publicación 9 de Diciembre de 1993
Tula	Hidalgo	1a. publicación 3 de Diciembre de 1993 2a. publicación 10 de Diciembre de 1993
La Organera-Xochipala	Guerrero	1a. publicación 3 de Diciembre de 1993 2a. publicación 10 de Diciembre de 1993
Acozac	México	1a. publicación 6 de Diciembre de 1993 2a. publicación 13 de Diciembre de 1993
Onbitula	Puebla	1a. publicación 6 de Diciembre de 1993 2a. publicación 13 de Diciembre de 1993
Mitla	Oaxaca	1a. publicación 7 de Diciembre de 1993 2a. publicación 14 de Diciembre de 1993
Monte Albán	Oaxaca	1a. publicación 7 de Diciembre de 1993 2a. publicación 14 de Diciembre de 1993
Tulum-Tancáh	Quintana Roo	1a. publicación 8 de Diciembre de 1993 2a. publicación 15 de Diciembre de 1993
La Quemada	Zacatecas	1a. publicación 8 de Diciembre de 1993 2a. publicación 15 de Diciembre de 1993
Tonina	Chiapas	1a. publicación 17 de Febrero de 1994 2a. publicación 21 de Febrero de 1994
Xcáret	Quintana Roo	1a. publicación 17 de Febrero de 1994 2a. publicación 21 de Febrero de 1994
Xochicalco	Morales	1a. publicación 18 de Febrero de 1994 2a. publicación 22 de Febrero de 1994
Cacaxtla-Xochitecatl	Tlaxcala	1a. publicación 18 de Febrero de 1994 2a. publicación 22 de Febrero de 1994
Ixtapa	Jalisco	1a. publicación 8 de Julio de 1994 2a. publicación 15 de Julio de 1994
Zacachila	Oaxaca	1a. publicación 8 de Julio de 1994 2a. publicación 15 de Julio de 1994

Cuadro 1. Zonas arqueológicas declaradas a nivel nacional.

Estas fases siguen una secuencia lógica en la evolución de los criterios y actitudes de la época moderna ante el patrimonio cultural, en donde se demuestra el interés por los elementos significativos de la nacionalidad y de la cultura del pasado, en este caso el primer tema de interés es el patrimonio prehispánico y poco tiempo después el patrimonio de la época virreinal.

Así, se inician una serie de operaciones de conservación, mantenimiento y restauración por parte de instituciones dependientes de la administración federal con el objeto de reafirmar las raíces históricas nacionales. Finalmente, la conservación del patrimonio cultural debería integrarse, "como un componente activo y dinámico en las diferentes fases de los procesos de desarrollo ya que proporciona base de conocimiento, de experiencia, de identidad y de autenticidad."¹⁰

1.2. La Protección de Zonas Arqueológicas.

En 1972, con la creación de la actual Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, se estableció el Departamento de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, que quedó a cargo de la delimitación de zonas arqueológicas, de la preparación de propuestas de declaratoria para las mismas, funciones que con excepción de la relativa a declaratorias, desempeñaba hasta esa fecha el Departamento de Monumentos Prehispánicos.

Con la creación del Departamento de Registro, se modificaron los criterios para la preparación de las propuestas de declaratoria, buscando que incluyesen el asentamiento completo y no sólo su núcleo monumental. Bajo estos nuevos criterios en 1986, fue expedida la declaratoria de zona de monumentos arqueológicos de Chichén-Itzá. Sin

¹⁰ DÍAZ, op. cit., pág. 183.

LEYES, DÉCRETOS Y ACUERDOS DE MÉXICO	
AÑO	LEYES, DÉCRETOS Y ACUERDOS
1575	Lev de los Reinos de las Indias.
1781	Fundación de la Academia de San Carlos.
1808	Junta de Antiquidades.
1825	Fundación del Museo Nacional.
1827	Lev para la prohibición de la exportación de antigüedades.
1830	Se creó el Archivo Nacional.
1832	Lev para evitar la exportación de obras de arte.
1833	Fundación de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.
1834	Se creó el Museo Nacional Mexicano.
1835	Fundación Academia Nacional de Historia. Prohibición para extraer antigüedades.
1844	Reorganización de la Academia de San Carlos.
1856	Lev para la desamortización de bienes.
1857	Constitución Mexicana Art. 27- Expropiación de bienes.
1859	Museo de Antropología. Leyes de Reforma- Nacionalización de los bienes eclesiásticos.
1868	Se declaran las antigüedades propiedad de la nación.
1874	Lev de Bienes Nacionales.
1885	Decreto Inspector y Conservador de Monumentos Arqueológicos e Históricos.
1894	Decreto Ocupación y enajenación de terrenos en que se encuentren ruinas.
1899	Lev para conceder permiso a personas particulares para hacer exploración arqueológica.
1897	Lev que declara propiedad de la nación a los monumentos Arqueológicos.
1902	Lev de Bienes Intmuebles de la Federación.
1905	Lev de expropiación de terrenos para servicios municipales.
1909	Se creó el Museo Nacional de Arqueología e Historia.
1914	Lev de Conservación de Monumentos Históricos y Bellezas Naturales.
1916	Lev de Conservación de Mntos, edificios, templos y objetos Históricos o Artísticos.
1917	Constitución Mexicana Art. 27- Expropiación de bienes.
1930	Lev de Protección y Conservación de Monumentos y Bellezas Naturales.
1932	La Suprema Corte anula Lev del Estado de Oaxaca.
1934	Reglamento Conservación de Mntos Arqueológicos, Históricos, Poblaciones Típicas.
1936	Lev de expropiación por utilidad Pública.
1939	Lev Orgánica que crea el INAH.
1940	Lev de Nacionalización de Bienes Art. 27 Constitucional.
1942	Lev Orgánica de la Educación Pública.
1944	Decreto prohibiendo la exportación de documentos. Lev General de Bienes Nacionales.
1946	Lev que crea el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura.
1948	Lev que crea el Instituto Nacional Indigenista.
1958	Reglamento de la Escuela Nacional de Antropología e Historia.
1963	Decreto que modifica la Comisión de Monumentos.
1966	Decreto que modifica la fracción XXV del Art. 73 Constitucional.
1970	Lev Federal del Patrimonio Cultural de la Nación.
1971	Tratado entre EUA y México para la recuperación y devolución de bienes culturales.
1972	Lev Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas.
1973	Lev Orgánica SEP.
1975	Reglamento de la Lev Fed. de Mntos y Zonas Arqueológicas, Artis e Histo de 1972.
1985	Lev Orgánica del INAH.
1988	Decreto que crea el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
1988	Lev de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Fuente: DIAZ, Benito. Salvador. Conservación del Patrimonio Cultural de México, págs. 104-128.

Cuadro 2. Principales leyes de México relacionadas a la conservación del patrimonio cultural.

embargo, la sola existencia de una declaratoria no es suficiente para protegerla debidamente, ya que la declaratoria implica una limitación a los posibles usos del suelo.

El Departamento de Registro tiene dos finalidades principales:

- *1) El control jurídico y material del acervo de esa clase de bienes, mediante su inscripción en una oficina pública, a través de cuyos asientos de inscripción pueda conocerse pública e indubitablemente la existencia de los bienes y su situación de hecho y jurídica, y
- 2) La asignación a un órgano de carácter estatal con la responsabilidad de instruir y emitir los dictámenes técnicos requeridos para efectuar la declaratoria de una zona monumental, y de registrar dichas declaratorias una vez que han sido autorizadas y promulgadas por el Poder Ejecutivo Federal.¹¹

Esta legislación introdujo un importante cambio en el régimen jurídico de los bienes arqueológicos, declarando de una vez por todas que tanto los bienes muebles como los inmuebles arqueológicos son propiedad de la nación, por lo que están bajo custodia del INAH.

El Departamento de Registro, entre otras actividades es el encargado de llevar el registro de los sitios arqueológicos del país y de promover posterior al registro, la delimitación y declaratoria de zona de monumentos arqueológicos según lo establece Ley Federal de 1972 en el artículo 5, en donde se señala que "son monumentos arqueológicos, artísticos, históricos y zonas de monumentos los determinados expresamente en esta Ley y los que sean declarados como tales, de oficio o a petición de parte. El presidente de la República, o en su caso el Secretario de Educación Pública, expedirá o revocará la declaratoria correspondiente, que será publicada en el Diario Oficial de la Federación".¹² Esto quiere decir que para que una zona arqueológica sea protegida legalmente, ésta necesariamente tiene que ser declarada como zona de monumentos arqueológicos, para esto, en el artículo 21, se señala que "se crea el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas, dependientes del INAH... para la inscripción de monumentos

¹¹ INAH. Antropología, pág. 43.

¹² INAH. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, pág. 8.

arqueológicos, históricos o artísticos y las declaratorias de zonas respectivas".¹³ Esta dependencia es la encargada de realizar los estudios previos de registro y delimitación, para que una zona sea declarada y con esto se genere el marco legal que la proteja. Es conveniente aclarar que los decretos de declaratoria de zonas arqueológicas se llevan a cabo mediante estudios minuciosos de carácter arqueológico y sobre la tenencia y uso de suelo, con la finalidad de que los monumentos arqueológicos dentro de las zonas queden debidamente protegidos.

Como punto de partida es necesario definir un bien arqueológico, y según el artículo 28, señala "son monumentos arqueológicos los bienes muebles o inmuebles, producto de culturas anteriores al establecimiento de la hispánica en el territorio nacional, así como los restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con esas culturas."¹⁴

Una vez que un sitio es propuesto a delimitar y mediante un proceso se llega a declarar, este debe ser registrado en la DRPMZA del INAH y en el Registro Público de la Propiedad de la entidad correspondiente, como lo señala el artículo 22, de la Ley en donde "...la declaratoria de que un bien inmueble es monumento, deberá inscribirse, además en el Registro Público de la Propiedad de su jurisdicción."¹⁵ Así mismo, en el reglamento de Ley en el artículo 19, se señala que, "En las inscripciones que de las declaratorias de zonas se hagan en los Registros Públicos de los Institutos competentes, se anotarán:

- I. La ubicación y linderos de la zona;
- II. El área de la zona; y
- III. La relación de los monumentos y, en su caso el nombre con que se les conozca."¹⁶

Estos elementos son importantes, ya que señalan las características físicas del área que será protegida.

La delimitación no sólo comprende el estudio arqueológico, también deben tomarse en cuenta parámetros como: la tenencia de la tierra, la afectación a comunidades indígenas,

¹³ Ibid., pág. 12.

¹⁴ Ibid., pág. 16.

¹⁵ Ibid., pág. 15.

¹⁶ INAH. Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, pág. 6.

problemas jurídicos, políticos, económicos, etcétera, de tal manera que resulte efectiva la protección de los sitios arqueológicos. Así mismo, deberá buscarse un medio que permita apoyar el uso y rehabilitación progresiva de las áreas delimitadas y su entorno, además de su vigilancia, de la dotación de infraestructura y servicios necesarios para incorporarlas activamente al desarrollo regional en general. Como en el caso de Teotihuacan, donde deben considerarse las poblaciones de San Juan, San Martín y otros asentamientos vecinos a esta importante ciudad arqueológica, en relación con el equipamiento, servicios, vivienda, artesanías y demás actividades del área.¹⁷

Por otro lado, se poseen ya instrumentos y figuras legales que aún con imperfecciones permiten una amplitud y variedad de acciones tendientes a una racional y efectiva protección, utilización, consolidación y rehabilitación del patrimonio. Sin embargo, se presentan dos problemas importantes, "por una parte la coordinación de las acciones destinadas a lograr una efectiva protección y rehabilitación y por otra la concepción y definición espacial de las zonas de valor."¹⁸ Es necesario entender que la ley vigente, es precisamente un instrumento que admite variaciones en sus formas de interpretación y aplicación.

Así, en la Ley Federal y en su Reglamento, se señalan las vías de colaboración entre comunidades y autoridades, en donde se hace referencia a las posibilidades de participación entre los institutos federales, no sólo con autoridades estatales y municipales sino con asociaciones civiles, juntas de vecinos y uniones de campesinos, para realizar acciones de rehabilitación y protección.

1.3. Situación actual en la protección de Zonas Arqueológicas.

¹⁷ DÍAZ, op. cit., pág. 195

¹⁸ Ibid., pág. 196.

Desde su fundación en 1939 el INAH es la institución que ha realizado la principal obra de rescate y recuperación del patrimonio, la promotora de la legislación, la formadora del personal técnico y científico que preserva, estudia y valora dicho patrimonio.

Así mismo, debe establecer según la Ley Federal de 1972, nuevas formas de colaboración y coordinación con las diferentes dependencias federales, estatales y locales cuyas funciones repercutan sobre el patrimonio, con el fin de unificar esfuerzos para resolver el problema que plantea su rescate, conservación y estudio, siendo uno de los mayores desafíos involucrar a toda la población en las labores de vigilancia y preservación del patrimonio arqueológico, en donde dada la extensión del territorio, la dispersión, riqueza y variedad de zonas, ninguna institución por sí sola puede tener la capacidad de conservar ese vasto y complejo patrimonio.

Por esto, dentro del marco de protección, se deben contemplar a los poblados y al marco natural y cultural como un conjunto, más allá de los límites de las áreas construidas. Es por esto importante establecer los límites precisos de las zonas de monumentos, tomando en cuenta también las áreas de crecimiento urbano para el desarrollo futuro. Siendo uno de los problemas de conservación en las áreas urbanas, la especulación con el valor del suelo y los mecanismos de comercio, que son sin duda los factores de destrucción más poderosos. Por lo tanto todos los programas nacionales, regionales o locales que modifican los recursos naturales, la organización del territorio, o la situación y tamaño de los pueblos y ciudades, así como los planes de desarrollo económico y modernización, tienen efectos de corto, mediano y largo plazo sobre la conservación del patrimonio cultural cuando estos planes se realizan sin la notificación de las autoridades que están a cargo de su conservación.

Para rescatar, estudiar y conservar el patrimonio cultural de México es indispensable conocer antes la ubicación precisa de todas las zonas arqueológicas, y sus características cuantitativas y cualitativas. Desafortunadamente, carecemos hoy de un catálogo general completo que identifique los numerosos monumentos arqueológicos en todo el territorio nacional, aclarando que en la actualidad se lleva a cabo un programa

tendiente a la protección, primero con el conocimiento y ubicación de las zonas arqueológicas, por lo que a través del tiempo se ha venido conformando el Atlas Arqueológico Nacional. Tarea que debe ser continua, con el objetivo de tener un mejor control sobre el patrimonio, y que esto sirva como punto de arranque para conformar programas de protección, conservación, investigación y difusión. Pero antes de realizar adecuadamente esta tarea es importante uniformar los criterios técnicos de catalogación y definir normas que faciliten su sistematización por medios electrónicos y su puesta al día permanente, para disponer así de un banco de datos básicos que permita planificar racionalmente los programas de investigación, conservación y difusión del patrimonio.

Para delimitar un sitio se deben considerar la mayor cantidad y diversidad de vestigios arqueológicos, además de analizar las características de su entorno. Es conveniente aclarar que existen algunas normas y proposiciones para formar algunos lineamientos, para llevar a cabo una delimitación, como pueden ser, solo por citar alguna, las normas de Quito, que señalan "que el espacio urbano que ocupen los núcleos o conjuntos monumentales y de interés ambiental debe delimitarse como sigue:

- 1) Zona de protección rigurosa, que corresponderá a la mayor densidad monumental o ambiental.
- 2) Zona de protección o resguardo con una mayor tolerancia.
- 3) Zona de protección del paisaje urbano, a fin de procurar una integración de la misma con la naturaleza circunvecina."¹⁹ Estas normas se pueden comparar con lo que se utilizó en la DRPMZA en marcar una zonificación al interior del sitio para reglamentar el uso de suelo del área que abarca la delimitación, (esta deberá ser interna, de control del INAH) es conveniente aclarar que para el proceso de declaración sólo se toma en cuenta un área en general, porque legalmente así se reconoce. Las zonas que se consideran son:
 - 1) Zona de monumentos arqueológicos bajo responsabilidad directa del INAH en donde no se permitirá ningún uso de suelo, salvo los necesarios para su mejor preservación y mantenimiento;

¹⁹ SÁNCHEZ, op. cit., pág. 182

2) Zona de reserva para investigación, en principio no se alterará el régimen de propiedad del suelo, la intervención se refiere a los usos de suelo que no alteren el grado de conservación de los restos arqueológicos. Deben evitarse la realización de construcciones y promover la introducción de cultivos que no alteren significativamente el medio ambiente, y 3) En esta zona los usos de suelo, sobre todo en lo referente a la construcción, deberán estar condicionados por los resultados de excavaciones de salvamento. Las modalidades de construcción, respecto a la ubicación, características y apariencia, serán reglamentadas.

Un ejemplo de esta zonificación es Teotihuacan, en donde se señala, en el artículo 13. del decreto publicado en 1988 "Zona de monumentos.- No se autorizarán construcciones cuya función, diseño o ubicación alteren, afecten o distorsionen los valores monumentales o el uso educativo y de investigación a que la misma está destinada.

Área Central o Ampliada.- No se permitirán construcciones nuevas ni ampliaciones de las existentes, con excepción de aquéllas que realice el INAH para el rescate, revitalización y difusión de los monumentos y de la zona misma.

Área de Protección General.- Se permitirá la realización de construcciones que no atenten contra la preservación e integridad de la zona de monumentos arqueológicos y siempre que se ajusten a las disposiciones establecidas en los planes o programas de centros de población aplicables a los municipios de... En todo caso, las obras se sujetarán a las disposiciones legales y reglamentaciones vigentes.-20

La declaratoria legal de una zona no implica su rehabilitación completa a corto plazo, pero sí permite orientar y cuidar las intervenciones inmediatas, con el apoyo de una reglamentación y un plan general de acción, técnico, económico y urbano. Siendo las prioridades para realizar una delimitación, las siguientes:

"1) Conjuntos más importantes, según la opinión general a nivel nacional.

2) Conjuntos más amenazados por un desarrollo acelerado, el turismo o la ejecución de grandes obras públicas o privadas.

20 PAREDES, G. Blanca. La delimitación con vías a la Declaratoria-Decreto de zonas arqueológicas, pág. 4.

3) Conjuntos en los que se manifieste mayor interés de la comunidad y de las autoridades locales, hacia el patrimonio cultural.-²¹ Prioridades que permitirán asegurar la permanencia del patrimonio cultural y natural de gran valor y su transmisión al futuro.

Por lo que es importante homogeneizar los conceptos de preservación de las zonas arqueológicas, considerando su protección de forma integral, tanto en lo referente al componente arqueológico, como al entorno ecológico. Asimismo, se debe reconocer la necesidad de solucionar los problemas de tenencia y uso de la tierra en las áreas afectadas, de tal manera que resulte efectiva la protección total de los sitios arqueológicos. La solución a dichos problemas requiere de la integración de un equipo multidisciplinario de trabajo integrado tanto por arqueólogos, antropólogos, historiadores, geógrafos, arquitectos, entre otros. Con el objetivo de frenar el aumento en la destrucción, invasión, deterioro y pérdida irreparable de numerosos monumentos, en donde muchas zonas arqueológicas son invadidas por diversos asentamientos, construcciones y obras que alteren su entorno, destruyendo sus monumentos y deteriorando sus características históricas y culturales. Es por esto importante incrementar la protección legal mediante la identificación de las zonas arqueológicas que requieren de una protección legal urgente, seguido por un estudio técnico necesario para fundamentar su declaratoria. Finalmente, debemos señalar que desde 1972, a pesar de las deficiencias atribuibles a un proceso de experimentación, se ha obtenido dentro del INAH, un claro avance en la delimitación de zonas arqueológicas, tanto en criterios y procedimientos como en la elaboración de planos de delimitación.

1.4. Programa de Delimitaciones y Decretos de Zonas Arqueológicas.

A partir de 1967, se implementa en lo que era el Departamento de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, un programa para la Sección de Delimitaciones y Decretos, cuyo objetivo principal era la "instrumentación de un conjunto de normas que

²¹ DÍAZ, op. cit., pág. 203

permitieran establecer en forma integral la protección de zonas arqueológicas en el país.²² Para la definición de las normas mínimas para la delimitación, se tomaron como base los lineamientos contenidos en el "Proyecto de Reglamentación, Defensa del Entorno y Declaratoria de la Zona Arqueológica de Cholula, Puebla,"²³ así como la propuesta general de la Zona Arqueológica de Teotihuacan, en el Edo. de México, en lo que se refiere al contenido mínimo de declaratoria de zona arqueológica.

En términos generales se plantean los siguientes aspectos básicos a considerar en la delimitación de un sitio arqueológico.

- 1) La protección de la mayor variabilidad posible de restos arqueológicos, con el fin de crear reservas para investigación con características tales, que permitan dar respuesta a una amplia gama de problemáticas.
- 2) La protección, y en su caso adecuación, del entorno de los sitios.
- 3) La solución, acorde a las condiciones económicas y sociales prevalecientes en la zona, a los problemas derivados de la tenencia y uso del suelo en el área delimitada.²⁴

De esta forma, se implementan los mecanismos para asegurar, previa a la decisión final de la delimitación, de un conocimiento general del sitio en lo que respecta tanto a su extensión como al tipo de elementos arqueológicos que contiene. Para ello resulta indispensable llevar a cabo un reconocimiento en campo y gabinete de las características de los restos arqueológicos presentes en el sitio y de su esquema de dispersión espacio-temporal. De esta manera, se señala que el "requisito básico para la realización de una delimitación, consiste en la conformación de un plano que indique tanto la tipología de restos arqueológicos, como los límites de dispersión de los mismos. Dicho plano puede construirse a partir de investigaciones previas, o en base a reconocimiento de superficie o, en su caso, de una combinación de ambos."²⁵

²² SOLANES, C. Ma. del Carmen, *Delimitaciones y Declaratorias de Zonas Arqueológicas*, pág. 11.

²³ SOLANES, C. Ma. del Carmen y Vela, R. Enrique, *Proyecto de Reglamentación Defensa del Entorno y Declaratoria de la Zona Arqueológica de Cholula, Puebla* s/n de pág.

²⁴ SOLANES, op. cit., pág. 11.

²⁵ *Ibid.*, pág. 13.

Una vez establecida la extensión del sitio y su configuración interna, se procede a registrar y evaluar las características e incidencia sobre la zona de los distintos componentes del entorno, definido éste como el espacio inmediato al sitio, el cual está formado tanto de elementos de orden natural, como de elementos producto de la actividad humana, así como del contexto económico y social en el que se insertan.

Los diferentes tipos de información: la arqueológica, la referente al entorno y la situación de los diferentes tipos de propiedad, se integran en el llamado expediente técnico.²⁶ A partir de la información contenida en dicho expediente, se procede a la elaboración del anteproyecto de declaratoria, el cual incluye las características y la justificación de la poligonal envolvente, las características de uso y tenencia de la tierra y las opciones posibles con respecto al uso de suelo, además debe contener la reglamentación necesaria para la protección del entorno y de los restos arqueológicos, ubicados en los terrenos protegidos y las acciones de coordinación entre las diferentes instituciones involucradas en la implantación de las restricciones sobre uso de suelo. Por último, se lleva a cabo la elaboración del anteproyecto de decreto de zona arqueológica y la reglamentación que la proteja, los cuales se fundamentan académicamente a través del expediente técnico, y se apegan a las recomendaciones contenidas en él.

Dentro del programa de delimitaciones implementado en la DRPMZA, que tiene como propósito lograr una mayor protección del patrimonio arqueológico, se ha buscado dar atención a todas las entidades federativas del país. En este nivel se encuentran aquíllas zonas arqueológicas de reconocida relevancia, que presentan un esquema de afectación severa, por lo que es aconsejable llevar a cabo el procedimiento completo de protección, desde su registro, delimitación (en caso de requerirlo su redelimitación), hasta la expedición del decreto de zona arqueológica, por lo que se ha establecido un cuadro de prioridades en función de:

1) El número, la importancia y las condiciones de preservación de los sitios arqueológicos.

²⁶ El expediente técnico está conformado por el plano de delimitación, la descripción completa del sitio y las recomendaciones necesarias para lograr una protección adecuada de la nueva zona arqueológica. INAH, Antropología, op. cit., pág. 45.

2) Las proposiciones realizadas por diversas instancias sobre la conveniencia de delimitar determinados sitios.

3) Las condiciones favorables para la protección de sitios, en términos de: actitud de la población, apoyo de otras instancias, etc.

4) Diferentes proyectos de investigación.

Dado el grado de afectación de cada sitio, y de la urgencia de protegerlo, se han utilizado dos tipos de intervención, aún cuando representan la fase de un mismo proceso: la delimitación del sitio y la promoción de la declaratoria de zona arqueológica.

La primera forma de intervención consiste en la delimitación, como una acción para la protección inmediata de zonas arqueológicas con procesos de destrucción avanzados. La investigación, en estos casos se limita a definir la extensión y configuración interna del sitio, para establecer en campo, los linderos del plano de delimitación.

Por otra parte, el tamaño y complejidad del componente arqueológico, y la agudización de diversos factores de afectación de algunos sitios, requieren necesariamente de acciones de protección más elaboradas que para otras zonas. Por lo tanto, es necesario considerar la realización de proyectos de delimitación que requieren una inversión en tiempo, recursos y personal especializado.

En 1984, dentro del programa Atlas Arqueológico Nacional, coordinado por la DRPMZA se propusieron tres etapas de desarrollo en las cuales "el objetivo de la primera era saber cuántos sitios arqueológicos existen en México, su localización, grado de destrucción e importancia. La segunda etapa opera como puente hacia la investigación, al tiempo que contribuye a la preparación del expediente técnico asociado a la gestión de declaratoria del total de sitios localizados en la primera etapa, seleccionando aquellos que por sus características requieren de protección por la vía de la declaratoria y decreto. La tercera etapa será de investigación libre, en la cual el investigador fijará un conjunto de problemas a resolver."²⁷

²⁷ NALDA, E. y López, J. Proyecto Atlas Arqueológico Nacional, s/n de pág.

Dentro de la primera etapa en el cuadro 3, se observa la situación actual del inventario de sitios arqueológicos a nivel nacional. En donde de un aproximado de 200,000

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA			
SITIOS ARQUEOLÓGICOS			
CLAVE	ENTIDAD FEDERATIVA	SITIOS ARQUEOLÓGICOS*	SITIOS DELIMITADOS**
1	AGUASCALIENTES	30	0
2	BAJA CALIFORNIA NORTE	238	1
3	BAJA CALIFORNIA SUR	1041	1
4	CAMPECHE	464	6
5	COAHUILA	147	0
6	COLIMA	295	1
7	CHIAPAS	1463	9
8	CHIHUAHUA	728	4
9	DISTRITO FEDERAL	297	17
10	DURANGO	116	1
11	GUANAJUATO	1271	4
12	GUERRERO	509	7
13	HIDALGO	697	6
14	JALISCO	404	6
15	ESTADO DE MÉXICO	1820	24
16	MICHOACÁN	1481	8
17	MORELOS	1032	12
18	NAYARIT	469	4
19	NUEVO LEÓN	327	1
20	OAXACA	2064	8
21	PUEBLA	1478	9
22	QUERÉTARO	1115	5
23	QUINTANA ROO	118	17
24	SAN LUIS POTOSÍ	769	3
25	SINALOA	231	0
26	SONORA	155	7
27	TABASCO	1809	3
28	TAMAULIPAS	137	4
29	TLAXCALA	1115	4
30	VERACRUZ	1012	12
31	YUCATÁN	1906	12
32	ZACATECÁN	277	5
	TOTAL	24508	203
	SITIOS POR REGISTRAR	175494	

Fuente: *Informe de sitios arqueológicos de Abril de 1987. INAH-DRPMZA.
 ** Información recopilada de diversas fuentes de la DRPMZA-INAH.

Cuadro 3. Total de sitios arqueológicos por entidad federativa.

sitios arqueológicos para todo el país, sólo 24.508 sitios se tienen registrados, es decir el 12.25 % del total, de los cuales, solamente 203 sitios arqueológicos están delimitados o redelimitados, es decir el 0.82 % del total de sitios registrados.

Para atacar este rezago es importante conjuntar esfuerzos y recursos institucionales, tanto materiales como humanos, que nos permitan preservar e investigar nuestro vasto patrimonio arqueológico, mediante acciones concretas que impidan su pérdida o deterioro y que permitan su mejor recuperación, de tal manera que el conjunto de esos bienes culturales se incorpore a las actuales generaciones, mediante el establecimiento de normas precisas que permitan una protección integral.

1.4.1. Metodología para la elaboración de una delimitación.

Para llevar a cabo una delimitación, el primer paso es conocer la localización y extensión del sitio, para lo cual, se ha implementado una cédula de registro (ver cédula de la página 25), la cual es básica para conformar el catálogo e inventario de sitios arqueológicos de manera sistemática, y que tiene como objetivo conocer el total de sitios arqueológicos existentes en el país, los tipos de sitio,²⁸ su ubicación geográfica, las vías de

²⁸ Los diferentes tipos de sitios que se manejan en la cédula de registro son:

a) Sitios con evidencia de estructuras (SE). Se trata de sitios con estructuras visibles de superficie, de posible función habitacional, ceremonial o cívica, normalmente asociadas a cerámica y lítica en densidades variables.

b) Sitio sin evidencia de estructuras (CL). Se trata de sitios que pudieron haber contenido estructuras pero que por destrucción post-ocupacional se presentan actualmente nivelados, como un simple conjunto de concentraciones o un continuo de cerámica o lítica. También están considerados los sitios de grupos sedentarios con cerámica pero sin arquitectura que produzca alteraciones topográficas, así como restos producto de la actividad de grupos nómadas o parcialmente sedentarios, sin cerámica.

c) Abrigos rocosos y cuevas (AC). El primero es una cavidad con saliente en la parte superior, sobre escarpas pronunciadas o afloramientos rocosos; frecuentemente la saliente se encuentra desplomada. La segunda, mucho menos común, se presenta en áreas de rocas solubles. Se establece la existencia de abrigos o cuevas por la presencia de artefactos y otros restos producto de actividad humana en las inmediaciones. El abrigo o la cueva pueden contener petrograbados o pictografías.

d) Concheros (CO). Se trata de acumulamientos de restos de alimentos, especialmente conchas o huesos. De dimensiones variables. Resultan de la actividad de recolectores especializados explotando situaciones de litoral, frecuentemente dentro de un patrón de ocupación cíclica sobre la misma área.

acceso, el uso actual del suelo, la extensión, el grado de destrucción, la temporalidad y la importancia del sitio, entre otros factores.

El siguiente paso es seleccionar aquellos sitios que por sus características, requieran de protección inmediata por la vía de la declaratoria y sobre los cuales se realizarán trabajos de delimitación, la cual consiste en la definición de los límites a partir de las características generales del sitio, extensión máxima y catalogación de los restos arqueológicos. De esta manera, se establecen los linderos del área que será protegida y se recuperarán los datos que permitan, en su caso, realizar estudios de todo tipo, cuyos resultados servirán de apoyo en el establecimiento de las modalidades de protección que resulten necesarias. El paso siguiente es el estudio del medio físico y social en que se localiza el sitio, definiendo por esta vía, tanto las características del entorno natural como las posibilidades reales de proteger el sitio, en función de factores económicos y sociales. A partir de este momento se empezará a conformar el expediente técnico que posteriormente servirá de base para el anteproyecto de decreto. Dentro de estas etapas se debe valorar la situación actual en la tenencia de la tierra, el avance urbano e involucrar a la gente e instancias en la tarea de protección del patrimonio. Estableciendo las proposiciones finales de protección del sitio, las cuales pueden ser básicamente de dos tipos: la protección total del asentamiento, bajo un criterio único, o en función de prioridades y de las posibilidades de aplicar medidas específicas de protección.

La etapa más importante del procedimiento de delimitación, es la definición de los límites y características generales del sitio, pues en ella se define lo que hay que proteger y la importancia específica de los distintos elementos arqueológicos que en ella se encuentren. Para esto se realizan las siguientes fases sucesivas de análisis y recuperación de información:

1) Para llevar a cabo el registro del sitio se realiza un análisis bibliográfico y cartográfico, en los casos en que existan investigaciones previas. Es conveniente analizar y evaluar la

e) Cuerpos de agua aislados (AA) Se trata de lagunas, cenotes, manantiales, etc. en los cuales se sospecha se hayan realizado deposiciones de restos arqueológicos como parte de un ritual o simplemente por eliminación de desechos de artefactos u otros restos de interés arqueológico. Ibid., págs. 3-35.

12. GRADO DE DESTRUCCIÓN POTENCIAL EN EL SITIO6. Ninguno

1. Por obra de infraestructura a corto plazo 4. Extracción de piedras como material de construcción 7. Avanzamiento urbano
2. Por obra de infraestructura a mediano plazo 5. Extracción de piedras como material de relleno 8. Vandalismo
3. Por obra de infraestructura a largo plazo 6. Instalación del terreno como áreas agrícolas
9. Extensión de servicios 10. Estampido de mobiliario 11. Pluralidad de usos 12. Paredes de mampolenas

13. Observaciones sobre intensidad de destrucción y otros procesos no deseados:

13. GRADO DE EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS6. Ninguno

1. Escavación 2. Remoción 3. Turbación 4. Enterramiento 5. Pérdida visual
- F. No

Observaciones:

14. MATERIALES FUNDAMENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS:6. No observables

1. Piedra canchali 2. Piedra y tierra 3. Ladrillo 4. Adobe 5. Tierra
6. Otro

Observaciones sobre presencia original de material y proporciones:

15. OTROS VALORES DEL SITIO

2. Investigado 3. Considerado excepcional 7. Ombúales 8. Alta valor estético 9. Sin acuerdo o trabajo especializado

Observaciones sobre justificación de la clasificación:

16. TENENCIA DE LA TIERRA EN EL ÁREA DEFINIDA POR LOS LÍMITES DEL SITIO:

1. Faltante 2. Comunal 3. Propiedad particular 4. Ombúales propiedad 5. Eje del

Observaciones sobre posesión y tenencia:

17. CRONOLOGÍA TENTATIVA:

MUESTREAR MATERIAL CERÁMICO Y/O LÍTICO DIAGNÓSTICO EN CASO DE QUE EL ÁREA NO HAYA SIDO INVESTIGADA

1. Anterior a 5000 a.n.p. 2. 1000-5000 a.n.p. 3. 1000 a.n.p.-500 a.n.p. 4. 500-1000 a.n.p. 5. 500-1000 a.n.p.
6. 1000-1500 a.n.p. 7. Pos. 1500 a.n.p.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA DEL SITIO:

1. Descripción
2. Mapa o croquis



CATÁLOGO E INVENTARIO DE ZONAS ARQUEOLÓGICAS

 CLAVE XXXXXXXXXX

Ases: _____ Fecha: _____ 01. TIPO DE SITIO: _____

02. NOMBRE DEL SITIO: _____ Municipio: _____ Estado: _____

03. COORDENADAS UTM: E _____ 04. NÚMERO DE CARTA _____

N _____ Escala de la carta _____

05. FOTO AÉREA:

 Instalación

Compañía o institución: _____ Escala: _____ Fecha de vuelo: _____

Número de foto: _____ o vuelo: _____ Línea: _____ Foto: _____

Número de mesas en foto: _____ Cuadro menor: _____

 06. INFORMACIÓN RECUPERADA POR: 1. Bibliografía 2. Entrevistados 3. Informados 4. Consultas

 INFORMACIÓN: 1. Verificada en campo

 2. No verificada en campo
**07. TAMAÑO DE POBLACIONES MÁS CERCANAS
AL SITIO:**
**08. ACCESO AL SITIO DESDE POBLACIONES
A MENOS DE 10 Kms.**
TAMAÑO DE POBLACIONES (HABITANTES)

Km	TAMAÑO DE POBLACIONES (HABITANTES)		
	< 500	500-2500	> 2500
0			
0.1-5			
5-10			

DISTANCIA A RECORRERSE (en kms)

Km	DISTANCIA A RECORRERSE (en kms)		
	0-1	1-5	5-10
1			
2			
3			
4			
5			
6			

09. USO ACTUAL DEL SUELO:

 1. Forestal 2. Campesino 3. Agricultura de temporal 4. Agricultura de riego 5. Urbano 6. Turismo

7. Otro: _____

Observaciones sobre preparaciones y localización: _____

10. NÚMERO Y TAMAÑO DE ESTRUCTURAS DEL SITIO:

 EXTENSIÓN _____ m²

Km ²	NÚMERO DE ESTRUCTURAS				
	0-5	6-10	11-50	51-100	> 100
+ 2					
2-5					
6-10					
+ 10					

 (1 Hectáreas = 10 000 m²)

11. GRADO DE SAQUEO ENCONTRADO EN EL SITIO:

 0. Ninguno 2. Saqueo reciente ocasional
 1. Saqueo antiguo 3. Saqueo reciente sistemático simple
 4. Saqueo reciente sistemático profesional

12. GRADO DE DESTRUCCIÓN POTENCIAL EN EL SITIO

1. Por obra de infraestructura o corte plano 4. Estrucción de pillos como actividad auxiliar 6. Aljibes 7. Actividades festivas
 2. Por obra de infraestructura o máquina piloto 5. Estrucción de pillos como actividad mayor 8. Vandalismo
 3. Por obra de infraestructura a largo plazo 6. Nivelación del terreno para más actividad

EROSIÓN:

9. Estanera sencilla 10. Estanera mejorada 11. Paredal sencillo 12. Paredal mejorado

13. Observaciones sobre actividad de destrucción y otras acciones en desarrollo:

13. GRADO DE EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS ARQUEOLÓGICOS

1. Enterrado 2. Angulaciones 3. Turbado 4. Enterrado 5. Placa normal
 6. Otro: _____

F. no _____

Observaciones _____

14. MATERIALES FUNDAMENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS:

1. Piedra canchada 2. Piedra y tierra 3. Ladrillo 4. Adobe 5. Tierra
 6. Otro: _____

Observaciones sobre presencia original de material y preparación:

15. OTROS VALORES DEL SITIO

1. Dificultad 2. Investigable 3. Conservación excepcional 4. Alta valor estético 5. Sitio asociado a trabajo experimental

Observaciones sobre justificación de la elección:

16. TENENCIA DE LA TIERRA EN EL ÁREA DEFINIDA POR LOS LÍMITES DEL SITIO:

1. Ferial 2. Comunal 3. Propiedad privada 4. Múltiple propiedad 5. Eje

Observaciones sobre posesión y tenencia:

17. CRONOLOGÍA TENTATIVA:

SUGERIR MATERIAL CERÁMICO VIA LÍTICO DIAGNÓSTICO EN CASO DE QUE EL ÁREA NO HAYA SIDO INVESTIGADA

1. Anterior a 6000 a.p. 2. 5000-1000 a.p. 3. 1000 a.a.-200 a.a. 4. 200-600/800 a.a. 5. 600/800-1000 a.p.
 6. 1000-1621 a.p. 7. Post. 1621 a.p.

BIBLIOGRAFÍA MÍNIMA DEL SITIO:

1. Descripción _____

2. Mapa e itinerario _____

información que permita definir las características del sitio, las cuales funcionarán como herramienta de apoyo para el establecimiento de los límites del sitio en sus distintas ocupaciones, así como en el conocimiento de la distribución interna de los diferentes tipos de restos arqueológicos que lo conforman.

2) Análisis del entorno y mapeo del sitio. En esta fase se pretende conformar un croquis preliminar del sitio, en el que se indiquen los restos arqueológicos que contiene. Esto se puede realizar mediante un análisis del paisaje por medio de la interpretación de fotografías aéreas, en donde se podrá detectar anomalías en el entorno, producto de diversas actividades realizadas por el hombre en el pasado, como arreglos espaciales en la vegetación, atineamientos, tonalidades diferenciales en el suelo, entre otros. Además debe analizarse la distribución espacial de los distintos restos arqueológicos y su interrelación con el medio físico, para finalmente establecer las alteraciones del entorno y la afectación del sitio por medio de modificaciones naturales y sociales del medio que lo rodea.

3) Verificación en campo. El croquis producido en la fase anterior debe ser verificado y corregido en campo. Durante el recorrido se recupera, asimismo, información pertinente a los materiales observables en superficie que puedan ser utilizados como marcadores cronológicos. Al mismo tiempo se recopilará la información referente a los usos y tenencia del suelo, características del entorno y estado de conservación actual de los restos arqueológicos, entre otros aspectos.

Toda la información producida en las fases anteriores, deberá ser analizada y evaluada en su conjunto para definir los límites del sitio y sus características internas. A partir de esto se llevará a cabo la delimitación en campo, a través de una brigada de topografía, la cual realizará el levantamiento topográfico del sitio arqueológico.

Los puntos anteriores ponen de manifiesto la importancia de una delimitación de zona arqueológica, lo que implica una decisión sobre lo que se considera necesario preservar, lo cual debe sustentarse en la investigación arqueológica que habrá efectuado el arqueólogo responsable. lo que implica evidentemente un buen conocimiento del sitio, de

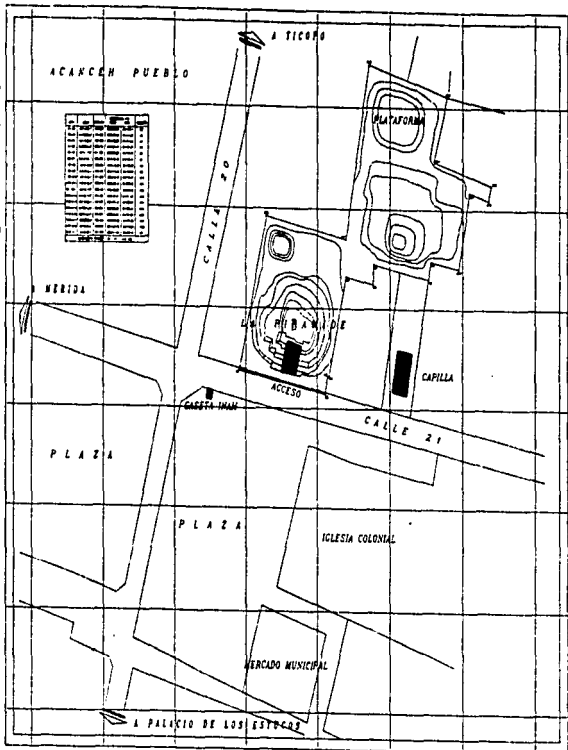
sus características, de sus etapas, de su cronología, etc., y además de las posibilidades de apoyo de la comunidad.

La ausencia de normatividad en fechas recientes con respecto a la delimitación de sitios, ha provocado que en buena parte de las zonas arqueológicas ya delimitadas se presenten aún y en algunos casos se hayan agudizado, los problemas de conservación que motivaron la toma de medidas de protección. La mayoría de estas delimitaciones cubren únicamente las áreas en que se localizan los monumentos de mayor tamaño. Debido a esta cobertura parcial en la protección de los sitios, y entre otros factores, a la fuerte presión social sobre dichos asentamientos prehispánicos, se ha visto en la necesidad de realizar continuamente redelimitaciones de sitios, actividad que ha ocasionado una pérdida, tanto de recursos económicos como humanos. Dentro de esta situación, por citar algún caso, se encuentra la zona arqueológica de Santa Cruz Acalpixca, en el Distrito Federal, que ha sido redelimitada varias veces (1980, 1987, 1993).

Un ejemplo de delimitación es el realizado en la zona arqueológica de Acancéh, en el Edo. de Yucatán (ver mapa 1), realizada en noviembre de 1994. En esta se observa como el sitio se encuentra ubicado en el centro de la población y los límites de la delimitación sólo se basaron en la protección del área monumental, siendo que a tan solo 500 metros se encuentra otra estructura importante y que quedó fuera del área protegida. En el caso particular de una zona que se encuentra en una área urbana, principalmente se protege la zona monumental, ya que en caso de abarcar un área mayor se podrían ocasionar conflictos con la población que pudiera resultar afectada.

Otro ejemplo es la redelimitación de la zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán (ver mapa 2), realizada en diciembre de 1994, redelimitación que abarca un área mayor a la protegida en la delimitación realizada en julio de 1977. En este caso se abarcó no solo el área monumental sino también el área habitacional y de cultivo, debido principalmente a que esta zona no tiene problemas de afectación social y urbana, ya que se ubica en medio de la selva y por consiguiente en estos casos se trata de proteger la mayor superficie posible.

Mapa 1. Delimitación de la Zona Arqueológica de Acanceh, en el Edo. de Yucatán.
28



NO.	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS
1	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
2	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
3	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
4	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
5	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
6	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
7	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
8	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
9	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
10	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
11	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
12	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
13	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
14	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
15	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
16	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
17	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
18	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
19	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
20	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
21	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
22	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
23	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
24	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
25	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
26	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
27	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
28	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
29	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
30	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
31	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
32	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
33	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
34	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
35	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
36	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
37	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
38	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
39	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
40	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
41	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
42	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
43	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
44	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
45	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
46	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
47	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
48	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
49	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O
50	PLATAFORMA	20° 15' 30" N 89° 45' 00" O

LEGENDARIO

SONOS

Escala de 1:50000 (1 cm = 500 m)

INSTITUTO NACIONAL DE ANTRPOLOGIA E HISTORIA

SECRETARÍA DE CULTURA Y TURISMO

ESTADO DE YUCATÁN

SECRETARÍA DE CULTURA Y TURISMO

ESTADO DE YUCATÁN

SECRETARÍA DE CULTURA Y TURISMO

ACANCEH

"LA FRANCES"

ESTADO DE YUCATÁN

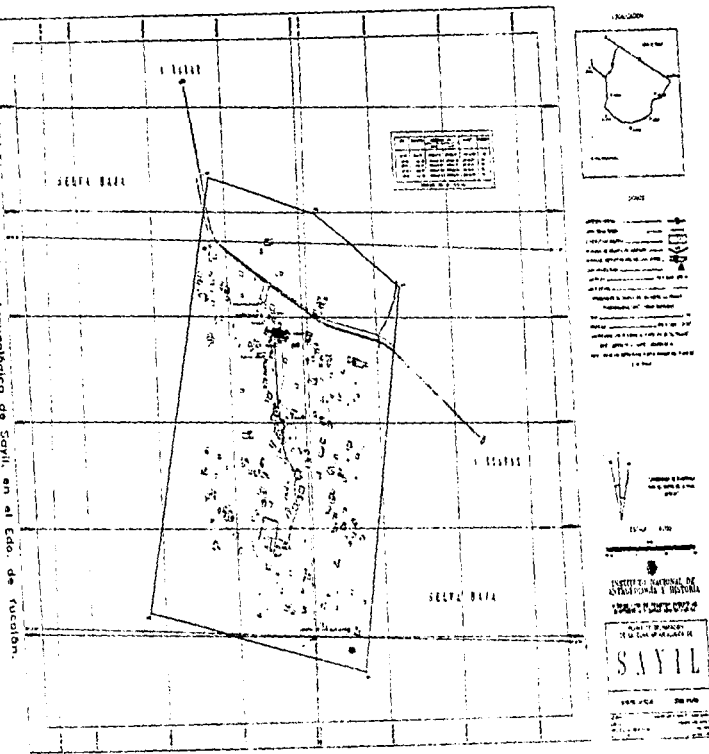
SECRETARÍA DE CULTURA Y TURISMO

Un punto importante, es la forma de levantamiento del plano de delimitación o redelimitación de una zona. En el caso de la zona arqueológica de Acancéh, esta se levantó utilizando un taquímetro electrónico, mediante la técnica de levantamiento tradicional (poligonal cerrada), en la cual se levantó la poligonal de delimitación, las estructuras y los trazos urbanos. Este levantamiento se complementó con la puesta de tres estaciones de posicionamiento satelital (GPS), de los cuales se obtuvo el amarre geográfico de la poligonal cerrada y la orientación del plano. En el caso de la zona arqueológica de Sayil se realizó un levantamiento con un taquímetro electrónico, mediante la técnica de levantamiento tradicional (poligonal abierta), con la que se tomaron algunos detalles de las estructuras y de los caminos, que sirvieron de amarre para la digitalización de un plano arqueológico ya existente. La poligonal de delimitación o sea la que define los límites de la zona arqueológica, se levantó con los receptores GPS, debido a que las distancias entre mojeneras eran grandes y el acceso era complicado, a parte de que el procedimiento de levantamiento es más fácil y rápido.

En el cuadro 4, se observan las 203 zonas arqueológicas delimitadas y redelimitadas en el país, de las cuales 40 sitios han sufrido desde una redelimitación, como Yaxchilán, en el Edo. de Chiapas, dos redelimitaciones como Santa Cruz Acalpixca, en el Distrito Federal, cuatro redelimitaciones en Monte Albán, en el Edo. de Oaxaca y cinco redelimitaciones en Teotihuacan, en el Edo. de México. Los estados que mayor cantidad de zonas arqueológicas tienen delimitadas son el Edo. de México (24), Quintana Roo (17) y el Distrito Federal (17) respectivamente, mientras que en Aguascalientes, Coahuila y Sinaloa, no existe delimitación alguna.

Los planos de delimitación o redelimitación se empezaron a realizar a partir del año de 1973 a la fecha, utilizando para su elaboración diferentes métodos de levantamiento, como son los levantamientos topográficos tradicionales como los realizados en Bonampak, en el Edo. de Chiapas y Tulum-Tankah, en el Edo. de Quintana Roo; restituciones fotogramétricas como en Edzná, en el Edo. de Campeche y Tingambato, en el Edo. de Michoacán; digitalización de planos ya existentes complementados con levantamientos

Mapa 2. Redefinición de la Zona Arqueológica de Sevilla, en el Edo. de Tacahon.
30



topográficos tradicionales como el caso de Teotihuacan, en el Edo. de México y finalmente los levantamientos con taquímetro electrónico complementados con GPS y digitalización de planos ya existentes como en Uxmal y Sayil, en el Edo. de Yucatán, entre otros. En el caso de este último método, podemos señalar que de los 263 planos realizados hasta la fecha, 54 se han realizado con esta tecnología a partir de 1992, o sea el 20.53 % del total. A manera de comparación se puede decir que en promedio, desde 1973 a la fecha se han realizado 11.9 planos por año y que a partir de que se implementó esta tecnología el promedio subió a 13.5 planos por año. Es importante señalar que este promedio podría ser mayor, si el equipo se utilizara a su máxima capacidad; por decir algo, de enero a junio de 1998, solamente se realizaron dos planos de delimitación, debido principalmente a la falta de recursos económicos en la institución.

1.5. Delimitaciones y Declaratorias.

Con el establecimiento de bases sólidas respecto a la protección del patrimonio arqueológico por la vía de la delimitación-declaratoria, un punto importante es evaluar al conjunto de zonas arqueológicas delimitadas para conocer su estado actual de conservación. Con el fin de asignar un nivel de prioridad a cada sitio, tomando en cuenta la existencia de algunos de los siguientes criterios:

- 1) Las posibilidades de afectación a corto y mediano plazo por distintas vías, principalmente, el desarrollo urbano u obras de infraestructura.
- 2) Su importancia para el estudio de ciertos aspectos de la historia prehispánica.
- 3) La existencia de condiciones favorables para la instrumentación de acciones de protección.

De acuerdo con estos criterios se pueden asignar prioridades de protección a corto y mediano plazo, siendo esta prioridad preliminar, ya que se puede encontrar sujeta a cambios, ya que las condiciones de afectación en los sitios se modifican continuamente.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA						
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS						
SITIOS ARQUEOLÓGICOS DELIMITADOS Y REDELIMITADOS						
EDO.	NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			DEL.	RED.
		LATITUD	LONGITUD	NORTE		
B. C. N.	El Vallecito**			3000800 00	565400 00	May-95
B. C. S.	Sierra de San Francisco**			3012200 00	265400 00	Abr-94
CAMP*	Bacán**			2040616 06	239694.26	Feb-95
	Chucucocá**			2122695 00	787872 00	Ago-94
	Chucama**			2047996 16	237446 90	Feb-94
	Edzna**			2169020 00	790670 00	Oct-94
	Hochob**			2146326 00	207069 00	Ago-94
	Itze-Juana**			2236364 00	762718 00	Ago-94
	Xpuul (Área central)**			2048504 62	246718 30	Ago-94
	Xpuul (Área circundante)**			2047857 55	247006 33	Mar-94
COL	El Chanasal**	19° 17' 37" N.	103° 42' 00" W.			Mar-92
CHIAP.	Bombrén**			1847470 00	706300 00	Feb-91
	Chupá de Carzo**	18° 42' 13" N	93° 00' 10" W			Abr-95
	Chixuluc**	18° 09' 00" N	91° 47' 00" W			Sep-81
	Huixtla**	15° 07' 41" N	82° 26' 34" W			Nov-60
	Graps**	14° 54' 46" N	92° 11' 04" W			Oct-65
	Ligartero**	15° 52' 00" N	91° 53' 00" W			Jul-81
	Palenque**	17° 19' 00" N	92° 01' 54" W			Sep-53
	Palenque**	17° 29' 01" N	92° 02' 00" W	1933206 00	801250 00	May-91
	Tonina**	16° 55' 00" N	92° 02' 00" W			Sep-81
	Yaxchilan**			1965444 55	715746 54	Feb-93
	Yaxchilan**			1166300 00	718000 00	Jun-84
CHIH.	Cuarenta Casas**			3272841 67	773725.11	Ago-95
	Cueva de la Ota**			3340774 30	75682 30	Ago-95
	Paqueme**	30° 22' 01" N	107° 56' 49" W			Ene-79
	Sierra de Samalayuca*			3465961 00	353469 35	Ago-95
D. F.	Cerro de la Estrella**	19° 20' 36" N	96° 05' 22" W			Oct-79
	Cerro del Judío**	19° 19' 06" N	99° 15' 25" W	2138700 00	400600 00	Nov-91
	Cerro del Zacatopet**	19° 18' 20" N	99° 11' 51" W			Sep-79
	Capulco**	19° 20' 16" N	99° 11' 06" W			Jun-80
	Capulco**	19° 19' 00" N	99° 10' 55" W			Nov-77
	Cuculuc**	19° 17' 45" N	99° 11' 05" W			Jul-76
	Cuculuc (Montículo Peña)**					Ene-84
	Cuculuc**			2134000 00	480950 00	Nov-91
	El Japon**			2131850 00	462750 00	Abr-94
	El Mirador**	19° 14' 15" N	99° 06' 25" W			Oct-83
	Las Nopales**	19° 17' 00" N	99° 09' 00" W			Nov-80
	Los Reyes Acaquilpan**	19° 21' 07" N	98° 58' 45" W			Jun-75
	Miscaltepec**			2140170.00	467450 00	Mar-90
	San Pedro de los Pinos**	19° 23' 04" N	99° 11' 26" W			Abr-74
	San Pedro de los Pinos**			2143350 00	460075 00	Feb-82
	Santa Cruz Acapoteca**	19° 14' 20" N	99° 04' 20" W			Ene-80
	Santa Cruz Acapoteca**			2127350 00	462750 00	Ago-87
	Santa Cruz Acapoteca (Área C.)*			2127350 00	462750 00	Jun-83
	Templo Mayor**	19° 26' 02" N	99° 07' 54" W			Oct-82
	Tenancingo**	19° 17' 21" N	99° 11' 19" W			Ene-84
	Tlaxiaco**			2150510 00	465620 00	Ago-81
	Villa Olímpica**	19° 17' 53" N	99° 11' 17" W			Jun-79
	Xcoatlaco**			2134200 00	491900 00	Dic-87

Cuadro 4. Sitios arqueológicos delimitados y redelimitados por entidad federativa

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA						
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS						
SITIOS ARQUEOLÓGICOS DELIMITADOS Y REDELIMITADOS						
EDO.	NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		DEL.	RED.	
		LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	
DUR.	La Ferrería*					Sep-95
GUAN.	Cerro de la Cruz**	20° 45' 26" N	100° 47' 35" W	2649910.00	534940.02	Ago-81
	Los Remedios**	20° 43' 32" N	100° 45' 10" W			Jul-81
	San Bartolomé Aguá Caliente**	20° 26' 05" N	100° 32' 36" W			Abr-83
	San Miguel Viejo**	20° 54' 09" N	100° 47' 18" W			Oct-85
	San Miguel el Viejo**	20° 54' 09" N	100° 47' 18" W			
QUE.	Cerro de Cutzuma**	18° 26' 21" N	100° 03' 39" W			Ago-81
	tecatopan**			2045150.00	416250.00	Jun-94
	La Organera**	17° 46' 02" N	99° 38' 46" W			Jun-81
	La Organera Rocapetá**			1965350.00	433500.00	
	Los Tepalcates**			1946750.00	457000.00	Jun-90
	Palma Sotá**	18° 53' 38" N	99° 54' 27" W			Feb-81
	Tropantlocuacurtilán**	17° 54' 40" N	99° 07' 04" W			Mar-85
	Tropantlocuacurtilán**			1978533.76	486143.19	
	Tlaxá**			1940200.00	546785.00	Sep-90
	Tlaxá**					Sep-77
HID.	El Castillo**	20° 02' 45" N	99° 19' 00" W			Nov-75
	Huapascalco**	20° 07' 10" N	99° 21' 39" W			May-75
	La Mesa**	20° 08' 30" N	99° 11' 00" W			Oct-83
	Sierra de las Navajas**	20° 04' 00" N	99° 34' 00" W			Jul-83
	Tepapulco**	19° 49' 55" N	99° 33' 13" W			Oct-77
	Tula**	20° 02' 00" N	99° 19' 45" W			
	Tula**			2218450.00	464400.00	Oct-91
JAL.	El Cereño**	20° 44' 00" N	102° 22' 10" W			Jun-77
	Itálapa**	20° 43' 26" N	105° 12' 21" W	2291468.67	478561.00	May-93
	Itálapa**	20° 37' 54" N	103° 26' 35" W			Feb-80
	Los Cerritos**	20° 38' 06" N	103° 28' 48" W			Oct-85
	Los Padres**	20° 38' 43" N	103° 27' 30" W			Jul-85
	Santa Ana Tepetitlán**	20° 37' 28" N	103° 27' 18" W			Jul-85
MEX.	Acozac (sitio arqueológico)**	19° 19' 52" N	98° 53' 28" W			Mar-76
	Acozac (Zona Arqueológica)**	19° 19' 52" N	98° 53' 28" W	2137250.00	511400.00	
	Acozac**					Nov-81
	Acozac**					Feb-92
	Cahuatlahuaca**	19° 19' 52" N	99° 41' 34" W			Oct-75
	Cahuatlahuaca**					Oct-93
	Caño Quemado**	19° 29' 00" N	98° 47' 58" W			Oct-78
	Caño Quemado**	19° 29' 00" N	98° 47' 58" W			Sep-83
	Cerro de Moctatzuma**					Mar-92
	Chamaahuacán**	19° 25' 00" N	98° 56' 58" W			Ene-74
	El Cereño**			2152725.00	475700.00	Ago-80
	El Salitre**	18° 46' 03" N	99° 39' 57" W			Oct-82
	El Salitre**			2080000.00	430000.00	
	El Salitre**			2091299.49	558878.52	Jul-82
	Huacotlán**	19° 28' 50" N	98° 52' 25" W			Oct-86
	Huacotlán**			2153400.00	513400.00	Feb-80
	Huacotlán**			2123077.00	380590.00	May-92
	La Palma**					Nov-93
	La Peña**	19° 12' 04" N	100° 08' 45" W			Sep-84
	La Trinidad**	19° 30' 22" N	98° 52' 05" W			Oct-78
	Los Trincheros**	19° 30' 58" N	98° 52' 30" W			May-74
	Los Melones**	19° 30' 37" N	98° 52' 43" W			Oct-73
	Manatico**	18° 57' 04" N	99° 30' 08" W			Jul-76
	Pueblo Viejo**	18° 46' 57" N	99° 40' 08" W			Oct-82
	San Diego**	19° 30' 22" N	98° 51' 57" W			Ago-75

Cuadro 4. Sitios arqueológicos delimitados y redelimitados por entidad federativa.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA						
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS						
SITIOS ARQUEOLÓGICOS DELIMITADOS Y REDELMITADOS						
EDO.	NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA		DEL.	RED.	
		LATITUD	LONGITUD			
MEX.	San Marcos***			2136574 00	423322 00	Nov-93
	Santa Cecilia**	19° 33' 04" N	99° 10' 20" W.			Ene-74
	Tehuacan**	19° 31' 52" N.	90° 10' 06" W			Sep-79
	Tehuacan II*			2159966 14	482231 48	Ene-95
	Tehuacan**			2112650 00	436825 00	Ago-98
	Tehuacan**	19° 41' 3" N.	98° 50' 30" W.			Oct-83
	Tehuacan**			2177225 00	516425 00	
	Tehuacan (zona C)**			2177225 00	516425 00	Ago-89
	Tehuacan (zona A)**			2177225 00	516425 00	Sep-89
	Tehuacan (zona B)**			2177225 00	516425 00	Oct-89
	Tehuacan**			2177225 00	516425 00	May-95
	Tescutzingo**	19° 29' 47" N.	98° 49' 05" W.			Oct-78
	Tescutzingo***	19° 29' 47" N	98° 49' 05" W.			Sep-93
Tlapcoya**					Oct-73	
MICH.	Huandacaran***			2212307 00	260403 00	Oct-94
	Huasteco**	19° 36' 00" N	101° 37' 00" W.			Ago-77
	Huasteco*			2165526 78	224272 80	May-93
	San Antonio Corupo**	19° 58' 50" N	101° 55' 00" W.			May-82
	San Felipe los Altos***			2157386 00	353692 00	Jun-94
	Tarsumando**	19° 47' 45" N	101° 29' 16" W.			Sep-85
	Tingambato**	19° 30' 00" N	101° 51' 50" W.			Sep-80
	Tingambato**	19° 30' 00" N	101° 51' 50" W.			Abr-85
	Tingambato**			2157813 00	199934 00	Ago-94
	Tres Cerritos***			2208357 00	279537 00	Sep-94
	Tzimtzunzan**	19° 37' 55" N	101° 33' 42" W.			Mar-77
	Tzimtzunzan**			2171828 12	229955 94	Mar-93
	MOR.	Chalcatzingo**	18° 40' 48" N.	98° 46' 04" W.		
Chalcatzingo**						May-83
Coahuatenco**				2070508 15	465561 00	Oct-93
El Tepozteco***				2100707 00	489359 00	Ago-94
La Media Luna**		18° 46' 00" N	99° 22' 00" W			Ago-77
Las Pías**		18° 41' 11" N	98° 46' 17" W.			May-76
Los Mogotes**		18° 47' 00" N.	99° 20' 00" W.			Ago-77
Oadspec**				2089100 55	503998 75	Abr-94
Orizapan**		18° 44' 19" N	98° 59' 08" W.			Sep-81
Tehuacanrabilis***						Dic-94
Teopanzolco**		20° 36' 00" N	99° 13' 00" W.			Oct-79
Xochcalco**		18° 48' 14" N	99° 17' 48" W.			Sep-79
Xochcalco**		18° 46' 14" N	99° 17' 48" W.			Ago-84
Xochcalco**	18° 48' 13" N	99° 17' 51" W.	2079000 00	465700 00	Jun-90	
Xochcalco**	18° 46' 10" N	99° 17' 46" W.	2078927 92	466794 29	Ago-93	
Yauhtpec**			2067400 00	492740 00	Mar-90	
NAY.	Almapa***			2409783 00	472468 00	Ago-94
	Coahuatenco**			2422391 00	475294 00	Ago-94
	Chicahuatenco**	21° 37' 00" N.	105° 16' 00" W			Dic-90
N.L.	Los Totonas**			2326447 00	568099 00	Ago-94
	Boca de Potrerillos***			2281283 00	335395 00	Jun-94
OAX.	Cerro de las Minas**	17° 49' 05" N	97° 46' 25" W.			Jun-86
	Cerro Tepeal**	17° 25' 16" N	98° 32' 38" W.			Abr-75
	Demuzi**	17° 00' 00" N	98° 37' 59" W.			May-73

Cuadro 4. Sitios arqueológicos delimitados y redelimitados por entidad federativa

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA							
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS							
SITIOS ARQUEOLÓGICOS DELIMITADOS Y REDELIMITADOS							
EDO.	NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA				DEL.	RED.
		LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE		
OAX.	La Loma**	17° 09' 28" N	96° 49' 15" W			Sep-65	
	Mela*	16° 55' 25" N	96° 21' 27" W			Ene-65	
	Monte Alban**	17° 03' 43" N	96° 45' 18" W			Jun-73	
	Monte Alban**	17° 03' 43" N	96° 45' 18" W				Oct-76
	Monte Alban**	17° 03' 43" N	96° 45' 18" W				Nov-76
	Monte Alban, Gallo, Atzompa**	17° 02' 30" N	96° 46' 05" W				Jun-85
	Monte Alban**						Nov-92
	San Antonio**	17° 02' 15" N	96° 41' 26" W				Oct-76
	Zacahua*			1875400 54	739700 36		Sep-93
	Amulucan**	19° 03' 00" N	98° 07' 00" W				Abr-83
PUE.	Amulucan**		2105950 00	591900 00			Ene-98
	Amulucan**		2105900 00	591900 00			Dic-96
	Atisco*		2091299 49	558678 52			Dic-96
	Chapultepec*		2214546 00	654747 01			Ago-98
	Cueva de Coacatlán*		2014104 00	573490 00			Mar-93
	Chokula**	19° 03' 31" N	98° 18' 02" W				Jul-82
	Chokula**		2107180 00	573490 00			Feb-91
	Chokula**		2107585 48	572672 14			Sep-93
	La Piedra Tlaxcalteca**	19° 19' 00" N	98° 32' 52" W				Oct-80
	Los Cerritos**	19° 19' 40" N	98° 27' 00" W				Oct-80
	Presas Purrón (Maquitongo)*		2010355 63	698085 63			Abr-94
	Tehuacán Viejo*		2040178 53	674076 27			Abr-94
	Yohualteñan**	20° 06' 00" N	97° 30' 30" W				May-82
	Yohualteñan**		2219010 22	656598 01			Jul-96
	QUE.	El Cerrito**	20° 33' 06" N	100° 23' 36" W			
El Cerrito**		20° 33' 06" N	100° 23' 36" W				May-84
El Cerrito***			2272950 00	349500 00			May-86
El Cerrito***			2272950 00	349500 00			Mar-85
El Puéblito**		20° 33' 06" N	100° 23' 36" W				Feb-79
Renas**		20° 55' 32" N	99° 33' 49" W				Feb-77
Renas**			2313875 00	441200 00			Abr-87
Renas**			2313906 00	441319 00			Nov-93
Santa Bárbara**			2268300 00	360500 00			May-88
Toluquilla**		20° 51' 08" N	99° 30' 31" W				Mar-81
Toluquilla**			2309100 00	444800 00			Mar-86
Toluquilla***			2309043 00	744850 00			Jun-94
Celac*			2275745 43	485425 38			Nov-94
Coba**			2265670 00	423575 00			Nov-94
Cozumel (Jánan y Castillo Real)*			2272882 88	527291 56			Nov-94
Cozumel I (La Palma)*		2263452 10	521705 24			Nov-94	
El Meco**	21° 12' 30" N	86° 48' 00" W				Sep-77	
El Meco**		2345150 00	520400 00			Jun-92	
El Meco**		2345999 68	520402 19			Ago-94	
El Resbalón*		2077113 64	311727 03			Dic-94	
El Rey**		2328750 00	522850 00			Jul-91	
Kohunich**		2086637 42	309627 72			Sep-94	
Muyel*		2220871 1	436148 88			Sep-94	
Muyel I*		2222721 65	437086 03			Oct-94	
Playacar**		2279543 43	491394 42			Jul-94	
San Gerónimo**	20° 30' 00" N	86° 52' 14" W				Ene-86	

Cuadro 4. Sitios arqueológicos delimitados y redelimitados por entidad federativa.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA						
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS						
SITOS ARQUEOLÓGICOS DELIMITADOS Y REDELIMITADOS						
EDO.	NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			DEL.	RED.
		LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	
G.R.	San Miguelito**			2329400 00	522900 00	Jun-92
	Tulum y Tankah**			2234720 00	455000 00	Mar-90
	Xocmuc**			2275400 00	487400 00	Jun-91
	Xal-Ha**	20° 18' 21" N	87° 22' 11" W			Nov-95
S.L.P.	La Amapola**	23° 46' 31" N	100° 42' 56" W			Jun-97
	Tamoh**	21° 57' 14" N	98° 45' 00" W			Feb-96
	Tamoh**			2424590 06	519821.77	Sep-96
SON.	Cocapera**	30° 55' 45" N	110° 36' 36" W			Ene-82
	El Presado**	30° 54' 11" N	109° 34' 02" W			Ene-82
	La Pintada**	28° 35' 12" N	110° 57' 43" W			Jun-90
	La Playa**			3373565 00	447697 00	Ene-95
	Las Trincheras**			3367000 00	448950 00	Jul-88
	Ojo de Agua**	30° 53' 09" N	109° 34' 02" W			Nov-81
	Quilobac**			3488000 00	333960 00	May-88
TAB.	Comacalco**	18° 16' 27" N	93° 12' 34" W			Ene-81
	Comacalco**			2020750 00	478650 00	Jul-75
	La Verde**	18° 06' 00" N	94° 02' 00" W			Jul-88
	Pomona**	17° 28' 00" N	91° 34' 00" W			Ene-90
TAM.	Balcón de Montezuma*			2606983 78	481682 34	Jun-95
	El Sabalito*			2614161 62	580129 62	Ago-95
	Las Flores**			2460700 00	615600 00	Sep-87
	Tancoa**			2465650 00	613800 00	Sep-87
TLAX.	Cacaxtla**	19° 14' 37" N	98° 20' 24" W			May-82
	Cacaxtla-Xochitlacal**			2127800 00	589390 00	Nov-90
	Los Carrizos**	19° 34' 45" N	98° 35' 00" W			Abr-82
	Tecucua**	19° 35' 00" N	98° 37' 31" W			Mar-82
	Tizatlán**	19° 21' 00" N	98° 13' 00" W			Jun-82
VER.	Castillo de Teayo**	20° 45' 00" N	97° 37' 56" W			Jun-77
	Cerropeña**	19° 28' 39" N	96° 22' 41" W			Dic-76
	Campeche**			215250 00	772500 00	Dic-91
	Cuyucosuhur**			2246735 69	662097 02	Ago-95
	Isle de Sacrificios**	19° 10' 25" N	96° 05' 34" W			Jun-76
	La Antigua**	19° 19' 00" N	96° 19' 15" W			Feb-77
	Las Higueras**	20° 02' 00" N	96° 36' 50" W			Abr-76
	Las Lunas**	17° 26' 34" N	96° 00' 00" W			Sep-79
	Quahuatlán**	19° 40' 01" N	96° 26' 02" W			Abr-76
	Tabuco**			2318173 57	672734 39	Jul-95
	Tajín**	20° 27' 44" N	97° 22' 26" W			Mar-76
	Tres Zapatas**	18° 29' 00" N	96° 26' 00" W			Feb-81
	Villa Rica**	19° 40' 30" N	96° 24' 00" W			Jun-77
YUC.	Acañach (La Pirámide)*			2303411 34	244707 41	Nov-94
	Acacahón I (Palacio de Estucos)**			2303136 16	244775 62	Nov-94
	Chichén Itz**	20° 40' 00" N	88° 34' 00" W			Mar-78
	Chichén Itz**	20° 40' 56" N	88° 34' 05" W			Feb-87
	Dzibichulum**	21° 05' 45" N	89° 36' 00" W			Ago-83
	Dzibichulum***	20° 56' 00" N	89° 36' 00" W			Oct-83
	Ekbalam**			2311025 10	361649 23	Oct-84
	Uxmal**			2315846 09	230749 49	Nov-84
	Kabán**	20° 17' 00" N	89° 37' 00" W			Jun-83
	Kabán**	20° 14' 17" N	89° 39' 34" W			Mar-92
	Labna**			2234024 85	228609 40	Dic-94

Cuadro 4. Sitios arqueológicos delimitados y redelimitados por entidad federativa.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA						
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS						
SITOS ARQUEOLÓGICOS DELIMITADOS Y REDELIMITADOS						
EDO.	NOMBRE DEL SITIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			DEL.	RED.
		LATITUD	LONGITUD	NORTE		
YUC	Loltun*			2241531.92	243524.41	Dic-94
	Sayn**	20° 14' 00" N	89° 36' 00" W			Jul-77
	Saya**			2233364.99	222632.08	Dic-94
	Uxmal**	20° 23' 00" N	89° 43' 00" W			Feb-83
	Uxmal**					Ago-92
	Xlapak*			2233280.39	227965.94	Dic-94
ZAC.	Atla Vuela**	23° 29' 00" N	103° 57' 00" W			Dic-77
	Cerro de Tepuzaco IV**			2398325.00	714200.00	Oct-90
	Cerro de Tepuzaco V**			2398325.00	714200.00	Oct-90
	La Quemada**	22° 28' 00" N	102° 49' 00" W			Feb-78
	La Quemada**			2484950.00	724275.00	Ago-90
	Las Ventanas**	21° 22' 00" N	103° 06' 00" W			Feb-78

Fuente: Informes diversos de la DRPMZA, 1998

* Delimitación realizada con teodolito electrónico, GPS y digitalización de planos ya existentes.

** Delimitación realizada con tránsito (estadal, Carter y Drujala) o fotografía aérea o dibujo de planos ya existentes.

*** Tipo de levantamiento desconocido.

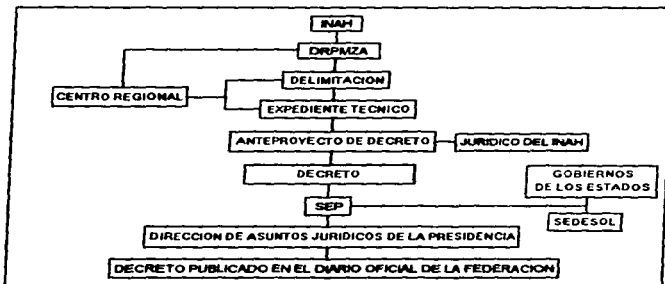
Cuadro 4. Sitios arqueológicos delimitados y redelimitados por entidad federativa

Una vez establecida el área bajo protección mediante la elaboración del plano de delimitación, se procede a la elaboración del expediente técnico. Este, de hecho, constituye la base sobre la que se realizará la declaratoria legal de la zona arqueológica. Este expediente se integra con: la descripción detallada, tanto del área delimitada, como de los restos arqueológicos y las disposiciones y recomendaciones que se considerarán necesarias para lograr una adecuada protección, entre otros aspectos. En el anexo A, se detallan los elementos principales que debe contener un expediente técnico.

Concluido el proceso de delimitación y de integración del expediente técnico, se elabora el anteproyecto de decreto, en el cual se señala el fundamento legal que avala el decreto, la importancia de la zona, la ubicación y descripción detallada de la poligonal y la legislación que se debe seguir para proteger la zona. En el cuadro 5 se observan las partes e instancias que participan en la elaboración de un decreto de zona de monumentos arqueológicos, desde su inicio hasta que la zona es decretada.

Una vez que las diferentes instancias están de acuerdo con el contenido del anteproyecto de decreto y de la necesidad de protección de la zona, se pasa a la obtención

de la firma del Poder Ejecutivo, a través del Presidente de la República, publicándose así en el Diario Oficial de la Federación.



Cuadro 5. Partes que participan en el proceso de declaratoria de una zona arqueológica

Posteriormente se requiere la inscripción del decreto en el: Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, en el "Libro de Asientos de Decretos de Zonas Arqueológicas, como lo señala la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricas, en lo que al registro oficial de las Zonas Arqueológicas declaradas se refiere,"²⁹ y en el Registro Público de la Propiedad de cada estado involucrado.

En el anexo B, se observa la publicación final de decreto de zona de monumentos arqueológicos de Tula, ubicada en el Municipio de Tula de Allende, Hgo., publicado el 3 de diciembre de 1993 en su primera publicación y el 10 de diciembre de 1993 en su segunda publicación, en el cual se señala la importancia y extensión de la zona, la ubicación y descripción detallada de la poligonal, y las recomendaciones para la preservación de la zona de monumentos.

²⁹ SOLANES, op. cit., pág. 67.

Lo anterior es solo una fase, pero contando con esta herramienta legal deberán desarrollarse programas tendientes a la reglamentación al uso del suelo. En el cuadro 6 se muestra la situación actual en cuanto al registro de sitios arqueológicos, zonas delimitadas y zonas decretadas a nivel nacional.

ZONAS ARQUEOLÓGICAS REGISTRADAS, DELIMITADAS Y DECRETADAS				
ZONAS ARQUEOLÓGICAS POR REGISTRAR	ZONAS ARQUEOLÓGICAS REGISTRADAS	ZONAS ARQUEOLÓGICAS DELIMITADAS	ZONAS ARQUEOLÓGICAS REDELIMITADAS	ZONAS ARQUEOLÓGICAS DECRETADAS
175494	24506	203	40	20

Fuente: Resumen de los cuadros 1 3-4.

Cuadro 6. Zonas arqueológicas registradas, delimitadas y decretadas.

Para concluir, podemos señalar que es importante contar con una metodología que dé soluciones específicas a ciertos problemas derivados de la existencia de sitios cualitativamente distintos que componen el patrimonio arqueológico. Lo que permitirá afinar una metodología que a través de su aplicación nos resuelva diferentes problemáticas de protección.

Como se ha mencionado, para desarrollar el proceso de protección de un sitio, hay que cumplir con varias etapas:

- 1) Elección y estudio del sitio.
- 2) Delimitación.
- 3) La elaboración del expediente técnico y del anteproyecto de decreto.
- 4) La declaratoria legal de zona de monumentos arqueológicos.

En este sentido el punto que más interesa en el desarrollo posterior de este trabajo es la delimitación, que como ya se ha señalado consiste en términos generales, en el establecimiento de los linderos del área que se considerará protegida. Este establecimiento de linderos se realiza por medio de un levantamiento topográfico en donde se aplica el sistema GPS y que será tratado en los dos capítulos siguientes.

CAPITULO II. Fundamentos básicos del Sistema Global de Posicionamiento (Global Positioning System, GPS)

2.1. Antecedentes.

El sistema GPS surge como una solución al viejo problema de ubicación geográfica. Desde que el hombre empezó a caminar, este buscó la manera simple de saber en donde estaba y a donde se dirigía. Probablemente los primeros viajeros marcaban sus caminos con piedras o se guiaban por elementos del medio geográfico, como cerros o ríos, pero esto únicamente en las cercanías de sus campamentos. Cuando el hombre empezó a explorar los océanos, el problema se complicó ya que no existía manera alguna de utilizar señales de referencia; siendo las estrellas el único elemento con que contaban y en donde para poder ubicarse se tenían que realizar mediciones muy cuidadosas, solamente en la noche y con cielos despejados, además de utilizar equipos complejos de astronavegación que llegaban a arrojar errores en la precisión de un kilómetro y medio, lo cual no es lo suficientemente exacto cuando se quiere encontrar un puerto marítimo en la noche.

Para la obtención de la hora, latitud, longitud y acimut geográfico, por medio de un levantamiento astronómico se requiere de la utilización de equipo de medición, que está en función de la precisión que se quiera obtener. Por ejemplo, para la determinación poco precisa o de exploración en donde se requieren precisiones al minuto, basta con un buen teodolito de topógrafo, o un buen sextante. Para precisiones semiprecisas, con error probable $\pm 1''$, deberá utilizarse un teodolito de un segundo de aproximación en ambos círculos. Si se trata de determinaciones de carácter geodésico, como las que fijan posiciones Laplace, con precisiones de $\pm 0.1''$, se requieren aparatos del tipo "Bamberg o Repsold", provistos de micrómetro (Wild T-4).³⁰ El equipo adicional consiste en un buen

³⁰ Es un equipo que sirve para medir ángulos con la más alta precisión en las triangulaciones de primer orden y en las observaciones astrogeodésicas. El antejo acodado, aumentado 60 o 80 veces.

cronómetro de tiempo medio y sideral, respectivamente, un receptor de radio para altas frecuencias, un barómetro y un termómetro. Además se requieren catálogos de estrellas y tablas de logaritmos y de líneas naturales. Respecto a los catálogos de estrellas, además del Anuario Astronómico del Observatorio Nacional, se necesitan el Catálogo de Posiciones Aparentes de Estrellas Fundamentales FK3; el catálogo de Boss 1950 que contiene las posiciones medias de varios millares de estrellas, así como sus variaciones anuales en declinación y ascensión recta. Para trabajos de poca precisión, basta el folleto "The Star Almanac for Land Surveyors" publicado por la oficina del Almanaque Náutico, Londres.³¹ Posteriormente se hace uso de los principios básicos de la astronomía de posición, disciplina que trata de la teoría y uso de los instrumentos astronómicos y los métodos para calcular los resultados obtenidos de las observaciones, a fin de determinar posiciones y direcciones de puntos de la superficie de la Tierra.

El hombre con su avance tecnológico, ha desarrollado nuevos sistemas de navegación. Por ejemplo, para cuestiones marítimas, existe un sistema de radio conocido como LORAN,³² usado principalmente en aguas costeras, pero una de sus limitantes, es que no cubre gran parte de la Tierra y su precisión varía dependiendo de la interferencia eléctrica y de las variaciones magnético-geográficas. Existe otro sistema que usa satélites llamado "TRANSIT o Sat-Nav."³³ pero uno de sus inconvenientes, es que los satélites se encuentran en una órbita muy baja y no existe un número suficiente por lo que gran parte de la Tierra no se encuentra cubierta. La órbita baja, implica la posibilidad de falta de recepción debido a obstáculos topográficos.

permite una puntería cómoda hasta el cenit, ya que el ocular se encuentra siempre a la altura del ojo. Los círculos se leen en un micrómetro óptico a 0,1" el H y 0,2" el V. ALCANTARA, G. D. Topografía, págs. 164.

³¹ MEDINA, P. M. Astronomía de Posición, pág. 13.

³² El LORAN es un sistema de posiciones continuas, con precisiones de 300 metros, con cobertura limitada y solamente se obtienen coordenadas de latitud y longitud. TRIMBLE N. Global Positioning System, pág. 10.

³³ El TRANSIT es un sistema de topografía capaz de determinar rápida y precisa la posición en cualquier parte de la Tierra, que funciona mediante las señales de los satélites TRANSIT, con órbitas polares, que ha revolucionado el posicionamiento preciso, tanto terrestre como marítimo. Con intervalos promedio de aproximadamente 30 minutos es posible recibir datos precisos de tiempo y posición en las frecuencias de 150 MHz y 400 MHz de los satélites en cualquier parte del mundo, 24 horas por día, en cualquier condición atmosférica. Desde 1964 el sistema viene funcionando virtualmente sin fallas. MAGNAVOX, Magnavox MX 1502 Geociver Satellite Surveyor, pág. 2.

Existe otro sistema de posicionamiento por satélite, basado en mediciones Doppler de baja frecuencia, los físicos y matemáticos, Christian Doppler (1803-1853) y Armand Hipolyte Fizeau (1818-1896).³⁴ Desde el año de 1957, en que fue lanzado el primer satélite artificial, se han desarrollado medios de posicionamiento terrestre, mediante instrumentos capaces de percibir señales emitidas desde los satélites, así como los desplazamientos en sus longitudes de onda. El sistema Doppler al igual que otros sistemas, presenta algunos inconvenientes, como son: que algunos pequeños movimientos en la terminal receptora provocan errores significativos en la posición. Otros sistemas de navegación que existen son: TOCAN, VOR, DME, OMEGA.³⁵

Finalmente, el "gobierno de los Estados Unidos de América (EUA), a través del Departamento de Defensa, se dieron a la tarea de desarrollar un sistema de ubicación geográfica, que realmente funcionara y en el cual invirtieron grandes cantidades de dinero. A este sistema lo llamaron "Global Positioning System" o GPS (Sistema Global de Posicionamiento)."³⁶ EL sistema actualmente es conocido como GPS-NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging)³⁷ siendo esta una tecnología que provee un mecanismo para determinar ubicaciones precisas en cualquier parte de la superficie de la Tierra las 24 horas del día, los 365 días del año. Este sistema revolucionó la navegación, la topografía, la geodesia, la investigación y la exploración, combinando los mejores atributos de los otros sistemas. Y con lo cual se reemplazaron a los antiguos sistemas de posicionamiento.

El sistema se empezó a desarrollar desde 1973, siendo el año de lanzamiento del primer satélite en 1977, logrando de esta manera que el hombre creara estrellas artificiales, que reemplazaron a las que tradicionalmente eran utilizadas para la navegación. Este sistema de navegación está basado en una constelación de 24 satélites orbitando la Tierra a

³⁴ Trabajando por separado, descubrieron que si una fuente luminosa se desplace con cierta velocidad con respecto a un observador que percibe las señales, este encontrará en el espectro electromagnético un desplazamiento en las longitudes de onda. LOPEZ, H. Guadalupe La Cartografía Militar en México, pág. 10.

³⁵ DEFENSE Mapping School GPS-NAVSTAR, pág. 1-3

³⁶ TRIMBLE, N. GPS (Global Positioning system), pág. 7.

³⁷ El GLONASS es el sistema equivalente de navegación desarrollado por lo que anteriormente era la Unión Soviética. GEORESEARCH GPS/GIS Training Manual, 2/n de pág.

una altitud media de 20,200 Km. (ver Figura 1), los cuales transmiten señales de radio que son recibidas en Tierra por los receptores GPS. El sistema es operado en la actualidad, por el Departamento de Defensa de los EUA.

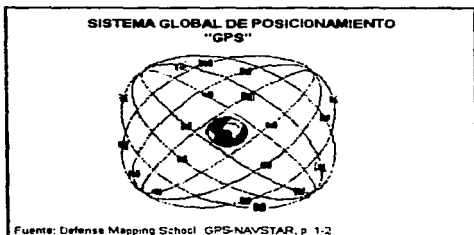


Figura 1. Sistema Global de Posicionamiento "GPS".

Los receptores usan los datos transmitidos para obtener el tiempo y las posiciones en dos dimensiones (latitud y longitud), tres dimensiones (latitud, longitud y altitud), con una precisión que va de 10 a 30 metros en tiempo real.

El sistema GPS consta de tres segmentos: (ver Figura 2) segmento espacial, segmento de control y segmento del usuario. El segmento espacial está constituido por la constelación de 24 satélites NAVSTAR que orbitan la Tierra cada 12 horas, distribuidos en 6 órbitas planas, con una inclinación de 55° con respecto al ecuador y a una altitud de 20,200 km. El tiempo de vida de un satélite es de 7.5 años y la constelación se encuentra trabajando a su máxima capacidad a partir de 1995. Las señales de los satélites son de bajo poder y están formadas por una secuencia de códigos que se repiten a determinado tiempo (pseudo-rangos), los cuales consisten en un conjunto de pulsos representados de manera binaria (1, 0) y cuya finalidad es identificar a los satélites y generar la información de medición que determina la posición de los satélites en tiempo real.

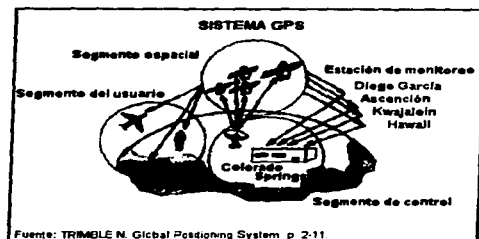


Figura 2. Sistema GPS-NAVSTAR

La ventaja del uso de estas señales, es que son resistentes a la interferencia, todos los satélites operan en la misma frecuencia, son de bajo poder y requieren de antenas pequeñas y la precisión es controlada por la geometría existente entre los satélites. El código pseudo-rango, permite además, que un receptor calcule la diferencia en tiempo existente, entre las señales emitidas por el satélite y la generada por el receptor, lo cual es importante para el cálculo de la distancia. El uso de este código dentro del sistema, es vital si lo comparamos con el código generado por una señal de televisión (TV). Los satélites de TV emiten señales muy poderosas, que para ser recibidas en la Tierra se necesitan reflectores en grandes parabólicas para concentrar la señal. Mientras que las señales de los satélites GPS, son de bajo poder y pueden ser recibidas por antenas de escasos centímetros. Existen dos tipos de códigos pseudo-rango. Uno el código C/A (Coarse Acquisition) y el otro es el código P (Preciso). El primero es usado por todos los receptores de uso civil y está formado por una secuencia de 1023 pseudo-rangos dentro de la frecuencia (1575.52 Mhz). El código P es usado por usuarios autorizados y está formado por una larga secuencia de pseudo-rangos dentro de las frecuencias (1227.60 y 1572.52 Mhz). La precisión en el código C/A es degradada cuando se encuentra activada la disponibilidad

selectiva S/A, que consiste en un método artificial que introduce errores significativos en las señales de los satélites, principalmente en el tiempo y en las efemérides, produciendo errores en la posición.

Los satélites transmiten dos tipos de señales dentro de la banda L de los receptores GPS. La frecuencia L1 (longitud de onda 19 cm) la cual esta formada por el código C/A y el código P y los mensajes de navegación, y la frecuencia L2 (longitud de onda 25 cm) la cual está formada por el código P y los mensajes de navegación. En el cuadro 7 se observan las características de estas señales.

SEÑALES GPS			
SEÑAL	FRECUENCIA DE LA SEÑAL	TIPO	FRECUENCIA
C/A	1 023 MHz	L1	1575.52 MHz
P	10.23 MHz	L1	1575.52 MHz
MENSAJES DE NAVEGACIÓN	50 Hz	L1	1575.52 MHz
P	10.23 MHz	L2	1227.60 MHz
MENSAJES DE NAVEGACIÓN	50 Hz	L2	1227.60 MHz

Fuente: Defense Mapping School, GPS-NAVSTAR, p. 1-7.

Cuadro 7. Tipos de señales en el sistema GPS.

Los mensajes de navegación de los satélites; contiene datos de la órbita del satélite, con los cuales los receptores procesan la posición de los satélites en tres dimensiones, en el momento en que son recibidas por el receptor. Estas posiciones son calculadas al centro de la Tierra (X, Y, Z) y las coordenadas equivalen a la latitud, longitud y altura elipsoidal (WGS 84) (ver Figura 3). El sistema de coordenadas que usa el sistema GPS es el "World Geodetic Systems of 1984 (WGS 84), el cual es idéntico al North American Datum of 1983 (NAD 83).³⁸ El NAD 83 es el sistema de coordenadas utilizado en Norteamérica, que reemplazó al NAD 27. En México, el INEGI para la elaboración de la cartografía oficial y para trabajos geodésicos utilizó el datum NAD 27, el cual está siendo reemplazado actualmente por el ITRF 92. En el cuadro 8 se observan algunas características de los datums más utilizados en el mundo. Además las señales contienen las efemérides de los satélites, las correcciones de los relojes, la salud del satélite y los datos del almanaque

³⁸ Reilly, J. Practical Surveying with GPS. op. cit., pág. 3.

(datos de las órbitas de todos los satélites, a 50 Hz. un satélite tarda 12.5 minutos en transmitir la información completa del mensaje de navegación).

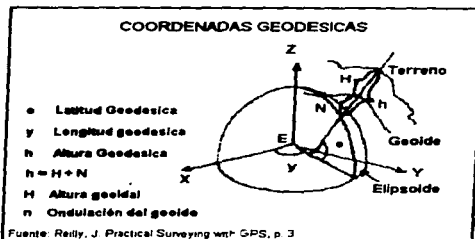


Figura 3. Sistema de coordenadas cartesianas y geodésicas.

Para recibir esta información es importante el uso de los canales, los cuales son circuitos de transmisión, cuya función es rastrear el camino de la señal emitida por el satélite a través del espacio, hasta que es recibida por el receptor. Existen receptores de 4 a 12 canales en L1 (frecuencia única) y en L1-L2 (frecuencia dual) siendo esta última frecuencia la que reduce o elimina los errores de la ionósfera. Los receptores con frecuencia dual son utilizados principalmente para el control geodésico preciso.

El segmento de control es operado por el Comando Espacial de la Fuerza Aérea de los EUA, y consiste en 5 estaciones ubicadas alrededor del mundo que monitorean y controlan los satélites. Existe una estación de control maestro ubicada en la ciudad de Colorado Springs, la cual controla las órbitas de los satélites, con la información recabada por las 4 estaciones de monitoreo ubicadas en Hawái, en Islas Ascensión, en Diego García y en las Islas Kwajalein, y con lo que se determina la posición real de los satélites en el espacio. La estación de control maestro además monitorea la salud de los satélites y provee el mantenimiento de los satélites, como es el cálculo de las efemérides de los satélites y los

coeficientes de las correcciones de los relojes, que posteriormente son transmitidas a las estaciones de monitoreo y de ahí se transmiten a los satélites, al menos una vez al día, así como decidir en que momento se activa la disponibilidad selectiva S/A.

ELIPSOIDES DE REFERENCIA				
NOMBRE	AÑO	SEMIEJE MAYOR	APLANAMIENTO	DATUM
Bessel	1841	6377397	299 153	Tokio
Clarke	1866	6378206	294 978	NAD27
Krasovsky	1938	6378245	298 300	Pulkovo
WGS72	1972	6378135	298 260	WGS72
GRS80	1980	6378137	298 257	NAD83
WGS84	1984	6378137	298 257	WGS84
ITRF92	1992	6378137	298 257	ITRF92

Fuente: Defense Mapping School, GPS-NAVSTAR, p. 3-8

Cuadro 8. Elipsoides de referencia

El segmento del usuario consiste de cualquier receptor GPS civil o militar, usado en aire, tierra o mar, el cual determina la posición por medio del cálculo de la distancia del receptor a los satélites, conociendo que la señal de radio viaja a la velocidad de la luz (300,000 km/seg).

La precisión en la posición del receptor, depende de la exactitud en que es determinada la distancia a los satélites y en la geometría de los satélites con respecto al receptor. En cuanto a la precisión, esta varía de menos de 1 metro hasta +/- 100 metros, y las variaciones dependen del número de satélites, de la disponibilidad selectiva, de las demoras atmosféricas, de las características del receptor y de los métodos de procesamiento de los datos. De manera autónoma en navegación, el receptor GPS da una precisión de 25 a 100 metros y usando la corrección diferencial de 2 a 5 metros. La corrección diferencial, ocurre cuando se obtienen medidas de dos receptores GPS, un receptor base con coordenadas conocidas y otro receptor en navegación. La posición calculada del receptor base es corregida con relación a las coordenadas conocidas y los valores de corrección, son aplicados al receptor en navegación; estos valores son aplicados mediante un postproceso a través de un programa de computo.

En la Figura 4 se observa una comparación de las diferentes tecnologías de posicionamiento en cuanto a la precisión, observándose que la técnica GPS es la más precisa. La buena precisión del sistema GPS fue la causa principal por la que en la DRPMZA se decidió aplicar esta tecnología en la elaboración de los planos de delimitación de una zona arqueológica. En la práctica, se están obteniendo posiciones con una precisión de metros y en el cálculo de distancias entre dos estaciones GPS, los topógrafos de la sección de delimitaciones obtienen precisiones hasta de centímetros.

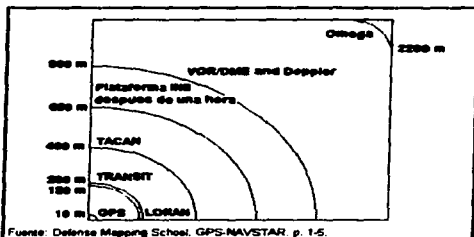


Figura 4. La precisión en las diferentes tecnologías de posicionamiento.

Las aplicaciones basadas en la tecnología GPS son casi ilimitadas, por ejemplo, en la geodesia, en los sistemas de información geográfica SIG, en la cartografía, en la fotogrametría, entre otras.

En los años recientes, el avance de la tecnología GPS, ha producido que estos sistemas sean cada vez más accesibles al público en general y su uso se generalice. La aplicación del sistema GPS en la delimitación de una zona arqueológica, tiene como fin el obtener la ubicación geográfica de un sitio; la obtención de distancias entre mojones que señalen el límite de una zona arqueológica; en la obtención de coordenadas en diferentes

sistemas de referencia (geográficas, U.T.M. y Lambert); en la orientación de una línea base; como punto de apoyo en levantamientos fotogramétricos, etcétera.

2.2. Principios básicos del sistema GPS.

Los principios básicos de funcionamiento del sistema, son bastante simples y se pueden dividir de la siguiente manera:

- 1) La triangulación de satélites, es la base del sistema.
- 2) Para triangular, los GPS miden la distancia que existe del satélite al receptor, utilizando el tiempo de viaje de una señal de radio.
- 3) Los receptores GPS utilizan sistemas de cronometraje muy exacto.
- 4) Una vez conocida la distancia al satélite, se requiere saber la ubicación del satélite en el espacio.
- 5) Como las señales de radio viajan por la Ionósfera y la Atmósfera, existe un retraso en la señal de radio.

Los satélites en órbita alrededor de la Tierra, tienen una posición conocida en el espacio, mientras un receptor posicionado en un punto, recibe las señales de los satélites, y que posteriormente determina la distancia a los satélites, basándose en las diferencias de tiempo en que fueron recibidas. Usando los mensajes de navegación, el receptor evalúa la posición de todos los satélites y selecciona a cuatro con la mejor geometría con los cuales calcula la posición.

El cálculo de la distancia existente entre los satélites y el receptor, no es tan sencillo, puesto que los satélites se encuentran en movimiento a gran velocidad y el conocer su ubicación no es tan fácil. En la Figura 5 se observa el concepto básico para la medición de distancias, que dice, conociendo la distancia del satélite al centro de la Tierra, menos el radio de la Tierra, se obtiene la distancia que existe entre el receptor y el satélite.

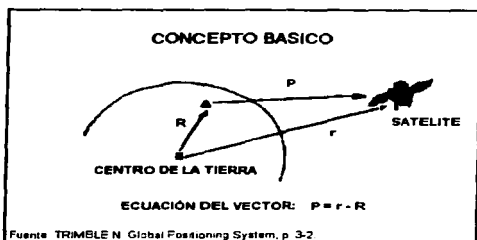


Figura 5. El concepto básico.

Para razonar esta idea, supongamos que se conoce la ubicación de un satélite en el espacio y la distancia que hay desde el satélite a la Tierra (ver Figura 6A). Si se conoce la distancia, en este caso 17,500 kms. esto quiere decir que el satélite se encuentra en el centro de una esfera imaginaria, que tiene un radio de 17,500 kms. Si al mismo tiempo conociéramos la ubicación de otro satélite, en este caso a 19,000 kms (ver Figura 6B), nuestra posición será menos vaga, y correspondería al área en el que ambas esferas se intersectan. Si se hace la medición de un tercer satélite ubicado a 21,000 kms. (ver Figura 6C) se puede conocer la posición con una precisión todavía mayor, ya que solamente existen dos puntos en donde las tres esferas se intersectan. Por el momento con tres medidas, es suficiente para conocer una ubicación, en latitud y longitud; en caso de requerir la altitud, se requiere de un cuarto satélite. En el sistema GPS este cálculo se realiza a través de programas de cómputo, que utilizan la trigonometría esférica para el cálculo de la ubicación precisa de un punto en la superficie terrestre.

2.3. La medición de la distancia.

Desde el momento en que un receptor rastrea un satélite, este calcula el rango del satélite, el cual consiste en la medición de la distancia al satélite, la cual está basada en la relación de distancia = velocidad x tiempo de viaje de la señal, en donde las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz (300,000 km./seg.). La diferencia existente entre el tiempo en que es transmitida la señal por el satélite, y el tiempo en que son recibidos los mensajes por el receptor es lo que se conoce como tiempo de viaje de la señal. La señal requiere de 0.06 seg. en ser recibida por el receptor, los cuales son capaces de recibir los mensajes con una precisión de un nanosegundo (0.00000001 seg.).

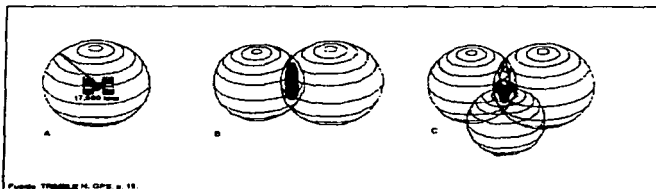


Figura 6. Puntos de ubicación de una posición..

Los receptores generan el mismo código de los satélites, por lo que es importante que ambos se encuentren sincronizados, y así poder calcular la distancia que hay entre el receptor y el satélite, la cual es igual al tiempo existente entre la transmisión de la señal por el satélite y la recepción de esta señal por el receptor, multiplicada por la velocidad de la señal. Sin embargo, el rango del satélite presenta un error provocado por la diferencia en tiempo entre los relojes atómicos de los satélites y los relojes de los receptores, ocasionando diferencias entre el tiempo de transmisión y el de recepción. Pero que mediante técnicas de corrección, se mide el tiempo de propagación de la señal del satélite hasta la antena del receptor.

Uno de los aspectos centrales, es conocer el momento en que la señal es emitida por el satélite; de esta manera, los diseñadores del sistema sincronizaron los relojes atómicos (cesium, rubidium) de los satélites y los de cuarzo de los receptores, generando un mismo pseudo-rango para ambos. De esta manera, cuando el satélite emite una señal, y esta es recibida por el receptor, este genera un código y compara ambas señales, generándose una diferencia en tiempo entre ambas (ver Figura 7). Conociéndose esta diferencia en tiempo, es posible calcular la distancia que existe entre el receptor y el satélite.

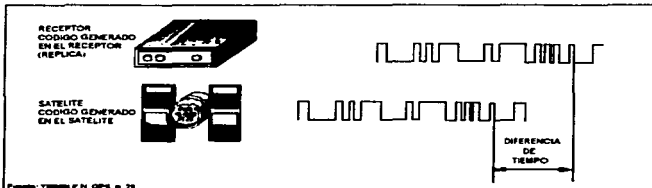


Figura 7. Determinación del tiempo basado en pseudo-rangos.

Básicamente, esta es la idea con la que se calcula la distancia dentro del sistema GPS y que se resume en la Figura 8, en donde se tienen 4 satélites que emiten una señal sincronizada, y que son recibidas por un receptor en la Tierra en diferentes momentos, de donde se obtienen las diferencias en tiempo para cada satélite. Así, conociendo la posición de los satélites en el espacio y la distancia que existe entre estos y el receptor, a través de triangulación, es posible conocer la ubicación del receptor.

Finalmente, en la Figura 9 se observa la idea general para la obtención de la posición de un punto, en donde conociendo la ubicación de cuatro satélites en X-Y-Z; la velocidad de la luz, los códigos pseudo-rangos y calculando y despejando las incógnitas, se puede obtener la ubicación precisa del punto.

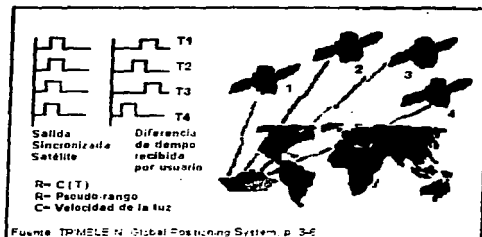


Figura 8. Cálculo de la distancia en el sistema GPS

2.4. Midiendo el tiempo.

Si los relojes de los satélites y de los receptores no estuvieran sincronizados, por ejemplo en 0.01 seg., el cálculo de la distancia podría estar afectada por 3,000 km. Sin embargo, como ya se mencionó ambos se encuentran sincronizados y generan códigos similares de tiempo.

La Trigonometría señala "que si se obtienen tres medidas perfectas, es posible localizar un punto en un espacio tridimensional."³⁹ Para ilustrar esta idea, cambiaremos de un espacio tridimensional a uno bidimensional. Supongamos que el reloj de un receptor no es tan preciso como un reloj atómico y que ambos no se encuentran sincronizados con el tiempo universal (UTC); por ejemplo, cuando se piensa que es el mediodía, realmente son las 11:59.59 a.m., siendo esta diferencia la causante de errores en el cálculo de la posición.

En la Figura 10. se observa al satélite A transmitir una señal que tarda en llegar al receptor, por decir algo, 4 segundos, mientras que la señal del satélite B tarda 6 segundos,

³⁹ TRIMBLE, N. GPS, op. cit. pag. 25

en dos dimensiones con estos dos rangos sería suficiente para localizar un punto (X), siendo esta la verdadera posición del receptor, siempre y cuando los relojes actuaran sincronizadamente.

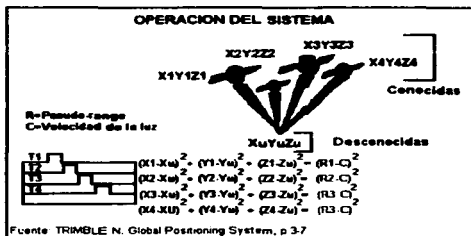


Figura 9. Operación del sistema.

Si se usara un receptor no sincronizado, que es un segundo más rápido, calcularía la distancia del satélite A en 3 segundos y la del satélite B en 5 segundos, dando como resultado la creación de un nuevo punto (X), que se ubicaría en donde los dos rangos se intersectan, igual sucedería si se utilizaran relojes mas lentos, que darían como resultado la creación de un nuevo punto (X') (ver Figura 10). O sea, que ambos puntos tendrían una posición incorrecta, resultado de relojes no sincronizados, que ocasionan errores de kilómetros en la posición. Hay que tener presente que desde el punto de vista operacional, uno como usuario, daría como correctas ambas posiciones.

Si se agregara el rango de un tercer satélite en un espacio bidimensional (ver Figura 11), y se contara con relojes sincronizados, el satélite C transmite una señal que tarda 8 segundos en llegar al receptor, con lo que se obtiene una posición verdadera, en donde los círculos se intersectan (X).

Si al satélite C se le agregara un segundo y los relojes no estuvieran sincronizados, se observa como los tres rangos no se intersectan en ningún punto. Aunque los rangos de los satélites A y B todavía se intersectan en X', pero el rango del satélite C se encuentra lejos de este punto y no existe lugar alguno donde se puedan intersectar.

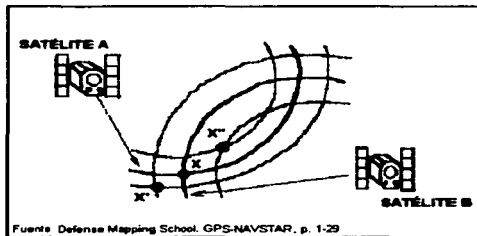
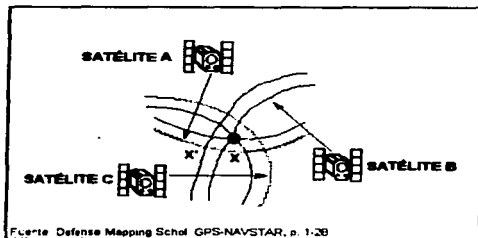


Figura 10. Posición aproximada en dos dimensiones.

Las computadoras de los receptores GPS están programadas de tal manera, que cuando una serie de medidas no se intersectan en ningún punto, detectan que algo anda mal; y asumen que el reloj interno del receptor se encuentra desplazado en algunos segundos. De este modo, la computadora comienza a sustraer o sumar la misma cantidad de tiempo en todas las medidas, de manera que se las arregla para que todas las observaciones se intersecten en un punto.

Para obtener las tres dimensiones, se necesita adicionar el rango de un cuarto satélite y en donde el receptor se encarga de calcular la posición en tres dimensiones. Para esto, se necesita un mínimo de cuatro satélites sobre el horizonte en el momento de la medición. La necesidad de obtener cuatro señales al mismo tiempo, tiene repercusión en el modo en el que el sistema GPS está diseñado, principalmente los receptores. Una regla básica, es que si se requiere de una posición en tiempo real con mediciones continuas, se

necesita un receptor con al menos cuatro canales de recepción, de manera que cada canal reciba la señal de un satélite simultáneamente.



Fuente: Defense Mapping School GPS-NAVSTAR, p. 1-28

Figura 11. Posición aproximada con tres satélites.

Al igual que la Luna, que ha orbitado alrededor de la Tierra por millones de años sin ningún cambio significativo en su período, los satélites del sistema GPS siguen una órbita muy predecible, de hecho algunos receptores GPS tienen un almanaque programado en la memoria de la computadora, que señala la ubicación precisa de cada satélite en el espacio.

2.5. La Ionósfera, los retrasos atmosféricos y la geometría en el sistema GPS.

Hasta ahora se ha visto que cada parte del sistema GPS trata de ser lo más exacto posible; se utilizan relojes atómicos en los satélites, se usa una medición extra para eliminar cualquier error que pueda existir en los relojes del receptor, los satélites corrigen los errores mínimos a sus posiciones orbitales, pero lejos de todo lo perfecto que puede ser el sistema, hay un par de fuentes de error muy difíciles de eliminar.

El error más significativo surge en la ionósfera de la Tierra, en donde existe una manta de partículas cargadas eléctricamente a una altitud de 130 a 200 km. sobre la superficie de la Tierra. Estas partículas afectan la velocidad de la luz, y por lo tanto a las señales de radio emitidas por el satélite. Hay que tener presente que la velocidad de la luz solo es constante en un espacio vacío, pero cuando la luz o una señal de radio atraviesan un medio denso de partículas eléctricas de varios kilómetros de espesor, se ocasiona una disminución en la velocidad de la señal, provocando un retraso en el tiempo y por consiguiente en la obtención de la distancia, ya que los cálculos suponen una constante en la velocidad de la luz.

Existe un par de maneras que permiten minimizar este error causado por esta variación. En primer lugar, se puede predecir la variación en la velocidad en un término medio, bajo ciertas condiciones en la ionósfera, y posteriormente aplicar este factor de corrección a todas las medidas. Desafortunadamente, cada día este factor presenta valores diferentes. Otra manera de medir la variación en la velocidad de la señal, es observando la velocidad relativa de dos diferentes señales, siendo la idea básica que "cuando la luz viaja a través de la ionósfera, se aminora la velocidad en una tasa inversamente proporcional a la frecuencia de la señal."⁴⁰

Así, de manera general, si se compara el tiempo de llegada de dos diferentes señales, con frecuencias diferentes, podemos deducir el tiempo que tardan en atravesar esa parte de la ionósfera. Siendo esta clase de corrección muy sofisticada, y solamente los receptores con frecuencia dual (L2) la realizan y se conoce como "solución libre de ionósfera."⁴¹ Sin embargo, los receptores de una frecuencia (L1), a través de un modelo desarrollado en un programa de cómputo, permite reducir el error provocado por la ionósfera.

Después de que la señal del satélite atraviesa la ionósfera, esta entra a la atmósfera de la Tierra, en donde el clima generalmente es húmedo, siendo el vapor de agua de la atmósfera un factor que afecta la señal, provocando errores similares en tamaño a los

⁴⁰ Ibid., pág. 40.

⁴¹ Ibid., pág. 40.

ocasionados por la ionósfera. Desafortunadamente, esta clase de error es casi imposible de corregir, siendo su efecto en el cálculo de la posición de 1 a 3 metros en promedio.

Además de los errores provocados por la ionósfera y las condiciones atmosféricas, existen otros tipos de factores que afectan la precisión definitiva de una posición. Entre estos factores se encuentran los relojes atómicos de los satélites, en donde a pesar de ser tan exactos llegan a sufrir pequeñas variaciones, siendo el Departamento de Defensa, el que supervisa estos relojes y los ajusta cuando estas desviaciones ocurren, pero aún así, pequeñas inexactitudes pueden afectar las mediciones. Al igual que los relojes atómicos, los receptores pueden presentar errores en su fabricación, por ejemplo, el receptor puede redondear una operación matemática, o una interferencia eléctrica puede provocar una correlación errónea en la codificación pseudo-rango.

Otro tipo de error que no tiene nada que ver con los satélites o los receptores, es el "error multipath",⁴² que surge cuando las señales transmitidas por los satélites rebotan antes de llegar al receptor. El resultado es que la señal no viaja directamente al receptor como debería, al contrario esta toma un camino mas largo antes de ser recibida. Esto se puede corregir con el uso de receptores avanzados que usan técnicas de proceso sofisticadas y antenas especiales que permiten minimizar este problema.

Para obtener una mayor precisión, el receptor GPS toma en cuenta un principio de la geometría llamado "Dilución de la Precisión (GDOP, Geometric Dilution of Precision o Dilución Geométrica de la Precisión)."⁴³ El GDOP, se refiere al hecho de que las soluciones pueden ser buenas o malas, dependiendo de la cantidad de satélites que se usen al momento de hacer la medición. Dependiendo para esto, de los ángulos relativos que presenten los satélites en el espacio, siendo la geometría entre ellos la que magnifique o aminore la precisión. En el GDOP, un ángulo mas amplio entre satélites, genera un error menor, siendo los ángulos comprendidos entre 45° y 135° los que provocan un desempeño aceptable, pero fuera de este rango, el error aumenta considerablemente, siendo el ángulo de 120° el recomendable.

⁴² Ibid., pág. 42.

⁴³ Ibid., pág. 43.

En la Figura 12. se observa un grupo de satélites formando un ángulo aceptable, por lo tanto el GDOP que presentan, está dentro de lo recomendado y la posición del punto, presenta una precisión aceptable.

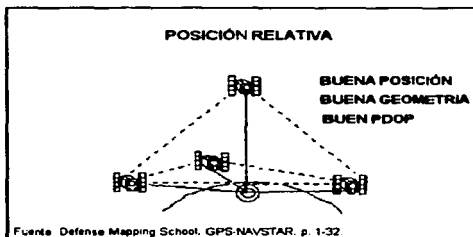


Figura 12. Posición relativa recomendada.

En el caso, en donde el ángulo, que se genere entre los satélites sea menor al recomendado (ver Figura 13), la precisión del punto a posicionar será menor. Así, un buen receptor a través de rutinas de computación, analiza las posiciones relativas de todos los satélites disponibles en el momento de la medición y escoge a los cuatro satélites con la mejor geometría.

La precisión definitiva en tres dimensiones y en tiempo real dentro del sistema GPS, está determinada por la suma de todas las fuentes de error, y en donde la contribución de cada una, depende de las características del equipo y de las variables atmosféricas; además, la exactitud se encuentra degradada por el Departamento de Defensa Norteamericano, al utilizar el modo de operación conocido como "Disponibilidad Selectiva o S/A.-44

44 Ibid., pág. 45.

En el Cuadro 9 se observan las diferentes variables de error y la forma como éstas afectan al posicionamiento GPS.

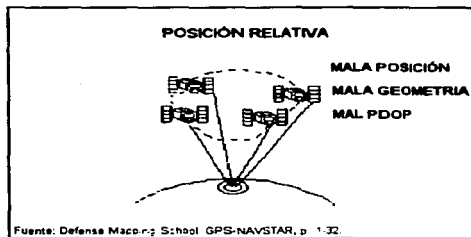


Figura 13. Posición relativa no recomendada

El sistema GPS es por mucho, el sistema de navegación global más exacto ideado hasta el momento, y en donde la precisión también está en función del método de levantamiento que se utilice, siendo esta en cuanto a distancia y acimut entre dos estaciones la que se observa en la Figura 14, de donde se deduce que la precisión en la distancia disminuye a medida que la línea base aumenta su extensión, caso contrario sucede en la precisión del acimut, en donde a medida que más larga sea la línea base, más preciso es el ángulo.

Existen otros factores que afectan la precisión de los trabajos, como son la calidad en los puntos de control, la altura de la antena, la geometría del trabajo, el tiempo de medición, el número de satélites, las técnicas de postproceso, la precisión de las efemérides, las correcciones de la ionosfera y la atmósfera, y las transformaciones de los resultados GPS al datum local.

Además, al momento del levantamiento, hay que tener en cuenta la visibilidad hacia los satélites, por ejemplo, que no existan en las cercanías del receptor antenas de TV,

radares, y obstáculos que interfieran la recepción de la señal, una buena geometría y espacio entre estaciones, y que existan en las cercanías del levantamiento puntos de control.

FUENTES DE ERROR DENTRO DEL SISTEMA GPS		
ERROR DEL RELOJ DEL SATÉLITE.		60 centímetros.
ERROR DE EFEMÉRIDES.		60 centímetros.
ERROR DEL RECEPTOR.		1.2 metros.
ERROR ATMOSFÉRICO MONÓSFERA.		3.6 metros.
ERROR EN CASO DE QUE EL S/A ESTE ACTIVADO.		40 metros.
ERROR TOTAL DE 4.20 A 8.40 METROS (SI EL S/A NO ESTÁ ACTIVADO).		
PARA CALCULAR LA PRECISIÓN, MULTIPLICAR LOS ERRORES COMBINADOS POR EL GDOP.		
GDOP BAJO BUENAS CONDICIONES EN UN RANGO DE 4 A 6, DARÍA UNA EXACTITUD EN LA POSICIÓN QUE VA DE:		
POSICIÓN	MILITAR	CIVIL
- HORIZONTAL	20 metros.	100 metros.
- VERTICAL	31 metros.	156 metros.
- ESFÉRICA	35 metros.	172 metros.
VELOCIDAD	0.2 m/seg.	No aplica.
TIEMPO UTC	200 nanosegundos.	340 nanosegundos.

Fuente: Defensa Mapping School. GPS-NAVSTAR, p. 1-47.

Cuadro 9. Fuentes de error.

2.6. La planeación de la misión.

En la utilización de este sistema, es importante la planeación cuidadosa del trabajo a realizar con equipo GPS, con el objetivo de ser más eficientes y de reducir los costos de

operación. Es importante tener en cuenta el tipo de obstrucciones que puedan dañar la obtención de la señal, y el tiempo de visibilidad de los satélites, con el fin de realizar una planeación adecuada anterior al levantamiento en campo. Gran parte de esta planeación se realiza a través de programas de cómputo de planeación de misiones, con el cual se pueden prever las situaciones señaladas anteriormente.

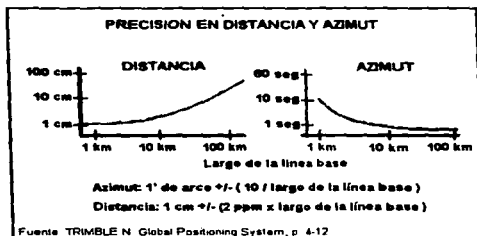


Figura 14. La precisión del sistema GPS en distancia y acimut.

El primer paso en la planeación de misiones, es definir el tipo de trabajo a realizar, el número de puntos a posicionar y con base en esto, definir un plan de trabajo, el cual debe ser elaborado de manera eficiente, con el fin de eliminar redundancia innecesaria. En la planeación de la sesión mediante el programa de cómputo, se predice la visibilidad de los satélites en uso, para una latitud y longitud aproximada de la estación a posicionar durante el período de tiempo planificado. En la Figura 15, se observa una relación entre el número de satélites visibles contra el tiempo, para la zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán para el 3 de Diciembre de 1996, con una cortina sobre el horizonte de 15° , para el período de tiempo de 6:00 a.m. a las 18:00 p.m., de un receptor de 9 canales. Observándose para este período, momentos en donde se tienen visibles hasta 8 satélites, y otros, en donde se observa un mínimo de 4 satélites. Con este tipo de gráficas se puede

observar que los momentos propicios para llevar a cabo el levantamiento, con suficientes satélites sobre el horizonte, son de las 6:00 a.m. a 8:00 a.m. y de 11:00 a.m. a 16:00 p.m. El llevar a cabo una planeación adecuada, permite realizar trabajos de donde se obtengan buenas precisiones.

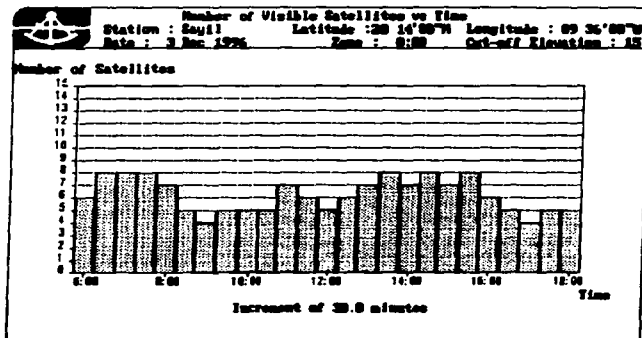


Figura 15. Número de satélites visibles contra tiempo.

Cuando un receptor es encendido en campo, lee de la memoria la última posición que quedó almacenada en el almanaque. A partir de este momento, empieza a rastrear todos los satélites que tenga visibles; en el momento que adquiere al primer satélite, lee los mensajes de navegación y actualiza el almanaque guardado en memoria. Ya adquiridos todos los satélites, el receptor evalúa la geometría de los satélites visibles y selecciona a cuatro con el mejor GDOP, y a partir de este momento empieza a calcular la posición y a medida que pasa el tiempo de observación, la precisión de la posición va en aumento.

Ya que el trabajo de campo se completó y la información está almacenada en la memoria del receptor, esta es transferida a una computadora y procesada a través de programas de cómputo, mediante técnicas diferenciales, con los cuales se reducen o eliminan parte de los errores que afectan la señal del GPS. Con la información ya procesada de dos puntos diferentes, se pueden obtener las diferencias de coordenadas, el acimut de la línea, la distancia inclinada, el ángulo vertical, la latitud, longitud y altura elipsoidal, entre otros aspectos.

2.7. La selección del receptor GPS.

El sistema GPS cuenta con un alto potencial y sus aplicaciones se amplían día con día, por lo tanto para la adquisición de este tipo de sistema, se requiere de un análisis cuidadoso. Primero hay que conocer que aplicación tendrá el sistema, que tipo de información se quiere obtener y con que presupuesto se cuenta. En el mercado, existen una gran cantidad de receptores con precios y características diferentes, por esto, es importante conocer las ventajas y desventajas de algunos de estos sistemas.

Existen dos tipos de receptores GPS. los primeros son aquellos que pueden rastrear cuatro o más satélites simultáneamente. y los segundos son aquellos que trabajan secuencialmente, es decir, reciben la señal de un satélite y realizan el cálculo de la posición, posteriormente rastrean otro satélite, vuelven a calcular la posición, y así sucesivamente. Hay que tener presente que los receptores GPS deben recibir información de por lo menos cuatro satélites, para calcular una posición.

Los receptores secuenciales utilizan un solo canal, cuentan con menos circuitos, son mas baratos y consumen menos energía. Una de las desventajas de este sistema es que en cualquier momento se puede interrumpir el posicionamiento, lo que limita la exactitud de la posición. Dentro de este grupo de receptores existen los "Starved-power" o receptores de un solo canal, los cuales están diseñados para ser portables, usan baterías pequeñas, lo que

reduce el consumo de energía. Estos aparatos toman lecturas de posición una o dos veces por minuto, y su aplicación principalmente es de uso personal o en navegación de día. Su desventaja principal, es la falta de precisión y la incapacidad de calcular la velocidad, debido principalmente a la falta de continuidad en la obtención de medidas, y a que cuentan con relojes no muy exactos.

Existen otros receptores de un solo canal, pero a diferencia de los anteriores, estos no están limitados en cuanto al consumo de energía, por lo que pueden trabajar de manera continua, lo que permite una mejoría en la precisión y en cálculo de la velocidad. El canal con que cuentan, se usa para recibir los datos de los satélites y para el cálculo de la posición, por lo tanto, no se pueden usar para un posicionamiento continuo. Estos receptores, utilizan relojes de bajo costo, con el fin de no incrementar el precio del receptor.

El receptor "fast-multiplexing" de un solo canal, es similar al receptor anterior, pero una de sus diferencias, es que pasa de un satélite a otro de manera mas rápida, y una de sus ventajas, es que puede hacer medidas mientras monitorea la información mandada por el satélite, por lo que trabaja continuamente, además de que son menos sensibles a los errores del reloj. La desventaja, es que el receptor requiere de circuitos más complejos y por consiguiente, es más costoso.

Existen los receptores secuenciales de dos canales, en donde el simple hecho de aumentar un canal, aumenta significativamente las capacidades del receptor, como son el trabajar en condiciones más adversas y el rastrear satélites mas cerca del horizonte. Un canal monitorea continuamente la información del satélite, mientras que el otro se ocupa de rastrear al siguiente satélite, por lo tanto, el receptor nunca interrumpe sus funciones de navegación y las mediciones en velocidad son mas precisas. La desventaja, es que usan circuitos todavía mas costosos, requieren de más fuente de poder, por lo que el costo se incrementa considerablemente, aunque también se aumenta en precisión y en funcionamiento continuo.

Los receptores continuos, son aquellos que pueden rastrear cuatro o más satélites simultáneamente, obteniendo una posición y velocidad casi instantáneamente. Su aplicación

depende de la obtención de una buena precisión; existen receptores de 4, 6, 8, 9, 10 y 12 canales de configuración. Una de sus ventajas, es la de medir continuamente una posición y la eliminación al problema del GDOP, ya que estos calculan el mejor arreglo geométrico que exista entre cuatro satélites. La desventaja de estos receptores son su tamaño, el costo y el consumo de energía.

Además de las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de receptores, es bueno tener en consideración que los sistemas mas recientes, están logrando una mayor precisión al rastrear los códigos pseudo-rangos y la frecuencia con las que son transportados, lo que posibilita al receptor, resolver con gran precisión, en donde exactamente coinciden los bordes de la codificación pseudo-rango. Ello provoca que se cronometren de manera más precisa las medidas, lo que se traduce en un mejor posicionamiento.

Dentro de estos receptores, algunos solamente calculan la latitud y longitud, mientras que otros obtienen coordenadas como altitud, U.T.M., entre otras. Además, cuentan con la posibilidad de utilizar diferentes datums, dependiendo del lugar en el que se haga la medición.

Para decidir que receptor elegir, hay que tomar en cuenta la confiabilidad del receptor, la fuente de energía, el soporte técnico, las refacciones, los centros de servicio, las características físicas del receptor, las condiciones atmosféricas que resisten, etcétera. Algunas de las preguntas que se pueden hacer antes de adquirir un receptor pueden ser ¿Se busca un receptor de un canal o varios canales? ¿Será de código P o código C/A? ¿Solo en L1 o en L1-L2 (dual)? ¿Cual será su aplicación (control geodésico o navegación)? ¿Autónomo o diferencial? ¿Estático o cinemático?, entre otras preguntas. Con base en todo esto, y dependiendo de la aplicación del usuario, está la decisión de seleccionar que tipo de receptor se necesita para cubrir las necesidades inmediatas.⁴⁵

⁴⁵ Para probar la precisión de un receptor es bueno observar las lecturas en posición y velocidad mientras la unidad se encuentra en modo estacionario. Un buen receptor cambia las lecturas muy poco. TRIMBLE N. GPS. op. cit., pág. 69.

Capítulo III. El sistema GPS y su aplicación en la delimitación de una Zona Arqueológica.

3.1. Aspectos generales.

Concidea la zona arqueológica que se va delimitar, la DRPMZA es la institución encargada del levantamiento topográfico de las diferentes áreas que la conforman. Este tipo de trabajo requiere de la generación de un equipo multidisciplinario, con personal altamente capacitado, en arqueología y en procedimientos geodésicos, topográficos y geográficos.

La brigada de trabajo de campo, está constituida principalmente por el especialista responsable del plano de delimitación y que tiene como función primordial, el coordinar y organizar las actividades de reconocimiento y marcaje de los linderos de la zona arqueológica que va a ser incluida en el plano de delimitación; el topógrafo o geógrafo, que, junto con el responsable del plano, tiene como función el elaborar una estrategia para llevar a cabo el trabajo de medición y elegir la técnica más conveniente, para llevar a cabo el levantamiento topográfico, además de conocer el funcionamiento de la estación total⁴⁶ y el equipo GPS, así como dirigir las actividades de los ayudantes en topografía; el ayudante tiene como función, auxiliar al topógrafo en todo el trabajo de campo, llevar a cabo tareas de reconocimiento, marcaje y medición, apoyar las tareas de control de calidad y de cobertura, así como participar en la elaboración de las mojeneras⁴⁷ que señalan los límites de la delimitación, además de manejar los accesorios de la estación total y de los equipos GPS.

⁴⁶ Una estación total es un teodolito electrónico de alta precisión, con distanciómetro integrado y que a través de una sola puntería es suficiente para la medición de ángulos y distancias. WILD. Wild T1600/TC1600, pág. 4.

⁴⁷ Monumento elaborado de concreto de 15 cm. de altura por 20 x 20 cm. de lado y una profundidad de 30 cm

Este esquema operativo requiere de la instrumentación de una serie de actividades técnicas para la identificación, marcaje y medición de los linderos de la zona arqueológica. Dentro de estas actividades, están definidos dos métodos de medición: el directo, que se aplica en campo, con la aplicación directa de la medición, con una estación total y el equipo GPS; y el indirecto que se lleva a cabo en gabinete y que consiste en la fotointerpretación de fotografía aérea y la digitalización de planos ya existentes, que sirven de complemento al trabajo realizado en campo.

El trabajo de campo con el sistema GPS, consiste principalmente en el establecimiento de un control geodésico, que tiene como objetivo el establecimiento de un mínimo de dos puntos GPS por polígono (abierto o cerrado), que servirán de lado base en la medición del polígono y como control acimutal y lineal. Estos puntos, preferentemente deberán estar ligados a la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI⁴⁸, que se encuentra conformada por 14 estaciones GPS fijas,⁴⁹ de las cuales se conocen sus coordenadas geográficas. En la actualidad, los puntos GPS levantados por la DRPMZA no se encuentran ligados a dicha red, por lo que sería conveniente ligar ambos trabajos y que beneficiaría en el sentido, de que los planos de delimitación sean congruentes a los elaborados por el INEGI.

La brigada de topografía es la encargada de establecer el lugar donde los dos o más puntos GPS que conformarán el lado de control, deberán establecerse, considerando que:

- Se fijará como mínimo, un lado de control por polígono de delimitación, independientemente del número de lados que lo integren.

⁴⁸ La Red Geodésica Nacional Activa esta constituida por 14 estaciones fijas, ubicadas estratégicamente en el territorio nacional. Estas estaciones realizan un rastreo continuo de satélites, obteniendo información las 24 hrs., los 365 días del año, de tal modo que permiten darles una ubicación geográfica precisa a los levantamientos que se realicen con equipos GPS en las zonas arqueológicas. INEGI. Manual de la brigada de Geodesia, pág. 8.

⁴⁹ Las 14 estaciones fijas se encuentran en Hermosillo, Son. Mexicali, B.C. La Paz, B.C.S. Culiacán, Sln. Colima, Col. Chihuahua, Chih. Monterrey, N.L. Aguascalientes, Aps. Toluca, Mex. Oaxaca, Oax. Tampico, Tamps. Villahermosa, Tab. Mérida, Yuc y Chetumal, Q.R. INEGI. Manual de la Brigada de Medición, pág. 5.

- El lado de control se establecerá principalmente en las mojoneras que limitan la delimitación, en la poligonal de apoyo o en los monumentos arqueológicos sobresalientes.
- La distancia mínima entre dos puntos GPS que definen el lado de control, será de 500 metros.
- Los puntos preferentemente deberán ser visibles entre sí.
- Exista visibilidad sobre el horizonte de 15° como mínimo, esto es que no haya elementos que interfieran en el buen funcionamiento del equipo GPS como: torres de alta tensión, antenas de telecomunicación, árboles, construcciones, etcétera
- Por cada 10 o 14 lados de desarrollo del levantamiento del polígono o de la poligonal de apoyo, se fijará un lado más de control acimutal y lineal.
- Los lugares seleccionados sean fácilmente localizables.
- El terreno sea firme y permita la monumentación, así como la colocación del equipo GPS.
- Exista visibilidad hacia los vértices perimetrales de la poligonal de apoyo, que permitan efectuar la propagación de las coordenadas.

La medición en campo con el equipo GPS, se complementa con una estación total, que tiene como función la identificación, marcaje y medición de los polígonos de apoyo que abarcan la zona arqueológica y sus áreas al interior y exterior. Los polígonos de apoyo son una serie de puntos de estación establecidos en lugares adecuados y estratégicos, desde donde se efectúan las radiaciones a los vértices que conforman el perímetro, grandes áreas, parcelas, montículos, vías de comunicación, etcétera, facilitando las tareas de medición y ayudando a salvar obstáculos y accidentes topográficos. Para el diseño de las poligonales de apoyo, hay que considerar que el trazo y la medición, debe estar ligada directamente, en su inicio y término de manera preferente, al lado de control acimutal y lineal del polígono levantado con el equipo GPS, aunque se dan casos en que esto es difícil de realizar. Al establecer los puntos de la poligonal, hay que considerar que estos sean lugares que permitan visar el mayor número de vértices del área que se quiere medir, deben estar

ubicados donde no existan obstáculos o elementos que interfieran con la operatividad del equipo de medición. El trazo de la red de poligonales debe contemplar, una poligonal de apoyo principal que facilite la medición total del área y poligonales de apoyo secundarias para la medición al interior. Con estos dos sistemas se recopila la información básica necesaria para la elaboración del plano de delimitación.

Dentro de las actividades del equipo de medición, se encuentra la propagación del control geodésico a partir de los puntos GPS de control acimutal y lineal, hacia los vértices perimetrales y de la poligonal de apoyo de la zona arqueológica, actividad que se desarrolla en gabinete, a través de programas de cómputo que realizan el trabajo de propagación y cálculo matemático.

Una de las actividades a realizar en gabinete, es la medición indirecta desarrollada a partir de materiales fotográficos, fotogramétricos y planos ya existentes, en las cuales se deben identificar algunos puntos levantados en campo, y que servirán como referencia, para que posteriormente se digitalice esta información y en un proceso subsecuente, se genere el plano de delimitación correspondiente. En la Figura 16, se observa gráficamente el proceso que se realiza para llevar a cabo la elaboración de un plano de delimitación, tanto en el trabajo de campo como en el de gabinete, así como los equipos y programas de cómputo que se utilizan.

Para llevar a cabo el trabajo de campo, se debe realizar un anteproyecto de medición, con el fin de contar con una herramienta que permita prever y organizar con mayor eficiencia, la medición al momento del levantamiento. Este anteproyecto debe contener la siguiente información: ubicación del área arqueológica a delimitar en cartografía ya existente, preferentemente del INEGI a escala 1: 50 000; carta de anuencia para realizar el trabajo de medición, elaborada por cada una de las instancias involucradas en el proceso de delimitación (autoridades, ejidatarios, particulares, etcétera); planos, fotografías aéreas y documentos ya existentes; número preliminar de vértices y puntos GPS de control; tipos de cultivo y vegetación existente; usos de suelo; croquis del área arqueológica y periodo estimado de medición.

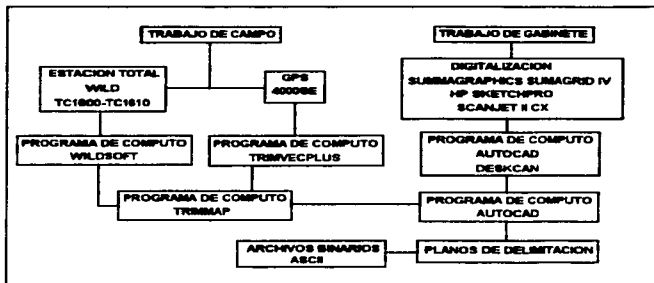


Figura 16. Proceso para la elaboración de un plano de delimitación.

Un punto importante, es que la identificación y marcaje de los vértices de la delimitación, se efectúe de manera obligatoria en compañía del arqueólogo responsable, las autoridades municipales o ejidales, el topógrafo y todo el personal que esté involucrado, tratando de llegar a un acuerdo general, en cuanto a los límites de la delimitación de la zona arqueológica. Es importante que cada uno de estos vértices quede señalado físicamente con una mojonera. Así mismo, durante el recorrido, se deben ubicar las obstrucciones que impidan la recepción de la señal de los satélites y definir el equipo de medición que se utilizará en vértices que presenten problemas para ser medidos.

3.2. El procedimiento de medición con una estación total.

El método de medición que se realiza a través de una estación total, permite simplificar los procedimientos operativos para la medición, conservando un alto grado de

precisión. Los métodos más comunes utilizados para la medición con este tipo de aparato son: "poligonación, doble radiación, radiación sencilla, intersecciones, observaciones desplazadas, replanteo y trisección inversa."⁵⁰

Para la elaboración de los planos de delimitación, se utiliza el método conocido como poligonación complementado con el de radiación sencilla, el cual consiste en un levantamiento topográfico que tiene como función, la medición de ángulos y distancias de las líneas que conforman un polígono. Este método se utiliza para la medición directa del perimetro de la delimitación y de las poligonales de apoyo, en estos casos se usa el método de poligonal de circuito cerrado, en donde las líneas del polígono de apoyo inician y terminan en el mismo lado de control acimutal y lineal (GPS). Dentro de estos procedimientos hay que seguir ciertas normas de operatividad: como es el establecer un lado de control geodésico por cada 10 a 14 lados de desarrollo de la poligonal de apoyo; usar tripilé para colocar el prisma en las mediciones a cada punto de estación de la poligonal de apoyo; nivelar la estación total al efectuar las mediciones a cada punto, para medir ángulos con la máxima precisión.

El procedimiento operativo, consiste en definir tres puntos de la poligonal de apoyo (punto de estación, punto de atrás y punto de adelante) y tomar una serie de observaciones hacia los puntos. Esto se realiza para cada estación de la poligonal, verificando que la precisión lineal y angular estén dentro de la tolerancia y precisión requerida. El método de radiación sencilla, se usa para la medición de ángulos y distancias a partir de una estación

⁵⁰ Poligonación: Es un método que consiste en la medición de ángulos y distancias de las líneas que conforman un polígono (poligonal abierta o cerrada).
Doble radiación: Método por el cual se determina la posición de vértices o puntos midiendo ángulos y distancias a partir de dos estaciones de coordenadas conocidas.
Radiación sencilla: Similar a la doble radiación, excepto que la medición de ángulos y distancia será a partir de una estación de la poligonal de apoyo.
Intersecciones: Consiste en calcular la posición de un vértice o punto utilizando dos distancias medidas a partir de dos puntos de coordenadas conocidas, previamente medidas.
Observaciones desplazadas: Calcula la posición de un vértice o punto, a partir de la medición de ángulos y distancias a un punto o puntos auxiliares fuera del lugar donde se localiza el vértice, desde una estación de coordenadas conocidas.
Replanteo: Consiste en la localización precisa de vértices o puntos previamente medidos de coordenadas conocidas.
Trisección inversa: Consiste en calcular la posición (coordenadas) de una estación desconocida o libre a partir de la observación a dos puntos de coordenadas conocidas. Ibid., págs. 41-56.

de la poligonal de apoyo, siguiendo para esto de ciertas normas, como es el tomar de referencia desde la estación a radiar a dos puntos de coordenadas conocidas. Primero se mide al punto de adelante y después al punto de atrás, según el caminamiento de la poligonal de apoyo; se usará tripié en la instalación del prisma y se nivela la estación al efectuar las mediciones, para medir ángulos con la máxima precisión. Finalmente, los datos recolectados se transfieren de la estación total a una computadora portátil, para que posteriormente se realice el ajuste y cálculo de coordenadas, chequeando que la precisión sea la adecuada, obteniéndose así un plano preliminar de delimitación de la zona arqueológica.

Al término de las actividades de medición, se integrará un expediente de levantamiento que consistirá de: planos y fotografías aéreas existentes, croquis, bitácora de campo y archivos de datos para su proceso posterior en gabinete. Finalmente, concluidas las actividades, se elaborará un reporte que tendrá como objetivo plasmar las experiencias que se tuvieron durante el levantamiento.

3.3. Aspectos generales sobre la medición con equipo GPS.

La brigada de topografía, es la encargada de realizar las mediciones con el equipo GPS, y cuya función es elaborar y analizar el proyecto de medición con equipo GPS, definiendo el programa de cobertura y el método de medición a utilizar, además de transferir la información de los receptores, al equipo de cómputo y manejar los programas de planeación de misiones, de proceso y análisis de la información obtenida en campo.

El área de trabajo del sistema GPS, es el lugar donde se realizarán las mediciones, y está conformada por una o más zonas arqueológicas, y la carga de trabajo se compone por el levantamiento de un conjunto de vértices geodésicos, los cuales, pueden ser de dos tipos:

1) Puntos GPS de control acimutal y lineal (ver Figura 17). Todos estos se deben ubicar y posicionar y en su caso monumental, y su sentido es establecer un mínimo de dos puntos GPS de control, por polígono arqueológico.

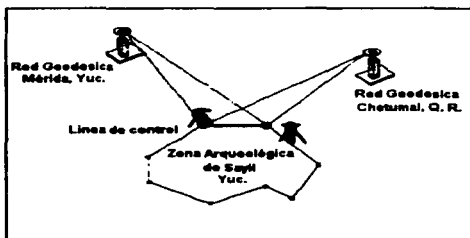


Figura 17. Establecimiento del control geodésico.

2) Puntos GPS de vértices perimetrales, poligonal de apoyo, monumentos, radiaciones, etcétera. Estos puntos solamente se ubican y posicionan y no requieren monumentalarse. Su medición se realiza al interior de la zona arqueológica y permite determinar las coordenadas de los vértices perimetrales y las radiaciones al interior.

Dentro de estas actividades, están definidas dos grandes áreas: Las que se realizan en campo para la medición y fotoidentificación encaminadas a la medición de la zona arqueológica y las que se realizan en gabinete, consistentes en el procesamiento de la información recabada en campo, que servirá posteriormente para generar los planos definitivos.

Ya establecidos los puntos GPS, el equipo de topografía propaga el control geodésico con la estación total, estableciendo con esto, la poligonal general y las poligonales de apoyo.

Una actividad complementaria, es la monumentalación de los vértices, lo que permita su ubicación exacta y conservación, de ser preferible, estos punto deberán contener una

placa metálica de identificación (Es importante mencionar que la monumentación de los puntos, deberá efectuarse antes de hacer el posicionamiento).

Con el monumento ya elaborado y con los datos obtenidos en el reconocimiento de campo, se tienen los elementos necesarios para realizar el programa de medición, especificando los tiempos de posicionamiento, el orden de cobertura y la distribución del personal. Para ello se procede a calendarizar la disponibilidad de por lo menos cuatro satélites con geometría adecuada (GDOP menor o igual a cinco) para cada punto a posicionar, valor que se obtiene a través del programa de planeación de misiones. En la Figura 18, se observa una relación entre el PDOP o GDOP contra el tiempo y su relación con el número de satélites visibles para la zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán, para un receptor de 9 canales, observándose valores óptimos de posicionamiento con un GDOP menor de 5, en un horario de 6:00 a.m. a 7:00 a.m. con una cantidad de satélites que va de 6 a 8, y de 10:00 a.m. a 15:00 p.m. con valores menores de 5 y con una cantidad de satélites que va de 5 a 8. Conociendo estos valores, se planea la sesión de observación, para el posicionamiento de los puntos GPS de control, considerando los siguientes aspectos:

- 1) Cuantas estaciones se van a ocupar.
- 2) Cuantas estaciones se van a ocupar simultáneamente.
- 3) Cuantas estaciones se van a ocupar varias veces.
- 4) En que momento se van a iniciar y terminar las sesiones.
- 5) Que nombres se van a asignar a las estaciones.

El posicionamiento de los puntos GPS de control, se efectuará preferentemente con equipos GPS de dos bandas y utilizando el método estático (ver apartado 3.4.), en donde se debe colocar un equipo en cada uno de los puntos GPS a posicionar, durante el tiempo especificado; cuando en la zona existan más de dos puntos de control, la medición se efectuará ligando los puntos conformando una red, en donde el vector que forma el lado de control, se deberá medir en una misma sesión como se observa en la Figura 19, en donde existen 6 puntos GPS y que se ligan mediante tres sesiones A, B, C, esto, siempre y cuando

se cuenta con un mínimo de tres receptores GPS. La utilización de redes permite dar una mayor solidez y redundancia al levantamiento, y con ello garantizar que durante el procesamiento de la información a través de programas de cómputo, se obtengan resultados con la precisión requerida. El diseño de la red, debe ser planeada antes de los trabajos de medición y para ello, habrá que considerar los siguientes aspectos:

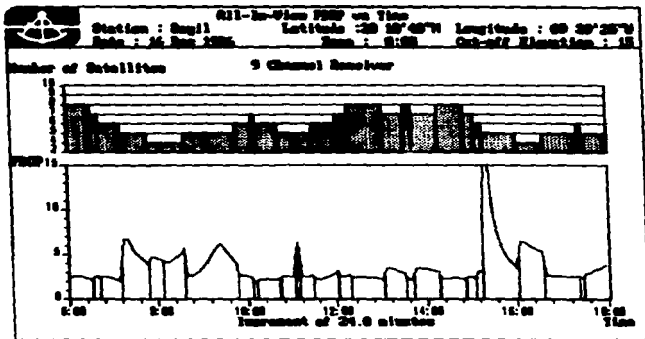


Figura 16. Relación GDOP o PDOP contra tiempo y número de satélites.

- 1) Ligar la medición a los puntos GPS de control.
- 2) Ligar los vectores del área a medir. En el caso de las mediciones que se realizan en el perímetro de la delimitación y la poligonal de apoyo, es necesario ligar los vectores entre vértices y no dejar de medir ninguno de ellos.
- 3) Determinar el número de sesiones requeridas para medir todos los vértices del trabajo, considerando que algunos de ellos deberán posicionarse en más de una ocasión.

Para llevar a cabo las mediciones, hay que tener presente algunas consideraciones, como son:

- 1) Actualizar por lo menos semanalmente, el almanaque para la determinación de ventanas en el programa de planeación de misiones.
- 2) Tener bien definido el programa de medición (tiempos de posicionamiento, rutas de recorrido).
- 3) Seleccionar el método de levantamiento que más favorezca, dependiendo de las condiciones del terreno.
- 4) Asegurar un inicio común en todos los receptores.
- 5) Checar que cada uno de los vértices a medir, se encuentren libres de cualquier obstáculo, para garantizar la recepción de la señal.
- 6) Evitar el uso de radio transmisor-receptor, ya que pueden interferir en la recepción de la señal.

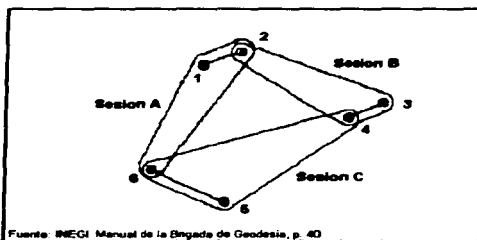


Figura 19. Creación de una red.

Los puntos que presentan problemas, se medirán posteriormente con algún otro método que garantice su calidad y precisión. Finalmente, al término de las sesiones programadas, se transfiere la información de los receptores al equipo de cómputo y se procesa a través de un programa de cómputo. En el cuadro 10, se observa un formato de

registro para el levantamiento de vértices GPS, que contiene la información mínima necesaria para llevar a cabo un adecuado control del levantamiento.

3.4. Métodos de levantamiento con equipo GPS.

Para llevar a cabo la ubicación e instalación del equipo GPS, es necesario localizar el punto o vértice en el que se va realizar el posicionamiento, posteriormente se centra y nivela el equipo, y se mide la altura de la antena. A continuación, se enciende el receptor y se inicia el proceso de rastreo de satélites, una vez que se han enganchado un mínimo de tres satélites, el receptor comenzará a computar la posición, a partir de este momento ya se puede iniciar la sesión; y al receptor se le ingresa el nombre de la estación, el número de sesión y la altura de la antena. Dentro de la sesión, la información se debe almacenar con un intervalo de registro preferentemente a cada 15 segundos y con una elevación de los satélites a 15° sobre el horizonte, con un mínimo de 3 satélites y un GDOP menor a 5. Durante el posicionamiento se puede checar la posición relativa del punto (WGS 84), la hora, el número de satélites enganchados, así como su acimut y elevación, el número de medidas registradas y el GDOP, entre otros aspectos. Finalmente, concluido el tiempo de la sesión, se checa que los datos ingresados al receptor, sean los correctos y se procede a apagarlo.

La selección del método a utilizar, depende del área a medir y del tipo de equipo disponible (ver cuadro 11). La combinación de estos métodos permite efectuar levantamientos con mayor rapidez, aumentando la productividad y optimizando el uso de los equipos. El determinar que método utilizar, dependerá de las condiciones topográficas, la disponibilidad del equipo, de los elementos que interfieran en la recepción de la señal, la concentración o dispersión de vértices, el tiempo de desplazamiento entre vértices, la ventana satelital, y de considerar los procedimientos mínimos para cada uno de los métodos.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
DIRECCIÓN DE REGISTRO PÚBLICO DE MONUMENTOS
Y ZONAS ARQUEOLÓGICAS
DEPARTAMENTOS DE INFORMÁTICA Y TOPOGRAFÍA
"LEVANTAMIENTO DE VÉRTICES GPS"

TIPO DE LEVANTAMIENTO: _____

OBSERVADOR: _____ FECHA: _____

NOMBRE DE LA ESTACIÓN: _____ DÍA JULIANO: _____ NÚMERO DE SESIÓN: _____

ALTURA DE LA ANTENA: _____ CM. HORA DE INICIO: _____ HORA FINAL: _____

GDOP PROMEDIO: _____

CLAVE DEL SITIO: _____ NOMBRE DEL SITIO: _____

PROYECTO: _____

ESTADO: _____ MUNICIPIO: _____

COORDENADAS:

LATITUD: _____ LONGITUD: _____ ALTITUD: _____

U.T.M.

NORTE: _____ ESTE: _____ ZONA: _____

TEMPERATURA: _____ PRESIÓN: _____ HUMEDAD: _____

CROQUIS:

UBICACIÓN:

CONDICIONES:

OBSERVACIONES:

Cuadro 10. Cédula de levantamiento de vértices GPS

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

3.4.1. Método estático.

A este método se le conoce así, debido a que los receptores permanecen posicionados en los vértices a medir por tiempos prolongados en sesiones de una o más horas; es un método lento, pero el que ofrece mayor precisión.

MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO CON EQUIPO GPS		
ÁREA A MEDIR	MÉTODO	OBSERVACIONES
Lado de control.	Estático.	Invariablemente.
Perímetro de delimitación.	Estático Estático-rápido.	A elección, según distancia y condiciones del terreno.
Poligonal de apoyo.	Estático, Estático-rápido.	Similar.
Áreas grandes o radiaciones.	Estático Estático-rápido, Cinemático Pseudocinemático.	Similar.
Áreas pequeñas o puntos específicos.	Estático rápido, Cinemático, Pseudocinemático.	Similar.

Fuente: INEGI. Métodos de levantamiento con equipo GPS, pág. 133

Cuadro 11. Métodos de levantamiento con equipo GPS

Para dar inicio al levantamiento, se instalarán los equipos GPS en cada punto a posicionar, respetando las normas de centrado, nivelado e inicialización específicas para cada equipo. Una vez instalados los equipos en los puntos y teniendo por lo menos cuatro satélites disponibles con geometría adecuada (GDOP menor o igual a 5), se harán observaciones de manera continua, durante por lo menos una hora, dependiendo del número de satélites y del largo de la línea base. Al hacer el posicionamiento, es conveniente iniciar 5 minutos antes y terminar 5 minutos después de la hora programada, para asegurar el tiempo mínimo de la sesión, además de que los equipos deben trabajar conjuntamente.

Se tomarán registros cada 15 segundos durante el tiempo que dura la medición, para todos los equipos GPS programados para esa sesión. En caso de que alguno de los equipos interrumpa el registro de datos por cualquier circunstancia durante el tiempo mínimo de observación, o no se logre trabajar conjuntamente, se deberá volver a efectuar la medición, antes de pasar a posicionar el siguiente punto. Para mejorar la precisión, es importante posicionarse en un punto con coordenadas conocidas.

En el método estático, el número de estaciones que se establecen en un día, es determinado por el número de receptores usados, la duración de la sesión, la precisión requerida y el tiempo de traslado entre puntos. Mientras más grande sea el número de receptores, mayor será la productividad; por ejemplo, 2 receptores generan un nuevo punto por sesión; 3 receptores generan dos nuevos puntos; 4 receptores tres nuevos puntos, etcétera. En este método, es importante el tiempo de observación por sesión, ya que la posición de los satélites en el espacio, cambia rápidamente. En general, un mínimo de 45 a 60 minutos de observación, es requerido para usar este método. En la Figura 20, se muestra el tiempo de observación en el método estático, el cual está en función del tamaño de la línea base y de la cantidad de satélites sobre el horizonte, de donde se deducen dos situaciones, una, que mientras más larga sea la línea base, mayor será el tiempo de observación, y la otra, que mientras más satélites existan sobre el horizonte, menor será el tiempo de observación. Con una eficiente planeación, es posible realizar 4 sesiones completas en 4 ó 5 horas.

3.4.2: Método estático-rápido.

Este método es muy similar al método estático, tanto en su levantamiento, como en el procesamiento. Una de las variantes que presenta, es que solo se puede realizar mediante la utilización de equipos GPS con código P. Otra variante, es el tiempo de posicionamiento en cada punto o estación, mismo que dependerá del tamaño de la línea a

medir; así, tenemos que en líneas menores a 5 km., se posicionará el equipo durante 10 minutos, y por cada kilómetro adicional, dos minutos más, tal como se muestra en el cuadro 12.

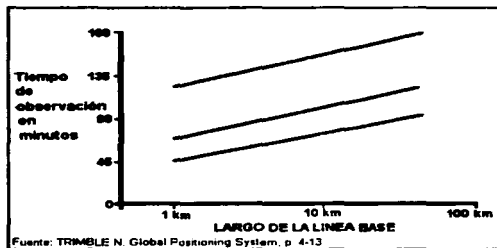


Figura 20. Tiempo de observación en el método estático.

Los procedimientos para el posicionamiento de los puntos con el método estático-rápido son:

- 1) Instalación del equipo.
- 2) Altura de la antena.
- 3) Intervalo de registros cada 10 segundos.
- 4) Recolección de datos en cada punto a posicionar.

Para este procedimiento se requiere mínimo tres equipos GPS, pudiendo ser más, dependiendo de las características del levantamiento, y se recomienda la utilización de redes. Al igual que el método anterior, para mejorar la precisión, se recomienda posicionarse en un punto con coordenadas conocidas.

3.4.3. Método Cinemático.

El método cinemático, es el más rápido de los levantamientos con equipos GPS, pero al mismo tiempo el más exigente, en cuanto a la recolección de datos (capacidad de memoria) y procesamiento, por lo que se debe ser extremadamente cuidadoso al realizar el levantamiento. Para evitar la pérdida de la señal de los satélites enganchados dentro del método cinemático, se presentan tres variantes, mediante las cuales se puede iniciar un levantamiento, estas son:

- 1) Inicialización a partir de una línea base conocida.
- 2) Inicialización por intercambio de antena (SWAP).
- 3) Inicialización estática de una hora.

TIEMPO DE OBSERVACIÓN EN EL MÉTODO ESTÁTICO-RÁPIDO		
TAMAÑO DE LA LÍNEA BASE	TIEMPO MÍNIMO	OBSERVACIONES
menor a 5 km.	10 min.	Se incrementan 2 minutos por
5 a menos 6 km.	12 min.	cada kilómetro adicional
6 a menos 7 km.	14 min.	de la línea a medir.
7 a menos 8 km.	16 min.	
8 a menos 9 km.	18 min.	
9 a menos 10 km.	20 min.	

Fuente: INEGI. Manual de la Brigada de Geodesta. pag 135

Cuadro 12. Tiempo de observación en el método estático-rápido

De estos, el que más favorece la medición de vértices, es el primero. Para este tipo de levantamiento, se requiere de por lo menos tres equipos GPS que cuenten con el método cinemático en su configuración, sin embargo, se puede trabajar con más equipos a la vez. El tiempo de posicionamiento en cada vértice, es de dos minutos, con un intervalo de registros a cada 10 segundos, lo cual equivale a registrar 12 medidas por vértice. Los puntos de inicio y final del levantamiento, se posicionarán por cinco minutos (30 medidas). En caso de perder la señal durante el recorrido, se deberá regresar con el receptor móvil al vértice

anterior, para realizar un segundo posicionamiento por un espacio de cinco minutos (30 medidas). En este método, un receptor debe permanecer fijo en un punto de coordenadas conocidas durante el levantamiento. Las características de tiempo de posicionamiento en este método se observan en el cuadro 13.

MÉTODO CINEMÁTICO	
SITUACIÓN	TIEMPO
Inicio y cierre en la línea base conocida.	5 min.
Ocupación por vértice.	2 min.
Pérdida de señal (regresando al vértice anterior)	5 min.
Intervalo de registros.	10 seg.
Mínimo de satélites.	4 sat.
Fuente: INEGI. Manual de la Brigada de Geodesia, p. 137.	

Cuadro 13. Características del método cinemático.

Antes de realizar el levantamiento cinemático, se requiere de una serie de actividades que permitan hacer una planeación, destacando la elaboración de un croquis, ubicación y marcaje de vértices, ubicación de obstáculos y determinación de horarios de posicionamiento. Es necesario planear y definir la ruta de recorrido a seguir por cada uno de los equipos móviles usados en el levantamiento, la cual deberá estar libre de obstáculos, para evitar la interrupción en la recepción de la señal. Los levantamientos cinemáticos, se iniciarán en puntos de una línea base, previamente medida con equipo GPS (método estático), de preferencia, uno de los lados de control acimutal establecidos en el polígono, seleccionando aquel que se localice más cercano al área a medir, y que favorezca la ruta de recorrido por presentar menos obstáculos. Si al medir una zona, se utilizan diferentes puntos de control al establecer los equipos fijos, se deberá ligar algunos vértices ya medidos, al momento de determinar la ruta de recorrido, con el objeto de ir uniendo las diferentes redes que se vayan formando.

Para iniciar este tipo de levantamiento, primero se instala el equipo, se mide la altura de la antena y se introducen los datos al receptor. Para efectuar un levantamiento cinemático a partir de una línea base conocida, se necesita al menos tres equipos GPS, dos de los cuales permanecen fijos durante todo el tiempo que dure la sesión y el tercero se mantiene en movimiento posicionando todos los vértices que se desee medir.

Los equipos fijos y móviles, se instalan en puntos de coordenadas conocidas y líneas base que forman entre ellos, como se observa en la Figura 21, en donde, dos equipos se encuentran fijos en puntos con coordenadas conocidas, si en la zona se cuenta con más de un lado de control y los vértices tienen coordenadas conocidas, se podrá utilizar cualquiera de estos puntos para inicio y cierre del levantamiento. Todos los equipos que se utilicen (fijos y móviles), se programan para recibir información con un intervalo de registro a cada 10 segundos. Los equipos fijos, deberán encenderse simultáneamente, mientras el receptor móvil al mismo tiempo, o, después de que los fijos ya estén encendidos, pero nunca antes, pues el proceso requiere la recepción de señales en tiempos comunes. Tanto receptores fijos como móviles, permanecerán encendidos durante toda la sesión.

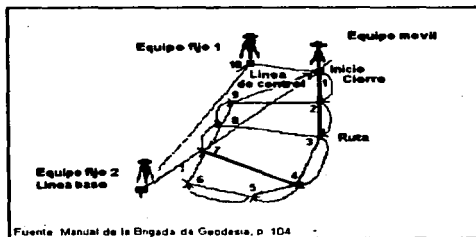


Figura 21. Método cinemático con línea base conocida.

Al iniciar el posicionamiento, se mantendrá al receptor móvil en el punto asignado como de arranque, al concluir la medición en el punto, el receptor está en condiciones de trasladarse al siguiente vértice y así sucesivamente, se desplazará al receptor a todos y cada uno de los vértices a medir. Hay que tener cuidado de que todos los datos estén almacenados en el receptor. Si se cuenta con dos o más equipos móviles, es importante que todos inicien en el mismo punto de arranque. Una vez visitados todos los vértices a medir por el equipo, se regresa al punto de arranque para cerrar la sesión de levantamiento, posicionándose por 5 minutos (30 medidas). Todos los equipos móviles que se utilicen en este tipo de levantamiento, iniciarán y terminarán en el mismo punto que arrancaron. Todos los receptores se apagarán, incluyendo a los fijos, cuando el último de los equipos móviles termine su recorrido.

Para los equipos que permanezcan en los puntos fijos, el procedimiento a seguir es similar al de un levantamiento estático, pero con intervalos de registro a cada 10 segundos. Una consideración importante en este tipo de levantamiento, es que durante el levantamiento, y aunque no se haya perdido la señal, se pueden tomar registros por 5 minutos, en uno de cada 10 a 12 vértices medidos, con el fin de tener redundancia en algunos vértices durante el levantamiento, además de utilizar para los equipos fijos el tripié y en equipos móviles el bipode.

3.4.4 Método Pseudo-Cinemático.

Este método tiene una gran similitud al método cinemático en la obtención de los datos en campo, para desarrollarlo, se necesita por lo menos dos receptores GPS, aunque se puede trabajar con más equipos a la vez. Se inicia el levantamiento en un vértice de coordenadas desconocidas y el tiempo de posicionamiento que se requiere para obtener datos en cada vértice, es de cinco minutos. Cada vértice, deberá ser posicionado una segunda ocasión, por lo menos una hora después de la primera visita, con el mismo

receptor. Por ningún motivo se hará la segunda visita al vértice con un receptor distinto al utilizado en la primera ocasión. Las dos visitas al vértice, se efectuarán en una misma sesión, o sea, no se apagará el equipo entre el primer y segundo posicionamiento (ver Figura 22.). El intervalo de registro a utilizar, es de 10 segundos, es decir, 30 medidas por ocupación, con lo cual, se obtendrán 60 medidas por punto, en las dos ocupaciones.

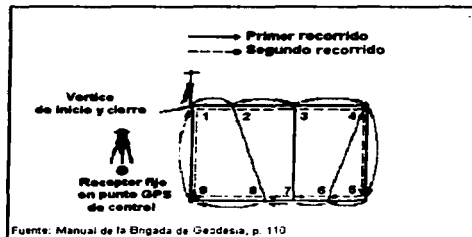


Figura 22. Método pseudo-cinématico.

Antes de realizar el levantamiento, es necesario planear cuidadosamente la selección de los horarios en que se tendrá la presencia de por lo menos cuatro satélites comunes durante el levantamiento, ya que para este método, una condición, es contar al menos con cuatro satélites comunes durante las dos ocupaciones a realizar en cada vértice. Hay que tener en cuenta que el equipo se posiciona en tres ocasiones, en el punto de arranque, ya que este es punto de inicio y cierre del levantamiento.

Antes de iniciar el levantamiento, se debe planear el recorrido hacia los puntos a medir, y en donde las rutas seleccionadas deberán estar libres de obstáculos para evitar la pérdida de la señal. El procedimiento a seguir, es instalar y nivelar el equipo, medir la altura de la antena, e introducir los datos de nombre y sesión de la estación.

El equipo instalado en el punto base, se mantendrá fijo durante todo el tiempo que dure la sesión, tomando registros de manera continua con un mismo intervalo de 10 segundos, hasta que el último receptor móvil termine su levantamiento.

3.5. Aplicación del sistema GPS en la DRPMZA.

La DRPMZA cuenta en la actualidad con tres equipos GPS modelo TRIMBLE 4000SE (ver Figura 23.) los cuales están diseñados para trabajos de alta precisión en aplicaciones de posicionamiento y navegación. Con el uso de programas de cómputo (TRIMVEC Plus) es posible obtener coordenadas en tres dimensiones por estación y el acimut, la distancia inclinada y el ángulo vertical, entre otros aspectos.

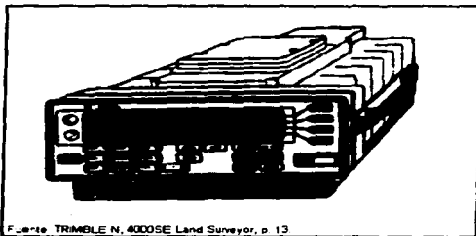


Figura 23. Receptor GPS TRIMBLE 4000SE

Para obtener la más alta precisión en el trabajo, se requiere de un postproceso en gabinete mediante un programa de cómputo, en donde primero se debió haber obtenido información de un mínimo de 4 satélites, que posteriormente será procesada, llegándose a obtener las siguientes precisiones:

Distancia Inclinada:

Largo: $1 \text{ cm} + 2 \text{ ppm} \times \text{largo de la línea base en km.}$

Acimut: $1 \text{ seg} + 5 / \text{largo de la línea base en km.}$

Distancia Vertical:

Distancia vertical: $2 \text{ cm} + 2 \text{ ppm} \times \text{largo de la línea base.}$

El receptor 4000SE, consta del receptor, antena, baterías, cables y manuales de operación, además de los programas necesarios para el proceso de la información. El equipo está configurado con una antena modular, una opción para trípode y un par de baterías. La antena modular está diseñada para recibir señales de tipo L1, además, se le puede adaptar una antena cinemática.

Para el funcionamiento del equipo, lo único que se requiere es colocarlo en el punto a posicionar, nivelarlo y automáticamente el receptor rastrea los satélites y obtiene una primera posición, calibrando en ese momento el reloj interno con el reloj de los satélites. Cuando existen suficientes satélites visibles, el 4000SE automáticamente determina la posición, en un máximo de dos minutos después de encendido el equipo, siendo la precisión en rango normal de 3 a 15 metros (cuando el S/A no está activado). Cuando el S/A está activado, la posición se degrada cerca de 100 metros.

Cuando la posición es calculada con 3 satélites y no se usa una posición de referencia, la solución computa la altura obtenida de un sitio previo, en donde dependiendo de la distancia entre estaciones y la diferencia entre la altura actual y la usada, se obtiene un error que va más allá de los 300 metros. En cuanto a la navegación, el error va de 25 m. (cuando el S/A no está activado) a 100 m. (cuando el S/A está activado).

El método de levantamiento utilizado en la elaboración de los planos de delimitación, es el estático, que requiere mínimo dos receptores GPS, recibiendo señales simultáneamente de un mínimo de 4 satélites durante 1 hora. El receptor debe estar posicionado en el punto durante toda la observación, siendo esta técnica, la que mayor

precisión de la que requiere de mayor tiempo de posicionamiento. Con esta técnica se han posicionado 260 puntos de control, dentro del proyecto de "Delimitación de Zonas Arqueológicas" (en el cuadro 4 de las páginas 32-37 se observan las zonas arqueológicas que han sido delimitadas utilizando algunos de estos puntos de control). Estos puntos van desde mojones, puntos de control del INEGI, radiaciones, puntos de poligonal, montículos, entre otros.

El receptor 4000SE, trabaja en tres modos de posicionamiento:

- 1) Latitud, longitud y altura (solución 3D; requiere de 4 satélites mínimo).
- 2) Latitud, longitud y altura fija (solución 2D; requiere 3 satélites mínimo).
- 3) Altura, con latitud y longitud fija (solución 1D; requiere 2 satélites mínimo).

En donde el receptor determina automáticamente el modo de funcionamiento, dependiendo del número de satélites. Los valores por defecto del receptor 4000SE, se observan en el anexo C.

Los datos que se transfieren del receptor a la computadora son principalmente de tres tipos: archivos de datos, archivos de mensajes de navegación y archivos de efemérides.

3.5.1. El sistema GPS y la delimitación de la zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán.

La delimitación de la zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán, se realizó en los meses de abril y mayo de 1994, dentro del programa de delimitaciones de ese año. Esta delimitación surgió de la necesidad de dotar a dicha zona, de un marco legal que la protegiera.

El procedimiento que se siguió para llevar cabo la delimitación, fué el siguiente: primeramente, por orden de la DRPMZA, se comisionó a la sección de topografía, para llevar a cabo el trabajo de medición y trasladarse a la ciudad de Mérida, Yuc., en donde se

debería de contactar en el Centro Regional de Yucatán al responsable de la zona arqueológica, para establecer los lineamientos a seguir en cuanto a la delimitación. Posteriormente, se hizo el traslado a la cabecera municipal de Oxkutzcab, Yuc., para entrevistarse con el presidente municipal; para informarle sobre los trabajos que se realizarían. Finalmente, tanto la sección de topografía, como el arqueólogo responsable, las autoridades, y el personal involucrado, se trasladaron a la zona arqueológica, para realizar un recorrido de reconocimiento, con el objetivo de definir los límites de la delimitación y conocer las características geográficas de la zona arqueológica (ver cuadro 14).

ZONA ARQUEOLÓGICA DE SAYIL	
CLIMA	Cálido sub-húmedo con lluvias en verano
TERRENO	Plano, surcado por una serranía en dirección este-oeste por la parte norte
FLORA	Selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria
Fuente: SECRETARÍA de Gobernación. Los Municipios de Yucatán, pág. 290.	

Cuadro 14. Medio geográfico de la Zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán.

Ya definidos los límites y conocidas las características geográficas de la zona, el siguiente paso fue definir el método de levantamiento. Para esto, se consideraron tres aspectos: uno, el acceso a los límites de la delimitación eran difíciles, debido a la abundante vegetación; dos, la distancia entre cada mojonera era muy grande; y tres, el poco tiempo que se contaba para llevar a cabo el trabajo de campo. En base a estos aspectos, se llegó a la conclusión de usar el equipo GPS para el levantamiento de las mojoneras y de un punto del palacio que sirviera de amarre, usando para esto, el método estático; el uso de la estación total, mediante una poligonal abierta que sirviera de amarre con una mojonera y el punto del palacio, lo que permitiría la digitalización de planos ya existentes, que complementarían el plano final de la delimitación.

Para el trabajo de medición, se utilizaron tres receptores 4000SE, el cual consistió en levantar dos triángulos, el primero, posicionado en las mojoneras M1, M5 y M4 (ver

mapa 2. de la página 31) y un segundo triángulo, posicionado en las mojoneras M2, M3 y un tercer punto en la explanada del palacio. Se recibieron señales de los satélites cada 15 segundos, por un tiempo aproximado de una hora con quince minutos. Terminado el tiempo de posicionamiento con la información recabada, se procedió al postproceso, mediante un programa de cómputo, obteniéndose los siguientes resultados:

Se realizaron dos sesiones con las siguientes características:

PUNTO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	DÍA JULIANO	N° DE SESIÓN	FECHA	ALTURA DE LA ANTENA (m)	HORA DE INICIO	HORA FINAL
M1	SAY1	137	0	17/V/94	0.778	15:59	17:15
M5	SAY2	137	0	17/V/94	1.049	16:01	17:15
M4	SAY3	137	0	17/V/94	1.077	16:00	17:15
M2	SAY4	137	1	17/V/94	1.032	18:31	19:44
M3	SAY5	137	1	17/V/94	1.089	18:33	19:48
PALACIO	SAY6	137	1	17/V/94	1.354	18:29	19:46

Los satélites visibles, la primera posición, el GDOP y las condiciones atmosféricas fueron los siguientes:

ESTACIÓN	SATÉLITES VISIBLES	LATITUD		ALTURA	GDOP
		NORTE	OESTE		
SAY1	2,7,15,18,19,27,28,29,31	20°11'05.53141"	89°39'22.27383"	54.30	1.8
SAY2	7,15,18,19,27,28,29,31	20°11'00.63873"	89°38'57.60875"	126.3	2.5
SAY3	2,7,15,18,19,27,29,31	20°10'49.87114"	89°38'38.21528"	97.90	2.5
SAY4	2,4,7,15,19,27	20°09'50.34360"	89°38'48.67707"	92.40	2.4
SAY5	2,4,7,15,19,27	20°09'57.32689"	89°39'37.09884"	97.80	2.8
SAY6	2,4,7,15,19,27	20°10'40.26658"	89°39'06.92447"	84.30	2.4

PRESIÓN ATMOSFÉRICA: 1013 Mb.

TEMPERATURA: 20.0° C.

HUMEDAD RELATIVA: 50 %

En cuanto a los satélites visibles, se observa que en SAY2 el satélite 2 y en SAY3 el satélite 28 no se encuentran, mientras que el GDOP está dentro del rango de aceptable. El siguiente paso, es transferir los datos del receptor a la computadora, utilizando los siguientes parámetros de transferencia:

CDM: 1 BAUD: 9600 DATA: 8 PARITY: ODD STOP: 1

Transferidos los datos, se procede a realizar un postproceso de la información, checando que el nombre de la estación, la altura de antena, el día juliano, la sesión y el tipo de antena (MICRO SE) sean los correctos. Se seleccionaron las estaciones SAY3 y SAY5 como puntos con coordenadas conocidas, y finalmente se escogió el tipo de proceso para el ajuste, en este caso MBP-SINGLE⁵¹, obteniéndose los resultados de distancia, acimut y ángulo vertical entre estaciones, así como las coordenadas tridimensionales de cada punto (WGS 84).

SESIÓN	EST.	EST.	DISTANCIA ELIPSOIDAL (m)	ACIMUT	ÁNGULO VERTICAL
137-0	SAY1	SAY2	726.68148	102°18'02.68148"	0°18'51.85"
137-1	SAY4	SAY5	1466.7157	279°53'42.89007"	0°08'56.85"
137-1	SAY4	SAY6	1648.0198	340°57'16.61637"	-0°02'51.97"
137-1	SAY5	SAY6	1589.7099	34°46'19.744726"	-0°09'04.41"
137-0	SAY2	SAY3	661.93249	121°05'08.20822"	-0°24'02.46"
137-0	SAY1	SAY3	1370.2668	111°14'43.46334"	-0°02'02.68"

⁵¹ El MBP-SINGLE es un programa de proceso que tiene como objetivo obtener la posición relativa entre dos receptores de manera automática. Obteniéndose las coordenadas de la estación y los componentes de la línea base. Con esta información se determina la calidad de las mediciones y la precisión que se obtiene. El programa contiene un modelo de ionósfera que permite corregir los errores que en ella se presentan.

El MBP-MULTI es un programa que puede procesar desde 9 satélites y hasta 10 estaciones, diseñado principalmente para el método cinemático y para el uso de frecuencias duales y código P. Una diferencia importante entre ambos métodos, es que el MBP-MULTI procesa todos los datos de las estaciones simultáneamente, dividiendo todos los errores en todos los componentes y en todas las estaciones. Proviendo toda la información necesaria para el ajuste del trabajo, obteniéndose las coordenadas de la estación y los componentes de la línea base. TRIMBLE N. Trimnet Survey Network Software User's Manual, apéndice B y C.

ESTACIÓN	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTURA ELIPSOIDAL (m)
SAY1	20°11'06.017664"	89°39'22.18861"	98.39
SAY2	20°11'00.983779"	89°38'57.73802"	102.57
SAY3	20°10'49.871138"	89°38'36.21528"	97.90
SAY4	20°09'50.343598"	89°38'48.87707"	92.40
SAY5	20°09'58.537963"	89°39'38.43589"	97.80
SAY6	20°10'41.000733"	89°39'07.21119"	84.30

DATUM: WGS84

SISTEMA DE COORDENADAS: GEOGRÁFICAS

UNIDAD LINEAL: METROS

ZONA: GLOBAL

El siguiente paso, es el ajuste de la información, en donde se toman los resultados obtenidos en el proceso MBP-SINGLE. El ajuste se realiza mediante el uso del método de ajuste de mínimos cuadrados,⁵² obteniéndose los siguiente resultados:

ESTACIÓN	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTURA ELIPSOIDAL (m)
SAY1	20°11'06.018195"	89°39'22.18652"	98.53
SAY2	20°11'00.984203"	89°38'57.73453"	102.47
SAY3	20°10'49.870182"	89°38'38.21066"	97.87
SAY4	20°09'50.342883"	89°38'48.86237"	92.40
SAY5	20°09'58.537408"	89°39'38.42679"	97.80
SAY6	20°10'41.004117"	89°39'07.17225"	84.30

DATUM: WGS84

SISTEMA DE COORDENADAS: GEOGRÁFICAS

UNIDAD LINEAL: METROS

ZONA: GLOBAL

⁵² Ibid., pág. 6.1-6.3.

El siguiente paso, es cambiar el datum, de WGS84 a NAD27, con el fin de que los resultados sean compatibles con la cartografía elaborada por el INEGI (actualmente está modificando su cartografía al datum ITRF92), obteniéndose los siguientes resultados:

ESTACIÓN	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTURA ELIPSOIDAL(m)
SAY1	20°11'06.01855"	89°39'22.19617"	98.53
SAY2	20°11'00.98430"	89°38'57.73455"	102.47
SAY3	20°10'49.8697"	89°38'38.21116"	97.87
SAY4	20°09'50.34180"	89°38'48.66272"	92.40
SAY5	20°09'58.53683"	89°39'38.42638"	97.80
SAY6	20°10'41.00569"	89°39'07.17232"	84.30

DATUM: NAD27

Semi eje mayor
6378206.4

Semi eje menor
6356583.8

Aplanamiento
294.9786962

SISTEMA DE COORDENADAS: GEOGRÁFICAS

UNIDAD LINEAL: METROS

ZONA: GLOBAL

Posteriormente y en base a que el plano de delimitación requiere de coordenadas ortogonales para su elaboración, se cambia el sistema de coordenadas geográficas a UTM (zona 16), obteniéndose los siguientes resultados:

ESTACIÓN	NORTE	ESTE	FACTOR DE ESCALA	CONVERGENCIA DE MERIDIANOS
SAY1	2234043.0352	222396.7114	1.000552803217	0°55'01.5818"
SAY2	2233876.6060	223104.7811	1.000547947294	0°54'52.9065"
SAY3	2233525.8421	223866.4363	1.000544104559	0°54'46.8758"
SAY4	2231699.4189	223333.6489	1.000546382607	0°54'46.7058"
SAY5	2231974.8219	221891.9938	1.000556274643	0°55'04.2502"
SAY6	2233266.5791	222820.8169	1.000549893693	0°54'55.3007"

PROYECCIÓN: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM)

ZONA: 16

MERIDIANO CENTRAL: 87°00'00.00" O
LATITUD ORIGEN: 0°00'00.00" N
NORTE: 0.00 ESTE: 500 000
FACTOR DE ESCALA A LO LARGO DEL MERIDIANO CENTRAL: 0.9998

Finalmente se obtiene el acimut y la distancia entre las estaciones, que en este caso fueron mojoneras de la zona arqueológica y cuyos resultados servirán para la orientación y conformación final del plano de delimitación.

EST.	EST.	ACIMUT	DISTANCIA DE PROYECCIÓN	EST.	ALTURA ELIPSOIDAL
SAY1	SAY2	103°12'42.243664"	727.32030	SAY1	98.53
SAY2	SAY3	122°00'00.729322"	662.29320	SAY2	102.46
SAY3	SAY4	190°19'35.325442"	1856.4941	SAY3	97.86
SAY4	SAY5	280°48'26.631961"	1497.6653	SAY4	92.40
SAY5	SAY1	13°42'46.372067"	2129.1016	SAY5	97.80

Para el diseño del plano, se requiere de las coordenadas UTM, las cuales son convertidas a formato ASCII y junto con la información obtenida de la estación total, se transfiere a un programa de cómputo de topografía, en donde se genera un plano preliminar de delimitación, el cual consta de la información recopilada en campo, la gradícula y cuadrícula, la escala, la rotación, entre otros aspectos. Este plano finalmente es convertido en formato DXF (Drawing exchange format - Formato para cambio de dibujo) para que pueda ser importado por un programa de dibujo CAD (Computer aided design - diseño asistido por computadora), en donde junto con la información digitalizada de planos ya existentes, se genera el plano oficial de delimitación de la zona arqueológica, el cual se observa en la página 30, dando punto final al trabajo de elaboración del plano de delimitación, usando equipo GPS. Aunque es conveniente aclarar, que con esto, no se dio por terminado el proceso de protección legal de la zona arqueológica.

Conclusiones

El legado cultural con que cuenta México, representa un testimonio de las diversas culturas que se desarrollaron a lo largo y ancho de nuestro territorio, y que en su conjunto, significan la columna vertebral de la identidad cultural nacional. El estado mexicano ha conferido a la preservación de los monumentos arqueológicos, una gran importancia desde los inicios del siglo XIX hasta la fecha.

Sin embargo, en las últimas décadas, se ha venido agravando el deterioro y la amenaza de destrucción irreparable del patrimonio arqueológico, debido a diversas circunstancias. Por un lado los programas de desarrollo económico, al no marchar integrados a las políticas de conservación del patrimonio cultural, han originado una grave contradicción entre modernización y conservación. Lo anterior, ha provocado que los procesos incontrolados de crecimiento demográfico, y los procesos desordenados de urbanización; entre otros factores, favorecieran la invasión de zonas arqueológicas, su destrucción o alteración y la afectación general al patrimonio cultural. Más grave es la falta de coordinación entre las diferentes dependencias encargadas directamente de la protección de las zonas y monumentos arqueológicos.

Desde su fundación en 1939, el INAH, ha sido la institución que ha realizado la principal obra de rescate y recuperación del patrimonio arqueológico, la promotora de la avanzada legislación que tiene el país en esta materia, la formadora de la mayoría del personal técnico y científico que preserva, estudia y valora el patrimonio y la encargada de las numerosas zonas arqueológicas, monumentos históricos y museos abiertos al público, en donde se difunde de manera directa, el patrimonio de México.

Por lo tanto la DRPMZA, deberá seguir siendo la instancia encargada de vigilar y aplicar la normatividad para la protección de las zonas arqueológicas, vía su delimitación, además de proporcionar asesoría y coordinar con las diversas instancias involucradas, la expedición del decreto, con el fin de formalizar jurídicamente la delimitación y las

recomendaciones del expediente técnico, llegando así a contar con un instrumento de protección jurídica del patrimonio arqueológico.

Aparte del decreto, es necesario desarrollar trabajos con la comunidad que habita las zonas arqueológicas, ya que el éxito de la protección, depende en gran medida, de la aceptación y colaboración de la comunidad en las acciones de protección. Además se deberá asegurar la continuidad de los proyectos de decreto para las zonas arqueológicas más importantes del país, ya que solo en la medida que se regularice la tenencia del suelo en dichas zonas, se estará en posibilidad de brindar una efectiva protección al patrimonio arqueológico. Otro punto, es promover entre la comunidad de investigadores, la necesidad de contemplar como parte primordial de su investigación, la protección legal de los sitios, tomando en consideración, la creación de una política interna para la conservación del patrimonio arqueológico, evitando la separación entre las distintas instancias encargadas de actuar sobre una zona arqueológica, lo que provoca un desperdicio de recursos materiales y humanos. Siendo importante establecer mecanismos de coordinación con otras instituciones, principalmente, aquellas relacionadas con el uso y la tenencia del suelo.

En las zonas arqueológicas, es necesario proteger a los monumentos, tanto de los agentes atmosféricos como de los visitantes y conservar con nuevas técnicas y acciones los elementos arqueológicos, con el fin de conservar la integridad cultural y ambiental de ese patrimonio en su conjunto.

Sin una delimitación física precisa, y una ordenación del uso del suelo, la degradación no podrá evitarse. Por lo que no es admisible que se limite y reduzca la potencialidad del patrimonio cultural a fracciones, o reservas del pasado, desligadas de las acciones y posibilidades del presente y del futuro. Lo importante es sí, no es la delimitación, sino crear un programa de protección, tanto del sitio como de su entorno.

En donde el uso del sistema GPS, redundará en un mayor número de delimitaciones y en una mejor precisión, con la consecuente reducción de los tiempos de estancia en campo y el ahorro de recursos materiales y humanos.

Sin embargo, podemos resumir que el uso del sistema GPS en la delimitación de zonas arqueológicas, es de gran utilidad, ya que ha traído consigo un cambio en la forma de organizar el trabajo. A partir de que se hizo uso del sistema, la cantidad y calidad de los planos de delimitación ha sido mayor a la realizada con métodos tradicionales y la precisión que ahora se obtiene, es mayor a la obtenida anteriormente. Además, el trabajo se ha simplificado en gran medida, tanto en las labores de campo como en gabinete, por lo que se considera, que el uso de esta nueva tecnología, es un gran avance en el proceso de elaboración de los planos de delimitación de una zona arqueológica.

Anexo A. Expediente Técnico.

**(Puntos básicos para elaborar el anteproyecto de
declaratoria de zona arqueológica)**

1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA.

1.1. Nombre de la zona.

1.2. Estado.

1.3. Municipio.

1.4. Coordenadas (geográficas y/o UTM). Señalar punto de coordenación.

1.5. Acceso detallado al sitio.

2. MEDIO AMBIENTE.

2.1. Una breve síntesis del medio ambiente y su incidencia en relación, al deterioro de la zona (fundamentando de ser posible, el porqué de la necesidad inmediata de protección).

3. IMPORTANCIA DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA.

4. LA ZONA ARQUEOLÓGICA.

4.1. Historia del sitio (Cultura que la habita y hechos sobresalientes).

4.2. Descripción del sitio desde el punto de vista arquitectónico y monumental (Distribución general).

4.3. Cronología.

4.4. Antecedentes de investigación.

5. DELIMITACIÓN.

5.1. Definir criterios empleados en la delimitación.

5.2. Descripción de la poligonal envolvente (con base en el cuadro de construcción del plano).

6. TENENCIA DE LA TIERRA.

6.1. Señalar tipos de propiedad (ejidal, particular, comunal, federal, etc.).

6.2. De preferencia, anexar toda la información posible al respecto.

- Planos de catastro.
- Nombre de propietario.
- Trazo de vías que afecten al sitio.
- Plan de desarrollo urbano.

7. OBSERVACIONES GENERALES.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

**Anexo B. Decreto de la Zona Arqueológica de Tula, en el Edo. de
Hidalgo.**



DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION

ORGANO DEL GOBIERNO CONSTITUCIONAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Tomo CDLXXXIII No. 3 México, D.F., viernes 3 de diciembre de 1993

CONTENIDO

Secretaría de Gobernación
Secretaría de Hacienda y Crédito Público
Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Secretaría de Educación Pública
Secretaría del Trabajo y Previsión Social
Secretaría de la Reforma Agraria
Procuraduría General de la República
Banco de México
Tribunal Superior Agrario
Avismos
Índice en página 92



INAH
REGISTRO PÚBLICO
DE MONUMENTOS Y
ZONAS ARQUEOLÓGICAS

Dirección: Lic. Ma. Guadalupe Pérez Miranda

NS 210 EJEMPLAR

Río), la celebración de un acuerdo de coordinación, en el marco de la Ley de Planeación, Ley General de Asentamientos Humanos y de las leyes estatales, con el objeto de establecer las bases conformes a las cuales dichos órdenes de gobierno conjuntamente llevarán a cabo acciones tendientes a la regulación del uso del suelo para la preservación de la zona y su entorno ecológico. El Instituto Nacional de Antropología e Historia tendrá la participación que le corresponda en el mencionado acuerdo de coordinación.

ARTICULO 7o.- La Secretaría de Educación Pública definirá los criterios de protección de la zona monumental, promoverá programas educativos y de divulgación que estimulen entre la población el conocimiento, estudio, respeto y aprecio del patrimonio cultural de la zona de monumentos arqueológicos de La Organera-Xochipila

ARTICULO 8o.- En el caso de predios particulares comprendidos en la zona de monumentos a que este Decreto se refiere, el Instituto Nacional de Antropología e Historia promoverá el establecimiento de las servidumbres necesarias para el acceso a los monumentos y su adecuada protección.

Si resulta necesario, previos los estudios correspondientes, promoverá la modificación o adecuación de las obras o bienes no arqueológicos de cualquier naturaleza que afecten la vista y el acceso a los monumentos o puedan desvirtuar su apreciación y comprensión dentro de la zona a que se refiere este Decreto.

ARTICULO 9o.- El Instituto Nacional de Antropología e Historia, en ejercicio de sus atribuciones legales, vigilará el cumplimiento de lo ordenado en el presente Decreto y, al efecto, ejercerá sus facultades en el área definida en el artículo 2o de la presente Declaratoria.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- Este Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Inscribáse la presente Declaratoria de zona de monumentos y su plano oficial correspondiente en el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas e Históricas, dependiente del Instituto Nacional de Antropología e Historia, así como en el Registro Público de la Propiedad del Estado de Guerrero.

TERCERO.- Notifíquese personalmente a los interesados, en términos de o señalado por los

artículos 23 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y 9o de su Reglamento. En caso de ignorar su nombre o domicilio surtirá efectos de notificación la segunda publicación de este Decreto en el Diario Oficial de la Federación.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la ciudad de México, Distrito Federal, a los noventa y tres, - Carlos Salinas de Gortari - Rúbrica.- El Secretario de Desarrollo Social, Luis Donald Colosio Murrieta - Rúbrica.- El Secretario de Educación Pública, Ernesto Zedillo Ponce de León - Rúbrica.

DECRETO por el que se declara zona de monumentos arqueológicos el área conocida como Tula, ubicada en el Municipio de Tula de Allende, Hidalgo, con el perímetro y características que se señalan.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Presidencia de la República.

CARLOS SALINAS DE GORTARI, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que me confiere la fracción II del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en los artículos 32 y 38 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, 1o., 2o., 3o., 4o., 5o., 6o., 7o., 8o., 9o., 10o., 11o., 12o., 13o., 14o., 15o., 16o., 17o., 18o., 19o., 20o., 21o., 22o., 23o., 27o., 28o., 30o., 37o., 38o., 39o., 42o., 43o. y 44o. de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas; 2o. fracción VII, 2o. fracción VIII, 2o. fracción IX, 2o. fracción X, 2o. fracción XI, 2o. fracción XII, 2o. fracción XIII, 2o. fracción XIV, y 43 de la Ley General de Bienes Culturales, 2o. fracción I, 2o. primer párrafo y fracciones IX y XI de la Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia; y de conformidad con lo dispuesto en los artículos 1o., 15, 33 y 37 de la Ley de Planeación; y 1o., 2o., 4o., 6o., 7o. fracción VIII, 8o., 9o., 10., 12, 15, 27, 31, 33 fracción III, 35 fracciones II, V y X, 41 y 58 de la Ley General de Asentamientos Humanos, y

CONSIDERANDO

Que el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 señala como primer objetivo de la política cultural del Gobierno de la República la protección y difusión del patrimonio arqueológico, que constituye parte de la esencia de México como Nación y un supuesto imprescindible para su progreso.

Que en la zona de monumentos arqueológicos conocida como Tula se estableció la cultura Iteclca, localizada en el Municipio de Tula de Allende.

Estado de Hidalgo, emplazada sobre el cerro Toltcatepetl, hoy denominado "El Tesoro", con una superficie total de 106 hectáreas, 43 áreas y 90.50 centiáreas la cual comprende monumentos arqueológicos que por su magnificencia enorgullecen a México:

Que los estudios técnicos realizados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia señalan que la cultura tolteca jugó un papel relevante en la historia mesoamericana y dicha zona está considerada como uno de los centros ceremoniales y urbanos de mayor importancia en el Altiplano Central junto con Teotihuacán y Tenochtitlán, en el que se observa una continuidad cultural de sumo interés para el conocimiento de nuestra historia prehispánica.

Que mediante Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 27 de mayo de 1981, una parte del área conocida como Tula fue declarada Parque Nacional, y

Que para atender convenientemente a la preservación del legado arqueológico que contiene el área de Tula, sin alterar o lesionar su armonía, es necesario otorgar a la mencionada zona la protección que la legislación de los Estados Unidos Mexicanos confiere, incorporándola al régimen de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, que dispone que es de utilidad pública la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos y zonas de monumentos arqueológicos como parte integrante del patrimonio cultural de la Nación he tenido a bien expedir el siguiente

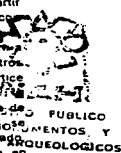
DECRETO

ARTICULO 1o.- Se declara Zona de monumentos arqueológicos el área conocida como Tula, ubicada en el Municipio de Tula de Allende, Estado de Hidalgo con el perímetro y características a que se refiere este Decreto

ARTICULO 2o.- La Zona de monumentos arqueológicos materia de este Decreto se localiza en las siguientes coordenadas UTM. N 2 218 450 metros y E 464 400 metros y 2075 metros de altura sobre el nivel del mar, con una superficie total de 106 hectáreas, 43 áreas y 90.50 centiáreas, acotada por los siguientes linderos:

Se inicia la poligonal en el vértice 1 de coordenadas X 464935.35 Y 2218431.40,

localizado sobre terrenos de cultivo; a partir de este punto en línea recta de 347.38 metros y con un rumbo N 78°52' E se localiza el vértice 2, sobre terrenos de cultivo frente carretera Tula-Tlahuelipa (libramiento del Parque Nacional) entronque camino pavimentado a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 323.81 metros y con un rumbo de N 13°40' W se localiza el vértice 3 junto camino pavimentado, inicio de desviación; a partir de este punto se abre la línea de 208.51 metros y con un rumbo de N 27°01' E, se localiza el vértice 4, junto camino pavimentado, carretera a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 57.50 metros y con un rumbo de N 03°49' E, se localiza el vértice 5 junto a camino pavimentado carretera a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 140.34 metros y con un rumbo de N 03°07' W, se localiza el vértice 6 junto a camino pavimentado, carretera a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 163.72 metros y con un rumbo de N 08°19' W, se localiza el vértice 7 junto a camino pavimentado, carretera a Tepetitlán y junto a canal; a partir de este punto en línea recta de 57.07 metros y con un rumbo de N 27°53' W, se localiza el vértice 8, junto camino pavimentado, carretera a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 167.97 metros y con un rumbo de N 43°15' W, se localiza el vértice 9, junto camino pavimentado, carretera a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 35.07 metros y con un rumbo de N 39°02' W, se localiza el vértice 10, junto camino pavimentado, carretera a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 132.80 metros y con un rumbo de N 30°28' W, se localiza el vértice 11, junto camino pavimentado, carretera a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 90.70 metros y con un rumbo de N 88°17' W, se localiza el vértice 12, desviándose del camino pavimentado, sobre terreno de cultivo, junto al anterior camino a Tepetitlán; a partir de este punto en línea recta de 193.59 metros y con un rumbo de S 61°57' W, se localiza el vértice 13 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 74.92 metros y con un rumbo de S 43°12' W, se localiza el vértice 14 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 88.22 metros y con un rumbo de S 25°42' W, se localiza el vértice 15 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 42.70 metros y con un rumbo de S 17°08' W se localiza el vértice 16, junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 52.20 metros y con un rumbo de S 00°27' W, se localiza el vértice 17 junto



a vereda; a partir de este punto en línea recta de 179.94 metros y con un rumbo de S 18°34' E, se localiza el vértice 18 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 94.08 metros y con un rumbo de S 35°34' E, se localiza el vértice 19 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 194.54 metros y con un rumbo de S 48°57' E, se localiza el vértice 20 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 56.81 metros y con un rumbo de S 21°59' E, se localiza el vértice 21 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 103.71 metros y con un rumbo de S 09°36' E, se localiza el vértice 22, junto a canal y entronque con vereda; a partir de este punto en línea recta de 80.87 metros y con un rumbo de N 84°30' W, se localiza el vértice 23 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 87.63 metros y con un rumbo de S 78°15' W, se localiza el vértice 24 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 141.55 metros y con un rumbo de N 80°21' W, se localiza el vértice 25 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 58.63 metros y con un rumbo de S 84°23' W, se localiza el vértice 26 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 55.42 metros y con un rumbo de S 38°31' W, se localiza el vértice 27 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 75.59 metros y con un rumbo de S 26°45' W, se localiza el vértice 28 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 46.03 metros y con un rumbo de S 08°18' E, se localiza el vértice 29 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 77.73 metros y con un rumbo de S 32°38' W, se localiza el vértice 30, junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 31.58 metros y con un rumbo de S 14°01' W, se localiza el vértice 31 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 21.84 metros y con un rumbo de S 41°08' W, se localiza el vértice 32, junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 22.64 metros y con un rumbo de S 65°41' W, se localiza el vértice 33 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 47.09 metros y con un rumbo de N 85°31' W, se localiza el vértice 34 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 58.16 metros y con un rumbo de N 29°53' W, se localiza el vértice 35 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 62.09 metros y con un rumbo de N 86°39' W, se localiza el vértice 36 junto a vereda, frente a Zapata (via rápida), a partir de este punto en línea recta de 71.98 metros y con un rumbo de S 55°58' W, se localiza el vértice 37

junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 179.94 metros y con un rumbo de S 37°53' W, se localiza el vértice 38 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 111.12 metros y con un rumbo de S 24°48' W, se localiza el vértice 39 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 82.68 metros y con un rumbo de S 16°11' W, se localiza el vértice 40 junto a vereda; a partir de este punto en línea recta de 39.30 metros y con un rumbo de S 33°01' W, se localiza el vértice 41 junto a vereda, entronque con calle pavimentada; a partir de este punto en línea recta de 83.26 metros y con un rumbo de S 18°53' W, se localiza el vértice 42, ladera suroeste del cerro; a partir de este punto en línea recta de 20.80 metros y con un rumbo de S 46°33' W, se localiza el vértice 43, junto a ladera suroeste del cerro; a partir de este punto en línea recta de 38.22 metros y con un rumbo de S 12°58' W, se localiza el vértice 44, junto a ladera suroeste; a partir de este punto en línea recta de 50.42 metros y con un rumbo de S 09°08' E, se localiza el vértice 45 en el extremo sur, Colonia El Tesoro; a partir de este punto en línea recta de 57.53 metros y con un rumbo de N 71°48' E, se localiza el vértice 46, junto a Colonia El Tesoro; a partir de este punto en línea recta de 113.11 metros y con un rumbo de N 83°22' E, se localiza el vértice 47, frente a Colonia El Tesoro; a partir de este punto en línea recta de 64.53 metros y con un rumbo de S 87°05' E, se localiza el vértice 48, frente a Colonia El Tesoro; a partir de este punto en línea recta de 34.75 metros y con un rumbo de N 66°14' E, se localiza el vértice 49, terreno de cultivo; a partir de este punto en línea recta de 38.63 metros y con un rumbo de S 72°33' E, se localiza el vértice 50, junto a calle pavimentada; a partir de este punto en línea recta de 68.58 metros y con un rumbo de S 80°01' E, se localiza el vértice 51, junto a calle pavimentada; a partir de este punto en línea recta de 142.24 metros y con un rumbo de N 05°12' E, se localiza el vértice 52, junto a terreno de cultivo, detrás de propiedad particular; a partir de este punto en línea recta de 108.11 metros y con un rumbo de S 80°14' E, se localiza el vértice 53, junto a terreno de cultivo; a partir de este punto en línea recta de 75.62 metros y con un rumbo de S 76°33' E, se localiza el vértice 54, junto a calle pavimentada (antiguo camino a zona arqueológica); a partir de este punto en línea recta de 70.50 metros y con un rumbo de N 49°00' E, se localiza el vértice 0, junto a calle pavimentada (antiguo camino a zona arqueológica); a partir de

este punto en línea recta de 270.33 metros y con un rumbo de N 02°15' W, se localiza el vértice 1, donde se cierra la poligonal:

ARTICULO 3o.- La zona de monumentos arqueológicos definida en el artículo 2o del presente Decreto estará sujeta a lo establecido en la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y su Reglamento así como a las demás disposiciones legales aplicables.

ARTICULO 4o.- En la zona de monumentos arqueológicos materia de este Decreto las construcciones ampliaciones y en general cualquier obra permanente o provisional, se sujetarán a lo dispuesto en los artículos 42 y 43 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas.

ARTICULO 5o.- Las autoridades federales, estatales y municipales así como la Comisión Nacional para la Preservación del Patrimonio Cultural en los términos del Acuerdo Presidencial que la crea y los particulares podrán apoyar y auxiliar al Instituto Nacional de Antropología e Historia en el cumplimiento de lo previsto en este Decreto y harán del conocimiento de las autoridades competentes cualquier situación que ponga en peligro a la zona de monumentos arqueológicos a que se refiere este Decreto.

ARTICULO 6o.- Para contribuir a la mejor preservación de la zona de monumentos arqueológicos materia de este Decreto el Gobierno Federal por conducto de la Secretaría de Desarrollo Social propondrá al Gobierno del Estado de Hidalgo con la participación que corresponda al Municipio de Tula de Allende la celebración de un acuerdo de cooperación en el marco de la Ley de Planeación Ley General de Asentamientos Humanos y de sus leyes estatales con el objeto de establecer las bases conforme a las cuales dichos órganos de gobierno conjuntamente llevarán a cabo acciones tendientes a la regulación del uso del suelo para la preservación de la zona y su entorno ecológico. El Instituto Nacional de Antropología e Historia tendrá a participación que le corresponda en el mencionado acuerdo de coordinación.

ARTICULO 7o.- La Secretaría de Educación Pública definirá los criterios de protección de la zona monumental, promoverá programas educativos y de divulgación que estimulen entre la población el conocimiento estudio respeto y

aprecio del patrimonio cultural de la zona de monumentos arqueológicos de Tula.

ARTICULO 8o.- En el caso de predios particulares comprendidos en la zona de monumentos a que este Decreto se refiere, el Instituto Nacional de Antropología e Historia promoverá el establecimiento de las servidumbres necesarias para el acceso a los monumentos y su adecuada protección.

Si resulta necesario, previos los estudios correspondientes, promoverá la modificación o adecuación de las obras o bienes no arqueológicos de cualquier naturaleza que afecten la vista y el acceso a los monumentos o puedan desvirtuar su apreciación y comprensión dentro de la zona a que se refiere este Decreto.

ARTICULO 9o.- El Instituto Nacional de Antropología e Historia, en ejercicio de sus atribuciones legales, vigilará el cumplimiento de lo ordenado en el presente Decreto y al efecto ejercerá sus facultades en el área definida en el artículo 2o de la presente Declaratoria.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- Este Decreto entrará en vigor a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Inscribanse en la presente Declaratoria de zona de monumentos y su plano oficial correspondiente en el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, así como en el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, dependiente del Instituto Nacional de Antropología e Historia, así como en el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, dependiente del Estado de Hidalgo.

TERCERO.- Notifíquese personalmente a los interesados, en términos de lo señalado por los artículos 23 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y 3o de su Reglamento. En caso de ignorar su nombre o domicilio surtirá efectos de notificación la segunda publicación de este Decreto en el Diario Oficial de la Federación.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la ciudad de México, Distrito Federal, a los veinticuatro días del mes de noviembre de mil novecientos noventa y tres. Carlos Salinas de Gortari - Rúbrica - El Secretario de Desarrollo Social, Luis Donald Colosio Murrieta - Rúbrica - El Secretario de Educación Pública Ernesto Zedillo Ponce de León - Rúbrica

Anexo C. Valores por defecto del receptor 4000SE.

AJUSTE DE TIEMPO LOCAL:	GMT-UTC : 0.00 GMT.
UNIDADES DE MEDIDA	GRA-MIN MIN, PULGADAS, 24 HR UTC.
VENTANA y TIEMPO DE SINCRONÍA:	ELEV=10°, PDOP=7.0 SINC=1 SEG.:
MODO DE POSICIÓN:	LATITUD/LONGITUD, ALTURA o LATITUD/LONGITUD, ALTURA FIJA.
FORMATO DE DATOS:	COMPACTO.
MODO ESTÁTICO:	ELEV=15°, MIN# DE SAT=3, SINC=15 SEG.
MODO CINEMÁTICO:	ELEV=15°, MIN# DE SAT=4, SINC=15 SEG.
TEMPERATURA DE OPERACIÓN:	-20° A +55° C.
HUMEDAD:	100 %.
MODO ESTÁTICO:	L1, C/A.
MODO CINEMÁTICO:	L1, C/A.
CARACTERÍSTICAS GENERALES:	
INICIO:	2 MIN. DESPUÉS DE PRENDIDO EL EQUIPO.
BUSQUEDA:	9 CANALES EN SEÑAL L1, C/A.
PROGRAMAS:	TRIMVEC PLUS PARA PLANEACIÓN, PROCESO AUTOMÁTICO, CONTROL DE CALIDAD, MANEJO DE BASES DE DATOS, AJUSTE Y SALIDA A PROGRAMAS DE DIBUJO. TRIMMAP (PROGRAMA DE TOPOGRAFIA).
Fuente: TRIMBLE N. 4000SE Land Surveyor, pág. E-1, 9-25.	

Glosario de términos.

Almanaque. Datos transmitidos por los satélites GPS, que incluyen información orbital de todos los satélites, correcciones al reloj y parámetros sobre las condiciones atmosféricas, que proveen la localización aproximada de los satélites en su órbita. Estos datos son usados para facilitar la rápida adquisición de los satélites.

Altura geodésica. Es la distancia a un punto, medida desde el elipsoide de referencia, al punto en dirección normal al elipsoide.

Altura geoidal. Es la separación existente entre el geóide y el elipsoide.

Coordenadas cartesianas. Es un sistema de coordenadas tridimensional usado para el posicionamiento por satélite. El origen del sistema es el centro de la Tierra, la dirección X es el meridiano Greenwich (0° longitud), la dirección Y es 90° longitud este y la dirección Z es la dirección hacia el norte del eje de rotación de la Tierra.

DRPMZA. Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas.

Efecto Doppler. El aparente cambio en la frecuencia de la señal, causada por el movimiento relativo del transmisor y el receptor.

Efemérides. Son 17 datos de información dinámica orbital, que definen precisamente la órbita de un satélite.

Elipsoide. En Geodesia, es la figura matemática tridimensional, formada por la rotación de un elipse a través de su eje menor. En la Tierra el eje menor corresponde al eje polar, y el mayor al ecuatorial.

Factor de escala. Se usa en las proyecciones cartográficas, es un múltiplo usado para convertir distancias elipsoidales, en distancias de proyección.

GDOP. Geometric Dilution of Precision. Se refiere a la geometría de los satélites en un momento determinado. Al momento que los satélites se mueven, el GDOP se modifica, y por lo tanto la posición. Consta de 4 elementos: PDOP (position dilution of precision), es un

elemento que interviene en usuarios GPS en 3 dimensiones; TDOP (Time dilution of precision), interviene en el tiempo de los usuarios GPS; HDOP (Horizontal dilution of precision), actúa en usuarios GPS en 2 dimensiones; VDOP (Vertical dilution of precision) actúa en usuarios GPS y en la precisión de la elevación.

GPS. Global Positioning System.

INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Latitud geodésica. Es el ángulo formado por un punto medido, desde el plano ecuatorial a la dirección vertical de una línea normal en el elipsoide de referencia.

Línea base. Es la distancia tridimensional que existe entre un par de estaciones, que adquieren datos simultáneamente de los satélites y que es procesada con técnicas diferenciales.

Longitud geodésica. Es el ángulo formado, entre el plano de referencia y el plano que pasa por el punto, cuando ambos planos están perpendicularmente al plano ecuatorial.

NAD 27. North American Datum of 1927.

NAVSTAR. Navigation System with Time And Ranging.

Órbita semielíptica. Los satélites a una altitud de 20,200 km., completan una órbita en medio día sideral (12 horas).

Punto de control. Punto al cual se le conocen sus coordenadas tridimensionales.

Refracción de la ionósfera. Es el cambio en la velocidad de propagación de una señal, cuando pasa a través de la ionósfera.

Sextante. Es un instrumento óptico para medir la altura de cualquier astro, con objeto de determinar la posición geográfica del observador.

UTM. The Universal Transverse Mercator, proyección cartográfica.

WGS-84. World Geodetic System of 1984.

BIBLIOGRAFÍA.

- ALCÁNTARA, García, Dante. *Topografía*.
México, D.F. Ed. MCGRAW-HILL/Interamericana de México, S.A. de C.V., 1980.
- ALONSO, Lerch, Federico. *Apuntes de Cartografía*.
México, D.F. Facultad de Ingeniería, UNAM, 1988.
- ARISTOS. *Diccionario ilustrado de la lengua española*.
España. Ed. Ramón Sopena, S.A., 1986.
- AVENI, F. Anthony. *Observaciones del cielo en el México Antiguo*.
México, D.F. Ed. Fondo de Cultura Económica, 1991.
- BERISTAIN, Bravo, Francisco. *Formulación del Proyecto de Declaratoria*.
México, D.F. Mecanuscrito. Recopilación. SRPMZA-INAH, México, D.F., 1989.
- CAIRE, Lometi, Jorge. *La Proyección cartográfica para la República Mexicana*.
México, D.F. Ed. UNAM, 1986.
- CONSTITUCIÓN Política de los Estados Unidos Mexicanos.
México, D.F. Actualizada. Ed. DELMA, 1988.
- DEFENSE Mapping School. *GPS-NAVSTAR*.
Información en INTERNET dirección: <<http://www.tmpo.dma.gov:9001>>
- DÍAZ, Berrio, Salvador. *Conservación del Patrimonio Cultural en México*.
México, D.F. Colección de textos básicos y manuales. Ed. INAH, 1980.
- GARMIN. *GPS45 Personal Navigator*.
USA. Ed. Garmin International, 1994.
- GEORESEARCH. *GPSGIS Training Manual*.
USA. Ed. Georesearch, Inc, Geotint v 3.0., 1993.
- GÓMEZ, Chávez, Sergio. *La delimitación de sitios arqueológicos y monumentos históricos: una actividad prioritaria para la conservación del patrimonio cultural del Estado de México. Ponencia presentada en el I Parlamento sitiado. El punto de vista de los trabajadores*. México, D.F. Ed. INAH, 1988.
- HATCH, Ron., Chamberlain S., Moore J. *MDX 1983 Dogstar Survey Software*.
USA. Torrance, CA. Ed. Magnavox, 1979.
- INAH. *Antropología*.
México, D.F. Boletín Oficial del INAH, Núm. 18, Enero-Febrero, 1988.
- INAH. *Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas*.
México, D.F. INAH, 1984.
- INAH. *Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia*.
México, D.F. INAH, 1987.

- INAH. Programa Nacional de Conservación del Patrimonio Arqueológico e Histórico de México.** México, D.F. INAH, 1984.
- INAH. Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas.** México, D.F. INAH, 1983.
- INEGI. Datos básicos de la Geografía de México.** México, D.F. Ed. INEGI, 1989.
- INEGI. Manual de la Brigada de Geodesia.** México, D.F. Ed. INEGI, 1984.
- INEGI. Manual de la Brigada de Medición.** México, D.F. Ed. INEGI, 1984.
- LÓPEZ, Hernández, G. La Cartografía Militar en México.** México, D.F. Tesis de Licenciatura. UNAM, 1993.
- MAGNAVOX. Magnavox MX 1502 Geocover Satellite Surveyor (Sistema preciso de posicionamiento por puntos y translocalizaciones).** CA, USA. Ed. Magnavox, 1978.
- MAGNAVOX. Operator's Manual MX 6102 Terrain Navigation System.** Torrance, CA, USA. Ed. Magnavox Advanced Products and Systems Company, 1985.
- MEDINA, Perafra, M. Elementos de Astronomía de Posición.** México, D.F. Ed. Limusa, S.A. de C.V., 1980.
- MEJÍA, José. Principios de lectura cartográfica.** México, D.F. Cuadernos de la Biblioteca Nacional de Antropología e Historia. Serie Mapoteca, 1978.
- MONTES de Oca, M. Topografía.** México, D.F. Ed. Alfa Omega, 1980.
- NALDA, E. y López, J. Proyecto Atlas Arqueológico Nacional.** México, D.F. DRPMZA.-INAH, 1984.
- OLIVÉ, Negrete, J. C. y Cotton, Bolly. INAH. Linea Historica.** México, D.F. Volumen I-II. Leyes, reglamentos, circulares y acuerdos. CNCA.-INAH., 1985.
- PALACIO, J. L., LUNA, Laura y BACHHOFF, Miguel Angel. "Adriarte, Si! GPS and GIS Map Mexico's Roads and Highways" GPS World.** USA, Volumen 6, Numero 3. Marzo, 1995.
- PARADES, G. Blanca. La delimitación con vías a la Declaratorio-Decreto de zonas arqueológicas. (Una forma de protección del patrimonio cultural).** México, D.F. Manuscrito. INAH-DRPMZA, 1986.
- REILLY, P. James. Practical Surveying with GPS.** Canton, MA, USA, Publishing Company, Lilly Rd. 1987.

- SÁNCHEZ, Caero, Oscar F. *Delimitación de zonas arqueológicas: historia y protección. Ponencia presentada en el El Patrimonio sitiado. El punto de vista de los trabajadores.* México, D.F. Ed. INAH, 1995.
- SÁNCHEZ, Caero, Oscar F. *La Delimitación de sitios arqueológicos en la zona Puuc del área Maya.* México, D.F. Proyecto de investigación. RPMZA, 1986.
- SÁNCHEZ, Caero, Oscar F. *Protección, Conservación y Restauración de la zona arqueológica de Teotihuacan: Análisis histórico.* México, D.F. Tesis de Maestría. UNAM, 1988.
- SECRETARÍA de Gobernación y Gobierno del Estado de Yucatán. *Los Municipios de Yucatán.* México, D.F. Colección de los Municipios de México, 1988.
- SOLANES, Carraro, Ma. del Carmen. *Delimitaciones y Declaratorias de Zonas Arqueológicas.* México, D.F. Informes de actividades de 1983-1988. INAH. DRPMZA, 1988.
- SOLANES, Carraro, Ma. del Carmen y Vela, R. Enrique. *Proyecto de Reglamentación Defensa del Entorno y Declaratoria de la zona arqueológica de Cholula, Puebla.* México, D.F. DRPMZA/DACCR, INAH, 3 volúmenes. 1988.
- TAMAYO y TAMAYO, Mario. *El Proceso de la investigación científica.* México, D.F. Noriega Editores (LIMUSA), 1995.
- TRIMBLE Navigation Ltd. *4000 SE Land Surveyor. Operation Manual.* Sunnyvale, CA. USA, Trimble Navigation Limited, 1992.
- TRIMBLE Navigation Ltd. *Global Positioning System.* Sunnyvale, CA. USA, Trimble Navigation Limited, 1989.
- TRIMBLE Navigation Ltd. *GPS (Global Positioning System).* Sunnyvale, CA. USA, Trimble Navigation Limited, 1989.
- TRIMBLE Navigation Ltd. *Trimvec-Plus GPS Survey Software.* Sunnyvale, CA. USA, User's Manual and Technical Reference Guide. Trimble Navigation Limited, 1991.
- TRIMBLE Navigation Ltd. *TRIMNET Survey Network Software User's Manual.* Sunnyvale, CA. USA, Trimble Navigation Limited, 1991.
- WILD, Leitz. *Wildsoff Surveying System Software.* USA, Leica USA, Inc, 1989.
- WILD Leitz. *WILD T1600 / TC1600.* USA, Ed. WILD Heerbrugg, 1980.

ÍNDICE.

Introducción.....	1
Capítulo I. Delimitación de Zonas Arqueológicas.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. La Protección de Zonas Arqueológicas.....	10
1.3. Situación actual en la protección de Zonas Arqueológicas.....	14
1.4. Programa de Delimitaciones y Decretos de Zonas Arqueológicas.....	18
1.4.1. Metodología para la elaboración de una delimitación.....	23
1.5. Delimitaciones y Declaratorias.....	31
Capítulo II. Fundamentos básicos del Sistema Global de Posicionamiento (Global Positioning System, GPS).....	40
2.1. Antecedentes.....	40
2.2. Principios básicos del sistema GPS.....	49
2.3. La medición de la distancia.....	50
2.4. Midiendo el tiempo.....	53
2.5. La ionosfera, los retrasos atmosféricos y la geometría en el sistema GPS.....	56
2.6. La planeación de la misión.....	61
2.7. La selección del receptor GPS.....	64
Capítulo III. El sistema GPS y su aplicación en la delimitación de una Zona Arqueológica.....	67
3.1. Aspectos generales.....	67
3.2. El procedimiento de medición con una estación total.....	71
3.3. Aspectos generales sobre la medición con equipo GPS.....	73
3.4. Métodos de levantamiento con equipo GPS.....	78
3.4.1. Método estático.....	80
3.4.2. Método estático-rápido.....	81
3.4.3. Método Cinemático.....	82
3.4.4. Método Pseudo-Cinemático.....	85
3.5. Aplicación del sistema GPS en la DRPMZA.....	88
3.5.1. El sistema GPS y la delimitación de la zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán.....	90
Conclusiones.....	97
Anexo A. Expediente Técnico.....	100

Anexo B. Decreto de la Zona Arqueológica de Tula, en el Edo. de Hidalgo..	102
Anexo C. Valores por defecto del receptor 4000SE.....	106
Glosario de términos.....	109
Bibliografía.....	111
Índice.....	114

CUADROS

1. Zonas arqueológicas declaradas a nivel nacional.....	9
2. Principales leyes de México relacionadas a la conservación del patrimonio cultural.....	11
3. Total de sitios arqueológicos por entidad federativa.....	22
Cédula de Catálogo e Inventario de Zonas Arqueológicas.....	25
4. Sitios arqueológicos delimitados y redelimitados por entidad federativa...	32
5. Partes que participan en el proceso de declaratoria de una zona arqueológica.....	38
6. Zonas arqueológicas registradas, delimitadas y decretadas.....	39
7. Tipos de señales en el sistema GPS.....	45
8. Elipsoides de referencia.....	47
9. Fuentes de error.....	61
10. Cédula de levantamiento de vértices GPS.....	79
11. Métodos de levantamiento con equipo GPS.....	80
12. Tiempo de observación en el método estático-rápido.....	83
13. Características del método cinemático.....	84
14. Medio geográfico de la zona arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán.....	91

MAPAS

1. Delimitación de la Zona Arqueológica de Acancán, en el Edo. de Yucatán.....	28
2. Redelimitación de la Zona Arqueológica de Sayil, en el Edo. de Yucatán.....	30

FIGURAS

1. Sistema Global de Posicionamiento "GPS".....	43
--	-----------

2. Sistema GPS-NAVSTAR.....	44
3. Sistema de coordenadas cartesianas y geodésicas.....	46
4. La precisión en las diferentes tecnologías de posicionamiento.....	48
5. El concepto básico.....	50
6. Puntos de ubicación de una posición.....	51
7. Determinación del tiempo basado en pseudo-rangos.....	52
8. Cálculo de la distancia en el sistema GPS.....	53
9. Operación del sistema.....	54
10. Posición aproximada en dos dimensiones.....	55
11. Posición aproximada con tres satélites.....	56
12. Posición relativa recomendada.....	59
13. Posición relativa no recomendada.....	60
14. La precisión del sistema GPS en distancia y acimut.....	62
15. Número de satélites visibles contra tiempo.....	63
16. Proceso para la elaboración de un plano de delimitación.....	71
17. Establecimiento del control geodésico.....	74
18. Relación GDOP o PDOP contra tiempo y número de satélites.....	76
19. Creación de una red.....	77
20. Tiempo de observación en el método estático.....	82
21. Método cinemático con línea base conocida.....	85
22. Método pseudo-cinemático.....	87
23. Receptor GPS TRIMBLE 4000SE.....	88

Rubén Escartín Adam.
México, D.F. Mayo, 1997.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA