

Programa de estudios

Sistemas mundiales de navegación por satélite



OFICINA DE ASUNTOS DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE
OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS EN VIENA

Sistemas mundiales de navegación por satélite

Programa de estudios



NACIONES UNIDAS
Nueva York, 2013

ST/SPACE/59

© Naciones Unidas, febrero de 2013. Reservados todos los derechos a nivel mundial.

Las designaciones empleadas en la presente publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

La información contenida en esta publicación sobre localizadores uniformes de recursos (URL) y enlaces con sitios de Internet se proporciona para comodidad del lector y es correcta en la fecha de publicación. Las Naciones Unidas no pueden garantizar la exactitud de dicha información en el futuro y no asumen ninguna responsabilidad por el contenido de los sitios web externos.

Producción editorial: Sección de Servicios en Inglés, Publicaciones y Biblioteca, Oficina de las Naciones Unidas en Viena.

El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de las Naciones Unidas.

Prefacio

Los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) se componen de constelaciones de satélites en órbita terrestre que transmiten datos sobre su ubicación espacial y temporal, redes de estaciones de control terrestres y receptores que calculan las posiciones en tierra por trilateración. Los GNSS se utilizan en todos los modos de transporte: la estación espacial, la aviación, la navegación marítima, los ferrocarriles, el tránsito por carretera y los transportes colectivos. La determinación de la posición, la navegación y la cronometría desempeñan un papel decisivo en las telecomunicaciones, la agrimensura, la labor de la policía, la respuesta en casos de emergencia, la agricultura de precisión, la minería, el sector financiero y la investigación científica, etc. Se utilizan para controlar las redes informáticas, el tráfico aéreo y las redes eléctricas, entre otras cosas. Por ello, los objetivos concretos de la implantación del plan de estudios sobre los GNSS son explicar y dar a conocer mejor las señales, los códigos, los casos de error sistemático y las aplicaciones prácticas de los GNSS, así como las repercusiones de su posible modernización.

En la actualidad, los GNSS comprenden dos sistemas mundiales plenamente operacionales: el Sistema Mundial de Determinación de la Posición (GPS), de los Estados Unidos, y el Sistema Mundial de Satélites de Navegación (GLONASS), de la Federación de Rusia, así como sistemas mundiales y regionales en evolución, como el Sistema Europeo de Navegación por Satélite (Galileo), el COMPASS/BeiDou de China, el Sistema Regional de Navegación por Satélite de la India (IRNSS) y el Sistema de satélites cuasi cenitales (QZSS) del Japón. Cuando todos esos sistemas mundiales y regionales se hallen en pleno funcionamiento, el usuario tendrá acceso a señales de posición, navegación y cronometría procedentes de más de 100 satélites.

A ellos se suman sistemas de aumentación basados en satélites, como el Sistema de aumentación de área amplia (WAAS) de los Estados Unidos, el Sistema Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario (EGNOS), el Sistema de corrección diferencial y vigilancia (SDCM) de la Federación de Rusia, el Sistema de navegación aumentado geoestacionario con GPS de la India (GAGAN) y el sistema de aumentación basado en satélites (MSAS) del satélite multifuncional de transporte (MTSAT) del Japón. Al combinarlos con tecnologías terrestres de eficacia demostrada, como la de navegación por inercia, se podrán crear nuevas aplicaciones que reporten beneficios socioeconómicos. En el caso de estas últimas, se trata de aplicaciones que requieren no solo precisión, sino en particular fiabilidad e integridad. Se han establecido requisitos estrictos en materia de precisión e integridad respecto de las aplicaciones para el transporte en que la seguridad es un aspecto crítico, como las utilizadas para el aterrizaje de aeronaves civiles.

Para los países en desarrollo, las aplicaciones de los GNSS son una forma rentable de promover el crecimiento económico sostenible y al mismo tiempo proteger el medio ambiente. Los datos de satélite para la navegación y la determinación de la posición se utilizan actualmente en muy diversos sectores, como la cartografía y la agrimensura, la vigilancia del medio ambiente, la agricultura de precisión y la ordenación de los recursos naturales, los

sistemas de alerta de desastres y de reacción ante emergencias, la aviación, el transporte marítimo y terrestre y ámbitos de investigación como el cambio climático y los estudios de la ionosfera.

La conclusión satisfactoria de la labor del Comité Internacional sobre los GNSS, en particular la destinada a establecer la interoperabilidad de los sistemas mundiales, permitirá a los usuarios de los GNSS utilizar un solo instrumento para recibir señales de muchos sistemas de satélites. De ese modo, podrán recibir una mayor cantidad de datos, especialmente en las zonas urbanas y montañosas, y mediciones cronométricas o de la posición más exactas. Para aprovechar esos logros, es preciso que los usuarios de los GNSS se mantengan a la par de los avances más recientes en los ámbitos relacionados con esos sistemas y refuercen su capacidad de utilizar las señales que emiten.

A modo de conclusión, a medida que nos adentramos en el siglo XXI, los gobiernos y las empresas de los países en desarrollo y los países industrializados estudian los posibles sectores de crecimiento de sus economías nacionales. Prácticamente sin excepción, la opción que ofrece mejores perspectivas parece ser el espacio ultraterrestre, en particular los sistemas de determinación de la posición, navegación y cronometría por satélite y sus posibles aplicaciones futuras de utilidad casi universal.

Índice

	<i>Página</i>
Prefacio	iii
I. Introducción.....	1
II. Cursos prácticos regionales sobre las aplicaciones de los sistemas mundiales de navegación por satélite y la Iniciativa internacional sobre meteorología espacial	3
III. Centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales	7
IV. Centros de información del Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite.....	9
V. Plan de estudios sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite... ..	11
<i>Referencias</i>	17
<i>Anexo</i>	
I. Glosario de términos relativos a los GNSS.....	19



Introducción

En la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (UNISPACE III) se aprobó una estrategia para hacer frente a los retos mundiales del futuro mediante las actividades espaciales. Esa estrategia, que se enuncia en “El milenio espacial: la Declaración de Viena sobre el espacio y el desarrollo humano”¹, comprendía iniciativas clave para utilizar las aplicaciones de la tecnología espacial al servicio de la seguridad, el desarrollo y el bienestar de la humanidad. Una de ellas consistía en mejorar la eficiencia y la seguridad de las actividades de transporte, búsqueda y salvamento, geodesia y de otra índole, promoviendo el perfeccionamiento de los sistemas espaciales de navegación y determinación de la posición y su acceso universal, así como la compatibilidad entre esos sistemas. La utilización de las señales transmitidas por los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) constituye una de las aplicaciones más prometedoras de la tecnología espacial, que podría aprovecharse para impulsar esa iniciativa.

En 2001 los Estados miembros asignaron gran prioridad a algunas recomendaciones de UNISPACE III. La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos creó equipos de acción, dirigidos con carácter voluntario por los Estados miembros, para ponerlas en práctica. Uno de ellos fue el Equipo de Acción sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite, establecido bajo la dirección de los Estados Unidos de América e Italia para dar cumplimiento a la recomendación relacionada con los GNSS.

La labor del Equipo de Acción sobre los GNSS comprendía exámenes amplios de los sistemas existentes y proyectados y las aumentaciones correspondientes, sus aplicaciones por los proveedores de los sistemas y las comunidades de usuarios, así como de las actividades realizadas por diversas entidades para promover los sistemas mundiales de navegación por satélite. El Equipo de Acción también examinó las necesidades de los países en desarrollo y las deficiencias en la satisfacción de esas necesidades, así como las posibilidades existentes en materia de educación y capacitación en el campo de los GNSS.

¹ Informe de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Viena, 19 a 30 de julio de 1999 (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta S.00.I.3), cap. I, resolución 1.

El Equipo de Acción sobre los GNSS, integrado por 38 Estados miembros y 15 organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales, recomendó, entre otras cosas, que se estableciera un comité internacional sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite para promover la utilización de la infraestructura de esos sistemas a escala mundial y facilitar el intercambio de información. La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos incluyó esa recomendación en el Plan de Acción propuesto en su informe² a la Asamblea General sobre el examen de la aplicación de las recomendaciones de UNISPACE III. En su resolución 59/2, de 20 de octubre de 2004, la Asamblea hizo suyo el Plan de Acción. En la misma resolución, invitó a los proveedores de sistemas mundiales de navegación por satélite y de aumentaciones a que consideraran el establecimiento de un comité internacional sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite a fin de aprovechar al máximo los beneficios del uso y las aplicaciones de esos sistemas en apoyo del desarrollo sostenible.

La labor del Equipo de Acción sobre los GNSS constituye un modelo de la forma en que las Naciones Unidas pueden aplicar medidas de seguimiento de las conferencias mundiales y obtener resultados tangibles dentro de un plazo determinado.

En su resolución 61/111, de 14 de diciembre de 2006, la Asamblea General observó con reconocimiento que se había establecido el Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite, órgano oficioso y de participación voluntaria encargado de promover la cooperación, según procediera, en cuestiones de interés mutuo relacionadas con los servicios civiles de determinación de la posición, navegación y cronometría por satélite, y otros servicios de valor añadido, así como la compatibilidad e interoperatividad de los sistemas mundiales de navegación por satélite, y de aumentar al mismo tiempo su utilización en favor del desarrollo sostenible, en particular en los países en desarrollo.

Existe cada vez más interés a nivel mundial por comprender mejor las interacciones del Sol y la Tierra, en particular el comportamiento y las tendencias de la meteorología espacial. Ello obedece no solo a razones científicas sino también a que el funcionamiento fiable de los bienes de equipo y las infraestructuras, tanto de base terrestre como espacial, depende cada vez más de su resistencia a los efectos perjudiciales de esa meteorología. Por consiguiente, en 2009 la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos propuso incluir en el programa de los períodos de sesiones de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos un nuevo tema del programa, titulado “Iniciativa internacional sobre meteorología espacial”, que la Subcomisión examinaría entre 2010 y 2012 en el marco de un plan de trabajo trienal³.

²A/59/174.

³A/AC.105/933, sección V, párrs. 15 y 16.



II. Cursos prácticos regionales sobre las aplicaciones de los sistemas mundiales de navegación por satélite y la Iniciativa internacional sobre meteorología espacial

Se celebraron cursos prácticos regionales sobre las aplicaciones de los GNSS en Zambia y China (2006), Colombia (2008), Azerbaiyán (2009), la República de Moldova (2010), los Emiratos Árabes Unidos y Austria (2011) y Letonia (2012). En ellos se analizaron, entre otras cosas, las aplicaciones de la tecnología espacial de los GNSS en la teleobservación, la agricultura de precisión, la aviación, el transporte y las comunicaciones y el aprendizaje electrónico. Sus objetivos principales fueron poner en marcha proyectos experimentales y dinamizar la creación de redes de instituciones relacionadas con los GNSS en las distintas regiones. También se analizaron los ámbitos de la ordenación de los recursos naturales y la vigilancia del medio ambiente mediante la aplicación de las tecnologías de los GNSS a la cartografía temática y a la ordenación forestal y de los recursos hídricos.

La Iniciativa internacional sobre meteorología espacial contribuye a la observación de los fenómenos meteorológicos espaciales mediante la instalación a nivel mundial de baterías de instrumentos (receptores de GPS, magnetómetros, telescopios solares, monitores de muy baja frecuencia (VLF) y detectores de partículas solares) y el intercambio de los datos registrados entre investigadores de todo el mundo. Está a cargo de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, que la impulsa en el marco de la Iniciativa de las Naciones Unidas sobre ciencia espacial básica y su serie de cursos prácticos anuales. La primera serie de esos cursos se celebró entre 1991 y 2004 en la India (1991), Costa Rica y Colombia (1992), Nigeria (1993), Egipto (1994), Sri Lanka (1995), Alemania (1996), Honduras (1997), Jordania (1999), Francia (2000), Mauricio (2001), la Argentina (2002) y China (2004); en ellos se examinó la situación de la astronomía en Asia y el Pacífico, América Latina y el Caribe, África y Asia occidental.

Entre 2005 y 2009 los cursos prácticos estuvieron dedicados al Año Heliofísico Internacional 2007 y se celebraron en los Emiratos Árabes Unidos (2005), la India (2006), el Japón (2007), Bulgaria (2008) y la República de Corea (2009). Esas actividades contribuyeron a

la instalación de baterías de instrumentos para registrar datos sobre la interacción heliote-rrestre, desde las eyecciones de masa coronal hasta las variaciones del contenido total de electrones de la ionosfera.

A partir de 2010 los cursos prácticos se centraron en la Iniciativa internacional sobre meteorología espacial y, conforme a lo planificado, se celebraron en 2010 en Egipto, para Asia occidental, en 2011 en Nigeria, para África, y en 2012 en el Ecuador, para América Latina y el Caribe. En ellos se examinaron los resultados del funcionamiento de las baterías de instrumentos y las posibles formas de proseguir la labor de investigación y educación sobre la meteorología espacial.

La utilización de los GNSS resulta ventajosa en todos los aspectos de la agroindustria, desde la elaboración de catastros básicos rurales y la topografía hasta la agricultura de precisión avanzada. La zonificación agroclimática y ecológico-económica, así como la preparación de inventarios de los cultivos y la vigilancia y previsión de las cosechas, son ejemplos de actividades agrícolas en que la determinación de la posición y la cronometría son de importancia primordial. Por lo que atañe al cambio climático, hay distintos factores y mecanismos que influyen en la utilización y la transformación de la tierra. En muchos casos, el clima, la tecnología y los aspectos económicos parecen ser factores determinantes de la utilización de la tierra. Al mismo tiempo, la conversión de tierras es un mecanismo de reacción adaptativo que utilizan los agricultores para mitigar los efectos de la variabilidad climática, especialmente en períodos extremadamente húmedos o secos.

Los satélites son un recurso indispensable para vigilar y observar la Tierra y sus sistemas meteorológicos. Gracias a ellos se reúnen datos para elaborar modelos climáticos mundiales, y se sigue trabajando para perfeccionarlos a fin de que puedan ser utilizados en contextos regionales y nacionales. Los GNSS han contribuido considerablemente a la observación detallada de parámetros meteorológicos principales, la estabilidad, coherencia y precisión de cuyas mediciones podrían posibilitar la cuantificación de las tendencias a largo plazo del cambio climático.

En el ámbito del transporte, los estudios han demostrado que la aviación civil se beneficiará considerablemente de la utilización de los GNSS. Una de sus ventajas será una mayor cobertura de la navegación en las zonas en que actualmente no se dispone de instrumentos convencionales de localización, ni información precisa y fiable sobre la posición y las rutas de las aeronaves, la cual permitirá una gestión segura y eficiente del tráfico aéreo (en particular en la etapa de aproximación al aeropuerto). Las aplicaciones para el transporte por carretera permiten modificar automáticamente una ruta en caso de congestión del tráfico, cambio de las condiciones meteorológicas u obras en la carretera. De igual modo, en el transporte marítimo las tecnologías de GNSS pueden utilizarse para planificar eficazmente las rutas, evitar colisiones y aumentar la eficiencia de las operaciones de búsqueda y salvamento. En el caso del transporte por ferrocarril, los GNSS permiten mejorar el seguimiento de la carga y resultan útiles en la vigilancia de la vía férrea. Además, la sincronización y la eficiencia operativa de los sistemas de comunicaciones y las redes tanto de energía eléctrica como financieras se basan en la cronometría de precisión. Por ejemplo, las redes telefónicas

y de transmisión de datos inalámbricas utilizan la hora del GPS para mantener perfectamente sincronizadas sus estaciones de base. Ello posibilita que los teléfonos móviles compartan con más eficiencia el espectro radioeléctrico, que es limitado.

Tras el último máximo solar, registrado en 2000, la sociedad depende mucho más de los GNSS. Requieren servicios de GNSS y dependen de ellos aplicaciones decisivas como las que se utilizan en el control ferroviario, la gestión del tráfico vial, la agricultura de precisión, los mecanismos de reacción ante emergencias, la aviación comercial y la navegación marítima. Actividades cotidianas como las de la banca, la utilización de teléfonos móviles e incluso el control de las redes eléctricas se ven facilitadas por la cronometría exacta que aportan los GNSS. Como las infraestructuras y las economías nacionales, regionales e internacionales dependen cada vez más de los servicios de determinación de la posición, navegación y cronometría, la sociedad en general se ha vuelto vulnerable a los trastornos que pueden causar la meteorología espacial o las condiciones variables del Sol y el entorno espacial, que pueden afectar a los sistemas tecnológicos basados en el espacio y en tierra. Del mismo modo en que se da por descontada la existencia de servicios de electricidad, calefacción y agua potable, se considera normal disponer de servicios de GNSS fiables y precisos. Esos sistemas se hallan tan incorporados a las actividades cotidianas de personas, empresas y gobiernos que cualquier interrupción de los servicios de determinación de la posición, navegación y cronometría por satélite causaría trastornos generalizados.

Hasta la fecha se hallan bien categorizados los aspectos vulnerables de los GNSS y se da por entendido que la meteorología espacial es la causa principal de los errores en los GNSS de una sola frecuencia. Los efectos principales de las condiciones meteorológicas espaciales en esos sistemas son los errores de telemetría y la pérdida de señal. Para continuar en condiciones de satisfacer las necesidades cada vez más complejas de los usuarios, el sector de los GNSS deberá resolver varios problemas científicos y de ingeniería, como el de construir receptores resistentes al centelleo y el de mejorar la predicción del estado de la ionosfera. Con la modernización de los GNSS, se prevé que la utilización de un mayor número de señales reducirá los errores causados por la ionosfera.



III. Centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales

En su resolución 45/72, de 11 de diciembre de 1990, la Asamblea General hizo suya la recomendación del Grupo de Trabajo Plenario de la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos, respaldada por la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, de que las Naciones Unidas tomaran la iniciativa, con el apoyo activo de sus organismos especializados y otras organizaciones internacionales, de establecer centros regionales de capacitación en ciencia y tecnología espaciales en instituciones educativas nacionales o regionales que ya existieran en los países en desarrollo⁴.

En el párrafo 30 de su resolución 50/27, de 6 de diciembre de 1995, la Asamblea General también hizo suya la recomendación de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos de que esos centros se establecieran lo antes posible sobre la base de su afiliación a las Naciones Unidas, lo que proporcionaría a los centros el reconocimiento necesario y aumentaría las posibilidades de atraer donantes y establecer relaciones académicas con instituciones nacionales e internacionales relacionadas con el espacio.

Se han creado centros regionales⁵ en la India para Asia y el Pacífico, en Marruecos y Nigeria para África, en el Brasil y México para América Latina y el Caribe, y en Jordania para Asia occidental, bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial, ejecutado por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre. El objetivo de esos centros es aumentar la capacidad de los Estados miembros, a nivel regional e internacional, en las diversas disciplinas de las ciencias y la tecnología espaciales con que pueda promoverse su desarrollo científico, económico y social. Cada uno de los centros imparte programas de enseñanza de posgrado, investigación y aplicaciones, en los que se presta atención especial a la teleobservación, las comunicaciones por satélite, la meteorología por satélite y las ciencias espaciales para docentes universitarios y científicos especializados en la investigación y las aplicaciones.

⁴A/AC.105/456, anexo II, párr. 4 n).

⁵A/AC.105/749.

El plan de estudios sobre los GNSS complementará los planes de estudios modelo normalizados de los centros regionales, de demostrada utilidad, y que se han sido elaborados a través del Programa de las Naciones Unidas de aplicaciones de la tecnología espacial y constan de las siguientes disciplinas básicas que se enseñan en los centros: *a)* teleobservación y sistemas de información geográfica, *b)* comunicaciones por satélite, *c)* meteorología por satélite y clima mundial, y *d)* ciencias espaciales y atmosféricas.

Las actividades de cada centro se realizan en dos fases principales. En la primera se hace hincapié en la adquisición y el perfeccionamiento de conocimientos y aptitudes entre docentes universitarios e investigadores y especialistas en aplicaciones de los ámbitos de las ciencias físicas y naturales, así como de disciplinas analíticas. Esa fase dura nueve meses, conforme al plan de estudios del programa educativo de cada centro. La segunda fase se centra en lograr que los participantes apliquen en sus proyectos experimentales, que deben ejecutarse en el lapso de un año en sus respectivos países, las aptitudes y los conocimientos obtenidos en la primera fase.

Las actividades realizadas en las dos fases y las posibilidades que crean deberían conducir a la adquisición y el fortalecimiento de capacidades que permitan a cada país profundizar sus conocimientos, su comprensión y su experiencia práctica relacionados con los aspectos de la ciencia y la tecnología espaciales que más puedan contribuir a su desarrollo económico y social, incluida la preservación del medio ambiente.



IV. Centros de información del Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite

La creación de capacidad en materia de ciencia y tecnología espaciales es una prioridad importante de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre y reviste interés concreto para el Comité Internacional por lo que atañe en particular a los GNSS. Su finalidad ha de ser prestar apoyo a los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales afiliados a las Naciones Unidas, que actuarían también como centros de información del Comité Internacional.

Se hallan en curso negociaciones con los centros regionales, destinadas a utilizarlos como núcleos de capacitación y difusión de información sobre las aplicaciones mundiales de los GNSS y sus beneficios para la humanidad. Los centros de información del Comité Internacional tienen por objeto promover un enfoque más estructurado del intercambio de información, a fin de cumplir las expectativas mutuas de una red de enlace entre el Comité y los centros regionales, y crear un nexo entre las instituciones cuya labor guarda relación con las aplicaciones de los GNSS o que tienen interés en ellas y los proveedores de esos sistemas.

A juicio de la secretaría ejecutiva del Comité Internacional y los proveedores de servicios de GNSS, hay dos ámbitos en que pueden apoyar e impulsar el fortalecimiento de los centros de información del Comité, a saber: el técnico, que comprendería varias tecnologías de GNSS, y el de la cooperación, en que sería posible colaborar con dirigentes de la industria y establecer nexos con los proveedores actuales y previstos de los sistemas y sus aumentos. Esos nexos se facilitarían mediante una colaboración con el Foro de proveedores (mediante seminarios, capacitación y documentación de apoyo), así como con actividades de comunicación y proyección hacia la comunidad en general por conducto del portal de información del Comité Internacional, listas de distribución, folletos y boletines.

Entre 2008 y 2010 la secretaría ejecutiva del Comité Internacional asumió una función conductora en la organización de cursos de capacitación sobre servicios de navegación por

satélite y servicios basados en la localización en los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales afiliados a las Naciones Unidas. En esos cursos se analizaron la tecnología de los GNSS y sus aplicaciones, y se realizaron actividades orientadas a adquirir experiencia práctica en el uso de programas informáticos de venta comercial para aplicaciones determinadas y el tratamiento de señales de los GNSS, y se facilitó la elaboración del plan de estudios sobre los GNSS.



V. Plan de estudios sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite

El plan de estudios sobre los GNSS se elaboró teniendo en cuenta los aspectos generales de los cursos universitarios sobre esos sistemas que se imparten en varios países en desarrollo e industrializados. La incorporación de algunos aspectos científicos y tecnológicos de los GNSS en los planes de estudios universitarios tenía dos objetivos: a) lograr que los países aprovecharan los beneficios intrínsecos de las nuevas tecnologías, que, en muchos casos, se basaban en la ciencia y la tecnología espaciales, y b) introducir con claridad los conceptos de alta tecnología y contribuir a crear capacidad nacional en el ámbito de la ciencia y la tecnología en general. En la actualidad se intenta resueltamente en todo el mundo incorporar como materia independiente en los planes de estudios universitarios los aspectos científicos y tecnológicos de los GNSS y sus aplicaciones.

El presente programa de estudios sobre los GNSS difiere de la mayoría de los que se encuentran en la bibliografía y en Internet. Es resultado singular de las deliberaciones de los cursos prácticos regionales sobre las aplicaciones de los GNSS celebrados desde 2006.

El programa de estudios se pondrá a disposición de los centros regionales de formación en ciencia y tecnología espaciales afiliados a las Naciones Unidas. Esos centros podrán también ajustarlo y estructurarlo según convenga, decidiendo sobre el contenido y la profundidad de sus temas. Además, podrán adecuar esos temas a los problemas relacionados con la región respectiva. Es requisito indispensable para participar en el curso poseer un título universitario en electrónica e ingeniería de comunicaciones, geomática o ingeniería en informática y programación.

El curso consta de nueve módulos, cada uno de los cuales comprende aspectos concretos de los GNSS (teoría, tecnología y aplicaciones). Su duración es de 36 semanas, a las que seguirá un año de trabajo en un proyecto experimental en el país de origen del participante.

Se recomienda distribuir el tiempo asignado a cada módulo de la manera siguiente:

<i>Módulo</i>	<i>Tema</i>	<i>Duración (horas)</i>
Clases		540
I:	Aspectos fundamentales	60
II:	Técnicas de determinación de la posición	60
III:	Tecnologías: sistemas aumentados	80
IV:	Diseño de sensores y sistemas integrados	60
V:	Receptores	80
VI:	Navegación integrada mediante los GNSS y los sistemas de navegación inercial	80
VII:	Aplicaciones de los GNSS	80
VIII:	La meteorología espacial y los GNSS	40
Ejercicios prácticos y tesis		
IX:	Experimentos de laboratorio, visitas sobre el terreno y labor de proyectos	540

Los cursos se imparten cinco días a la semana, en ocho sesiones de 45 minutos al día. A continuación figura un desglose por módulo y tipo de curso:

Módulo I. Aspectos fundamentales

- 1.1. Introducción a los GNSS: *Navegación convencional, antecedentes, conceptos y evolución de los sistemas mundiales de navegación por satélite (GPS, GLONASS, Galileo, COMPASS/ BeiDou) y los sistemas regionales de navegación por satélite (IRNSS, QZSS). Comparación de los GNSS con otros sistemas de navegación;*
- 1.2. Sistemas de referencia: *Sistemas de referencia basados en coordenadas terrestres, celestes y orbitales. Sistemas de altimetría. Geoides. Sistemas de cronometría, sincronización y conversión de datos. Transformaciones entre sistemas de referencia basados en coordenadas. Contribución del Servicio internacional de sistemas mundiales de navegación por satélite (IGS) a la accesibilidad del Marco internacional de referencia terrestre (ITRF);*
- 1.3. Órbitas satelitales: *Parámetros orbitales. Movimiento y representación de la órbita (elementos keplerianos, etc.). Determinación de la posición, visibilidad y pista en tierra del satélite;*

- 1.4. Técnicas básicas de comunicaciones: *Propagación de las ondas electromagnéticas. Antenas y canales de propagación. Modulación de señal y acceso múltiple. Tratamiento de la señal.*

Módulo II. Técnicas de determinación de la posición

- 2.1. Mediciones mediante los GNSS: *Pseudodistancia, fase de la portadora y efecto Doppler;*
- 2.2. Técnicas de determinación de la posición (*aspectos generales*);
- 2.3. Técnica de determinación de la posición por punto único: *Modelos y métodos de estimación;*
- 2.4. Constelación de satélites y dilución de la precisión: *Geometría satelital, límites y cálculos de la dilución de la precisión (DOP).*

Módulo III. Tecnologías: sistemas aumentados

- 3.1. Errores de medición de los GNSS: *Modelo funcional y ley de los errores; efecto de la dilución geométrica de la precisión (GDOP); clases de errores y desviaciones en la medición de la distancia;*
- 3.2. Efectos de los errores: *Balance de errores; error equivalente en la distancia al usuario, exactitud de la posición con errores de un sigma y tres sigmas;*
- 3.3. Técnicas de mitigación de errores: *Cinemática en tiempo real (RTK); GNSS diferencial (DGNS); DGNS de área local; DGNS de área amplia;*
- 3.4. Sistemas aumentados: *Sistema de aumentación de área amplia (WAAS), Sistema Europeo de Navegación por Complemento Geostacionario (EGNOS), Sistema de corrección diferencial y vigilancia (SDCM), Sistema de aumentación basado en satélites (MSAS) del satélite multifuncional de transporte (MTSAT), Sistema de navegación aumentado geostacionario con GPS (GAGAN), etc.;*
- 3.5. Redes de GNSS: *Redes permanentes mundiales, regionales y locales de GNSS e infraestructura geodésica de los servicios de determinación de la posición real;*
- 3.6. Factores que afectan a los GNSS y técnicas de mitigación: *Errores de órbita, errores del reloj, trayectos múltiples (multicamino o multisenda), troposfera, ionosfera (incluidos los efectos de refracción ionosférica de orden superior), vulnerabilidad a la meteorología espacial, interferencia.*

Módulo IV. Sensores y diseño de sistemas integrados

- 4.1. Sensores y transductores: *Introducción, clasificación, características y compensación de los sensores, clasificación de los transductores. Descripción, parámetros, definiciones y terminología de los transductores;*

- 4.2. Sistemas integrados: *Procesadores integrados en teléfonos celulares, aparatos localizadores personales, agendas electrónicas, contestadores automáticos, hornos de microondas, televisores, reproductores de videocasete, reproductores de CD y DVD, consolas de videojuegos, dispositivos de GNSS, encaminadores de red, máquinas de fax, cámaras, sintetizadores musicales, aviones, naves espaciales, embarcaciones y automóviles.*

Módulo V. Receptores de GNSS

- 5.1. Arquitectura del receptor: *Tecnología, circuitería de entrada de radiofrecuencias, técnicas para el equipo y los programas informáticos del sistema de tratamiento de señal, equipo radioeléctrico especificado por soporte lógico;*
- 5.2. Seguimiento de la señal: *Estimación por máxima verosimilitud del retardo y la posición, seguimiento de la señal por bucle de enganche de retardo, seguimiento coherente y no coherente por bucle de enganche de retardo de secuencias de pseudoruido, cálculo del error cuadrático medio, bucle de enganche de retardo vectorial, características de ruido de un receptor, estimación por máxima verosimilitud, activación temprana y tardía del circuito puerta;*
- 5.3. Algoritmo de navegación: *Medición de la pseudodistancia, efecto Doppler, decodificación y utilización de datos de navegación, localización puntual, localización precisa, dinámica del usuario, filtro Kalman, ajuste por mínimos cuadrados y otras opciones.*

Módulo VI. Navegación integrada mediante los GNSS y sistemas de navegación por inercia

- 6.1. Sistemas de navegación por inercia: *Acelerómetro, giroscopios, plataformas inerciales, ecuación de navegación, integración de las ecuaciones de modelización en el marco terrestre convencional ("e-frame");*
- 6.2. Dinámica del error en los sistemas de navegación por inercia: *Análisis simplificado, ecuaciones de dinámica del error en el marco terrestre convencional, inicialización y alineamiento de los sistemas de navegación por inercia;*
- 6.3. Integración de los GNSS y los sistemas de navegación por inercia: *Modalidad de integración, modelo matemático de la navegación mediante sistemas de navegación por inercia compatibles, procedimientos de observación para la agrimensura por inercia;*
- 6.4. Conceptos generales relativos a la fusión de sensores.

Módulo VII. Aplicaciones de los GNSS

- 7.1. Bases de datos geoespaciales: *Extensiones geoespaciales para bases de datos de fuente abierta, POSTGRES, MySQL, etc.;*

- 7.2. Navegación mediante los GNSS: *Aplicaciones profesionales y personales, sistemas de información geográfica (SIG) y cartografía, agrimensura, gestión de riesgos naturales, ciencias de la Tierra, recursos naturales, infraestructura;*
- 7.3. Navegación y comunicaciones: *Aplicación integrada;*
- 7.4. Comunicaciones, navegación y vigilancia: *Aplicación integrada;*
- 7.5. Aplicaciones de los GNSS a la teleobservación de la atmósfera y la meteorología espacial: *Técnica de radioocultación para la vigilancia de la meteorología terrestre (temperatura y vapor de agua) y la meteorología ionosférica (densidad y contenido total de electrones);*
- 7.6. Modelo de ingresos para servicios de valor añadido;
- 7.7. Gestión, trabajo en equipo, propiedad intelectual y actividades comerciales en relación con los GNSS.

Módulo VIII. La meteorología espacial y los GNSS

- 8.1. Factores de la meteorología espacial y condiciones físicas conexas: *El Sol, los rayos cósmicos galácticos y el acoplamiento de la magnetosfera, la termosfera y la ionosfera;*
- 8.2. Efectos de los fenómenos meteorológicos espaciales en los GNSS;
- 8.3. Satélites, interferencia con las radioemisiones solares y propagación de las ondas radioeléctricas;
- 8.4. Diferencias de visualización entre las aplicaciones precisas (geodesia, DGPS) y las de seguridad de la vida (aviación);
- 8.5. Centelleos ionosféricos y su efecto, vigilancia y modelización;
- 8.6. Utilización de los GNSS para la vigilancia de la ionosfera mediante mediciones desde la Tierra y el espacio;
- 8.7. Corrección y modelos de amenazas ionosféricas.

Módulo IX. Experimentos de laboratorio, actividades sobre el terreno y labor de proyectos

- 9.1. Conversión de coordenadas y de hora, y transformaciones de los sistemas de referencia;
- 9.2. Equipo de los GNSS y los sistemas de navegación por inercia;

- 9.3. Formatos de datos en los GNSS: *Formato de intercambio de datos independiente del receptor (Receiver Independent Exchange Format (RINEX)), Norma de transmisión de datos de los GNSS en tiempo real (Real-Time GNSS Data Transmission Standard (RCTM)), United States National Marine Electronics Association (NMEA);*
- 9.4. Soluciones de determinación de la posición por punto único;
- 9.5. Productos de los GNSS de alta precisión sometidos a tratamiento posterior;
- 9.6. Experimento con el DGPS;
- 9.7. Experimento con receptores RTK;
- 9.8. Experimento para demostrar la mejora de la precisión mediante el sistema de aumentación basado en satélites (SBAS);
- 9.10. Aspectos de diseño de los programas informáticos para integrar los servicios basados en la localización con la posición, por ejemplo, las aplicaciones para teléfonos inteligentes;
- 9.11. Diseño de una aplicación: *Combinación de navegación por satélite y comunicaciones por satélite (vigilancia de flotas);*
- 9.12. Diseño de una aplicación: *Combinación de navegación por satélite y comunicaciones por satélite (gestión de actividades en casos de desastres);*
- 9.13. Diseño de un receptor simulado por computadora basado en equipo radioeléctrico especificado por soporte lógico.

Referencias

- A. A. L. Andrade. *The Global Navigation Satellite System: Navigating into the New Millennium* (Ashgate Studies in Aviation Economics and Management), Ashgate Pub Ltd, 2001, ISBN: 0754618250
- M. Capderou. *Satellites, Orbits and Missions*. Springer Verlag France. París (Francia), 2005
- K. Davis. *Ionospheric Radio*, Peter Peregrinus Ltd., Londres (Reino Unido), 1990
- F. van Diggelen. *A-GPS, Assisted GPS, GNSS, and SBAS*, Artech House, Boston, Londres, 2009
- Earth-prints. Repositorio de documentos científicos en Internet. Puede consultarse en: www.earth-prints.org/
- M. S. Grewal, L. R. Weill y A. P. Andrews. *Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration*, Wiley-Interscience, 2000, ISBN: 047135032X
- M. Hapgood y A. Thomson. *Space weather: Its impact on Earth and implications for business*. Lloyd's 360° Risk Insight. Londres (Reino Unido), 2010. Puede consultarse en: <http://bit.ly/9Pjk9R>
- B. Hofmann-Wellenhof, K. Legat y M. Wieser. *Principles of Positioning and Guidance*. Springer, Viena, Nueva York, 2003
- B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger y E. Wasle. *GNSS- Global Navigation Satellite Systems (GPS, Glonass, Galileo and more)*, Springer, Viena, Nueva York, 2008
- P. Kuhnert y B. Venables. *An Introduction to R: Software for Statistical Modelling & Computing*. CSIRO Mathematical and Information Sciences. Cleveland (Australia), 2005
- W. Mansfeld. *Satellitenortung und Navigation (Grundlagen, Wirkungsweise und Anwendung globaler Satellitennavigationssysteme)*, 3. Auflage, Praxis, Vieweg+Teubner, Berlín, 2010
- B.W. Parkinson y J. J. Spilker, Jr (eds.). (1996): *Global Positioning System: Theory and Applications (Vol. I.)*. AIAA. Washington, D. C.
- R. Schunk y A. Nagy. *Ionospheres: Physics, Plasma Physics and Chemistry* (2ª ed). Cambridge University Press. Cambridge (Reino Unido), 2009
- R. H. Shumway y D. S. Stoffer. *Time Series Analysis and Its Applications (with R examples)* (3ª ed). Springer Verlag, Nueva York, NY, 2011
- W. Zucchini y O. Nenadić. *Time Series Analysis with R - Part I*. Universidad de Goettingen (Alemania), 2011. Puede consultarse en: <http://bit.ly/HsiVH>
- J-M. Zogg, GPS. *Essentials of navigation (Compendium)*. u-blox AG. Thalwill (Suiza), 2010. Puede consultarse en: <http://bit.ly/fhT71T>

Entidades y programas de educación en que se imparten cursos sobre los GNSS y sus aplicaciones:

Centro de información Galileo para América Latina: www.galileoic.org/

Centros regionales de formación en ciencia y tecnología espacial afiliados a las Naciones Unidas: www.unoosa.org/oosa/en/SAP/centres/index.html

Cursos por Internet sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS): Universidad de Maine (Estados Unidos de América): www.gnss.umaine.edu

Escuela Internacional de Verano de la ESA sobre los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS): www.esa.int/esaNA/SEMQWXQVEAG_index_0.html

Grupo de investigación sobre astronomía y geomática (GAGE), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona (España): www.gage.es/

Instrumento educativo NAVKIT: www.navsas.eu/

Maestría en ciencias, con especialización en los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS): www.enac.fr/en/menu/training/bachelor-degrees/master-gnss

NavtechGPS: www.navtechgps.com

Programa de becas de larga duración de las Naciones Unidas e Italia sobre los GNSS y las aplicaciones conexas, Maestría en navegación y aplicaciones conexas: www.unoosa.org/oosa/SAP/gnss/fellowships.html

Sistema de Posicionamiento Global: Al Servicio del Mundo: www.gps.gov/spanish.php/



ANEXO I. Glosario de términos relativos a los GNSS

El presente glosario de términos relativos a los GNSS se preparó a fin de satisfacer directamente las necesidades de los usuarios de los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) en el marco del plan de trabajo del Foro de proveedores del Comité Internacional sobre los GNSS. Su finalidad es presentar definiciones de los términos tal como se utilizan en el contexto de la documentación de la Asamblea General de las Naciones Unidas correspondiente a la serie A/AC.105/, en que se informa sobre las reuniones del Comité Internacional celebradas desde 2005. Algunas de estas definiciones se establecieron tras extensos debates entre los miembros del Foro de proveedores, y otras siguen sometidas a deliberación. Por consiguiente, el glosario debe consultarse conjuntamente con los documentos del Comité Internacional que se encuentran disponibles en todos los idiomas oficiales de las Naciones Unidas y pueden descargarse desde la página web de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre: www.unoosa.org

A

Acceso múltiple por división de código (AMDC) Método por el cual se transmiten muchas señales simultáneamente y en la misma frecuencia central, pero con distintos códigos de ensanchamiento; los receptores pueden distinguir entre las señales utilizando sus distintos códigos de ensanchamiento.

Almanaque Datos orbitales primarios de satélite utilizados para calcular la posición, la hora de ascensión, la elevación y el azimut de un satélite.

Altura elipsoidal Distancia vertical hasta el elipsoide de un usuario ubicado por encima de él.

Altura geoidal Véase Ondulación geoidal.

Altura ortométrica Distancia entre un punto de la superficie terrestre y la superficie del geode, medida a lo largo del hilo de plomada (altura sobre el nivel medio del mar).

Ambigüedad Número entero desconocido de ciclos de fases portadoras obtenidas como doble diferencia que proceden de un par de satélites y son medidos por dos receptores.

AMDC Véase Acceso múltiple por división de código.

AMDF Acceso múltiple por división de frecuencia.

Ancho de banda Amplitud del espectro de una señal (representación de la señal en el dominio de la frecuencia), expresada en hercios.

Ángulo cenital Ángulo vertical con un valor de 0° sobre el horizonte y 90° directamente sobre el usuario.

Ángulo de corte Ángulo de elevación mínimo por debajo del cual los receptores de los GNSS ya no rastrean satélites.

Ángulo de enmascaramiento Elevación mínima aceptable sobre el horizonte a la que debe encontrarse un satélite GNSS para reducir al mínimo la distorsión atmosférica.

Aplanamiento (achatamiento) En los elipsoides: $f = (a-b)/a = 1-(1-e^2)^{1/2}$, donde a = semieje mayor, b = semieje menor, y e = excentricidad (véase “Excentricidad”).

Aproximación de precisión Procedimiento de aproximación mediante instrumentos, basado en una trayectoria lateral y una trayectoria de planeo vertical, que cumple los requisitos concretos establecidos para la navegación vertical y la infraestructura aeroportuaria.

Aproximación no de precisión (NPA) En aviación, procedimiento de aproximación por instrumentos basado en una trayectoria lateral y sin guía vertical.

Área del terminal (zona del terminal) Término general utilizado para referirse al espacio aéreo en que se prestan los servicios de control de aproximación o de control de tráfico aeroportuario.

Arranque en frío Secuencia de encendido en que el receptor de GNSS no dispone de información previa y desconoce la hora y la posición, no cuenta con datos de almanaque sobre los satélites y debe descargar esos datos de almanaque antes de determinar una posición.

Azimut Ángulo horizontal medido en el sentido de las agujas del reloj desde una dirección determinada (por ejemplo, el Norte).

B

Baliza Transmisor estacionario que emite señales en todas las direcciones (llamado también baliza no direccional).

Banda L Banda de radiofrecuencia entre los 1000 MHz y los 2000 MHz. Las frecuencias de las portadoras L1, L2 y L5 transmitidas por los satélites GNSS corresponden a esa banda L.

Banda S Banda de 2 GHz a 4 GHz, que cruza el límite (artificial) entre las bandas decimétrica (UHF) y centimétrica (SHF) en los 3,0 GHz. Forma parte de la banda de microondas del espectro electromagnético.

Banda ultra ancha (transmisión en) (UWB) Radiotransmisión, por lo general de potencia relativamente baja, con impulsos sumamente cortos y un ciclo de trabajo más o menos reducido. Los impulsos extremadamente cortos tienen el efecto de dispersar la transmisión por una gama de frecuencias extensa. Característicamente, en la transmisión resultante se utilizan cientos de megahercios del ancho de banda.

BIPM Véase Oficina Internacional de Pesos y Medidas.

C

Cálculo (estimación) por mínimos cuadrados Cálculo de parámetros desconocidos que se realiza minimizando la suma de los cuadrados de los residuales de una medición.

Canal de cuadratura Canal de un receptor de los GNSS que multiplica la señal recibida por sí misma para obtener un segundo armónico de la portadora, que no contiene la modulación de código.

Canal receptor Radiofrecuencia y equipo físico digital, y programa informático de un receptor de GNSS, necesarios para rastrear la señal de un satélite GNSS en una de las frecuencias portadoras del sistema.

Canal Un canal de un receptor GNSS consta de la circuitería necesaria para rastrear la señal procedente de un solo satélite GNSS.

Capacidad operativa inicial (IOC) Estado dependiente del sistema en que este se halla en condiciones de prestar un subconjunto predeterminado de los servicios para los cuales se concibió.

Cartografía Arte o técnica de trazar mapas o cartas de navegar.

CBOC BOC compuesta (modulación por desplazamiento de portadora binaria).

CELESTE Laboratorio de investigaciones relacionadas con los GNSS establecido y gestionado por el departamento de sistemas del Departamento Espacial del Laboratorio Nacional Aeroespacial (Países Bajos).

Centelleo (ionosférico) Variaciones de la amplitud y la fase de la señal recibida causadas por la estructura irregular de las regiones ionosféricas.

CET Véase Contenido total de electrones.

Cinemática en tiempo real (RTK) Procedimiento para resolver la ambigüedad de fase en el receptor de GNSS a fin de eliminar la necesidad de tratamiento *a posteriori*.

Cobertura Zona de la superficie o volumen del espacio abarcados por un sistema de radionavegación en que las señales son suficientes para que el usuario pueda determinar la posición con un grado previsto de precisión.

Código Serie o secuencia de valores binarios.

Código C/A Véase Código de adquisición en bruto.

Código de adquisición en bruto (código C/A) Señal estándar de determinación de la posición que transmite el satélite GNSS al usuario civil.

Código de ruido pseudoaleatorio (código de pseudoruido) (PRN) Serie o secuencia binaria de longitud finita que cumple las tres condiciones siguientes:

- **Equilibrio:** En cada período, el número de más unos (1) difiere exactamente en 1 del número de menos unos (-1);
- **Equilibrio en la cadena:** En cada período, la mitad de las cadenas del mismo signo tiene longitud 1, la cuarta parte tiene longitud 2, la octava parte longitud 3, etc. El número de cadenas positivas es igual al número de cadenas negativas.
- **Correlación:** La función de autocorrelación de una secuencia o serie periódica tiene dos valores, es decir, se calcula del siguiente modo

$$\mathcal{R}(\tau) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \rho(t) \rho(t-\tau) = \begin{cases} 1, \tau = 0, T, 2T, \dots \\ -\frac{1}{\tau}, \text{ de otra manera} \end{cases}$$

Código M Señal de uso militar del GPS.

Código P Código preciso del GPS.

Código Y Versión cifrada (o encriptada) del código P, que se transmite mediante un satélite del GPS al activarse el mecanismo de “anti-spoofing” (el mecanismo de protección contra la suplantación o falsificación de la onda).

Comité Internacional sobre los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (ICG) Entidad establecida con carácter voluntario como órgano oficioso destinado a promover la cooperación, según proceda, en asuntos de interés mutuo relacionados con los servicios civiles de navegación, determinación de la posición, cronometría y otros servicios de valor añadido basados en satélites, así como la compatibilidad e interoperabilidad entre los GNSS, y a aumentar su utilización en pro del desarrollo sostenible, especialmente en los países en desarrollo. Las funciones de la secretaría del Comité están a cargo de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas.

Compatibilidad Se entiende por compatibilidad la posibilidad de utilizar por separado o conjuntamente los sistemas mundiales y regionales de navegación por satélite y sus

aumentaciones sin causar interferencias inaceptables u otros problemas a un sistema o servicio determinado:

- La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) mantiene una plataforma de debate sobre la compatibilidad de las radiofrecuencias, compatibilidad que debería entrañar un examen a fondo de factores técnicos detallados, como los efectos en el umbral mínimo de ruido del receptor y la correlación cruzada entre las señales interferentes y las señales útiles;
- En aras de la compatibilidad, se debe respetar también la separación espectral entre las señales de servicio autorizadas de cada sistema y las de los demás. Reconociendo que puede ser inevitable una cierta superposición de señales, el marco para buscar una solución mutuamente aceptable para todos ha de crearse mediante deliberaciones de los proveedores interesados.
- Se debe alentar toda otra solución que contribuya a aumentar la compatibilidad.

Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR) Conferencia organizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, organismo especializado de las Naciones Unidas, para examinar y, en caso necesario, modificar el Reglamento de Radiocomunicaciones, tratado internacional que rige la utilización del espectro de radiofrecuencias y las órbitas geoestacionaria y no geoestacionaria de los satélites. Se celebra cada dos a cuatro años.

Configuración del sistema de satélites Estado de la constelación de satélites en un momento determinado y en relación con un usuario o un grupo de usuarios determinado.

Constante de gravitación (universal) Constante de proporcionalidad de la ley de gravitación universal de Newton, donde $G = 6,672E-11 \text{ m}^3/\text{s}^2/\text{kg}$.

Constelación de satélite Disposición en el espacio de todo el conjunto de satélites de un sistema como el GPS.

Constelación Un grupo de satélites que funcionan en conjunto es una constelación de satélites.

Contenido total de electrones (CTE) Número de electrones libres contenido en una columna cuya sección transversal es de 1 m por 1 m entre el receptor y el transmisor. La unidad común del CTE es $10^{16} \text{ e}^-/\text{m}^2$, y causa un retardo de $0,54 \text{ E-}9$ segundos a $1675,42 \text{ MHz}$.

Continuidad Capacidad de un sistema en su totalidad (compuesto por todos los elementos necesarios para mantener la posición de una aeronave en el espacio aéreo definido) de cumplir su función sin interrupciones durante el período de funcionamiento previsto. Concretamente, la continuidad es la probabilidad de que el funcionamiento específico del sistema se mantenga durante una fase de actividad, en el supuesto de que ese sistema se hallaba disponible al comienzo de dicha fase de actividad.

Control del tráfico aéreo Servicio a cargo de una autoridad competente para mantener expedito y seguro el flujo del tráfico aéreo.

CONUS Véase Estados colindantes de los EE.UU.

Coordenadas cartesianas Coordenadas de un punto en el espacio, representadas en tres dimensiones perpendiculares unas a otras (x, y, z) a partir del origen (sistema de coordenadas cartesianas).

Coordenadas cartesianas geocéntricas (Sistema Internacional de Referencia Terrestre) (Coordenadas “centradas y fijas en la Tierra” (ECEF)) Sistema de coordenadas cartesianas cuyo origen es el centro de la masa de la Tierra y que se halla fijo en la superficie del planeta (es decir, rota con la Tierra). El eje Z está alineado con la media del eje de rotación de la Tierra (norte); el eje X, con el meridiano cero (de Greenwich), y el eje Y se encuentra a 90° al este del eje X, formando un sistema de coordenadas dextrógiro.

Coordenadas Conjunto de números que indica la ubicación de un punto en la Tierra o por encima de ella. Las coordenadas se basan habitualmente en líneas de referencia correspondientes a latitud y longitud, o en una proyección cuadrangular del planeta o una región (por ejemplo, mediante el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) o Maidenhead).

Coordenadas geodésicas Coordenadas que definen un punto en relación con un elipsoide, utilizando valores de latitud, longitud y altura elipsoidal o coordenadas cartesianas.

Corrección de errores en recepción (corrección de errores sin canal de retorno) (corrección intrínseca de errores) (FEC) Sistema de control de errores para la transmisión de datos, con el que el emisor agrega a sus mensajes datos redundantes, llamados también “código de corrección de errores”.

CORS Véase Estaciones de referencia de funcionamiento continuo.

COSMIC Sigla en inglés de Sistema de observación en constelación para la meteorología, la ionosfera y el clima (*Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate*).

Cumplimiento La observancia en la práctica, y el hecho de demostrarla, de una norma o reglamentación.

Chip (segmento, datos codificados) Bit de un código de espectro.

D

Datos comprimidos (datos compactados) Datos primarios comprimidos (o compactados) durante un intervalo determinado (período de compresión o de compactación) para transformarlos en una sola variable observable (medición) a efectos de registro.

Datos primarios (datos en bruto) Datos originales de los GNSS recibidos y registrados por un receptor.

Dátum geodésico Modelo matemático concebido para ajustarse lo mejor posible a una parte o a la totalidad del geoide definido por un elipsoide y la relación entre el elipsoide y un punto en la superficie topográfica establecido como el origen del dátum.

Dátum Modelo matemático que describe una parte de la superficie de la Tierra. En el mapa impreso, las líneas de latitud y longitud utilizan como referencia un dátum cartográfico específico.

dB Decibel, unidad de medida en escala logarítmica utilizada en acústica y electrónica.

Derechos exclusivos; derechos de propiedad; derechos patentados Derechos que asisten a una parte, o propietario, que ejerce la propiedad privada, el control o el uso de un bien o producto y en virtud de los cuales ese bien o producto no es de dominio público.

Desfase entre relojes Diferencia constante en la hora que marcan dos relojes.

Desviación de la vertical (deflexión de la vertical) Ángulo formado por la normal al elipsoide y la vertical (hilo de plomada).

Determinación cinemática de la posición (localización cinemática) Determinación de una serie cronológica de conjuntos de coordenadas para un receptor móvil, cada uno de los cuales se establece a partir de una sola muestra de datos y habitualmente se calcula en tiempo real.

Determinación de la posición (localización) relativa Véase Determinación de la posición (localización) diferencial.

Determinación de la posición (localización) diferencial Determinación de coordenadas relativas entre dos o más receptores que rastrean simultáneamente las mismas señales de GNSS.

Determinación de la posición Localización.

Determinación dinámica de la posición (posicionamiento dinámico) Determinación de la posición y la velocidad a partir de señales de los GNSS con la antena en movimiento.

DGPS Véase GPS diferencial.

Día sidéreo Lapso entre dos culminaciones o tránsitos sucesivos del equinoccio vernal.

Día solar Lapso entre dos tránsitos superiores sucesivos del Sol.

Diferencial Técnica utilizada para aumentar la precisión de un sistema de radionavegación determinando un error de localización en un punto conocido y transmitiendo ese error, o sus factores de corrección, a los usuarios de ese sistema de radionavegación en la misma zona.

Dilución de la precisión (DOP) Medida estadística de la geometría de receptor y satélite(s). Véase también Dilución geométrica de la precisión (GDOP).

Dilución geométrica de la precisión Se compone de la dilución temporal de la precisión (TDOP) y la dilución posicional de la precisión (PDOP), que se componen a su vez de la

dilución horizontal de la precisión (HDOP) y la dilución vertical de la precisión (VDOP). Precisión de los GNSS = GDOP x UERE. Véase también Error equivalente en distancia al usuario (UERE).

Disponibilidad La disponibilidad de un sistema de navegación es el porcentaje de tiempo durante el cual pueden utilizarse sus servicios.

Diurno Que se repite durante el día; por ejemplo, “efecto diurno”.

DOP Véase Dilución de la precisión.

DORIS Véase Sistema Doppler de orbitografía y radiolocalización integradas por satélite.

E

ECEF Véase Coordenadas cartesianas geocéntricas.

Efecto Doppler (desviación Doppler) Cambio aparente de frecuencia de una señal recibida, que se produce al variar la distancia entre el transmisor y el receptor.

Efeméride Parámetros, por ejemplo, elementos keplerianos, que pueden utilizarse para calcular la posición de un satélite a una hora determinada.

EGNOS Sistema Europeo de Complemento Geoestacionario de Navegación. El EGNOS suministra una señal de aumento al servicio normalizado de localización del GPS. Esa señal se transmite en la misma banda de frecuencia y con idéntica modulación que la señal civil L1 de código C/A (1575,42 MHz) del GPS. Mientras que el GPS utiliza señales de determinación de la posición y cronometría generadas desde vehículos espaciales que orbitan la Tierra, prestando con ello un servicio mundial, el EGNOS suministra información a efectos de corrección e integridad cuyo objeto es mejorar los servicios de navegación para la determinación de la posición en Europa.

Elemento de validación en órbita de Galileo (GIOVE) Nombre de cada satélite de una serie que se viene construyendo para la Agencia Espacial Europea (ESA) a fin de someter a ensayo tecnología en órbita para el sistema Galileo de determinación de la posición.

Elementos orbitales keplerianos Seis parámetros que describen la posición de un satélite en el espacio. Se trata de los siguientes:

- a: Semieje mayor
- e: Excentricidad
- ω : Argumento de perigeo
- Ω : Ascensión recta del nodo ascendente
- I: Inclinação
- n: Anomalía media

Elipsoide En geodesia, a menos que se indique otra cosa, figura matemática (a veces llamada también esferoide) formada al hacer girar una elipse alrededor de su eje menor. Un elipsoide va definido por dos cantidades, que se suelen expresar como la longitud del semieje mayor a) y el achatamiento f). Véase también Excentricidad.

Elipsoide local Elipsoide que se ha definido para ajustarse lo mejor posible a una parte determinada de la Tierra. Generalmente los elipsoides locales se ajustan a un país o grupo de países, como el elipsoide del Everest en el caso de la India.

Emisiones fuera de banda Emisiones de radiocomunicaciones en bandas de frecuencia distintas del canal de frecuencia asignado al transmisor. El término se refiere habitualmente a las emisiones de un transmisor que se presenta en las bandas de frecuencia vecinas a la banda asignada a ese transmisor.

Emplazamiento Lugar en que se ha instalado un receptor para poder determinar las coordenadas.

En ruta Fase de la navegación que comprende las operaciones desde el punto de partida y la conclusión de la misión. En el caso de las misiones aéreas, la fase “en ruta” de la navegación tiene dos subcategorías, “en ruta interna” y “en ruta oceánica”.

Enganche de retardo Técnica mediante la cual el código recibido (generado por el reloj del satélite) se compara con el código interno (generado por el reloj del receptor) y este último se desplaza cronológicamente hasta que ambos códigos coinciden.

Época Instante fijo y determinado que se emplea como punto de referencia en una escala temporal.

Equipo de medida de la distancia (DME) El que utiliza tecnología de radionavegación basada en transpondedores con la que se mide la distancia calculando el retardo en la propagación de señales radioeléctricas de muy alta frecuencia (ondas métricas) (VHF) o ultra alta frecuencia (ondas decimétricas) (UHF).

Error (debido a la propagación) por trayectos múltiples Error de localización resultante de la interferencia entre ondas radioeléctricas que se han desplazado entre el transmisor y el receptor por dos trayectos de diferente longitud de onda.

Error en distancia al usuario (URE) Error en el cálculo de la posición, la velocidad y la hora mediante el GPS atribuible a los segmentos espacial y de control del GPS.

Error de la efeméride Diferencia entre la ubicación real del satélite y la predicha por los datos orbitales del satélite (efeméride).

Error del equipo del usuario (UEE) Error atribuible al equipo del usuario en los valores de posición, velocidad y hora obtenidos mediante el GPS.

Error equivalente en distancia al usuario (UERE) Término que designa la parte correspondiente a la señal en el espacio (*signal in space (SIS)*) del balance de errores del GPS.

Error sistemático del reloj Diferencia entre la hora que marca un reloj y la hora de los sistema GNSS.

ESD Sigla en inglés de Electricidad estática y descarga electrostática (*Static Electricity and Electrostatic Discharge*).

Espuria (relación) Relación matemática en la que dos acontecimientos no tienen nexo de causalidad, aunque pueda inferirse que lo tienen debido a un tercer factor oculto.

Estaciones de referencia de funcionamiento continuo (CORS) Red de estaciones coordinadas por el Servicio Geodésico Nacional (NGS), que es una oficina del Servicio Océánico Nacional del Organismo Nacional para el Estudio de los Océanos y la Atmósfera (NOAA) de los Estados Unidos.

Estados colindantes de los EE.UU. (CONUS) Los 48 Estados colindantes o limítrofes de los Estados Unidos ubicados en el continente norteamericano y el Distrito de Columbia. El término excluye expresamente los estados de Alaska y Hawai.

Estocástico Proceso cuya evolución es no determinista, en el sentido de que el estado siguiente es determinado tanto por los cambios previsibles del proceso como por un elemento aleatorio.

Excentricidad Razón desde la semidistancia focal de una elipse y su semieje mayor: $e = (1 - b^2/a^2)^{1/2}$, donde a y b son el semieje mayor y el semieje menor de la elipse, respectivamente.

Experimento Clima y Recuperación de Gravedad (GRACE) Experimento realizado mediante dos satélites casi idénticos, lanzados en marzo de 2002, que entraron en órbita polar a 500 km de la Tierra a una distancia aproximada de 220 km uno del otro, con el objetivo principal de realizar mediciones extraordinariamente precisas del campo gravitacional.

F

Fase de área del terminal Fase de la navegación que comprende las operaciones necesarias para iniciar o concluir una misión o función planificada en las instalaciones correspondientes. En el caso de las misiones aéreas, el área (o zona) del terminal es el espacio aéreo en que se presta el servicio de control de aproximación o de control de tráfico aeroportuario.

Fase de batido de la portadora Fase de la señal que queda cuando la señal de portadora con variación Doppler recibida del satélite bate (es decir, se genera la señal de frecuencia diferencial) con la frecuencia de referencia nominalmente constante generada en el receptor.

Fase portadora Fracción de un ciclo, a menudo expresado en grados. Un ciclo completo equivale a 360°.

Fase portadora reconstruida Diferencia entre la fase de la portadora GNSS entrante con desviación Doppler y la fase de una frecuencia de referencia nominalmente constante generada en el receptor.

FEC Véase Corrección de errores en recepción.

Fecha juliana (*Julian date*) Número de días transcurridos desde el 1 de enero de 4713 a.C. La hora cero GPS se define como la medianoche HUC del sábado-domingo 6 de enero de 1980 en Greenwich. La fecha juliana correspondiente a la hora cero GPS es 2.444.244,5.

Fiabilidad Capacidad del sistema de cumplir sin errores una función concreta, en condiciones y por un período determinados.

Frecuencia de batido Cualquiera de las otras dos frecuencias que se obtienen cuando se mezclan señales de dos frecuencias.

Frecuencia portadora Frecuencia de la salida fundamental no modulada de un radiotransmisor.

Funcionamiento del localizador con orientación vertical (LPV) Modalidad de funcionamiento en que se establecen áreas de contención laterales comparables a las de un localizador ILS (sistema de aterrizaje por instrumentos) y altitudes de decisión (altitudes críticas) intermedias respecto de las utilizadas en las aproximaciones por LNAV y VNAV (navegación lateral y navegación vertical) y las aproximaciones por ILS de categoría I.

G

GAGAN Véase Sistema de navegación aumentado geostacionario con GPS.

Galileo Véase Sistema Europeo de Navegación por Satélite.

GBAS Véase Sistema de aumentación en tierra.

GDOP Véase Dilución geométrica de la precisión; véase también “DOP”.

GEAS Sigla en inglés de Estudio de la arquitectura evolutiva de los GNSS.

Geocéntrico(a) Relativo(a) al centro de la Tierra.

Geodesia Estudio del tamaño y la forma de la Tierra.

Geoide Superficie equipotencial que coincide con el nivel medio de los océanos prolongado imaginariamente hacia el interior de los continentes y es perpendicular en todos los puntos a la dirección de la fuerza de gravedad.

GIOVE Véase Elemento de validación en órbita de Galileo.

GLONASS Véase Sistema Mundial de Satélites de Navegación.

GMS Sigla en inglés de Estación terrestre de control.

GMT Véase Hora media de Greenwich.

GPB Véase Sonda de gravedad B.

GPS diferencial Término utilizado habitualmente para referirse a un sistema de GPS en que se utilizan correcciones diferenciales para aumentar la exactitud de localización.

GPS Véase Sistema Mundial de Determinación de la Posición.

GRACE Véase Experimento Clima y Recuperación de Gravedad.

Guiñada En los objetos en movimiento, se refiere al movimiento lateral en torno a la vertical (o hacia la derecha o la izquierda en la dirección del desplazamiento).

H

HDOP Dilución horizontal de la precisión (*véase* DOP).

HMI (*Hazardously misleading information*) Información equívoca peligrosa.

Hora (del) GLONASS Escala de tiempo atómica similar a la del GPS. Corresponde a la HUC de la Federación de Rusia (cuya sigla en inglés es UTC (SU), es decir, “HUC de la Unión Soviética”, por el antiguo nombre del país). El segmento de control mantiene la hora GLONASS con un desfase de 1 ms, aunque habitualmente inferior a un microsegundo (μ s) de la UTC (SU), y la parte restante del desfase se transmite en el mensaje de navegación.

Hora (del) GPS Sistema horario continuo transmitido por los satélites GPS, que tiene como referencia la HUC del Observatorio Naval de los Estados Unidos, pero sin la inserción de segundos intercalares. Véase también UTC (USNO).

Hora exacta Hora calculada con un margen de error de 10 milisegundos.

Hora local La hora local es igual a la hora GMT más el huso horario.

Hora media de Greenwich (GMT) Hora solar media en el meridiano de Greenwich. Se utiliza como base de la hora legal en todo el mundo.

Hora universal (UT) Hora solar media local en el meridiano de Greenwich. Resultaría de mayor pertinencia la UTI, que es una escala cronométrica basada en la rotación de la Tierra.

Hora universal coordinada (HUC) Escala cronológica atómica establecida por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM) y basada en mediciones aportadas por muchos laboratorios nacionales de cronometría, cada uno de los cuales ha establecido su respectiva HUC local. La unidad de la escala se mantiene lo más cerca posible del segundo del Sistema Internacional de Unidades (SI), pero en ella se insertan ocasionalmente segundos intercalares para ajustarla a las irregularidades de la rotación de la Tierra.

Huso horario Huso horario = hora local, hora media de Greenwich (GMT). La hora GMT es aproximadamente igual a la hora GPS.

I

IERS (*International Earth Rotation and Reference Systems Service*) Véase Servicio Internacional de Sistemas de Referencia y Estudio de la Rotación de la Tierra.

ILRS Servicio Internacional de Telemetría por Láser (*International Laser Ranging Service*).

Inclinación Ángulo entre el plano orbital de un satélite y el ecuador.

Interferencia deliberada (electromagnética) Utilización intencional de radiación o rerradiación, o reflejo de energía electromagnética, para impedir o reducir la utilización eficaz de una señal.

Interferometría de muy larga línea de base (VLBI) Técnica utilizada en radioastronomía y geodesia, en la que se utilizan varios radiotelescopios muy separados entre sí para observar simultáneamente el mismo objeto y guardar los resultados de esas observaciones registrando su hora exacta. Esos datos se combinan luego para utilizarlos como si se hubieran obtenido mediante un solo instrumento con gran capacidad de resolución.

Interoperabilidad Posibilidad de utilizar conjuntamente los sistemas mundiales y regionales de navegación por satélite y sus aumentaciones y los servicios que prestan, de manera tal que los usuarios puedan aprovechar mejor sus capacidades que cuando reciben únicamente las señales abiertas de un solo sistema:

- La interoperabilidad posibilita la navegación con señales de diferentes sistemas, con costo y complejidad mínimos en cuanto a receptores adicionales;
- Las constelaciones múltiples que transmiten señales abiertas interoperables mejoran las observaciones geométricas, aumentando la precisión para el usuario final y la disponibilidad de los servicios en las zonas en que la visibilidad de los satélites es a menudo baja;
- El establecimiento de marcos de referencia geodésicos y las pautas de ajuste cronométrico del sistema deberían regirse, en la mayor medida en que resulte práctico, por las normas internacionales en vigor;
- Se deben alentar todas las formas de aumentar la interoperabilidad.

Intervalo de sesgo entero Véase Ambigüedad.

Ionosfera Región de la atmósfera ubicada entre 50 km y alrededor de 1.000 km por encima de la Tierra, en la que hay electrones libres (debido a la ionización causada por la radiación solar, principalmente la ultravioleta), lo cual afecta a la transmisión de las señales de los GNSS.

ITRS Véase Sistema Internacional de Referencia Terrestre.

J

Jasón Satélite oceanográfico lanzado en diciembre de 2001, que se mantiene en una órbita inclinada de 66° a 1.300 km de la Tierra. Su misión es observar la circulación

mundial de los océanos, estudiar las relaciones entre estos y la atmósfera, mejorar los pronósticos y la predicción del clima mundial y vigilar fenómenos como “El Niño” y los torbellinos oceánicos.

L

Laboratorio de retropropulsión (*Jet Propulsion Laboratory*) (JPL) Laboratorio administrado por Caltech en nombre de la NASA, que realiza misiones no tripuladas de exploración del sistema solar.

Latitud (geodésica) Ángulo entre la normal elipsoidal y el plano ecuatorial. Tiene un valor nulo sobre el ecuador y de 90° en los polos.

Levantamiento Acción de realizar observaciones para determinar el tamaño y la forma del objeto de observación, así como la posición absoluta o relativa de un punto en la superficie de la Tierra o por encima o por debajo de ella, la longitud y dirección de una línea, el campo gravitacional del planeta, la duración del día, etcétera.

Levantamiento estático rápido Término utilizado en relación con los GNSS para denominar un levantamiento estático con períodos breves de observación.

Levantamiento estático Término que se utiliza en relación con los GNSS y se refiere a todas las aplicaciones para levantamientos no cinemáticos. Esas aplicaciones comprenden las dos siguientes modalidades de operación: levantamiento estático y levantamiento estático rápido.

Levantamiento por desplazamiento intermitente El término “levantamiento por desplazamiento intermitente” se emplea en relación con el GPS para referirse a un tipo especial de levantamiento cinemático. Tras la inicialización (la determinación de ambigüedades) en el primer emplazamiento, el receptor móvil debe desplazarse entre los demás emplazamientos sin perder la señal de satélite.

Línea loxodrómica Término utilizado en navegación. Trayectoria entre dos puntos con marcación constante.

Localización (determinación de la posición) puntual (*Point positioning*) Determinación de la posición (latitud, longitud y altitud sobre el esferoide) mediante observaciones de la pseudodistancia.

Longitud Ángulo entre la elipse del meridiano que pasa por Greenwich y la elipse del meridiano que pasa por el punto en cuestión. De este modo, la longitud es de 0° en Greenwich y se mide hacia el Este en 360°, o hacia el Este y el Oeste con valores respectivos de 180°.

Longitud de referencia (o línea base) Longitud del vector tridimensional entre un par de estaciones en que se han registrado simultáneamente datos del GPS que se han sometido a tratamiento con técnicas diferenciales. En el nivel aproximado de una parte por mil millones, que corresponde a los GNSS en escalas planetarias, la definición precisa de la

longitud requiere aplicar aspectos de las teorías especial y general de la relatividad, lo que supone una dependencia de los campos geopotenciales locales.

M

MADRAS Sigla en inglés de Análisis y detección por microondas de sistemas de pluviosidad y atmosféricos (*Microwave Analysis and Detection of Rain and Atmospheric Systems*).

Maidenhead Sistema de coordenadas que utilizan los radioaficionados, en que el mundo se divide en 324 grandes zonas basadas en la latitud y la longitud. Esas zonas abarcan 10 grados de latitud por 20 grados de longitud y se llaman “campos”. Cada campo se divide en 100 cuadrados de 1° por 2°.

Marcación (rumbo, derrota, demora) Término utilizado en navegación para indicar el ángulo entre una dirección de referencia (por ejemplo, el norte geográfico, el norte magnético o el norte del cuadrículado) y la trayectoria.

MÁSER Dispositivo que produce ondas electromagnéticas coherentes mediante amplificación por emisión estimulada. Históricamente, el término proviene de la sigla en inglés de Amplificación de microondas por emisión estimulada de radiación (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), aunque los máser modernos emiten radiación en una región ancha del espectro electromagnético.

MBOC Sigla en inglés de Modulación por desplazamiento de portadora binaria multiplexada (*Multiplexed binary offset carrier*).

MCS Sigla en inglés de Estación central de control (*Master Control Station*).

Mediciones por diferencias (mediciones diferenciales) Las diferencias simples son las que se obtienen habitualmente en las mediciones de receptores que observan simultáneamente el mismo satélite; las diferencias dobles son normalmente diferencias simples entre observaciones simultáneas diferentes de dos satélites; y las diferencias triples son habitualmente diferencias dobles de hora.

Mensaje de datos (llamado también “datos de navegación”) Datos transmitidos por los satélites de los GNSS que se utilizan para calcular la ubicación del satélite y corregir la hora que marca su reloj.

Mensaje de navegación de los GNSS Mensaje de datos enviado desde el satélite que contiene la efeméride y la corrección del reloj del satélite, así como información sobre el estado de la constelación y el almanaque, etcétera.

Mensajes de navegación/datos de navegación Datos que se introducen en las señales del satélite mediante modulación.

Meridiano Línea imaginaria que une el Polo Norte con el Polo Sur y pasa por el ecuador a 90°.

Modo (modalidad) cuadrático(a) de recepción Método empleado para la recepción de señales del GPS en que se duplica la frecuencia de portadora y no se utiliza el código P. Se llama también recepción sin código.

Modulación por desplazamiento de fase bivalente (MDFB) mediante símbolos rectangulares Modulación en que se utiliza una sola transición instantánea de fase de 180° por símbolo.

Modulación por desplazamiento de portadora binaria (BOC) Extensión de la modulación BPSK-R en que cada símbolo corresponde a la misma parte de una onda cuadrada, y se modula mediante rotación de fase en 180°.

MSAS Sigla en inglés de Sistema de aumentación basado en satélites del satélite multifuncionales de transporte (MTSAT). Sistema de navegación aérea creado por la Dirección de Aviación Civil del Japón para aumentar el GPS.

Muy alta frecuencia (ondas métricas) (VHF) Radiofrecuencia en la banda de 30 MHz a 300 MHz.

N

Nanosegundo (ns) Milmillonésima de segundo.

NASA Sigla en inglés de Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos.

NAVCEN Una de las siglas en inglés del Centro de Navegación del Servicio de Guardacostas de los Estados Unidos.

Navegación Actividad consistente en planificar, registrar y controlar el desplazamiento de una embarcación, aeronave o vehículo de un lugar a otro.

Navegación de área (RNAV) Método de navegación con el que las aeronaves pueden utilizar cualquier trayectoria de vuelo que se halle bajo la cobertura de sistemas de navegación con referencia en una estación terrestre o se ajuste a la capacidad de sistemas autónomos, o ambas cosas.

NAVTEX Sistema creado por la Organización Marítima Internacional (OMI) que se utiliza en todo el mundo como medio principal para transmitir información urgente sobre seguridad marítima y costera destinada a las embarcaciones.

NDGPS Sigla en inglés de GPS diferencial de cobertura nacional (*Nationwide Differential Global Positioning System*).

NMEA Sigla en inglés de Asociación Nacional de Electrónica Marina (*National Marine Electronic Association*).

NOAA Sigla en inglés de Organismo Nacional para el Estudio de los Océanos y la Atmósfera (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) de los Estados Unidos.

NPA Véase Aproximación no de precisión.

O

Observable de fase Véase fase portadora reconstruida.

OD&TS Sigla en inglés de Determinación de la órbita y sincronización de la hora (*Orbit Determination and Timing Synchronization*).

Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM) Organización internacional de establecimiento de normas (*Bureau international des poids et mesures*, en francés), una de las tres establecidas para mantener el Sistema Internacional de Unidades (SI) con arreglo a lo dispuesto en la Convención del Metro. Para referirse a esta organización se suele utilizar su sigla en francés, BIPM.

Ondulación geoidal Distancia de la superficie del elipsoide de referencia al geoide, medida a lo largo de la normal al elipsoide.

Órbita geosíncrona Órbita en que un satélite gira en torno a la Tierra a la misma velocidad de rotación del planeta. Un satélite en órbita geosíncrona parece estacionario si se observa desde un punto ubicado en el ecuador o cercano a él.

OTB (LEO) Órbita terrestre baja (*Low Earth Orbit*).

P

PDOP Sigla en inglés de Dilución de la precisión de la posición (*Position Dilution of Precision*) (véase Dilución de la precisión (DOP)).

Plena capacidad operativa (FOC) Estado que depende del sistema, al que se llega cuando que este se halla en condiciones de prestar todos los servicios para los que se concibió.

PNT Sigla en inglés de Localización, navegación y cronometría (*Positioning, Navigation, and Timing*).

Polarización Orientación de las oscilaciones de una onda.

Portadora Onda radioeléctrica que tiene por lo menos una característica (por ejemplo, frecuencia, amplitud o fase) cuyo valor de referencia conocido puede modificarse mediante modulación.

Precisión (exactitud) Medida de la desviación entre la posición estimada de un satélite con su posición real. La precisión del sistema de radionavegación se presenta habitualmente como medición estadística del error del sistema, y puede corresponder a uno de las tres categorías siguientes:

- **Predecible:** Precisión de la posición determinada por el sistema de radionavegación con respecto a la representación cartográfica de esa posición. Ambas deben basarse en el mismo dátum geodésico.

- **Repetible:** Precisión con que el usuario puede volver a una posición cuyas coordenadas se hayan medido en una ocasión anterior mediante el mismo sistema de navegación.
- **Relativa:** Precisión con que el usuario puede medir la posición, en relación con la que obtiene otro usuario del mismo sistema de navegación en el mismo momento.

Propagación Desplazamiento de una onda electromagnética (radioeléctrica) por un medio (por ejemplo, la atmósfera o el espacio) a la velocidad de la luz. La velocidad y otras características de la onda se modifican según el medio por el que se desplace.

Propagación por trayectos múltiples Fenómeno de propagación en virtud del cual las señales llegan a la antena receptora por dos o más trayectos.

Protección contra suplantación (o piratería) de señal Cifrado o encriptación del código autorizado para impedir la manipulación indebida de las señales mediante la transmisión de señales falsas.

Proyección conforme (proyección ortomorfa) Proyección cartográfica que conserva los ángulos del elipsoide después de haberlos proyectado en el plano.

Proyección de Lambert Proyección cartográfica cónica conforme que proyecta un elipsoide sobre una superficie plana, utilizando un cono sobre la esfera como figura de referencia.

Proyección transversal de Mercator Proyección cartográfica cilíndrica conforme que puede visualizarse como un cilindro que envuelve la Tierra.

Proyección universal transversal de Mercator (UTM) Variante de la proyección transversal de Mercator.

Pseudodistancia Tiempo aparente de propagación de la señal entre el satélite y la antena del receptor que se expresa en escala de distancia al multiplicarlo por la velocidad de la luz. La pseudodistancia difiere de la distancia real por la influencia de los relojes del satélite y del usuario.

Pseudosatélite Estación de GNSS diferencial (DGNSS) basada en tierra que transmite correcciones del DGNSS en una señal cuya estructura es similar a aquella de la que envía un satélite de los GNSS real.

Punto ciego de la RAIM Aquel en que no se encuentran visibles por los menos cinco satélites de los GNSS.

R

Radioastronomía Rama de la astronomía que estudia los objetos celestes en sus frecuencias radioeléctricas.

Radiodeterminación Determinación de la posición, u obtención de información sobre ella, mediante las propiedades de propagación de las ondas radioeléctricas.

Radiolocalización Radiodeterminación con fines distintos de los de la radionavegación.

Radionavegación Determinación de la posición, u obtención de información relativa a ella, con fines de navegación, utilizando las propiedades de propagación de las ondas radioeléctricas.

Radioocultación Técnica de teleobservación utilizada para medir las propiedades físicas de la atmósfera de un planeta.

RAIM Sigla en inglés de Vigilancia autónoma de la integridad de los receptores (*Receiver Autonomous Integrity Monitoring*).

Reloj atómico Reloj cuyo sistema de cronometría se basa en la frecuencia de transición electrónica de un átomo como patrón de frecuencia para su elemento de cronometría. Los elementos que se utilizan habitualmente son el cesio o el rubidio.

Requisitos mínimos de navegación (prestaciones de navegación requeridas) (Required Navigation Performance) (RNP) Precisión de las prestaciones de navegación necesarias para operar en un espacio aéreo definido, ajustándose a los parámetros de funcionamiento de los sistemas de navegación utilizados en ese espacio aéreo.

Retardo de propagación troposférica Retardo temporal que afecta a las señales de satélite al cruzar los estratos troposféricos de la atmósfera neutral de la Tierra.

Retardo ionosférico El retardo que sufren las ondas que se propagan por la ionosfera (que es un medio no homogéneo y dispersivo). El retardo de fase y el retardo envolvente (o de grupo) son de la misma magnitud, pero de signo opuesto, y son proporcionales al contenido electrónico total (CET). *Véase también* CET.

Retícula Cuadrícula de un plano que representa las líneas de latitud y longitud de un elipsoide.

RFI Sigla en inglés de Interferencia de radiofrecuencia (*Radio frequency interference*).

RINEX Sigla en inglés de Formato de intercambio independiente del usuario (*Receiver Independent Exchange Format*). Se trata de un conjunto de definiciones y formatos normalizados para promover el libre intercambio de datos de los GNSS en formato ASCII estándar.

RTCM Sigla en inglés de Comisión Técnica de los Servicios de Radiocomunicaciones Marítimas (*Radio Technical Commission for Maritime Services*).

Ruta ortodrómica Término utilizado en navegación. La línea más corta que une dos puntos.

S

Salto de ciclo Discontinuidad observada en la medición de la fase de batido de la portadora, equivalente a un número entero o semientero de ciclos.

Segmento de control Equipo de los GNSS situado en tierra que utiliza el proveedor de servicios para rastrear las señales de los satélites, determinar su órbita y transmitir órdenes y definiciones de órbitas a esos satélites.

Segmento del usuario Parte del sistema de los GNSS correspondiente a los receptores de las señales.

Segmento espacial (tramo espacial) La parte del sistema de los GNSS que se encuentra en el espacio; es decir, los satélites.

Seguimiento o rastreo asistido mediante portadora Técnica de tratamiento de señal en que se utiliza la señal portadora de los GNSS para lograr un enganche exacto con el código pseudoaleatorio generado por el satélite.

Servicio abierto Servicio de transmisión de una o más señales en régimen abierto y sin cargas directas para los usuarios.

Servicio autorizado Servicio concebido expresamente para satisfacer las necesidades de usuarios autorizados en el desempeño de funciones gubernamentales.

Servicio de localización normalizado (SPS) Servicio del GPS que alcanza un grado de precisión en la determinación puntual de la posición basado en el código C/A de frecuencia única. Además, el SPS permite obtener la máxima exactitud a los usuarios que utilizan receptores de frecuencia doble con codificación parcial y varios sistemas de corrección diferencial.

Servicio Internacional de Sistemas de Referencia y Estudio de la Rotación de la Tierra (IERS) Órgano responsable de mantener los patrones horarios y el marco de referencia a nivel mundial, en particular por conducto de sus grupos encargados del parámetro de orientación de la Tierra (EOP), el Sistema Internacional de Referencia Celeste (ICRS) y el Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS). Hasta el 2 de abril de 2002, año en que cambió oficialmente de nombre, la organización se llamaba Servicio Internacional de Rotación de la Tierra. La organización optó por conservar la sigla en inglés IERS.

Servicio internacional de sistemas mundiales de navegación por satélite, anteriormente Servicio de GPS Internacional (IGS) Federación de voluntarios integrada por más de 200 organismos de todo el mundo, que suman sus recursos y los datos de sus estaciones permanentes del GPS y del GLONASS para generar productos de precisión de ambos servicios.

Servicio Internacional de Telemetría por Láser (ILRS) Red mundial de estaciones de observación que miden la duración del viaje en ambos sentidos de impulsos luminosos ultracortos transmitidos hacia satélites dotados de retrorreflectores.

Servicio internacional de VLBI Iniciativa internacional de colaboración entre organizaciones que utilizan o apoyan componentes de interferometría de muy larga línea de base (VLBI). Véase también VLBI.

Servicio preciso de localización (PPS) El nivel más elevado de precisión de la localización puntual que alcanza el GPS, basado en señales de doble frecuencia.

Servicios para la seguridad de la vida humana Los que utilizan usuarios para quienes la seguridad es de importancia decisiva, por ejemplo, en los sectores marítimo, aeronáutico y ferroviario, cuyas aplicaciones u operaciones deben regirse por criterios estrictos de fiabilidad de las prestaciones.

Sesión de observación Período durante el cual dos o más receptores registran simultáneamente datos de los GNSS.

SIG Véase Sistema de Información Geográfica.

Sistema de aumentación de área amplia (WAAS) Sistema de navegación aérea creado por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos de América para aumentar el GPS.

Sistema de aumentación de área local (LAAS) Sistema utilizado para el aterrizaje de aeronaves en todas las condiciones meteorológicas. Se basa en correcciones diferenciales en tiempo real de la señal del GPS. Los receptores de referencia locales envían datos a un punto central del aeropuerto. Esos datos se utilizan para formular un mensaje de corrección, que se transmite luego a los usuarios a través de un enlace de datos de muy alta frecuencia (VHF). Un receptor instalado en la aeronave utiliza esa información para corregir las señales del GPS. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) llama a este tipo de sistema “Sistema de aumentación basado en tierra” (*Ground-based Augmentation System*) (GBAS).

Sistema de aumentación basado en tierra (GBAS) Estaciones localizadas con que se apoyan, en la navegación de zona (RNAV), las operaciones de aproximación de precisión y en la zona del terminal.

Sistema de Información Geográfica (SIG) Sistema que capta, guarda, analiza, gestiona y presenta datos referentes a una ubicación geográfica o que guardan relación con ella.

Sistema de navegación aumentado geoestacionario con GPS (GAGAN) Sistema de aumentación basado en satélite (SBAS) que proyecta establecer la India. Su objetivo es aumentar la precisión de los receptores de GNSS generando señales de referencia. Al convertirse en sistema operacional, se prevé que su segmento espacial consistirá en dos satélites geoestacionarios, ubicados a 82° E y 55° E, respectivamente, que llevarán sendos transpondedores por guíaondas acodado. Se agregará un satélite de reserva en órbita (ubicado a 83° E).

Sistema de navegación por satélite COMPASS/BeiDou El sistema mundial de navegación de China. Consta de cinco satélites geoestacionarios y 30 no geoestacionarios. Los satélites geoestacionarios están situados en 58,75° E, 80° E, 110,5° E, 140° E y 160° E.

Sistema de satélites cuasi cenitales (Quasi-Zenith Satellite System) (QZSS) Sistema regional de localización, navegación y cronometría basado en el espacio, promovido por el

Gobierno del Japón. Abarca la región de Asia oriental y Oceanía, y transmite cuatro señales de GPS interoperables y dos de aumento, a fin de mejorar la disponibilidad y el rendimiento actuales del GPS.

Sistema de uso dual Sistema utilizado para fines civiles y de defensa.

Sistema Doppler de orbitografía y radiolocalización integradas por satélite (DORIS) Sistema francés que utiliza mediciones Doppler de radiotransmisiones desde balizas en tierra para determinar las órbitas de satélites dotados de receptores especiales y las posiciones de las estaciones transmisoras.

Sistema Europeo de Complemento Geoestacionario de Navegación (EGNOS) El EGNOS suministra una señal de aumento al servicio normalizado de localización del GPS. Esa señal se transmite en la misma banda de frecuencia y con idéntica modulación que la señal civil L1 de código C/A (1575,42 MHz) del GPS. Mientras que el GPS utiliza señales de determinación de la posición y cronometría generadas desde vehículos espaciales que orbitan la Tierra, prestando con ello un servicio mundial, el EGNOS suministra información a efectos de corrección e integridad cuyo objeto es mejorar los servicios de navegación para la determinación de la posición en Europa.

Sistema Europeo de Navegación por Satélite (Galileo) Iniciativa puesta en marcha por la Comisión Europea y la Agencia Espacial Europea. Se trata de un sistema mundial de navegación por satélite de propiedad de la Unión Europea, que presta servicios mundiales de determinación muy precisa y garantizada de la posición, bajo control civil. La constelación nominal de Galileo comprende un total de 27 satélites, distribuidos por igual en tres planos orbitales inclinados 56° respecto del ecuador. Hay nueve satélites activos por plano orbital, que ocupan posiciones orbitales de distribución. Tres satélites de reserva (uno por plano orbital) complementan la constelación nominal. Los satélites de Galileo están situados en órbitas terrestres circulares con un semieje mayor nominal de unos 30.000 km y un período de revolución aproximado de 14 horas.

Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS 84) Sistema de referencia terrestre y dátum geodésico centrado y fijo en la Tierra. El WGS 84 se basa en una serie de constantes y parámetros modelo que describen el tamaño, la forma, la gravedad y los campos geomagnéticos de la Tierra. Por definición el WGS 84 es el sistema de referencia mundial que utiliza el Departamento de Defensa de los Estados Unidos como fuente de información geoespacial, y también se utiliza como sistema de referencia en el GPS. Es compatible con el Sistema internacional de referencia terrestre (ITRS, por su sigla en inglés).

Sistema Internacional de Referencia Celeste (*International Celestial Reference System*) (ICRS) Sistema normalizado de referencia celeste en vigor que ha adoptado la Unión Astronómica Internacional (UAI). Tiene su origen en el baricentro del sistema solar, y se da por entendido que sus ejes están “fijos” con respecto al espacio.

Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS) Sistema que describe procedimientos para crear marcos de referencia adecuados que puedan utilizarse en mediciones en la superficie de la Tierra o cerca de ella.

Sistema Mundial de Determinación de la Posición (sistema mundial de localización) (GPS) Sistema mundial de navegación por satélite establecido por los Estados Unidos de América. La constelación básica del GPS consta de 24 posiciones, distribuidas uniformemente en seis planos orbitales. Tres de esas posiciones son extensibles y pueden ser ocupadas por un máximo de dos satélites. Los satélites que no se encuentran en una posición definida de la constelación del GPS ocupan otros sectores de los seis planos orbitales. Los parámetros orbitales y los segmentos asignados de referencia de la constelación a contar de la época definida se establecen en la cuarta edición de las especificaciones de funcionamiento del servicio uniforme de localización (*Standard Positioning Service Performance Specification*) del GPS, de septiembre de 2008. En esa fecha, la constelación del GPS tenía 30 satélites activos que transmitían señales de navegación limpias, 11 en el Bloque IIA, 12 en el Bloque IIR y 7 en el Bloque IIR-M.

Sistema Mundial de Satélites de Navegación (GLONASS) Sistema mundial de satélites de navegación administrado por la Federación de Rusia. La constelación básica nominal de GLONASS consta de 24 satélites Glonass-M, distribuidos de manera uniforme en tres planos orbitales aproximadamente circulares, con una inclinación de $64,8^\circ$ respecto del ecuador. La altitud de la órbita es de 19.100 km. El período orbital de cada satélite es de 11 horas, 15 minutos y 45 segundos. Los planos orbitales están separados por una ascensión recta del nodo ascendente de 120° . En cada plano hay ocho satélites equidistantes, con una elongación nodal de 45° . Además, la elongación nodal de cada plano orbital tiene un desplazamiento de 15° respecto de los demás.

Sistemas de aumentación basados en satélites (SBAS) Sistemas como EGNOS, GAGAN y WAAS, que complementan los GNSS existentes.

Sistemas de satélites Transit, antecesor del GPS Sistema de satélites de navegación que funcionó de 1967 a 1996.

Sistemas de uso común Sistemas utilizados por receptores tanto civiles como militares.

SLR Véase Telemetría de láser por satélite.

Sonda de gravedad B Experimento mediante giroscopios sobre la teoría de la relatividad, realizado por la NASA y la Universidad de Stanford para poner a prueba dos predicciones extraordinarias y sin verificar de la teoría general de la relatividad de Albert Einstein.

SPS Véase Servicio de localización normalizado (del GPS).

Superficie equipotencial Superficie definida matemáticamente en que el potencial gravitacional es el mismo en cualquier punto.

T

Telemetría (*Ranging*) Técnica utilizada para determinar una línea de posición calculando la distancia entre un receptor y un punto de referencia conocido.

Telemetría Tecnología que permite la medición a distancia y la comunicación de información de interés al creador u operador del sistema.

Telemetría de la Luna por láser Medición de la distancia de ida y vuelta recorrida por impulsos luminosos entre estaciones ubicadas en Tierra y cuatro retrorreflectores instalados en la superficie de la Luna. En abril de 2010 se localizó el retrorreflector Lunokod 1; en la actualidad se utilizan cinco de esos aparatos.

Telemetría de láser por satélite (SLR) Medición de la distancia a un satélite mediante impulsos de láser.

Teleorden Orden que se envía para controlar un sistema o sistemas remotos que no están directamente conectados (por ejemplo, mediante cables) con el lugar desde el que se envía esa orden.

Tiempo de adquisición El tiempo que requiere un receptor de satélite para obtener señales de satélite y determinar la posición inicial.

Tiempo sidéreo Tiempo definido como el ángulo horario del equinoccio vernal. Al utilizar como referencia el equinoccio medio se obtiene el tiempo sidéreo real o aparente.

Tomografía Obtención de imágenes por secciones.

Topografía Ciencia de la representación gráfica de la forma y los detalles de la superficie de una región determinada.

Transformación Conversión de coordenadas para pasarlas de un sistema a otro.

Translocalización Método consistente en utilizar datos simultáneos de distintas estaciones para determinar la posición relativa de una estación con respecto a otra. *Véase también* Localización diferencial.

Tratamiento (procesamiento) a posteriori Cálculo de la posición en tiempo real utilizando datos reunidos anteriormente por los receptores de GNSS.

TTC (TT & C) Sigla en inglés de Telemetría, seguimiento y control (*Telemetry, Tracking, and Control*).

TWTA Sigla en inglés de Amplificador de tubos de ondas progresivas (*Travelling-wave tube amplifier*).

TWSTFT Sigla en inglés de Transferencia de señales horarias y frecuencias por satélite en ambos sentidos (*Two-way satellite time and frequency transfer*).

U

$UERE = \sqrt{UEE^2 + URE^2}$, donde UEE es error del equipo del usuario y URE es error de distancia al usuario.

UIGG *Véase* Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.

Ultra alta frecuencia (ondas decimétricas) (UHF) Gama de frecuencias entre 300 MHz y 3 GHz (3000 MHz).

Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (UIGG) Organización internacional dedicada a promover y comunicar los conocimientos sobre el sistema de la Tierra, su entorno espacial y los procesos dinámicos que ocasionan cambios.

USAF Sigla en inglés de Fuerza Aérea de los Estados Unidos (*United States Air Force*).

USCG Sigla en inglés de Guardia Costera de los Estados Unidos (*United States Coast Guard*).

USNO Sigla en inglés de Observatorio Naval de los Estados Unidos (*United States Naval Observatory*).

UTC (NIST) Sigla en inglés de Hora universal coordinada del Instituto Nacional de Normalización y Cronometría. La UTC (NIST) es una escala cronométrica local basada en la HUC y obtenida mediante un conjunto de osciladores atómicos ubicados en Boulder, Colorado (Estados Unidos).

UTC (USNO) Sigla en inglés de Hora universal coordinada del Observatorio Naval de los Estados Unidos. La UTC (USNO) es una escala cronométrica local basada en la HUC y obtenida mediante un conjunto de osciladores atómicos ubicados en el Observatorio Naval de los Estados Unidos.

UTM Véase Proyección universal transversal de Mercator.

UWB Véase Banda ultra ancha.

V

Vacío(s) por DOP (*DOP hole(s)*) Configuraciones (posiciones en el cielo) de vehículos espaciales que resultan en valores elevados de GDOP y por consiguiente conducen a grandes errores en la determinación de la posición.

VDOP Sigla en inglés de Dilución de la precisión vertical. Véase también DOP.

Velocidad de chip (velocidad de datos codificados; frecuencia de segmentos) Número de chips (datos codificados, segmentos) por segundo (por ejemplo, en el código C/A, $1,023 \cdot 10^6$ ciclos por segundo).

Vigilancia Observación de una zona o espacio para determinar la posición y el movimiento de embarcaciones, aeronaves u otro tipo de vehículos en esa zona o espacio.

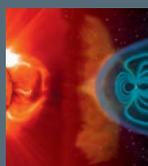
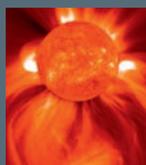
Volumen de servicio espacial En el GPS de los Estados Unidos, el espacio esférico que se extiende desde la superficie exterior del volumen de servicio terrestre hasta una altitud de 36.000 km sobre el nivel medio del mar (aproximadamente, la altitud de la órbita geosíncrona) se conoce como “volumen de servicio espacial” (SSV-GPS).

Volumen de servicio terrestre En el caso del GPS de los Estados Unidos, región cercana a la Tierra que se extiende desde su superficie hasta una altitud de 3.000 km sobre el nivel medio del mar. Se representa con la sigla en inglés TSV-GPS.

Z

Zona de confluencia costera Zona comprendida entre la entrada de un puerto y la línea ubicada a 50 millas marinas o el borde de la plataforma continental isóbata de 100 brazas, si esta distancia es mayor.

■ La Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas se ocupa de promover la cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos y de prestar asistencia a los países en desarrollo para utilizar la ciencia y la tecnología espaciales.



International Committee on
Global Navigation Satellite Systems

Publicación de las Naciones Unidas
Impreso en Austria

ST/SPACE/59



V.12-56556—Febrero de 2013—250

