



**Cuestión 3 del
Orden del Día:**

**Planificación de la Transición del AIS al AIM
3.4 Guías para la implantación de un sistema GIS orientado a la
Información Aeronáutica y Cartas Aeronáuticas**

GUÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA GIS

(Presentada por la Secretaria)

RESUMEN	
Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas (búsquedas creadas por el usuario), analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones. En un sentido estricto, es un sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información/datos geográficamente referenciada. Esta tecnología representa un soporte muy importante al AIM.	
Referencias:	
• Informe de la Reunión GREPECAS/15 - Río de Janeiro, Brasil, 13 – 17 octubre 2008.	
Objetivos Estratégicos de la OACI	<i>Esta nota de estudio se relaciona con los Objetivos Estratégicos A y D.</i>

1. Introducción

1.1 La OACI a través de las Reuniones del Grupo Regional de Planificación e implementación de las Regiones Caribe y Sudamérica (GREPECAS) y más específicamente en las reuniones del Subgrupo de la Gestión de Información Aeronáutica AIM (AIM/SG), se ha expresado la necesidad de implementar Sistemas de Información Geográficos, como una herramienta de soporte a las unidades AIM. Concluyendo que se deben tomar acciones encaminadas a obtener dicho servicio prontamente como un punto de partida hacia la transición del formato tradicional al manejo digital de la información aeronáutica.

1.2 Como resultado de lo anterior, el AIS GIS se ha desarrollado para asegurar el objetivo de implementar un GIS que contenga la información AIP, imágenes digitales, modelos de elevación del terreno (DTM), datos censales, etc. Para tener un GIS completo, que permita realizar análisis de la

información/datos de propósitos aeronáuticos, con la garantía que proporciona el aseguramiento de la calidad de la información /datos respecto a la precisión, validez, exactitud y el proceso mismo de validación de los datos que exigen la Normas aplicables de la OACI.

2. Desarrollo

2.1 La Reunión AIM/SG/11 comentó que la OACI debería seguir promoviendo la implantación de sistemas automatizados en los Servicios AIM de las Regiones CAR/SAM, con el objetivo de permitir la elaboración electrónica, tanto para el procesamiento de la información AIP como de las cartas aeronáuticas, y en su conjunto el IAIP, basado en una plataforma o modelo común de intercambio de datos aeronáuticos electrónicos (AICM/AIXM). Para tal propósito, la Reunión debiera tomar en cuenta la necesidad de uso por los Estados de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) en los Servicios AIM, el cual contribuirá a alcanzar los objetivos de procesamiento digital de la información aeronáutica. Por lo que, recordando que durante la Reunión GREPECAS/14 se adoptó la **“CONCLUSIÓN 14/39 Acciones para el uso de sistemas de información geográfica (GIS) en los servicios AIM de las Regiones CAR/SAM”**, y es precisamente en soporte a estas acciones a las que refiere dicha conclusión, que la Secretaria con el valioso aporte de un apreciado colaborador, ha preparado las “Guías Generales para la Implementación de un sistema GIS en la AIM” que se adjuntan como **Apéndice** a esta Nota de Estudio.

3. Acción sugerida

3.1 Se invita a la Reunión a:

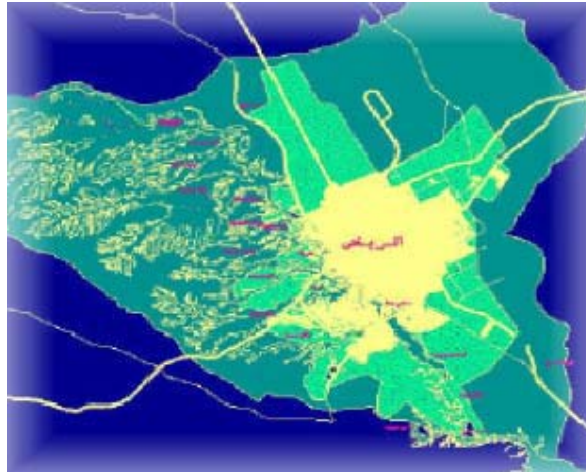
- a) Tomar nota del contenido de esta nota de estudio.
- b) Someter a la consideración de la Reunión la aprobación del siguiente proyecto de conclusión:

PROYECTO DE CONCLUSION 12/XX:

Que el GREPECAS apruebe la aplicación de las **Guías Generales para la Implementación de un sistema GIS en la AIM** como un elemento de importancia crucial para el soporte de los SARPS OACI, hacia el logro de la transición del AIS a la AIM, de los Estados, Territorios y Organizaciones Internacionales de las Regiones CAR/SAM.



- 1 -



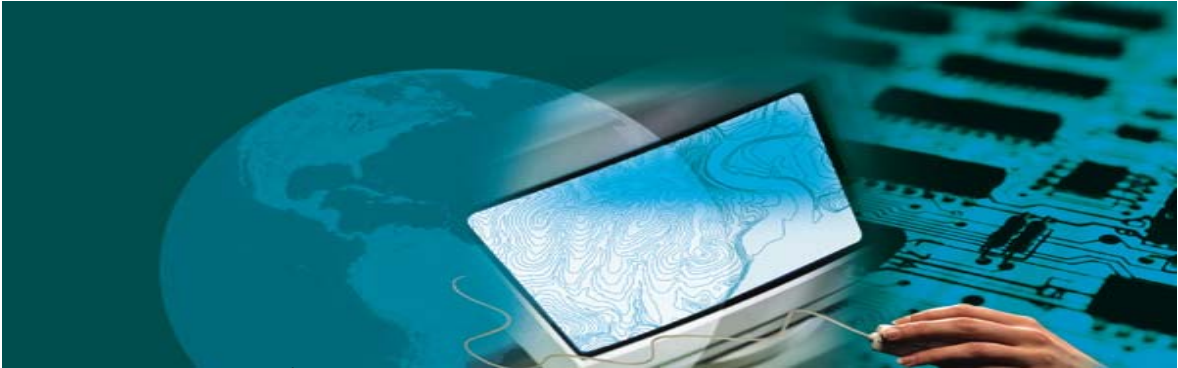
MANUAL GUÍA DE IMPLANTACIÓN GIS EN LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN AERONÁUTICA (AIM)



Objetivo: La presente guía se orienta a la implantación de un Sistema de Información Geográfica (GIS), como un soporte a la Gestión de Información Aeronáutica (AIM), en la que se detallan una serie de pasos básicos para dicha implantación y que permita disponer de una poderosa herramienta tecnológica en soporte a la AIM.



	ÍNDICE	Página
1. INTRODUCCIÓN		3
2. PROPOSITO DE LA IMPLANTACIÓN		4
3. IMPLANTACIÓN		5
3.1 Plan del Sistema de Información		5
3.2 Selección de la plataforma		6
Concepto de temporalidad		6
Gestión de las geometrías		7
Adaptación específica AIS		7
Producción cartográfica		7
Producción de textos		7
Costos		8
Características del hardware		8
Interoperabilidad		9
3.3 Sistemas		9
Servidores de datos		9
Servidor GIS		10
Sistemas clientes GIS		10
Comunicaciones		10
3.4 Carga de datos		10
Datos Topográficos		10
Datos Aeronáuticos		11
3.5 Configuración GIS		11
3.6 Configuración del subsistema de producción cartográfica		11
3.7 Formación a los usuarios		12
4. PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA CON GIS		12
4.1 Automatización		13
4.2 Tecnologías		15



1. INTRODUCCIÓN

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) establece en su Anexo 15 “Servicios de Información Aeronáutica”, que la finalidad del servicio de información aeronáutica es asegurar que se distribuya la información necesaria para la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea internacional.

En la actualidad toda esa información se publica y distribuye desde los servicios de información aeronáutica de forma global como Paquete de Documentación Integrada de Información Aeronáutica (IAIP), compuesto principalmente por:

- AIP: Publicación de Información Aeronáutica.
- Suplementos y enmiendas al AIP.
- Circulares de Información Aeronáutica (AIC).
- NOTAM.

El AIP, los suplementos, enmiendas y circulares se publican y distribuyen en formato papel, mientras que los NOTAM se publican y distribuyen a través de la Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas (AFTN) a través de mensajes de texto que siguen formatos y protocolos específicos para ese tipo de información aeronáutica.

Los actuales métodos de publicación y distribución de la información se basan en las tecnologías disponibles desde hace ya más de 50 años. Las tecnologías digitales de la información y las comunicaciones electrónicas existentes permiten la transformación en los procedimientos de producción, publicación y distribución de los servicios de información aeronáutica, en la transición desde el concepto AIS al AIM.

El fundamento de esta transformación son los Sistemas de Información Geográfica (GIS) aplicados a la información aeronáutica, la publicación de cartas aeronáuticas, la integración de información topográfica o Modelo Digital del Terreno (DTM), etc.

En el presente documento de guía se describe la secuencia de acciones y elementos a tener en cuenta para la implantación de un GIS en un servicio de información aeronáutica.



2. PROPÓSITO DE LA IMPLANTACIÓN

La implantación de un GIS en un AIS debe hacerse de forma que cubra dos objetivos principales:

- Mejorar los procesos de producción.
- Mejorar y controlar la calidad de los productos y servicios
- Permitir nuevos canales digitales de publicación y distribución electrónica de la información.
- Reducir significativamente el Factor Humano en los procesos de producción.

Un aspecto clave a considerar en la implantación de un GIS, es el requerimiento de los AIS de seguir prestando el servicio tradicional de publicación del IAIP y dar paso a las tecnologías digitales de la transición a la AIM de la OACI. Por tanto, para implantar un GIS se debe tener en cuenta que éste debe soportar los nuevos procesos de producción electrónica de textos y cartografía necesarios.

Para asegurar la producción a las demandas de los usuarios, el sistema GIS debe ser la plataforma tecnológica sobre la que se desarrollen dichos procesos de producción, sin tener que realizar exportaciones o interfaces con otros sistemas externos para desarrollar las tareas propias del GIS. Se requiere de una base de datos relacional espacial como elemento central del sistema de información geográfica, a la que se asocian diferentes sistemas para realizar las tareas de mantenimiento de datos, producción de dibujo CAD y publicación electrónica incluyendo la WEB. El sistema de mantenimiento de datos es uno de los elementos principales, el mantenimiento de una base de datos con información espacial georeferenciada y actualizada es uno de los requisitos principales para que el sistema de información geográfica cumpla con las exigencias dentro de la organización.

Los GIS se destacan por dar soporte al concepto de interoperabilidad, esto es, la integración de información con componente espacial georeferenciada desde diversas fuentes digitales de datos que facilita su incorporación a la base de datos AIS de diversa información proveniente de diversas fuentes validadas y oficiales: institutos geográficos, aeropuertos, etc.

El sistema de publicación digital (incluyendo los servicios por la Internet) posibilita la transición desde los convencionales servicios proporcionados por los AIS al concepto AIM. Empleando las nuevas tecnologías digitales y estándares en la distribución electrónica de la información, es necesario implementar el formato del modelo de intercambio de información aeronáutica (AIXM) y a la disposición de una base de datos espacial georeferenciada, se abre el camino a una transición desde el "IAIP" a los servicios electrónicos de información integrada aeronáutica.

La base de datos espacial georeferenciada es el elemento principal del sistema, un almacén centralizado de información aeronáutica con rasgos geográficos asociados que permiten su explotación a través de las tecnologías GIS. Existen dos conceptos importantes que deben tomarse en cuenta para definir la base de datos:

- **La temporalidad:** o como las diferentes entidades van sufriendo cambios a lo largo del tiempo.



- **Componente Geoespacial:** las diferentes entidades describen su componente Geoespacial a través de la representación de su geometría.

Estos conceptos y cómo un sistema GIS funciona, es fundamental para la implantación de una solución específica de la Gestión de Información Aeronáutica. Los sistemas de producción, se han mantenido separados para marcar una clara diferencia existente entre ambos en la forma en la que tratan la información. El sistema de producción cartográfica usa tecnología GIS para explotar de forma completa la base de datos relacional Geoespacial, tanto la información gráfica como la alfanumérica es tratada e integrada en los diferentes productos cartográficos.

Por su parte, el sistema de producción de textos, sólo trata la información alfanumérica, permitiendo la generación de informes, tablas, etc.

3. IMPLANTACIÓN

El proceso de implantación de un GIS en la gestión de información aeronáutica es complejo, primero por la especificidad y a la vez diversidad de la información con que se trabaja, y segundo por las propias necesidades funcionales que el conjunto de los usuarios esperan. Por tanto debe ser un proceso en el que se incorpore a toda la organización. Dentro del proceso se definen 4 fases principales:

1. Selección de la plataforma
2. Carga de datos
3. Formación a los usuarios
4. Evolución funcional

Durante los siguientes Ítems se revisan las diferentes fases en el proceso de implantación.

3.1 Plan de sistema de información

La fase inicial en la implantación de todo sistema de información, es la realización de un *plan de sistema de información*. La realización de un plan de sistemas de información debiera garantizar la implantación satisfactoria de un sistema de información geográfica, ya que es un elemento clave que definirá el objetivo perseguido, el método para conseguirlo, y los recursos necesarios para hacerlo exitosamente.

Un plan de sistemas es un desarrollo detallado y particularizado de implantación GIS a un entorno y organización concretos. Y debe incluir los siguientes puntos:

- *Funcionalidad* que se espera del sistema y casos de uso de éste. Necesidades que se van a cubrir. Información que se usará fundamentalmente en el proceso de selección de la plataforma y en las fases de configuración del sistema.
- *Entorno tecnológico* en el que se va a implantar, que influirá fundamentalmente en las necesidades hardware, software y requisitos específicos que puedan requerirse del GIS.
- *Datos* a ser integrados en las bases de datos GIS, lo que influirá decisivamente en las necesidades de almacenamiento y trabajos de integración de información debidamente validada de origen por un sistema de gestión de la calidad.



- 6 -

- *Previsión de formación*, identificación de la base de usuarios del sistema y planificación de una formación adecuada del personal a cargo.
- *Planificación de la implantación*, con fases, fechas, responsables, especificación de entregables, recursos humanos y materiales dedicados en cada fase.

3.2 Selección de la plataforma

Una vez tomada la decisión de implantar un GIS, la siguiente decisión fundamental es qué tecnología se va a implantar, para lo cual deben valorarse diversas opciones:

- Desarrollo a Medida.
- Tecnología GIS específica AIS.
- Tecnología GIS genérica y adaptación funcional propia.

Para implantar un sistema GIS habrá que considerar realizar un desarrollo completo de GIS analizando los costos y los riesgos, y definir la estrategia que más convenga a la organización.

Existe también la posibilidad de buscar un distribuidor específico, vaya evolucionando su plataforma y se puedan incorporar esos desarrollos a la implantación de la organización, o por el contrario optar por una plataforma general sobre la que diversas empresas puedan realizar implementaciones de tecnologías e ir implantando estas o desarrollando algunas propias según las necesidades:

Concepto de temporalidad

Por soporte de la temporalidad en información aeronáutica se entiende la habilidad del sistema de permitir el trabajo típico de un servicio de información aeronáutica basado en enmiendas. Esto implica que el sistema debe ser capaz de:

- Permitir el acceso a datos que representen el estado actual del sistema de navegación aérea. Información publicada y en vigor.
- Permitir el acceso a datos que representen el estado futuro del sistema, en un conjunto de fechas predeterminadas. Información publicada y no en vigor.
- Permitir el acceso a datos que representen el estado pasado del sistema, en un conjunto de fechas predeterminadas. Información publicada y obsoleta.
- El sistema debe permitir la edición de información de forma que esta no sea accesible a los usuarios finales hasta la aprobación de estas ediciones.
- Se debe permitir la edición simultánea de la información y mecanismos que permitan compartir estas ediciones, incluso antes de hacer pública la información.
- Una vez la información es aprobada, esta debe poder ser publicada como no en vigor (ver punto 2 de esta lista).
- El sistema debe soportar la posibilidad de publicar diferentes conjuntos de datos de forma simultánea.
- Una vez la información es aprobada, el sistema debe permitir retrasar y/o suprimir su publicación, pero de forma que se pueda seguir trabajando en la edición de futuros conjuntos de datos.



Este soporte de temporalidad debe estar integrado al núcleo del sistema, de forma que se tenga en cuenta en todo el resto de flujos de producción cartográfica.

Gestión de las geometrías

Tradicionalmente la geometría de las diferentes elementos aeronáuticos se han descrito de una forma básica de información aeronáutica, por ejemplo: los tramos de aerovías basadas en los nombres de los puntos de Origen y Destino de cada segmento que conforma la Ruta. Sin embargo para facilitar la descripción de las geometrías a una representación Geoespacial GIS que pueda almacenarse en la base de datos relacional, se dispone de herramientas que permiten *traducir* imágenes del Terreno desde formatos Raster a Vectoriales, proporcionando referencias georeferenciadas para la cartografía aeronáutica y otros productos requeridos por los usuarios.

Adaptación específica AIS

Los GIS se adaptan fácilmente a las necesidades propias de AIS, esto ahora es más eficiente con la implementación del modelo de intercambio de datos aeronáuticos (AIXM), con una amplia disponibilidad estructuras de información (Anexo 15 y Doc. 8126) y de simbología basadas en las Normas (Anexo 4 y Doc. 8697) de OACI, preparada para la producción de información/datos y cartas aeronáuticas tipo OACI, etc.

Producción cartográfica

Muy importante en la selección de la plataforma de hardware y software es que ésta disponga de herramientas de dibujo asistido por computadora (CAD) que permitan la producción cartográfica sobre el propio GIS, con programas que permitan la georeferenciación de elementos gráficos e imágenes, con una relación directa entre los mismos gráficos y los elementos tabulares de las bases de datos. Esto quiere decir que aunque existan varios tipos de cartas, y una entidad grafica tenga una representación diferente en cada una de ellas, si las entidades del GIS se ven modificadas en algún atributo, esta modificación se ve reflejada en los productos cartográficos derivados de ese GIS en particular.

Dada la importancia la producción cartográfica basada en GIS en el proceso de implantación de esta tecnología en la gestión de información aeronáutica, mas adelante en este documento se le dedica una sección.

Producción de textos

Otra Función del propio sistema GIS, u otros productos existentes en el mercado, es que se conecten a la base de datos relacional espacial del sistema de información geográfica y permitan la producción de informes, reportes, tablas, etc., de forma que pueda automatizarse total o parcialmente la producción del IAIP (eAIP, AIC, AMD, manuales VFR, etc.), siempre que haya necesidades técnicas particulares no cubiertas por el sistema, la existencia de mecanismos de extensión por medio de desarrollo o programación (Visual Basic, Visual C, etc.), de scripts que permitan la extensión funcional de la automatización de los productos derivados del GIS es un aspecto que debería observarse en el proceso de adquisición del sistema.



- 8 -

Es mejor la opción de interface directa a la misma base de datos del GIS exportando a una base de datos intermedia para la producción de textos. Si la estructura de base de datos GIS se basa en el AIXM, esto debería ser posible.

Costos

Es fundamental para la implantación de un GIS considerar los costos, que suponen de principio una limitación a tener en cuenta por las Administraciones. Por lo tanto es necesario hacer un estudio detallado de costos, que permita tener acotada e identificada la inversión necesaria y los retornos que el uso de esta tecnología tendrá en la organización; a través de mejoras en la productividad y la comercialización de nuevos productos. Los aspectos de gastos más importantes en la implantación de un GIS a considerar son:

- compra y mantenimiento de licencias de software;
- compra y/o actualización de hardware;
- adquisición y mantenimiento de datos; y
- programa de capacitación permanente al personal involucrado.

Características de hardware

Los sistemas de la tecnología GIS permiten:

- trabajar con una gran cantidad de datos georeferenciados
- realizar operaciones y cálculos sobre ellos
- aplicar simbologías y gráficos complejos
- manipular imágenes satelitales.

Los requisitos hardware dependen fundamentalmente de la plataforma básica GIS a implantar, por lo que habría que considerar el volumen de datos de trabajo esperados en relación de las unidades de almacenamiento masivo y su respectivo respaldo, la capacidad gráfica con los plotters, velocidad de procesos para imágenes con los aceleradores gráficos y el tipo de procesadores de las estaciones de trabajo, tipo de red y de la capacidad de comunicaciones requerida del sistema. Por tanto los recursos hardware necesarios para soportar los requerimientos del usuario experimentado debieran evaluarse y tenerse en cuenta para el rubro de los costos de implantación.

En las diferentes plataformas GIS disponibles existe una gran diversidad en cuanto a la interface de usuario, sin embargo, en común cada plataforma está orientada hacia el análisis de información, edición, visualización, etc. Por tanto para seleccionar la plataforma GIS adecuada se debe hacer un análisis de la funcionalidad requerida de este. En los servicios de información aeronáutica en principio es la producción del IAIP y los usos típicos a considerar serían:

- edición de la información
- producción cartográfica
- validación de información/datos
- auditoría de la información
- desarrollo y producción de diversos productos de información aeronáutica impresos y digitales según los requerimientos de los usuarios.



Interoperabilidad

Los servicios de información aeronáutica reciben información de muy diversas fuentes que deben cotejar/ensamblar y que se debiera exigir a los originadores de los datos su envío en formatos de calidad muy estrictos para poder ser procesados por las áreas de información aeronáutica, así como tener acceso y disponer de fuentes extensas de datos relacionales. Esto representa un aspecto fundamental, que debiera ser bien soportado por los sistemas de información geográfica, e integrar información tabular, texto, grafica y datos en diversos formatos, proyecciones cartográficas, etc. de forma que una vez validados puedan incorporarse a las bases de datos relacionales de información aeronáutica.

3.3 Sistemas

De acuerdo con la plataforma GIS a implantar, es importante realizar la adquisición de los elementos software y hardware que lo soportarán. Para ello se deben tener en cuenta los requisitos de los sistemas operativos dentro de la organización, disponibilidad de la infraestructura de redes de comunicaciones adecuadas, personal técnico de soporte, en general todo un entorno tecnológico en el que se va a realizar la implantación del GIS. Un sistema GIS adecuado a las necesidades de un servicio de información aeronáutica debería considerar tres elementos principales:

1. base de datos corporativa
2. servidor GIS
3. sistemas clientes GIS

Por tanto dentro del despliegue del sistema GIS se deben atender estos otros tres elementos:

- **Servidores de datos**
 - Se entiende por servidor de datos el conjunto de software y hardware que actúa como gestor de bases de datos GIS. Dado el carácter de servicio de información aeronáutica, la base de clientes potenciales y el uso, tanto interno como externo, de la información AIS, se debe seleccionar un sistema gestor de base de datos adecuado y dotarle de los recursos hardware necesarios para un funcionamiento fluido.
 - A priori es difícil identificar un sistema gestor de bases de datos concreto, así como especificar lo requisitos hardware, esta debe ser una labor que se realice una vez se haya identificado la plataforma GIS concreta a desplegar y el volumen de datos a manejar. Un punto mínimo de partida es un sistema gestor de bases de datos corporativo con soporte de almacenamiento de información espacial.
 - Una posibilidad a tener muy en cuenta es la opción de disponer de dos servidores de datos, uno de ellos estaría destinado a almacenar los datos reales de producción, y el otro se dedicaría a la realización de pruebas sobre el sistema, instalación previa de nuevas versiones, etc. de forma que se garantiza una estabilidad máxima del sistema de producción.



- **Servidor GIS**

- Por servidor GIS se entiende el conjunto de hardware y software que permite centralizar determinada funcionalidad GIS, de forma que los usuarios finales de esta funcionalidad no requieran instalaciones específicas de software GIS. Un ejemplo típico son los servicios GIS a través de Internet, que permiten a los usuarios acceder a visualización de datos y análisis sin necesidad de disponer de un cliente GIS instalado.
- Se debe valorar si funcionalmente la disponibilidad de un servidor GIS será necesaria, y tenerlo en cuenta en el despliegue del sistema. Muchas veces los servidores GIS pueden utilizarse para abaratar un despliegue GIS, ya que se limita el número de licencias software de sistemas clientes necesarias. Un servidor GIS es fundamental de cara a la provisión de servicios digitales de información, claves en el camino de implantación del concepto AIM.

- **Sistemas clientes GIS**

- Los sistemas clientes GIS son el conjunto de software y hardware que permiten acceder a los servidores de datos GIS para realizar tareas de análisis, producción cartográfica, actualización de datos, etc. Los sistemas clientes GIS deben estar correctamente dimensionados desde el punto de vista de los recursos hardware para que la experiencia de los usuarios con la tecnología GIS sea satisfactoria.

- **Comunicaciones**

- Otro aspecto a tener muy en cuenta en el despliegue de un sistema GIS es el volumen de información que debe ser transferido entre los clientes y el servidor, que habitualmente es grande. Con las actuales tecnologías de comunicaciones este no debería ser un problema, pero si es importante tenerlo en cuenta en el despliegue y en los futuros planes de comunicaciones de la organización, fundamental también si se quiere dar servicios a usuarios externos a través de Internet.

3.4 Carga de datos

Ya completada la fase de definición del Plan, en la que se han dejado claros los datos a integrar en las bases de datos relacionales, se ha de pasar al proceso de carga de dichas bases de datos (proceso sumamente delicado, que requiere aplicación de los sistemas de control de la calidad). Se puede distinguir entre dos tipos de datos claramente diferenciados a tratar en los sistemas de información aeronáutica. Por un lado la base topográfica (WGS84 e e-TOD) de las cartas y por otro lado los datos propiamente aeronáuticos de cada componente del IAIP.

Datos Topográficos

Refiere a los datos proporcionados y validados por los servicios cartográficos nacionales y que conforman la base topográfica de las cartas aeronáuticas. El formato de entrega de estos datos por parte de los servicios cartográficos nacionales dictará la forma de carga de los mismos, siendo el GIS una herramienta adaptada a la carga de cualquier tipo de formato (tanto



vectorial como raster). En cualquier caso se hará una selección por escalas de la base cartográfica, necesaria para cada tipo de carta, extrayendo en cada caso las entidades cartográficas a representar según indica la OACI en la documentación aplicable para el tema.

El GIS permite la importación de DTM (modelos digitales del terreno) pudiendo realizar estudios sobre ellos, así como realizar tratamientos a los mismos para la producción cartográfica generando procesos matemáticos, geodésicos y geométricos diversos así como degradados hipsométricos para la cartografía de que se trate en cada caso.

Datos Aeronáuticos

La base de datos aeronáutica debe contener toda la información necesaria para la producción. Desde este punto de vista el modelo de datos a seguir es el estándar AICM/AIXM. La carga de esta base de datos se ha de establecer en cada caso, de forma que se incorpore o modifique la información directamente mediante interfaces de usuario adaptadas o mediante la importación desde otros sistemas siguiendo los protocolos de seguridad en todos los casos.

3.5 Configuración GIS

Independientemente de la plataforma GIS seleccionada, son necesarias las Normas de la OACI a seguir en la configuración del sistema para la generación de cartas aeronáuticas y poder preparar el sistema de producción. En primer lugar se ha de definir la estructura de los tipos de cartas que se van a producir, de forma que se generen en el GIS las plantillas para cada uno de estos productos. De igual modo se definirá el sistema de coordenadas WGS84 que se va a utilizar, tanto en la producción como en la carga de los datos.

Dentro de cada producto se establece una jerarquización adecuada (por ejemplo por aeródromo) donde se han de definir los marcos de cada una de las cartas aplicables de acuerdo al Anexo 4. Estos marcos serán las vistas de cada carta. En cada tipo de carta se representa un tipo de información diferente, por lo que se definirán con el GIS las entidades que tienen que aparecer en cada una, es decir, se hace necesaria la definición de reglas de visualización por cada capa de información.

Otro punto importante es la selección de la simbolización de todas las entidades representadas por el GIS a partir de los documentos de la OACI que aplican. El sistema permite mediante las herramientas de representación gráfica realizar y editar símbolos y guardarlos en bibliotecas de forma que éstos puedan utilizarse en la producción cartográfica continua y diversificada.

Una vez creada la simbología para todas las entidades, el GIS permite también generar reglas de simbolización, de modo que facilita al usuario la aplicación de éstas de un modo automatizado. Otro aspecto es el correspondiente al etiquetado, en donde se definen las normas de representación de textos. Los GIS disponen de herramientas para ello que permiten generar las distintas formas de etiquetado de las entidades aeronáuticas.

3.6 Configuración del subsistema de producción cartográfica

Con las normas de configuración del GIS ya creadas, para cada carta será necesario realizar un flujo de trabajo para la producción cartográfica. Se establecerán unas capas de información organizada por temas o ciertas características definidas por el usuario, de modo que



- 12 -

se mantenga esta jerarquía en todas las cartas (como mínimo se deberían establecer las capas de topografía, entidades aeronáuticas, de símbolos, de obstáculos y de etiquetas, entre otros mas) Sobre estas capas se aplicarán las normas de relación, simbolización y etiquetado configuradas, utilizando las herramientas que el GIS proporciona para la edición apropiada de la cartografía. Los GIS disponen de herramientas de etiquetado automático y reglas topológicas que permiten que la edición de las cartas se automatice en buen grado.

Sin embargo, una vez realizados todos estos pasos, es preciso un trabajo de edición final de las cartas por parte del usuario. Este proceso debe estar regulado por altos controles de calidad correspondientes, dentro de los cuales el GIS debe participar en gran medida ya que se puede configurar para gestionar el control de cambios de edición realizados sobre la carta.

Finalizada la edición de la carta y realizados los controles de calidad oportunos, el último paso de la producción son los procesos de postproducción. Los GIS disponen a servicio del usuario de diversos formatos de salida, tanto para procesos de separación de colores, formatos pdf, formatos de imagen, servicios web, etc. por lo que se definirá el modo adecuado al sistema de producción de cada producto.

3.7 Formación a los usuarios

Es fundamental a la hora de implantar un nuevo sistema de producción que los usuarios tengan una formación adecuada para el correcto funcionamiento del proyecto. La formación debe estar especificada para cada tipo de usuario que va a utilizar el sistema, por lo que deberán adecuarse a los distintos perfiles que se definan. Por un lado se precisa una formación administrativa y de gestión de la parte de bases de datos relacional y por otro lado el usuario del GIS en donde se sugiere una formación de **geógrafo** o **cartógrafo**.

Con la formación queda asegurado que los usuarios y responsables del GIS, disponen de los conocimientos suficientes para obtener el mayor rendimiento y las máximas prestaciones del sistema.

4. PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA CON GIS

El objetivo principal es obtener un sistema que automatice al máximo la producción de cartas aeronáuticas. Esto hay que entenderlo desde la perspectiva de un proceso de producción cartográfico, por lo tanto el objetivo final es la producción de cartografía, la producción de mapas.

Un mapa tiene el objetivo de transmitir un determinado mensaje a determinados usuarios que se desenvuelven en un entorno geodésico-espacial. Por tanto, todos los elementos del mapa, la simbología (colores, tipos de línea, ...), las etiquetas (nombres de los elementos), las relaciones entre elementos, ... deben ser tenidos en cuenta, estudiados y definidos con el objetivo de transmitir este mensaje de la mejor forma posible basados en el Anexo 4 y el Doc. 8697 de la OACI .

A continuación se describen las fases y procesos que pasa la información para ser representada en un mapa:

Entorno geográfico: El mundo real el cual se quiere representar



Extracción y representación de la información: Se extrae la información del entorno geográfico, a través de mediciones y se representa como producto de información geográfica, en adelante denominado producto geográfico

Interpretación de la información: La información se interpreta para transmitir el mensaje, se eliminan determinados elementos, se resaltan o transforman otros.

Mapa: Este mapa debe ser publicado, ya sea en formato papel, electrónico, de todo este proceso Los Servicios de Información Aeronáutica participan parcialmente en el segundo y totalmente en los dos últimos. Parcialmente en el segundo por que recibe los productos geográficos generados por otras organizaciones, y tienen la misión de cotejarlos y ensamblarlos de forma que se obtenga un producto coherente y válido. Totalmente en el proceso de interpretación de la información y producción de mapas pues es tarea exclusiva de los AIS, la producción y distribución de productos cartográficos derivados del producto geográfico.

TRANSICIÓN AIS A AIM MANUAL GUÍA DE IMPLANTACIÓN GIS PARA LOS SERVICIOS DE INFORMACIÓN AERONÁUTICA

Un *producto geográfico* representa la realidad de una forma fidedigna, es poco intuitivo y a menudo presenta demasiada información para ser interpretada por un humano, pero sin embargo es el producto perfecto para la realización de análisis y estudios.

Un *producto cartográfico* representa una interpretación de la realidad dada por un cartógrafo, por tanto, y de cara a mejorar la interpretación de la información, esta puede verse modificada parcialmente. Un ejemplo muy claro de este se produce en las cartas de radionavegación:

Cuando un punto de notificación no pertenece a una aerovía producto geográfico producto cartográfico

En los enlaces con radio-ayudas producto geográfico producto cartográfico Otro gran diferencia entre el producto geográfico y los productos cartográficos es que el primero es único, un elemento es como es y así se almacena y representa, en contraposición con los elementos cartográficos en los cuales un mismo elemento se puede representar de diferente forma en diferentes mapas, de acuerdo a los criterios cartográficos. Por ejemplo el ARP del aeródromo carta de radionavegación carta tipo ADC

4.1 Automatización

A continuación se describe la visión ideal de un sistema que automatizase todo el proceso de producción cartográfica, el objetivo es disponer de una guía que marque el objetivo final, aunque muy posiblemente no se pueda alcanzar en el corto/medio plazo. Dentro de esta visión se incorpora la interacción con sistemas y agentes externos al sistema de producción, fundamentales en un sistema de información moderno.

El primer aspecto fundamental es el de la coherencia y seguridad de la información, para ello debe existir un almacén central en el cual la información se almacene de forma única. Que cuando varias personas traten sobre una entidad, se refieran al mismo elemento almacenado. En el contexto de la producción cartográfica esto debe tener en cuenta tanto la



- 14 -

producción de cartas, esto es, la representación de la entidad en las diferentes posibles cartas, como los ciclos de enmiendas y el trabajo en paralelo.

Todo esto quiere decir que aunque existan varias cartas, y una entidad tenga una representación diferente en cada una de ellas, si el producto geográfico se ve modificado en algún atributo de la entidad, esta modificación se ve reflejada en los productos cartográficos. Esto debe ser así para cada ciclo de enmienda, y del mismo modo se deben tener en cuenta las actuaciones sobre los ciclos de enmienda anteriores al de trabajo.

Es fundamental que todo este sistema que tiene en cuenta la naturaleza temporal (atributos de las entidades varían con el tiempo) y cartográfica (las entidades varían su representación en las cartas) de las entidades esté constituido de forma que para su correcto funcionamiento no se dependa de actuaciones externas por parte del usuario, y que tenga mecanismos de integridad para que se mantenga siempre coherente.

Otro aspecto fundamental en la coherencia de la información son las relaciones, el sistema debe ser capaz de gestionar relaciones entre entidades a nivel alfanumérico y gráfico, de forma que se puedan definir reglas de integridad (valores extremos de frecuencias, relación entre aerovías y puntos de notificación, relación entre espacios aéreos) A continuación se presenta un gráfico con la visión global del sistema:

En el almacén central debe existir y ser accesible el producto geográfico, los cambios que se producen en el entorno geográfico y que implican variaciones sobre la información, implican la actuación sobre este producto, con el alta, baja o modificación de sus entidades.

Este proceso de actualización sobre el producto geográfico se puede realizar por un operador, a través de las interfaces de usuario apropiadas, o de forma automática, a través de conexiones con otros sistemas, en este aspecto es fundamental el estándar AIXM. Este producto geográfico es en si mismo un producto publicable, ya que es óptimo de cara a la realización de análisis, simulaciones, etc. Esta publicación debe de hacerse a través de estándares electrónicos, de forma que las aplicaciones comerciales existentes puedan hacer uso de estos datos sin necesidad de desarrollos propios.

Estándares apropiados para la publicación de este producto geográfico son los propios promovidos por el Open Gis Consortium (OGC) como GML, WMS, WFS, etc.

Ya desde el aspecto de la producción cartográfica, el sistema debe soportar la producción, gestión y almacenamiento coherente de productos cartográficos, más específicamente, debe poseer:

Mecanismos que permitan derivar productos cartográficos desde el producto geográfico.

Mecanismos que permitan mantener la coherencia entre ambos productos; los cambios que se producen en el producto geográfico deben trasladarse a los productos cartográficos, de forma que la información que presentan sea coherente y única.

El sistema debe almacenar los productos cartográfico de forma centralizada, y disponer de mecanismos para su publicación, ya sea en formatos tradicionales (papel, etc.) o modernos (electrónicos, etc.)



- 15 -

El proceso fundamental que debe soportar el sistema es el de edición cartográfica, este proceso convierte los elementos del producto geográfico en elementos cartográficos. A través de este proceso se debe permitir generar nuevos productos cartográficos o actualizar los existentes.

El proceso de edición cartográfica incluye actuaciones del tipo:

Aplicación de simbología específica por tipo de carta (colores, tipos de letra, etc.)

Generación de anotaciones para los diferentes elementos.

Modificaciones geométricas de elementos dependientes del objetivo del producto cartográfico.

Generación de elementos auxiliares (escalas, tabla de simbología, etc.) De todas estas actuaciones, la más compleja es la de la modificación geométrica de las entidades, en este punto es donde reside el 'arte' cartográfico, y por tanto puede ser muy complejo de implementar en un sistema automático. El objetivo por tanto debe ser automatizarlo de forma razonable y disponer de las herramientas y soporte por parte del sistema para completar esta tarea de forma manual por un operador.

El resto de actuaciones son más sistemáticas, y por tanto susceptibles de ser automatizadas de forma satisfactoria. Finalmente dependerá de las capacidades gráficas del sistema la complejidad y riqueza visual que se obtenga en los productos cartográficos. Una vez que se produce un producto cartográfico, es fundamental que mantenga la coherencia con el producto geográfico, para ello el sistema debe soportar la propagación de las modificaciones sobre el producto geográfico a los productos cartográficos.

En una situación ideal, en la cual todo el proceso de edición cartográfica esta automatizado de forma completa, no debe existir diferencia entre la actualización de un producto cartográfico y su generación nueva, ya que es posible obtener el producto final de forma automática. Por contrario, si el proceso de edición cartográfico no está automatizado completamente (situación más realista), es muy importante que antes cambios en el producto geográfico estos se propaguen a los productos cartográficos de forma controlada, de forma que se minimice el esfuerzo manual necesario para obtener de nuevo el producto cartográfico final. Cuanta más automatizado está un sistema, y fundamentalmente uno que soporta un gran volumen de información como es el caso de un sistema de producción cartográfica, mayor es la sensación de 'no saber que pasa'. Por tanto es fundamental habilitar mecanismos que permitan en todo momento saber que está haciendo el sistema, que cambios está aplicando sobre las entidades, etc.

4.2 Tecnologías

Ante todo, un sistema de producción cartográfica es un sistema de información, para dar soporte de forma corporativa a los sistemas de información se usan los sistemas gestores de bases de datos (DBMS).

Por tanto el almacén de información debe estar implementado sobre un sistema gestor de bases de datos. Esto garantiza un acceso centralizado a la información y simplifica los procesos de distribución, seguridad y disponibilidad de esta. Por otro lado, un sistema de producción cartográfica es un sistema gráfico, almacena elementos que tienen geometría. Por lo



- 16 -

tanto el sistema gestor de bases de datos debe soportar la gestión de este tipo de información, incluyendo las operaciones típicas sobre ellas: proyecciones, relaciones geométricas y topológicas, etc.

La tecnología GIS surgió inicialmente para cubrir la necesidad de hacer estudios complejos sobre información con un carácter geográfico, por tanto era fundamental mantener una relación fuerte entre los atributos geográficos y los alfanuméricos, así como se desarrollaron complejas técnicas de análisis y tratamiento de relaciones geométricas. Los sistemas GIS, dada su naturaleza de análisis, trabajan fundamentalmente sobre productos geográficos, en los cuales la precisión y fiel reflejo del entorno geográfico es fundamental.

Debido a este aspecto fundamental y a la baja automatización en los procesos de producción cartográfica tradicionales, la tecnología CAD ha sido históricamente la más utilizada. Sin embargo, ante grandes volúmenes de información y alto número de productos cartográficos, la tecnología GIS presenta interesantes ventajas. Por la garantía de coherencia de la información, por las capacidades de procesamiento de elementos geométricos, por las capacidades de interacción con otros sistemas. Actualmente las tecnología GIS esta sufriendo un fuerte empuje hacia el soporte de productos cartográficos, existiendo ya en el mercado sistemas comerciales con dicho soporte.

La publicación de productos de información/datos (texto-tabulares y cartográficos) obtenidos de un sistema GIS, y ante el aumento en la demanda de información de carácter gráfico y geográfico, es importante implementar tecnologías que permitan la mayor difusión y funcionalidad posible, y por tanto soporten tanto la publicación tradicional en papel como diversos modos de publicación electrónica.
