

Arquitectura técnica del SL2000

JUAN PIÑOL MORA
Teniente Coronel de Aviación
Dirección Técnica

La idea de presentar un artículo donde se hable de la arquitectura con la que se ha desarrollado y soporta el SL2000, parece demasiado pretenciosa dado la enorme envergadura del Sistema, no obstante me voy a atrever a mostrar unas "pinceladas" que permitan aproximarnos a la realidad de cómo está construido este sistema, con el que una enorme cantidad del personal del Ejército del Aire trabaja diariamente (3.856 usuarios definidos a 11/05/01 sobre 43 Unidades/Nodos instalados).

Define la Asociación Española para la Calidad al *diseño* como: "El proceso de definición de la arquitectura software, los componentes, los módulos, las interfaces, los procedimientos de pruebas y los datos de un sistema software para satisfacer unos requisitos especificados".

Hablar de Arquitectura de un Sistema de Información (SI) no es más que intentar descubrir un apartado dentro del Proceso de Construcción Software inmerso en lo que se denomina Ingeniería Software, donde se aplican las llamadas TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). El proceso de construcción de un producto software es una *actividad de resolución de problemas* con dos objetivos claramente diferenciados, por un lado, dada una necesidad, satisfacerla mediante una solución tratable por computadora y por otro, el mantenimiento del software producido hasta el final de su vida útil. La solución de un problema mediante ingeniería de software es una actividad de modelización que comienza con el desarrollo de *modelos conceptuales*, y la transformación de los mismos en *modelos formales*, donde el modelo conceptual se corresponde con el punto de vista que las personas tienen del problema, en tanto que el modelo formal concierne a la perspectiva que de ese mismo problema tiene la computadora, por tanto el proceso software siempre culmina con la creación de un modelo formal que en sucesivos refinamientos llegará a ser computable por el ordenador.

Así pues, planteada la construcción de software como una resolución de problemas, debe existir un proceso de resolución que se corresponda con el proceso básico de resolución de problemas, es decir, decidir QUÉ hacer (cuál es el problema), CÓMO hacerlo, HACERLO, PROBAR el resultado y USAR el resultado. Esto trasladado al proceso software se corresponde con: *Análisis y Especificación de Requisitos, Diseño del Sistema Software, Codificación, Pruebas e Instalación*, además cuando las soluciones a los problemas no son puntuales, sino que per-

manecen en el tiempo, al proceso de resolución hay que añadir una última etapa de *Mantenimiento*.

Una vez acabado el Análisis y Especificación de Requisitos del Sistema (modelización conceptual) se procederá al diseño del mismo (modelización formal), siendo el objetivo del Proceso de Diseño (la primera de las actividades con perspectiva en mente de la máquina), la definición de la arquitectura del sistema, el entorno tecnológico que le va a dar soporte y la especificación detallada de los componentes del mismo. Para facilitar la comprensión del sistema vamos a identificar algunos de los elementos más significativos de la arquitectura en la que se está implementado el SL2000, comentando para ello los siguientes:

- Niveles de Arquitectura, Particionamiento Físico del SI
- Identificación de Subsistemas de Diseño.
- Especificación del Entorno Tecnológico.
- Diseño de Clases.
- Diseño Físico de Datos.
- Especificaciones de Requisitos de Operación y Seguridad.

Se han definido los siguientes *Particionamientos Físicos*, uno *central* que se corresponde con la situación del Cuartel General del Ejército del Aire (CGEA), donde se consolida toda la información generada por los nodos, y *múltiples niveles locales* (nodos) de iguales características pero con información específica a los sistemas de armas que operan, que se corresponde con la distribución geográfica de unidades que posee el E.A. (Ejército del Aire), excepción hecha de los EVA's (Escuadrones de Vigilancia Aérea) donde sus servidores de datos se hallan en el Cuartel General del E.A., esta particularidad viene diferenciada, primero por la complejidad que supone una administración y control de recursos tan dispersos, y segundo, porque la carga de trabajo que generan estas unidades es asumible desde una localización central donde se dispone de medios técnicos más que suficientes para su administración y gestión. También merece comentar como excepción el nodo de Aviano (Italia), fuera del territorio nacional, y que opera como un nodo más del SL2000 desde finales del año pasado a través de comunicaciones vía satélite.

El Sistema SL2000 puede considerarse a la vez como un sistema centralizado y distribuido. Centralizado porque toda la información que se genera en cada unidad automáticamente es enviada al nodo central donde se

consolida, y distribuido porque en cada unidad reside la información específica para que pueda funcionar de forma autónoma con limitaciones conocidas de alcance y tiempo. Opera bajo arquitectura cliente-servidor, aunque gran parte de sus procesos son de tipo 'Batch'.

La tarea de *Identificación de Subsistemas de Diseño*, pretende dividir de forma lógica el sistema de información en subsistemas (aplicando la máxima "divide y vencerás"), con el fin de reducir la complejidad y facilitar el mantenimiento; a los subsistemas resultantes se les califica como específicos si contemplan las funcionalidades propias del SI o de soporte si cubren servicios comunes que proporcionan acceso transparente a los distintos recursos. Los subsistemas más relevantes se corresponden con:

- INGENIERÍA DE APOYO (Específico)
- ADQUISICIONES COMERCIALES (Específico)
- ADQUISICIONES FMS (Específico)
- ADQUISICIONES AECMA (Específico)
- ABASTECIMIENTO LOCAL (Específico)
- ABASTECIMIENTO CENTRAL (Específico)
- MANTENIMIENTO (Específico)
- FLOTA (Específico)
- CATALOGACIÓN (Específico)
- REPLICACIÓN (Soporte)
- CONTROL DE LA EXPLOTACIÓN DEL SL2000 (Soporte)

De los mencionados cabe subrayar el Subsistema de Replicación, como elemento que presenta unas características originales de vital importancia para el SI, al soportar toda la lógica que mantiene la integridad de datos en el sistema como un todo inseparable. El sistema de replicación se basa en la creación de una infraestructura de sitios/nodos, una lógica de conexión entre ellos (rutas) y una definición de intercambio de información (definiciones de replicación y suscripciones). La idea es parecida al concepto de que todos los nodos pueden generar publicaciones y suscripciones de datos frente a los demás. El concepto de publicación representa para un nodo la forma que tiene de presentar sus datos ante los demás; el concepto de suscripción constituye la solicitud

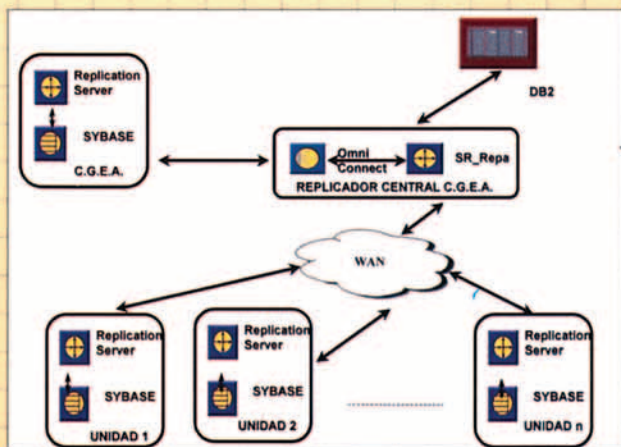
que hace un nodo a otro de recibir datos en cuanto se hallen disponibles. Estas definiciones de publicaciones y suscripciones son las que definen los flujos de información entre nodos y los que finalmente mantienen la integridad y consistencia de la información en el sistema como un todo.

El sistema se ha definido en estrella con un nodo central que se encarga de recibir y distribuir toda la información generada, con un criterio simple: " toda la información que se genera en los nodos locales sube al nodo central y es susceptible de que vuelva a bajar a otros nodos, la que se genera en central baja a todos o a determinados nodos". El sistema está funcionando 24 horas 365 días al año y es capaz de mantener la información para todo el sistema prácticamente en tiempo real, estando únicamente supeditado al estado y carga de la líneas de comunicaciones y al tamaño de las transacciones. Hay sistemas parecidos al SL2000 que han optado por trasladar los procesos de integración de información a acciones puntuales, manteniendo temporalmente las transacciones generadas en los nodos en 'buffers' especiales e intercambiándola con los demás una vez al día o a la semana; hay otros que han optado por integrar a nivel aplicación esta lógica, complicando la misma al incluir dentro de todos sus módulos las sentencias que debe mantener la integridad de la información con el resto de nodos; esto no hace sino dificultar aún más las tareas de mantenimiento.

En la tarea de *Especificación del entorno tecnológico*, se definen en detalle los distintos elementos de la infraestructura técnica que dan soporte al sistema de información agrupándolos en los siguientes conceptos:

- Hardware: procesadores, unidades de almacenamiento, servidores, estaciones de trabajo, etc.
- Software: sistemas operativos, 'middleware', gestores de bases de datos, sistemas de ficheros, software base, herramientas y utilidades de gestión propias del sistema, etc.
- Comunicaciones: diseño de la topología de la red, protocolos, nodos de la red, etc.

La infraestructura *Hardware-Software* se soporta con un 'Mainframe' central, máquina IBM 9672RB5 biprocesadora a 85 mips (millones de instrucciones por segundo) con un gigabyte de memoria y 1,5 terabytes de capacidad de almacenamiento, sistema operativo OS/390 versión 2.5; dicho 'Host' no sólo da soporte al SL2000 sino a otros sistemas como pueda ser el Sistema de Información de Personal del Ministerio de Defensa (SIPERDEF). En los nodos hay máquinas 'Minis' con arquitectura 'Intel', que oscilan dependiendo de las características de la unidad, de uno a cuatro procesadores, memoria entre 512 megabytes a 1,5 gigabytes, almacenamiento entre 25 y 45 gigabytes con RAID-5 (nivel que mantiene redundante la información en disco), sistema operativo 'NT-Server' versión 3.5; estas máquinas también dan soporte a su vez al Sistema de Información de Unidades Centros Organismos y Mandos (SIUCOM). Las estaciones de trabajo de los clientes son PC's con procesadores 'Intel' entre 133 a 400 Mhz (Megahertzios) con me-



Esquema de Replicación.

moria de 32 a 64 Megabytes, con sistema operativo 'Windows 95/98', se está pendiente el subir a 'Windows-2000' en aquellas estaciones que requieren una mayor carga de trabajo. La máquina 'Host' gestiona una base de datos 'DB2' y procesa en 'Cobol' todas las tareas centrales. Las máquinas 'Minis' gestionan una o varias bases de datos bajo 'SYBASE', resuelven todas las peticiones de transacciones que origina el trabajo 'ON-LINE' y aquellos procesos centrales específicos al nodo codificados con 'POWER-BUILDER'.

Las comunicaciones 'WAN' (Wide Area Network) se soportan bajo la red corporativa del E.A., hecho que a veces puede parecer un hándicap para la propia operatividad del sistema, ya que no sólo presta servicio al SL2000, sino al resto de aplicaciones de carácter corporativo del E.A., que al igual que el SL2000 crecen en el número de servicios y de usuarios; el controlar y potenciar esta red debe ser prioritario para evitar colapsos y tiempos de espera interminables que hacen que los usuarios desconfíen del sistema.

Hay establecidas líneas de comunicaciones con todos los nodos a través de la Red de Microondas del E.A., Red Conjunta de Telecomunicaciones de Defensa y líneas 'Frame Relay' contratadas con Telefónica, aunque estas últimas están siendo sustituidas por líneas militares. La mayoría de las líneas han sido duplicadas con anchos de banda que oscilan entre los 32 kilobaudios/seg hasta los 128 kilobaudios/seg. Todas ellas se comunican bajo protocolos 'TCP/IP' e 'IPX/SPX' aunque este último propietario de 'Novell' cambiará a 'TCP/IP' cuando se actualicen los equipos con la última versión.

En cada nodo hay establecida una red 'LAN' (Local Area Network) con topología 'Ethernet', donde hay establecido un 'back-bone' de FDDI (línea principal de fibra óptica), que en determinadas unidades forma un anillo, lo que indica que cortes que puedan ocurrir estarían cubiertos al poder continuar las comunicaciones por el camino inverso.

El *Diseño de clases* surge frente al Diseño Estructurado como una forma aún más optimizada de definir un nuevo modo de construcción de sistemas, que sirva tanto para sistemas grandes como pequeños, y lleve a que los sistemas sean reusables, flexibles y fáciles de mantener. Esto permite que los sistemas puedan desarrollarse tan extensos como sea posibles, por combinación de elementos existentes. *Clase* es el término utilizado en OO (Metodología de Orientación a Objetos) para describir conjuntos de estructuras de datos caracterizados por propiedades comunes, es decir, contienen conjuntos de datos (atributos) y las instrucciones para operar con ellos (métodos o servicios). Un *Objeto* es un elemento de ese conjunto que denominamos clase. La OO proporciona una serie de propiedades notables, tales como, encapsulación, herencia, polimorfismo, sobre las cuales no nos extenderemos. Sirvan estos conceptos, comentados sucintamente en este apartado, como marco de referencia que nos indique el método de construcción software empleado en la arquitectura del SL2000.

La actividad del *Diseño Físico de Datos* define la estructura física de datos que utilizará el sistema a partir del modelo lógico de datos normalizado o del modelo de clases, de manera que, teniendo presentes las características del sistema de gestión de datos concreto a utilizar, los requisitos funcionales y no funcionales establecidos para el sistema de información y las particularidades del entorno tecnológico, se consiga una mayor eficiencia en el tratamiento de los datos. El SL2000 ha utilizado en el diseño físico de datos el modelo normalizado y no el de clases que define para el mismo la OO. Sale fuera de los límites de este artículo presentar el Diseño Físico de datos, no obstante, expondremos que cada nodo tiene asociada una base de datos, que en cada base de datos han sido definidas del orden de 360 tablas, de las cuales, más de la mitad son tablas de carácter general y el resto son tablas específicas. Las tablas de carácter general están replicadas en todos los nodos, las específicas replican información parcial de acuerdo con las funciones y sistemas de armas que se operan en la unidad que tiene asociado ese nodo. Únicamente en el nodo central (CGEA) está consolidada toda la información de todas las tablas que componen el sistema. Como curiosidad comentaremos que en los servidores que dan servicio a más de un nodo, la información relativa a tablas de carácter general sólo existe físicamente en una de las bases de datos, accediendo los demás nodos a la misma a través de vistas (una forma lógica que define un camino y un modo de presentación de datos).

Las *Especificaciones de Requisitos de Operación y Seguridad* puntualizan los procedimientos de seguridad y operación necesarios que garanticen el correcto funcionamiento del sistema y el cumplimiento de los niveles de servicio que exigirá el sistema en cuanto a la gestión de operaciones. Tomando como referencia los requisitos no funcionales establecidos para el sistema, la arquitectura propuesta y las características del entorno tecnológico, se diseñan los procedimientos relacionados con:

- Acceso al sistema y a sus recursos.
- Tratamientos interactivos/por lotes (franjas horarias, periodicidad ...)
- Control y planificación de trabajos.
- Mantenimiento de la integridad y confidencialidad de sus datos.
- Control y registro de accesos al sistema.
- Copias de seguridad, recuperación de datos y periodicidad (control y seguimiento)
- Recuperación ante catástrofes.

El acceso de usuarios al sistema requiere, primero, un alta en el sistema Novell que gestiona: accesos, parte del sistema de impresión y la actualización de software SL2000 en las estaciones de trabajo de forma automática; segundo, alta como usuario en el Gestor de Base de Datos; y tercero, alta en el propio sistema con indicación de los subsistemas y nodos en los que se tiene autorización. Las passwords de acceso al sistema SL2000 van doblemente encriptadas, una por la propia aplicación y otra por el Gestor de BD.

El SL2000 funciona en ciclos de 24 horas, que se corresponden con los procesos de: 'On Line', 'Batch Sybase', 'Batch DB2' y Copias de Seguridad y Mantenimiento, estando intercalados entre cada proceso, los tiempos de demora que puedan haberse generado para completar la replicación por incidencias en las líneas de comunicaciones. El sistema inicia a las 07:30 horas de la mañana con el 'On Line', que representa la autorización dada a los usuarios desde los puestos de operación para interactuar con el sistema y a las 17:00 horas se revoca esta autorización permitiendo el acceso a los usuarios a partir de entonces únicamente en modo consulta, procediéndose a continuación a la ejecución del 'Batch Sybase', si la replicación del 'on line' finalizó. El 'Batch Sybase', es un proceso de ejecución por lotes que se lanza en cada nodo sin una ventana de tiempo determinada (la ventana 'on line' esta definida de 07:30 a 17:00) y que los procesos planificados en su ejecución están supeditados a la importancia operativa que dentro de la organización tenga asignado el nodo y a la cantidad de procesos que se hayan definido para él en el día. Finalizado la ejecución de todos los procesos 'Batch Sybase' y completado los tiempos de replicación, se procede a la ejecución del 'Batch DB2' que es también un proceso de ejecución por lotes que se lanza únicamente en el nodo central sin una ventana de tiempo determinada, el número de

procesos planificados en su ejecución son también variables. Entre la 04:00 y las 05:00 se procede a la ejecución de forma automática en todos los nodos del sistema, con el sistema estable (sin replicación pendiente), el proceso de Copias de Seguridad, iniciándose otra vez a las 07:30 un nuevo ciclo. Hay procesos que se hallan supeditados a otros, tal es el caso de que no se puede ejecutar un proceso 'Batch Sybase' si no se confirma que se ha podido revocar a los usuarios de ese nodo y se confirma que toda la información generada se halla en el nodo central. El proceso 'Batch DB2' se halla supeditado a que los nodos de primer nivel tengan estable su situación con el nodo central (los nodos están catalogados en el sistema en dos niveles, que suelen coincidir con la importancia que la organización ha dado a la unidad asociada al nodo, las de primer nivel son maestranzas, centros logísticos y unidades de primer orden, el resto está catalogado en segundo nivel).

El mantenimiento de la integridad de datos está asumido por las características del Gestor de Base de Datos (SGDB), por la implementación del modelo de datos normalizado y por el seguimiento que se realiza desde los puestos de operación del subsistema de replicación, a

través de utilidades propias del SGDB, o a aplicaciones (subsistema de soporte) construidas en el Centro de Informática y Gestión (CIGES) (Control de la Explotación del SL2000).

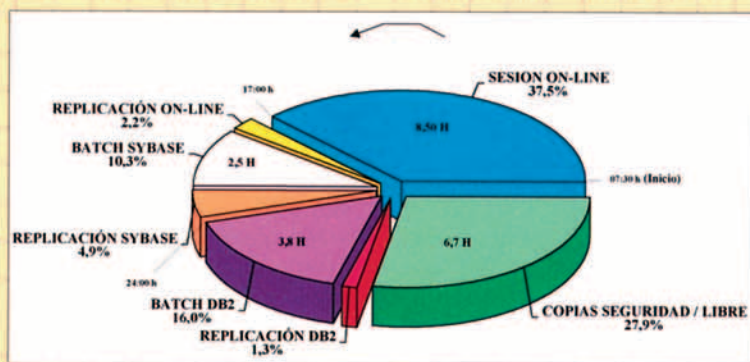
El acceso al sistema se ha comentado anteriormente, indicando que en cada tabla de la base de datos y a nivel de registro se mantiene la fecha, hora y último usuario que accedió al mismo. El proceso de copias de seguridad también se ha comentado anteriormente; indicar como curiosidad, que a nivel de nodo y cada hora entre las 09:00 y la 17:00 se hace un 'backup' del 'Log' de Transacciones (cada Base de Datos guarda en dispositivos especiales todas las transacciones que se han producido hasta ese momento.)

La recuperación ante catástrofes ha obligado a estudiar en profundidad una enorme casuística desconocida en la actualidad, al carecer de sistemas en el mercado con características similares al construido que permitieran servir de punto de apoyo para definir los procedimientos de recuperación ante catástrofes. Los procedimientos actualmente definidos han sufrido sucesivos refinamientos, al objeto de minimizar al máximo los tiempos de recuperación ante eventualidades, gracias a la experiencia acumulada a lo largo del tiempo que el sistema lleva en funcionamiento.

Como novedades que se están estudiando para implementar en el SL2000 a nivel de arquitectu-

ra quisiera destacar dos, el concepto de SAN ('Storage Area Network') que representa la posibilidad de derivar el almacenamiento de datos de los equipos NT que se hallan en el CGEA hacia el 'Mainframe' a través de líneas directas de fibra óptica, sobre particiones específicas NT en que puede dividirse la última máquina de discos que se ha adquirido para el 'Host' (0.85 teras). Segundo, la posibilidad de definir un servidor 'WEB' sobre la 'intranet' del E.A., que permita derivar fuera del ámbito de la propia aplicación, aquellas solicitudes a nivel de informes que actualmente se están solicitando desde determinadas unidades, y que se están resolviendo con herramientas de terceros como pueda ser 'BI-Query', de forma que se centralicen en este servidor 'WEB' y se hallen a disposición de cualquier usuario del SL2000 con cualquiera de los navegadores estándar que existen en el mercado como pueda ser 'Microsoft Explorer' o 'Netscape'.

No quisiera finalizar este artículo sin solicitar la benevolencia de los lectores que hayan conseguido llegar hasta el final, por tratar temas que se hallan mas bien fuera del ámbito estrictamente aeronáutico que define la línea de esta revista. ■



Distribución de tiempos en un ciclo diario del Sistema.