

El empleo que se vaya a hacer de los datos puede ser desconocido o casi *a priori*, pero es necesario evaluar y medir, al menos, su probabilidad. La disponibilidad de los datos almacenados es un requisito indispensable de cualquier sistema de BD.

Siempre se ponen los sistemas en funcionamiento con conocimiento claro de sus e incluso de si los habrá. A veces, durante el periodo de tiempo inicial, los del sistema no pueden medirse económicamente, porque es casi seguro que han producido pérdidas. Esto lleva a los especialistas a realizar un análisis de utilidad en lugar de uno costo-beneficio. Lo que está claro es que cualquier sistema que lograr cierto nivel de calidad en su funcionamiento para ser efectivo.

Beneficios

La medida de la conveniencia derivada de la ejecución de una operación concluida sobre la BD se cuantifica mejor en términos monetarios. En el caso de que el uso del sistema esté asociado con ventas, este valor complementa una fracción del beneficio esperado de esas ventas. Si la situación es tal que el dinero no proporciona una base de medición, puede emplearse la relación entre la conveniencia de este sistema frente a otros servicios cuyo uso es similar.

En la medida en que se espera una conveniencia, se esperan beneficios debidos a menores costos de personal. En la medida en que asegurarse de que es posible lograr efectivamente estos beneficios, contratar personal no capacitado por menos personas más capacitadas a pagar más, es una decisión cuestionable. El efecto de los costos adicionales sobre el costo total del sistema es un punto muy importante a tener en cuenta en el diseño del sistema. No es de extrañar que el costo de personal y/o la necesidad de que las personas se preparen exceda al costo del hardware utilizado.

Los tiempos de trabajo de los usuarios serán también distintos dependiendo de la velocidad con la que el sistema responda. Si el sistema responde rápidamente, el usuario tendrá que dar una instrucción tras otra sin parar, mientras que,

para tiempos de respuesta muy grandes, el usuario podrá aprovechar esos intervalos en hacer otra cosa. En la Figura 1.19 se muestra cómo varían los hábitos de trabajo frente al computador dependiendo del tiempo de respuesta del sistema. Para tiempos

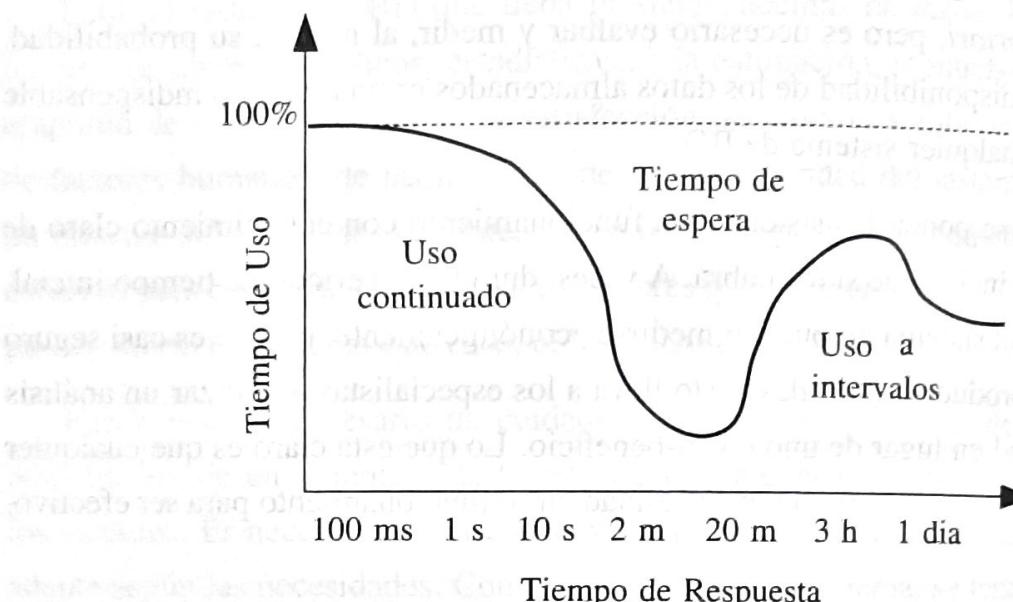


FIGURA 1.19. Hábitos de trabajo en función del tiempo de respuesta.

de respuesta pequeños (hasta 2 minutos) el usuario está permanentemente pendiente del sistema, mientras que para tiempos de respuesta mayores, el usuario tiende a hacer otras tareas en los intervalos en que el computador está *calculando* la respuesta.

Existe un tipo especial de sistemas en los que el tiempo de respuesta es de vital importancia, hasta el punto de que si éste aumenta, es posible que cuando los datos estén disponibles ya sea demasiado tarde para producir el efecto deseado. Esto es lo que se llama *restricción de tiempo real* y a los sistemas que deben cumplir con este requisito se los denomina *sistemas de respuesta en tiempo real*. El valor de esta restricción depende de la aplicación y puede variar de milisegundos a meses. En la Tabla 1.2 se muestran algunas estimaciones de tiempo real llevadas a cabo en diferentes áreas en las que se han utilizado sistemas de BD. En este tiempo total de respuesta deben contabilizarse:

- El tiempo que se tarda en captar la solicitud.
- El tiempo de computación del sistema.
- El tiempo que tarda en presentarse la respuesta.

TABLA 1.2 Ejemplos de sistemas de respuesta en tiempo real.

Área de Aplicación	Restricción temporal	Nº bytes
Contabilidad anual	Un mes	10^4
Informe de auditoría	Una semana	10^3
Inventario	Dos o tres días	10^3
Nóminas	Dos o tres días	10^3
Bolsa	Un día	10^4
Actualización bancaria	Un día	10^5
Venta billetes transporte	1 a 5 minutos	10
Historias clínicas	2 a 15 segundos	[50, 100]
Control de incendios	Hasta un segundo	2

La necesidad de no rebasar los límites de tiempo real puede significar que no sea posible manejar toda la información disponible en el sistema, sino solo la que se considere indispensable, ya que el tiempo para localizar todos los datos sería excesivo. Debido a esto, las decisiones tomadas en base a sistemas en tiempo real, pueden no ser óptimas, pero siempre serán mejores que las tomadas sin información alguna.

Beneficios en términos de la utilización del sistema

El esfuerzo que hay que realizar para explotar un sistema disminuye sus beneficios. A veces se subestima el esfuerzo que deben realizar los usuarios para utilizar el sistema y los que diseñan los sistemas deberían tenerlo en cuenta. Las principales medidas de tiempo que deben ser consideradas a la hora de estimar la utilización del sistema son:

- El tiempo medio necesario para plantear una consulta.
- El tiempo medio necesario para describir el formato de salida de los datos.
- El tiempo medio de procesamiento de una operación.
- El retraso medio producido por la presentación de los resultados por pantalla o impresora.

Es de vital importancia considerar el tiempo y/o el esfuerzo necesario para utilizar el sistema cuando el usuario directo del mismo es un profesional no informático que utiliza el computador como herramienta de apoyo a su trabajo, ya que hay que reducir al máximo el tiempo que dedique al éste en beneficio de su trabajo.

Otro componente del esfuerzo personal es la capacitación necesaria para poder utilizar el sistema. El costo de dicha capacitación será relativamente bajo para usuarios frecuentes, pero muy caro si se trata de usuarios ocasionales. El esfuerzo adicional a realizar para diseñar sistemas de BD en los que el usuario requiera pocos conocimientos, deberá incluirse en el costo general del sistema.

Mantenimiento de los datos

A veces, la actualización de la BD es el componente más costoso del sistema. Esto es debido a que gran parte de la información de la BD se introduce manualmente, ya sea de forma directa por medio del teclado o más indirecta, como imágenes leídas por escáner o cintas. Adicionalmente, hay que tener en cuenta el costo de la *detección* y *corrección* de los errores introducidos, así como el costo de los problemas que pudiera haber provocado dicha información errónea mientras estuvo en la BD.

Los errores producidos por la actualización de la BD pueden clasificarse según el instante en que se producen en:

- *Errores producidos antes de la actualización.* Los errores existentes en los datos antes de que éstos sean mecanizados y registrados en el sistema no son detectados fácilmente y quedan fuera del ámbito de este tema, si bien es cierto que cuanto más cercana sea la fuente de los datos, menor será la probabilidad de encontrar un dato erróneo.
- *Errores producidos durante la actualización.* Están muy ligados con la calidad y el tipo de dispositivo utilizado en la captación de la información. También tiene gran influencia el tiempo de respuesta del sistema a una actualización y, por supuesto, el factor humano en el caso de su intervención. Si debido a información equivocada provocada por errores en la captación se llevan a cabo acciones no deseadas, el costo del error puede sobrepasar los beneficios obtenidos por el sistema durante un largo periodo de tiempo. Por ejemplo,

debido a una consulta sobre datos erróneos, una compañía se compromete a servir unos artículos de los que no tiene existencias, ésta se verá obligada a cumplir con su obligación consiguiendo dicha mercancía al precio que sea.

Una forma de reducir el número de errores durante la introducción de datos es el empleo de *retroalimentación*. Ésta consiste en que durante la captación de datos, el sistema ofrezca resúmenes a los usuarios encargados de la introducción en forma de informes o gráficas acerca de los datos ya introducidos. También es cierto que dicha retroalimentación produce algún retraso en la introducción misma de los datos, siendo este perjuicio menor que el posible efecto de un dato erróneo.

- *Errores producidos después de la captación.* Estos errores pueden estar producidos por algún programa de aplicación o simplemente ser el reflejo tardío de un dato erróneo. En algunos casos, el problema de acciones indebidas causadas por datos incorrectos es tan serio, que no se debe actualizar el registro que contiene el error a fin de analizar su alcance. En su lugar, si es posible, se introduce un nuevo registro ya corregido.

1.4.3. NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO DE LA BD

Cuando los archivos sufren cambios frecuentes, será necesario reservar en disco un espacio considerablemente mayor que el del fichero original. Hay un factor de densidad μ_D que se emplea para ajustar el costo esperado de almacenamiento durante el proceso de diseño. Esta densidad indica la proporción de espacio asignado que efectivamente llega a ocuparse por los datos. Esto es, un valor de $\mu_D = 0.9$ indica que por cada 90 bytes de datos ocupados efectivamente, se están reservando 100 bytes en disco. Un valor bajo de μ_D no implica, necesariamente, que el diseño realizado sea malo. Por ejemplo, en los archivos que usan acceso directo, el espacio disponible no suele ocuparse en su totalidad, ya que habrá espacio desperdiciado debido a los huecos.

Teniendo esto en cuenta, una estimación de la capacidad total de almacenamiento necesaria para los archivos de una BD sería la siguiente:

$$D = \sum_{F_i} n_i \cdot \frac{R + W}{\mu_{D_i}}$$

donde R es el espacio ocupado efectivamente por los datos de un registro, W es el espacio desperdiado por registro y n es el número de registros por fichero. Es posible que los parámetros n , R y μ_D sean distintos para cada archivo, pero consideraremos los mismos valores por simplicidad. Asimismo, se requerirá espacio adicional de almacenamiento para el sistema operativo y para los programas.

Componentes

Los componentes hardware de un sistema usados más frecuentemente para el almacenamiento son los discos. Junto a ellos, deben considerarse también las *controladoras* y los *canales de comunicaciones*. La efectividad y el costo de un sistema completo de almacenamiento se ven afectados también por estos elementos.

Las BD requieren a menudo múltiples discos y algunas veces también varias controladoras y canales. En general, es conveniente utilizar una unidad de almacenamiento mayor que varias de menor tamaño, ya que así se evita la complejidad de tener que manipular múltiples unidades. En los computadores grandes, las controladoras de disco están conectadas al procesador mediante canales, los cuales proporcionan la ruta de datos a la memoria del procesador. A veces se usan varios canales, no por necesidad, sino para poder utilizar varias rutas de acceso a los datos simultáneamente, dando mayor ancho de banda a la computadora.

Distribución de los datos

Cada vez con más frecuencia, se utilizan sistemas con múltiples procesadores. Cuando dichos procesadores están cercanos, es posible que comparten las unidades de almacenamiento y, por tanto, los datos. Los beneficios de una arquitectura con múltiples procesadores son una *mayor capacidad de cómputo* y *fácil recuperación* en caso de que uno de ellos falle. Si además se desea protección para el caso en que falle el dispositivo de almacenamiento, será necesario tener una copia de seguridad de los datos.

La duplicación de información es frecuente cuando los procesadores están físicamente lejanos. El acceso, en este caso, se lleva a cabo a través de líneas de comunicación.

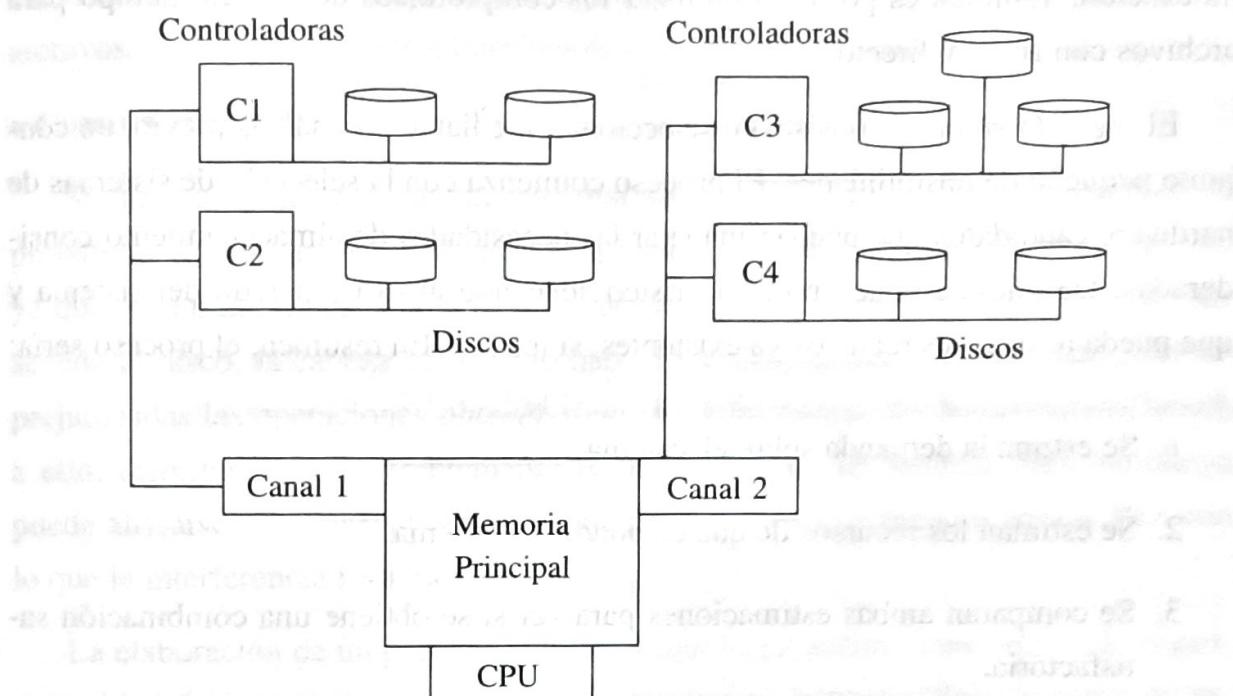


FIGURA 1.20 Componentes de un sistema.

Las operaciones distribuidas distinguen entre acceso local y remoto y las transacciones pueden descomponerse en subtransacciones que contengan solicitudes para sitios diferentes. Una solicitud para acceder a datos remotos tiene que comunicarse primero con un procesador remoto. Este último obtiene el resultado y lo devuelve al solicitante. A veces, para no ralentizar demasiado el acceso, se crean réplicas de los datos más frecuentemente accedidos o con mayor probabilidad de serlo.

En el Capítulo 5 se tratarán ampliamente los sistemas distribuidos.

1.4.4. COSTOS DE EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA

Con base en una serie de parámetros conocidos de carga y efectividad de los archivos, se puede seleccionar un sistema de capacidad adecuada a un costo razonable.

Un *primer enfoque* consiste en construir un modelo para cada uno de los posibles diseños físicos y seleccionar el óptimo. Este enfoque es muy tedioso y ha de llevarse a cabo para un número restringido de casos. Pueden determinarse, por este mecanismo, si van a utilizarse archivos indexados y qué campos serán las claves de dicha

indexación. También es posible optimizar los compromisos de espacio-tiempo para archivos con acceso directo.

El *segundo enfoque* consiste en seleccionar, mediante un análisis previo, un conjunto pequeño de posibilidades. El proceso comienza con la selección de sistemas de hardware candidatos que puedan manejar las necesidades de almacenamiento consideradas. Después se elige un diseño físico adecuado al uso esperado del sistema y que pueda utilizar los recursos ya existentes, si los hay. En resumen, el proceso sería:

Para cada modelo presentando : [A]

1. Se estima la demanda sobre el sistema.
2. Se estiman los recursos de que dispondrá el sistema.
3. Se comparan ambas estimaciones para ver si se obtiene una combinación satisfactoria.
4. Si la demanda no funciona sin problemas dentro de la capacidad estimada de los recursos, entonces tanto la demanda como los recursos volverán a estimarse de forma más precisa y se volverán a comparar.
5. Si existe una discordancia importante, habrá que cambiar el equipo seleccionado y/o el diseño físico, y se volverá a iniciar el proceso.

Procesos compartidos

Hasta ahora, hemos supuesto que la operación de la BD es el único usuario del hardware instalado. De hecho, en los casos en los que el uso principal de la máquina esté relacionado con la BD, el efecto de otras tareas es insignificante. Sin embargo, puede ser muy beneficioso compartir la capacidad de procesamiento de un sistema con otros usuarios que tengan menor prioridad pero que, aun así, necesiten mucha atención del procesador. Si además se comparte parte del hardware de almacenamiento, puede haber cierta interferencia. Así pues, puede darse "competencia" a dos niveles: a nivel de procesador y a nivel de memoria.

• Competencia por el procesador

El hecho de que algunas tareas estén activas simultáneamente, esto es, que soliciten el procesador en el mismo momento, reducirá el tiempo que éste dedique al

exclusiva a la BD. Esto duplicará o triplicará el tiempo de respuesta al utilizar los archivos.

• Competencia por el disco

Si van a ser utilizadas las mismas unidades de disco por diferentes procesos, la probabilidad de tener que preceder cada lectura por una localización previa es alta ya que, si durante la ejecución de un proceso se cede el control a otro proceso que accede al disco, la cabeza del mismo habrá sido desplazada. En particular se verán perjudicadas las operaciones *obtener-siguiente* y las *búsquedas exhaustivas*. Debido a ello, disminuirá considerablemente la productividad del sistema. Este problema puede aliviarse si se reservan unidades de disco y canales separados para la BD, con lo que la interferencia será menor.

La elaboración de un prototipo puede proporcionar estimaciones útiles de la productividad del sistema con un esfuerzo relativamente pequeño. Tales pruebas no requieren la existencia de la BD completa y pudiera ser incluso que ésta no existiera todavía. El estudio piloto consiste en ejecutar una secuencia adecuada de operaciones aleatorias y secuenciales de lectura y escritura y de la utilización de la CPU.

El uso de la BD puede mejorarse recurriendo a la *multiprogramación*, a fin de poder atender múltiples cálculos concurrentes. Una transacción en proceso puede tener el privilegio de reservar un dispositivo de disco hasta que la tarea concluya o hasta que la tarea misma lo libere.

1.4.5. ANÁLISIS COMPARATIVO COSTO/BENEFICIO

Hasta ahora, se han evaluado los costos de almacenamiento y se ha verificado que el sistema de computación, o al menos la organización de archivos, es la adecuada en términos de su capacidad para manejar la carga. Ahora se trata de combinar estos resultados y presentarlos de forma conjunta en términos económicos sencillos. En el negocio de la “*venta de información*”, el análisis de costos y beneficios se basa en la capacidad y en la utilización del sistema. Aun cuando las cifras de costo se evalúen de forma semejante a como se hace con cualquier otro producto, la evaluación de los beneficios es mucho más compleja.

- *Beneficios de la información:* Pueden considerarse desde este punto de vista dos factores, que son:

- La cantidad disponible de datos
- La intensidad de uso de la BD

- *Costos de la información:* En este punto hay que tener en cuenta:

- Costos por almacenamiento: Habrá que tener en cuenta un costo inicial de puesta en marcha más un costo adicional para posibles ampliaciones futuras.
- Costos por procesamiento: Deben considerarse en términos de la productividad. La adición de dispositivos tales como canales, controladoras y discos aumentan la capacidad de procesamiento de un sistema, pero también lo hace su costo, lo cual puede hacer que estos elementos resulten demasiado caros si el volumen de datos a manipular es pequeño o si el sistema no es capaz de sacar mucho partido de ellos.

DORI FMAS PROPUESTOS