

- Las capacidades de los procesadores de video.
- Las capacidades de aceleración de gráficos 2D (2 dimensiones).
- Las capacidades de aceleración de gráficos 3D (3 dimensiones).
- Las características del RAM DAC (ya estudiado anteriormente).
- Los controladores (*drivers*) utilizados.

Todos estos factores influyen en el rendimiento del subsistema gráfico de una PC, por lo tanto, vamos a analizarlos en detalle a continuación.

Bus de Expansión de la Tarjeta

Las tarjetas de video, como cualquier otra placa, se conectan a un bus de expansión. Como pudimos analizar detalladamente en el **Capítulo 3: Buses Internos: Las Autopistas de los Microprocesadores**, cada bus de expansión tiene diferentes velocidades máximas de transferencia de datos (ver la Tabla 3.1).



El subsistema de video es uno de los que más aprovecha las mejoras en velocidades de transferencia de datos de los buses de expansión y la mayoría de los avances de estos últimos se vieron motivados por la necesidad continua de acelerar el video.

La mayoría de las tarjetas de video modernas son para las diferentes versiones de los buses AGP y PCI Express 16x y 32x. También, están tomando importancia aquéllas para los buses PCI-X. Las tarjetas de video para otros buses como PCI, ISA y VL-Bus quedaron totalmente en desuso.

Tecnologías de la Memoria: de DRAM a GDDR3

La velocidad y las características de trabajo de la memoria RAM de la tarjeta de video constituyen factores de suma importancia a la hora de determinar su rendimiento global.

En primera instancia, se pueden utilizar cualquiera de las tecnologías que hemos analizado detalladamente en el **Capítulo 5: Módulos de Memoria**. No vamos a repetir las definiciones y características de los tipos de memoria ya vistas en ese capítulo. Además de éstas, se agregan otras que se desarrollaron exclusivamente para cumplir con necesidades específicas de las memorias de video y conseguir mejoras en el rendimiento: VRAM; WRAM; SGRAM (*Synchronous Graphics RAM* – RAM Sincrónica para Gráficos); DDR y DDR-II SGRAM; GDDR; GDDR2; GDDR3 y GDDR4 (ver la Tabla 8.7).

Las tecnologías GDDR3 y GDDR4 son las más utilizadas en las tarjetas de video con aceleración 3D de alto rendimiento. El ancho de datos que se emplea para estas memorias es otro factor a tener en cuenta, además de la velocidad y el tiempo de

acceso, especialmente para que no se transforme en un cuello de botella para el procesador de video. Ver la Fig. 8.4.

Tabla 8.7. Las diferentes tecnologías de memorias de video.

Tecnología	Características, Ventajas y Desventajas
DRAM, FPM y EDO	Se pueden acceder mediante una única línea de datos. Esto quiere decir que el procesador no puede leer y escribir información simultáneamente. Estos chips son los más accesibles y solamente se utilizan en tarjetas muy económicas.
VRAM (Video RAM – RAM de Video)	Son de mayor velocidad que los DRAM y tienen dos líneas que permiten escribir y leer información en ellos al mismo tiempo. Esta tecnología es más costosa que la DRAM.
WRAM (Windows RAM)	Tienen las mismas ventajas que VRAM y además agregan ciertas mejoras diseñadas específicamente para las interfaces gráficas, como ser modos de escritura de bloques de color y un diseño especial para permitir la reproducción rápida de tipografías.
SDRAM	Se trata de una memoria síncronica que trabaja a cientos de MHz y soporta velocidades de transferencia de datos de varios GBps. Su tiempo de acceso llega a ser menor que 5 ns. Muchas tarjetas de video de buen rendimiento la utilizan con un ancho de datos de 128 bits o más.
SGRAM	Ofrece todas las ventajas de SDRAM, pero adaptada para brindar el mejor rendimiento al trabajar como memoria de una tarjeta de video. Su única desventaja, comparada con SDRAM, es su mayor costo. Fue reemplazada por las tecnologías GDDR, GDDR2 y GDDR3.
DDR, DDR2 y DDR 3 SDRAM	Con DDR, se llegan a mejorar velocidades y tiempos de acceso en SDRAM. A todo lo explicado para SDRAM, se le mejora el rendimiento y se baja el consumo, como vimos cuando analizamos DDR en el Capítulo 5: Módulos de Memoria .
DDR y DDR2 SGRAM	Lo mismo que explicamos en el ítem anterior sucede con SGRAM, pero fue reemplazada por GDDR y sus sucesores.
GDDR, GDDR2, GDDR3 y GDDR4	En sus diferentes versiones, se basan en la tecnología DDR y están especialmente diseñadas para utilizarse en tarjetas de video. Con el tiempo fueron mejorando la velocidad del reloj base (1X), superando los 1,4 GHz y en consecuencia, alcanzan cada vez mayores velocidades de transferencias de datos. También fueron reduciendo el consumo y la generación de calor que era uno de los mayores inconvenientes de las primeras versiones. Son las más usadas en las tarjetas de video de excelente rendimiento y llegan a utilizar un ancho de datos de 64, 128, 256 y 512 bits. Ver la Fig. 8.4.

Nota: cuando mencionamos procesador, nos estamos refiriendo al procesador que está incorporado en la tarjeta de video y no al procesador de la PC.

DDR = *Double Data Rate* – Doble tasa de transferencia de datos.

Algunas motherboards que ofrecen incorporadas tarjetas de video utilizan parte de la memoria del sistema como memoria de video y permiten al usuario decidir cuánta memoria desea utilizar para video y cuánta como memoria principal (con límites preestablecidos). Estas opciones ofrecen un rendimiento muy bueno para

aplicaciones de negocios, pero no son la mejor opción cuando se necesitan excelentes velocidades en aplicaciones con gran procesamiento gráfico.

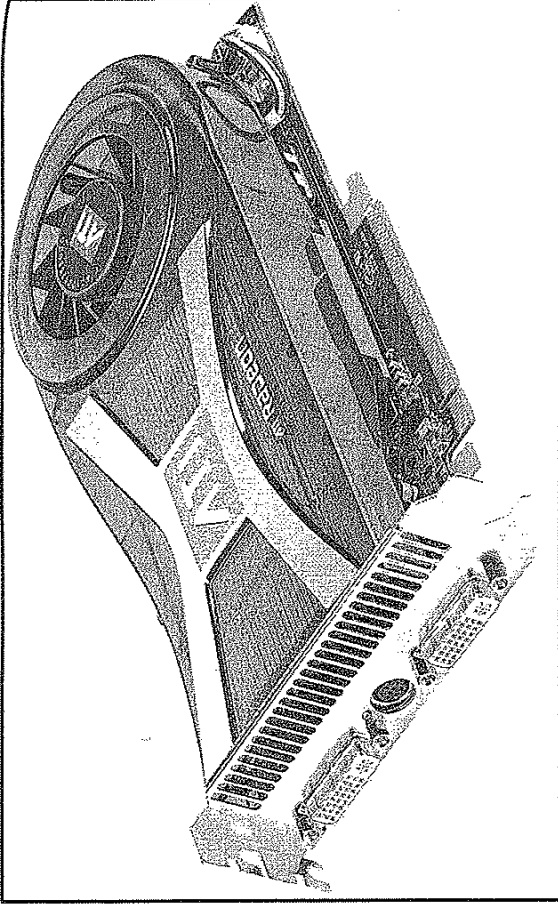


Fig. 8.7. Una tarjeta de video con chips GDDR4, con su imponente disipador de calor y cooler.

GPU: Procesadores de Video

Por más sencilla que sea, cualquier tarjeta de video moderna incluye un procesador de video, también conocido como GPU (*Graphics Processing Unit* - Unidad de procesamiento de gráficos) encargado de ejecutar procedimientos relacionados con gráficos y liberar al procesador central (CPU) de esta tarea.

El procesador de video recibe las órdenes desde el procesador central, a través del bus de expansión al cual está conectada la tarjeta de video y se comunica con los diferentes componentes de ésta para realizar las operaciones.

El procesador de video se comunica con la memoria de video a través de un bus de datos, todo dentro de la misma tarjeta. La cantidad de bits que puede transmitir y recibir simultáneamente el procesador, hacia y desde la memoria de video, definen el ancho de este bus de datos y determinan la velocidad máxima de transferencia de datos entre ambas partes, por lo tanto, es un factor muy importante del rendimiento global. Los de mejor velocidad utilizan 128; 256 ó 512 bits.

Existen diferentes tipos de procesadores de video, que pueden ser desde simples chips, capaces de manejar un pequeño conjunto de rutinas, hasta microprocesadores de gran velocidad muy especializados en acelerar un conjunto determinado de operaciones gráficas, con sus imponentes disipadores de calor y coolers (ver la Fig. 8.4)

Cuando una aplicación tiene que dibujar un rectángulo y rellenarlo, si el procesador de video no posee instrucciones específicas para tal fin, el procesador será el encargado de encender todos los pixels en la memoria de video con el color del rectángulo y luego cada uno de los pixels dentro del área del rectángulo, ocupando muchos ciclos para completar todas estas operaciones. En cambio, cuando el procesador de video tiene rutinas para tal fin, simplemente el procesador central le envía la orden al de video para que dibuje un rectángulo de tal coordenada a tal otra y que lo rellene con tal color y continúa con sus tareas. Algo que puede tomar cientos o miles de instrucciones se simplifica en dos o tres y esa diferencia se nota en el rendimiento global del sistema de video.

Los procesadores de video pueden ser:

- **Programables.** Se los puede programar a medida para efectuar cualquier tarea gráfica que se desee. Son los más avanzados y, por supuesto, los más costosos. También se los conoce con el nombre de coprocesadores gráficos.
- **No programables.** Poseen un conjunto de instrucciones predefinidas para realizar determinadas tareas gráficas. Se los conoce como GPU.

A continuación vamos a ver las capacidades que ofrecen los modernos procesadores de video: la aceleración de gráficos en 2 y 3 dimensiones y la aceleración de la reproducción de video.

Aceleración de Gráficos 2D (2 Dimensiones)

La aceleración de gráficos en 2 dimensiones implica que el procesador de video provea rutinas especiales para realizar las operaciones más comunes y simples, como ser: trazado de líneas, relleno de áreas, control de cursores, BitBits, etc. Los aceleradores más sofisticados pueden incluir también operaciones mucho más complejas.

Otra de las características importantes que se presentan en la aceleración 2D es la capacidad de manejar el puntero del mouse. Éste se mueve constantemente, lo que requiere un pequeño movimiento de memoria para trasladarlo y reconstruir la parte de la pantalla que abandonó con su contenido anterior. Estos procesos requieren cortas transferencias de memoria, pero mantienen al procesador central en esta tarea constantemente, pues el puntero debe acompañar los movimientos del mouse. Una placa con capacidad de cursor por hardware significa que el procesador de video se encargará de controlar el puntero, liberando totalmente al procesador

central de este trabajo y evitando un molesto parpadeo del cursor que se produce cuando una tarjeta no incorpora esta capacidad.

La aceleración 2D le quita mucho trabajo al procesador central y permite que las interfaces gráficas, como Windows y X-Windows, trabajen con mayor rapidez. El mayor aumento de velocidad lo logran al efectuar operaciones con imágenes de mapas de bits (*bitmaps*). Las interfaces gráficas trabajan con muchas imágenes formadas por un conjunto de puntos (pixels), las crean en memoria y las transfieren a la pantalla o las mueven de un lugar a otro en la misma. A estas operaciones se las llaman *BitBlts* (*Bitmap Block Transfers* – Transferencias de Bitmaps por Bloques). Estas operaciones requieren que se utilice mucho tiempo de la CPU para transferencias de memoria y con los aceleradores se hace mucho más rápido, lo cual aumenta el rendimiento de las interfaces gráficas y de las aplicaciones que corren bajo dichos entornos.

La tecnología de memoria utilizada y el ancho del bus de datos con el cual el procesador de video se conecta con ésta resultan ser factores fundamentales en la rapidez con la que se completan las operaciones de *BitBlts*, las cuales son constantes al utilizar aplicaciones o entornos gráficos basados en ventanas, iconos y botones.



Aceleración de Gráficos 3D (3 Dimensiones)

Una tarjeta que ofrezca capacidades de aceleración para la producción de objetos y escenas en 3 dimensiones (3D, en el espacio de coordenadas X, Y y Z) es fundamental si utilizamos software para animación 3D y juegos con escenas 3D producidas en tiempo real o si visitamos sitios de Internet que contienen realidad virtual y simulaciones en 3D. Este tipo de aplicaciones están cada vez más difundidas, exigiendo mucha capacidad de procesamiento al procesador principal.

En muchos casos, no poseer una tarjeta de video que ofrezca aceleración 3D puede limitar la funcionalidad del software, los efectos especiales en los juegos o la máxima resolución y cantidad de colores que éstos nos puedan ofrecer. Un mismo juego ejecutado en una PC sin una tarjeta con aceleración 3D presenta un cambio muy notable al verlo ejecutado con aceleración 3D (ver la Fig. 8.8) con el cual la calidad de la imagen, el realismo y los efectos especiales son muy sorprendentes.

La producción (*rendering*) de escenas 3D en tiempo real requiere de miles de cálculos (ver la Fig. 8.9), por lo tanto, los aceleradores 3D intentan liberarle el trabajo al procesador central ofreciendo, entre otras, las siguientes funciones:

- Dibujar figuras primitivas en el espacio: líneas, círculos, triángulos, cuadrados, rectángulos, etc.

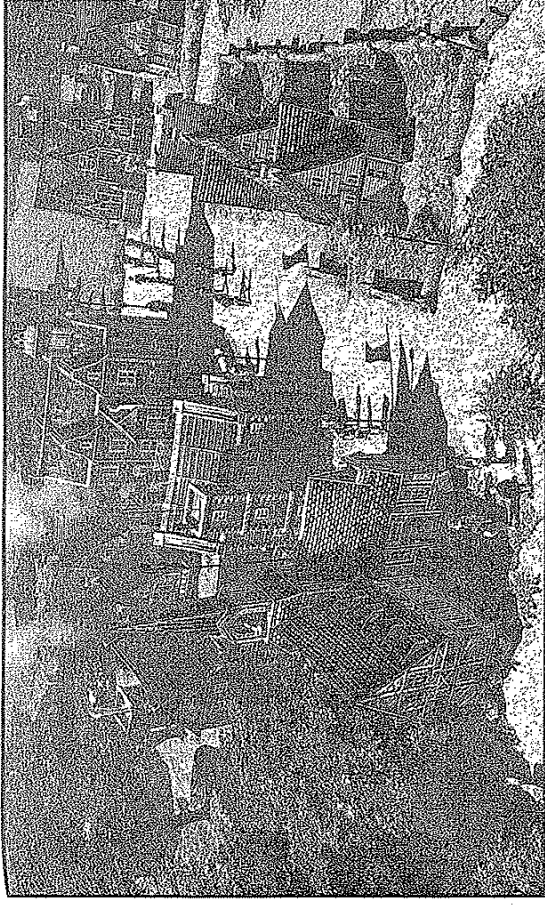


Fig. 8.8. Un juego mostrando imágenes 3D producidas en tiempo real, utilizando una tarjeta con aceleración 3D.

- Aplicar luces y sombras a polígonos en el espacio según la interpolación de los ejes de los mismos. Hay muchas técnicas con diferentes calidades finales para estos procedimientos.
- Aplicar mapas de texturas (como por ejemplo maderas, mármoles, plásticos) para revestir a contornos de polígonos 3D con parámetros como porcentajes de transparencia, perspectivas y reflectividad, entre otros.
- Aprovechar la memoria de video como almacenamiento temporal para texturas. Algunas tarjetas incluyen la capacidad de compresión de texturas.
- Aplicar efecto de niebla (*fogging*) sobre determinadas partes de una escena.
- Capacidad de *Z-buffering* (buffer de profundidad: eje Z), permitiendo asociar a cada uno de los pixels que forman la imagen de una escena con sus posiciones en el espacio y así facilitar el movimiento de figuras por el eje Z, procedimiento que se limitará a cambiar el valor del *Z-buffer* asociado a cada uno de los pixels que forman el objeto que se quiere traer al frente o llevar al fondo. Esta capacidad implica más memoria de video para la misma resolución, pues se agrega un valor más por cada pixel.
- Utilizar *multibuffering* para suavizar la animación. Se generan las imágenes en otras pantallas completas no visibles para luego intercambiarlas y que la

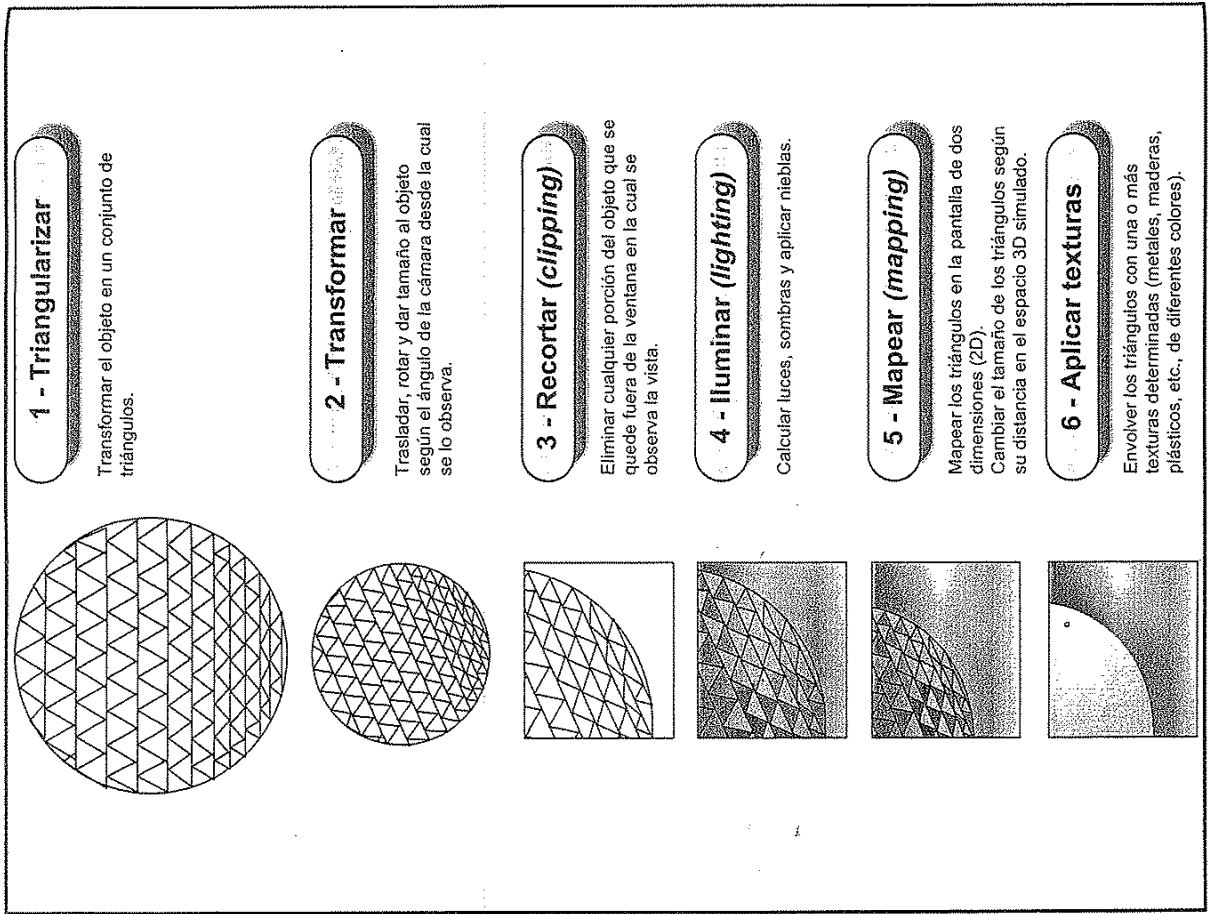


Fig. 8.9. Pasos para producir (render) una escena 3D.

animación se vea más natural. Las tarjetas que poseen mucha memoria llegan a ofrecer cuádruple buffering para las resoluciones más altas. Existen muchas más funcionalidades que ofrecen los aceleradores 3D y el desarrollo de todas ellas justificaría un libro por sí mismo. Por lo tanto, nos hemos limitado a las más importantes. Se debe tener en cuenta que la aceleración de producción de gráficos 3D en tiempo real es una de las tecnologías en las que más se está investigando para producir aplicaciones y juegos de mayor realidad, por lo tanto los avances son constantes y hay cada vez mayor cantidad de tarjetas más veloces y con nuevas prestaciones.

En la mayoría de los casos, los aceleradores 3D incluyen todas las funciones de los aceleradores gráficos convencionales ó 2D ya vistos anteriormente.

Aceleración de la Reproducción de Video

Algunos procesadores de video se especializan en acelerar la reproducción de video en formatos digitales como MPEG (Motion Picture Experts Group – Grupo de Expertos en Películas en Movimiento); MPEG-2; MPEG-4; H.264; WMV; Indeo; QuickTime; AVI (Audio Video Interleave – Audio y Video Entrelazados), entre otros.

La decodificación de estos formatos de video, especialmente de MPEG-2 y MPEG-4, toman mucho tiempo del procesador central, es por ello que existen procesadores de video que incorporan rutinas específicas para acelerar este procedimiento y decodifican en hardware la reproducción de video en estos formatos.

El formato MPEG-2 adquirió mucha importancia pues es el que se utiliza en los DVD, por lo tanto, para reproducir uno en la PC, se necesita decodificar este formato de video en tiempo real. Para utilizar un DVD en una PC y poder ver el video con la máxima calidad, sin saltos y sin cuadros congelados, es muy conveniente tener un procesador de video capaz de decodificar MPEG-2.

Aceleradores Externos o Incorporados a la Tarjeta

Todas las capacidades de aceleración vistas anteriormente pueden estar incorporadas en la misma tarjeta de video o bien presentes en tarjetas adicionales que se conectan con la cual ya tengamos instalada en la PC.

Un ejemplo de este caso es tener una tarjeta de video sencilla, sin muchas capacidades de aceleración más que algunas rutinas para mejorar el rendimiento en

Windows y agregarle una tarjeta que se conecta a esta última (las tarjetas poseen para tal fin un conector conocido como *feature connector*) para brindarle capacidades de aceleración 3D o bien decodificación de video MPEG-2 y/o MPEG-4 por hardware.

Las tarjetas que ofrecen todo esto integrado suelen ser la mejor alternativa, especialmente cuando se conectan al bus PCI Express 32x, pues aprovechan al máximo las características de este último y nos aseguran una total compatibilidad de todas las funciones.

Controladores (Drivers), Direct3D, OpenGL y GLIDE

Cada tarjeta de video agrega sus nuevas capacidades para conseguir imágenes de mejor calidad y rendimientos superiores, pero para que esto se aproveche en las aplicaciones, es necesario contar con los *drivers* apropiados.

La importancia del driver la descubrimos si utilizamos una tarjeta de video con aceleración 2D, 3D y de reproducción de video con el driver de una tarjeta VGA genérica, pues ninguna de todas sus características sobresalientes va a estar disponible y su rendimiento estará lejos del que es capaz de alcanzar.

Es muy importante que los aceleradores 3D sean compatibles con Direct3D, el componente de DirectX que permite el desarrollo de juegos y aplicaciones estandarizados con generación de gráficos 3D en tiempo real. Debido a que la gran mayoría de los desarrollos actuales se basan en este estándar.

Direct3D es una suerte de capa (*layer*) que hace de intermediario entre el *driver* de la tarjeta de video y el hardware, de manera tal que el software no tenga que conocer la forma exacta de trabajo con la tarjeta y simplemente dialogue con Direct3D y sea éste el encargado de aprovechar al máximo las capacidades de aceleración ofrecidas por la tarjeta.

El soporte a OpenGL es importante si vamos a usar aplicaciones CAD/CAM en Windows Vista, XP ó 2003, o bien en Linux o Unix, pues estas últimas suelen utilizar este juego de comandos estándar para las transformaciones 3D. OpenGL es la versión para aplicaciones más profesionales de Direct3D, mientras que este último está más orientado a juegos y aplicaciones interactivas.

El estándar GLIDE ha ido perdiendo importancia debido a que los aceleradores eran mucho más costosos que aquéllos diseñados para trabajar con Direct3D y OpenGL.

Actualmente es mucho más popular el desarrollo de aplicaciones para Direct3D que para GLIDE y la mayoría de las diseñadas para GLIDE también ofrecen

compatibilidad con Direct3D, por lo tanto, no tiene mucho sentido pagar el sobreprecio para tener soporte a GLIDE.

Salidas de las Tarjetas

Las tarjetas de video modernas pueden contar con diferentes salidas para los monitores modernos:

- El conector VGA Analógico (*Analog VGA*). También conocido como HD-15 ó Sub-D 15. Es la salida que se usó por muchos años para todos los monitores con TRC.
- El conector DVI-D (*Digital Visual Interface, Digital – Interfaz Visual Digital, Digital*). También se lo conoce como DFP Output (*Digital Flat Panel Output* – Salida digital para pantalla plana). Es una salida digital especial para los monitores LCD TFT y Plasma, pues ingresa directamente con señales digitales y evita la doble conversión digital-analógica por un lado y analógica-digital que se debe llevar a cabo si se usa un conector VGA Analógico como entrada para esta clase de monitores. Por otro lado, debemos tener en cuenta que este conector viene en dos versiones:

- **Single-link (Único enlace)**. Utiliza un único transmisor que funciona a 165 MHz.
- **Dual-link (Enlace dual)**. Utiliza dos transmisores a 165 MHz, los cuales duplican la tasa de transferencia de datos, por lo cual, permite enviar información de pantallas a mayores resoluciones de las que alcanza el anterior. Por ejemplo, permite trabajar a altísimas resoluciones como 2560 × 1600. Debemos tener en cuenta que el cable utilizado también debe soportar el enlace dual para que funcione correctamente. Ver la fig. 8.10.

Algunas tarjetas de video ofrecen ambas salidas, para brindar compatibilidad con los monitores con TRC. Sin embargo, otras incluyen solamente la salida DVI-D.

Si va a trabajar con monitores LCD TFT o con monitores o televisores Plasma que ofrecen una entrada DVI-D, es conveniente utilizar una tarjeta de video con una salida DVI-D, pues al evitar realizar conversiones adicionales, como sucede al usar una salida VGA convencional, se obtiene una calidad de imagen superior.



Muchas tarjetas de video también ofrecen más de una salida VGA o DVI-D, para que se puedan conectar varios monitores en vez de uno. En la Fig. 8.4 podemos ver una tarjeta de video con dos salidas DVI-D, con la cual se puede gestionar la visualización de pantalla de dos monitores, totalmente independientes entre sí. Es decir, no es que los dos monitores van a mostrar la misma imagen, sino que cada

uno tendrá la propia para que podamos trabajar en ella. La mayoría de los sistemas operativos modernos que trabajan con interfaces gráficas ofrecen un soporte a múltiples escritorios en diferentes monitores, como Windows y Linux.

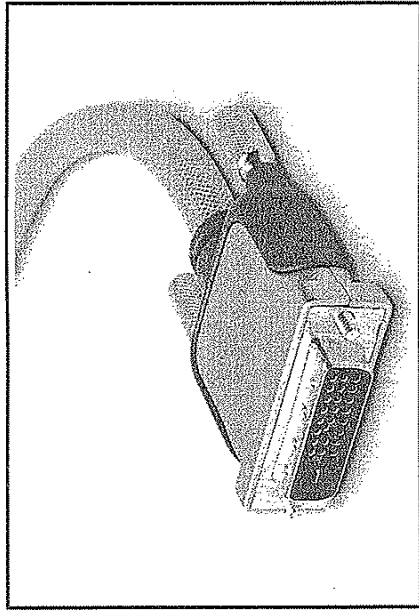


Fig. 8.10.
Un cable con un conector DVI-D dual-link.

Muchas tarjetas de video incluyen un conector de video compuesto para enchufar la salida de la misma a un televisor con entrada convencional de audio y video. También algunas tarjetas de alto rendimiento incluyen salidas para HDTV (*High Definition Television* - Televisión de Alta Definición).

Sin embargo, debemos tener en cuenta que la mayoría de los televisores LCD y Plasma suelen ofrecer entradas VGA analógicas o DVI-D para que se puedan conectar a la PC. Por lo tanto, estas salidas adicionales solamente son necesarias si el equipo al cual queremos conectarlo no nos ofrece una entrada compatible con monitores.

Medición del Rendimiento

Para saber el rendimiento de una tarjeta de video tradicional o acelerada, se pueden comparar los resultados de varios tests de velocidad que se lograron con un mismo sistema base, pero utilizando distintas tarjetas. Uno de los tests más utilizados es el que indica la cantidad de pixels que puede modificar una placa de video en un segundo, otro es la cantidad de cuadros por segundo capaz de reproducir en una animación tipo AVI o video MPEG-2, el rendimiento utilizando el estándar DirectX y Direct3D, así como la respuesta en los tests Winmark que miden la velocidad bajo Windows y las velocidades de dibujo de pantalla en Autocad.

Mostrar aquí una comparación del rendimiento de los aceleradores gráficos no valdría la pena, pues se pueden encontrar en revistas de información técnica y las posibilidades varían mucho según la actividad que se desea realizar. No se debe guiar por los folletos de los fabricantes, pues pueden (mejor dicho, lo hacen) publicar números que no tienen nada que ver con la realidad. Además, debemos tener en cuenta las características completas del equipo en el cual se ejecutan las pruebas.



Para las aplicaciones de negocios generales el mejor bus para las tarjetas en estos momentos es el PCI Express (32x ó 16x), pero si no se dispone de éste, se debe optar por AGP Pro, aunque quedará obsoleto en muy poco tiempo. Un procesador acelerador de 256 ó 128 bits es mucho mejor que uno de 64, pero también más caro y los 64 bits funcionan bien para las aplicaciones generales.

Para trabajar con aplicaciones con gran contenido multimedia, manejo de gráficos 3D, juegos que modelen gráficos 3D en tiempo real (como el Age of Empires III y el Counter Strike) y disfrutar de la realidad virtual 3D en Internet, la mejor opción será una tarjeta PCI Express (32x ó 16x) con un procesador acelerador de 256 ó 128 bits, RAM DAC integrado y 512 MB de memoria de video GDDR3 ó GDDR4. En la actualidad, también es conveniente no dejar de lado la posibilidad de adquirir la tarjeta con aceleración 3D incorporada y 256 MB para texturas como mínimo, pues sino, al poco tiempo descubriremos que nos estamos perdiendo las mejores imágenes de las aplicaciones más sorprendentes, especialmente cuando vemos las mismas ejecutándose en la PC de un amigo con aceleradora 3D. En ese momento, saldremos corriendo a adquirir una tarjeta adicional para agregarle dicha funcionalidad y el costo total será mucho mayor que tener toda la solución en una sola tarjeta.

La Frecuencia de Refresco Necesaria

Las tarjetas VGA convencionales fueron diseñadas para trabajar con una frecuencia de refresco de pantalla de 60 Hz, es decir, que actualizan la pantalla 60 veces en un segundo. Esta frecuencia de refresco no es demasiado alta como para evitar que algunas personas sientan cansancio en la vista al trabajar varias horas frente a la pantalla o perciban un efecto de parpadeo.

La frecuencia de refresco de pantalla ideal mínima es de 72 Hz, con 72 actualizaciones de la pantalla por segundo, la imagen aparece frente al ojo humano totalmente inmóvil, permitiendo un mejor descanso de la vista. Aunque, no todos los monitores soportan esta frecuencia. La mayoría de los monitores económicos no pueden trabajar a estas frecuencias en altas resoluciones como 1600 x 1200.

Muchas tarjetas soportan altas resoluciones pero reduciendo a la mitad la velocidad de refresco de pantalla y utilizando el modo entrelazado. Debe asegurarse de que la tarjeta de video soporte la frecuencia de refresco mínima de 72 Hz también en las resoluciones máximas.

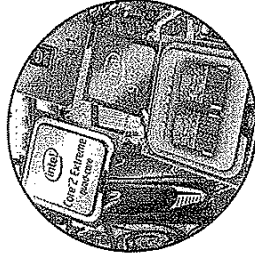
Algunas tarjetas que soportan los 72 Hz, vienen con la opción de utilizar también otras frecuencias de refresco, como 60 Hz o menores, para posibilitar su conexión a un monitor que no soporte frecuencias tan altas. En la mayoría de los casos, las tarjetas vienen configuradas de fábrica para funcionar en 60 Hz y para hacerlo en 72 Hz o frecuencias mayores hay que modificar los parámetros de las mismas con las aplicaciones específicas que la acompañan o bien mediante la configuración de los parámetros del *driver* en Windows o Linux.

Siempre que el monitor y la tarjeta de video lo soporten, es conveniente trabajar con frecuencias de refresco de 72 Hz o mayores. Especialmente, si se utilizan monitores con tamaños de pantalla superiores a los 15".

Para mayor información sobre la solución de problemas con las tarjetas de video y sus drivers, puede consultar los libros Reparación Avanzada de PC con Windows; Reparación y Actualización de PC; Reparación y Actualización de PC Visual y Reparando y Configurando Motherboards de PC, de Editorial HASA.



Capítulo 9



Los Monitores

El monitor es el dispositivo de salida de mayor importancia de un sistema de computación. Sin él, no veríamos qué es lo que sucede en la PC, no se podría comunicar con nosotros y no sería posible ver sus mensajes de ninguna forma. El monitor es un elemento demasiado importante, pues al trabajar varias horas frente a la PC, nuestra vista está fija sobre éste y si no es el adecuado nos podrá traer dolores de cabeza, cansancio ocular, etc. Por lo tanto, hay que saber elegirlo y configurarlo.

Tipos de Pantallas

Los monitores pueden usar diferentes tecnologías de pantallas para mostrar las imágenes. La gran mayoría utiliza alguna de las siguientes:

- LCD (*Liquid Cristal Display* – Pantalla de Cristal Líquido), la cual a su vez puede ser de:
 - Matriz Pasiva (*Passive Matrix*).
 - TFT (*Thin Film Transistor* – Transistor de película delgada) o *Active Matrix* (Matriz activa).
- PDP (*Plasma Display Panel* – Panel de pantalla de plasma), que también se conoce simplemente como Plasma.
- TRC (*Tubo de Rayos Catódicos*).

En los últimos años, los monitores LCD TFT y los Plasma se han hecho mucho más populares y están reemplazando a la tecnología TRC.

A continuación vamos a analizar en detalle la primera de las tecnologías que se utilizó para la confección de monitores, con la cual vamos a comprender muchos conceptos básicos del funcionamiento de los monitores que luego aplicaremos para conocer otras tecnologías y compararlas.

Monitores con TRC

La manera como el monitor genera la imagen en la pantalla es similar a la utilizada por el sistema de televisión con TRC (en inglés CRT). Está compuesto por un gabinete de plástico, el tubo que forma la pantalla (ver la Fig. 9.1) y en su interior posee todos los circuitos electrónicos para su funcionamiento, así como el transformador de alta tensión (*fly-back*), la fuente de alimentación, el yugo de deflexión, controles de brillo, contraste, posición horizontal y vertical, etc.

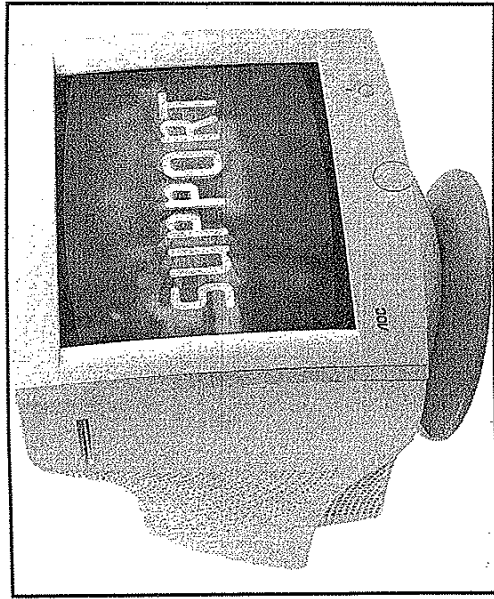


Fig. 9.1.
Un monitor color con pantalla TRC de 19".

El tubo que forma parte del monitor se llama TRC, es un cono de vidrio hermético y cerrado al vacío. En su parte posterior, más estrecha, posee un cañón electrónico capaz de producir un haz de electrones que se puede mover por el tubo. La parte que vemos del tubo puede ser plana o tener una pequeña curvatura, generalmente es de forma rectangular y la denominamos pantalla.

Los monitores que utilizan TRC aprovechan las propiedades de ciertas sustancias (fósforo) que se iluminan al ser impactadas por un haz de electrones acelerados a grandes velocidades. El cañón electrónico es el encargado de generar el haz de electrones de la siguiente manera: la zona interior de la pantalla de vidrio es alimentada con alta tensión (entre 8000 y 24000 V) de carga positiva, entonces cuando el cañón electrónico tiene una serie de electrones con carga negativa, éstos son atraídos por la carga positiva de la pantalla (cargas opuestas se atraen).

La velocidad de impacto del haz de electrones generado se puede variar para alterar la resplandecencia que ofrece cuando se encuentra con la pantalla. El color, la persistencia y velocidad de repuesta del punto generado dependen del material

utilizado en el frente de la pantalla y mediante procesos especiales, se pueden obtener materiales capaces de corregir muchos defectos y mejorar la calidad de la imagen.

Alrededor de la zona que rodea los cañones del tubo hay dos pares de bobinas que generan campos magnéticos capaces de desviar el haz a cualquier punto de la pantalla. Estos pares de bobinas se denominan yugo de deflexión, un par de ellas sirve para desviar el haz en forma vertical y el otro par para hacerlo en forma horizontal.

La tarjeta de video envía la información al monitor en serie, es decir, un punto atrás del otro. El movimiento del haz para dibujar la pantalla comienza en la esquina superior izquierda y termina en el extremo inferior derecho, dibujando la pantalla línea por línea de izquierda a derecha y luego retornando a la izquierda para comenzar en la siguiente línea. La fuerza de impacto del haz con la cara interna de la pantalla también la determinará la información proveniente de la controladora de video, obteniéndose así diferentes intensidades. Cuando llega al final de la pantalla (esquina inferior derecha) se desconecta el haz de electrones (proceso de borrado) y el haz es dirigido nuevamente a la esquina superior izquierda.

La cantidad de veces que el haz recorre la pantalla en un segundo depende de la tarjeta de video a la cual está conectado el monitor y las capacidades del monitor mismo. Esta puede variar entre 50 y 150 veces por segundo. A veces la tarjeta de video puede trabajar a frecuencias en las que un monitor económico no puede manejar a altas resoluciones, por lo cual se recurre a otro modo de trabajo, el entrelazado. Este último modo se explicará más adelante en detalle.



En los monitores monocromáticos un solo haz recorre toda la pantalla, la tonalidad presentada por los pixels encendidos está determinada por el fósforo que se encuentra en la cara interna de la pantalla. Existen varias tonalidades, siendo los más comunes los de color verde, ámbar y blanco; aunque se utilizan únicamente para aplicaciones especiales, pues ya no se comercializan para el uso hogareño.

En los monitores color, tres cañones de electrones emiten tres haces de electrones de intensidad independiente, que se desplazarán juntos e impactarán sobre las diferentes zonas de la pantalla. Para lograr que cada uno de los haces adquiera uno de los colores primarios (uno rojo, otro verde y otro azul) se utilizan tres capas diferentes de fósforo para obtener cada tonalidad y se iluminan a través de una máscara perforada. Esta máscara está diseñada para que el haz de electrones de los puntos verdes se dirija exclusivamente a la máscara verde, que los rayos rojos se dirijan solamente hacia la máscara roja y los azules a la máscara azul.

Variando la intensidad de cada haz de electrones, se modifica la intensidad de un punto en el que se concentran cierta intensidad de rojo, verde y azul,

independientes entre sí y de esta forma se puede obtener cualquier color formado por la suma de los tres canales.

Los monitores con TRC reciben una señal analógica para cada color proveniente de las tarjetas de video a través del conector VGA. Al igual que al explicar la tecnología de estas últimas, los mismos conceptos se aplican a los monitores. Al poder representar la información de cada color por una señal variable (no limitada simplemente a un par de estados), combinando los tres colores primarios, la cantidad de colores que se pueden obtener es prácticamente ilimitada.

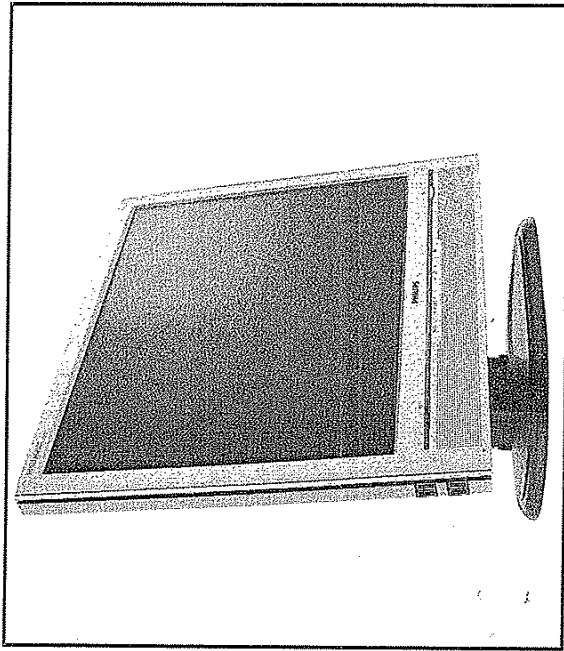


Fig. 9.2.
Un monitor color con pantalla LCD TFT de 19" en formato Wide.

Monitores LCD y TFT

Estos monitores tienen muchas diferencias con respecto a los que usan pantallas TRC. En primer lugar, son totalmente digitales, por lo cual si reciben la señal analógica de una tarjeta de video a través del conector VGA tradicional, necesitan convertir las señales analógicas a señales digitales. Es por ello que resulta conveniente utilizarlos con tarjetas de video que proveen una salida DVI-D, las cuales hemos analizado en el capítulo anterior, pues envían la señal digital al monitor y evitan que éste deba realizar una conversión analógica a digital. Además, la calidad de la imagen, al no pasar por dos conversiones, es superior.

Se utilizan cargas eléctricas para excitar los cristales líquidos que se encuentran suspendidos entre dos paneles de vidrio y conforman una gigantesca matriz en

donde cada elemento es la mínima unidad que se puede encender de un color determinado. Excitando cada una de estas unidades de la matriz, se genera una imagen a colores en una resolución determinada.

Los monitores LCD poseen las siguientes ventajas sobre los monitores TRC:

- Los gabinetes tienen mucha menor profundidad que los TRC, siendo más cómodos para ubicar en un escritorio, especialmente cuando son de 17", 19", 21" y mayores tamaños de pantalla (ver la Fig. 9.2).
- El efecto de parpadeo que se percibe en los TRC cuando trabajan con bajas frecuencias de refresco (menores de 72 Hz) es menos perceptible.
- Las imágenes que producen son más claras y nítidas, debido a que cada pixel se administra en forma totalmente digital y no se distorsionan en las esquinas. Sin embargo, debemos tener en cuenta que esto se aplica a las pantallas de mayor calidad, pues algunas no son muy nítidas al mostrar texto aún en altas resoluciones.
- La pantalla es totalmente plana.

Pero, nada es gratis, porque estos monitores son bastante más caros que los TRC.

Las pantallas LCD de matriz pasiva fueron las primeras que se utilizaron y las más económicas, pero tienen limitaciones importantes en el brillo y el contraste, y el ángulo de visión es bastante reducido, por lo tanto, no son recomendables para emplear en monitores.

La de matriz activa son las más utilizadas en las pantallas LCD actuales porque producen imágenes con mucho brillo y alto contraste. El ángulo de visión suele ser muy amplio, de más de 140°. Estas mejoras se logran debido a que utiliza una arquitectura mejorada, conocida como TFT, con la cual cada pixel del LCD se activa con una carga que proviene directamente de un transistor. Como cada pixel tiene su propio transistor, esta estructura es muy compleja y también mucho más costosa que la de matriz pasiva.

En los equipos modernos, estos monitores son más populares que los de TRC.

Monitores Plasma

Los monitores Plasma son similares a los LCD TFT descritos anteriormente. La principal diferencia es la tecnología para mostrar el color, que en el caso de los paneles de plasma es similar a la utilizada por los TRC (fósforo y plasma gaseoso), y que se consiguen tamaños de pantalla desde 42" hasta más de 60", con espesores bastante reducidos no mucho mayores a 6". Generalmente los monitores LCD TFT no superan las 37".

Su desventaja es que la producción de tamaños de pixel pequeños es extremadamente costosa, por lo cual, las resoluciones ofrecidas son bajas comparadas con sus amplios tamaños. Aunque, están mejorando constantemente.

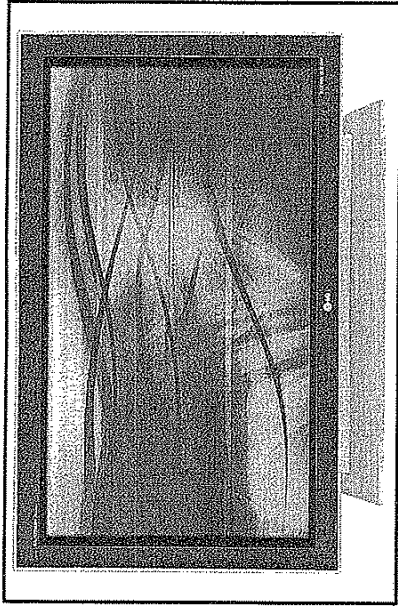


Fig. 9.3.
Un monitor color
con pantalla
Plasma de 42", en
formato Wide.

Parámetros Técnicos de los Monitores

Frecuencia Vertical

La frecuencia vertical indica el número de veces que se actualiza la pantalla completa en un segundo. Se expresa en Hertz o ciclos por segundo, es decir, veces por segundo. Para estar trabajando mucho tiempo con la computadora, se recomiendan frecuencias verticales de 72 Hz o mayores, ya que a frecuencias menores, algunas personas pueden percibir un parpadeo molesto.

A la frecuencia vertical también se la conoce con el nombre de frecuencia de refresco de pantalla (*refresh rate*). Para evitar parpadeos molestos, utilice monitores y tarjetas de video que puedan trabajar a frecuencias de refresco de 72 Hz como mínimo.

Frecuencia Horizontal

La frecuencia vertical máxima de un monitor va a depender de la cantidad de líneas que debe llenar cada vez que se actualiza la pantalla. La frecuencia horizontal se obtiene del producto del número de líneas horizontales y de la frecuencia vertical a la que se debe trabajar. Si se dibuja una cierta cantidad de líneas para llenar una pantalla y esa pantalla debe ser actualizada varias veces por segundo, el producto de ambos datos va a dar la cantidad de líneas que se llenarán en un segundo.

La frecuencia horizontal del monitor debe ser lo suficientemente grande como para trabajar en las resoluciones más altas como 1600×1200 , a 72 Hz de frecuencia vertical como mínimo.

La frecuencia horizontal indica entonces la cantidad de veces por segundo que el haz de electrones se deberá desplazar de izquierda a derecha de la pantalla en un monitor con TRC. Un monitor con una resolución de 768 líneas y una frecuencia vertical de 70 Hz tendrá una frecuencia horizontal de $768 \times 70 = 53.760$ Hz ó 53,76 kHz, lo que indica que el haz de electrones deberá actualizar 53.760 líneas por segundo.

En el caso de los monitores LCD y Plasma, un prescalador (*prescaler*) y el microprocesador se encargan de generar las señales para ir excitando cada uno de los pixels de la pantalla a la velocidad necesaria.

La Máxima Resolución

Se llama *dot-pitch* a la distancia que existe entre un centro y otro de los agujeros que componen la máscara explicada para los monitores con TRC, y esta distancia determinará la máxima cantidad de puntos coloreados que van a ser posibles distinguir uno de otro en cada línea de la pantalla, lo cual significa que a menor distancia entre los puntos, el monitor podrá mostrar mayor resolución.

El *dot-pitch* establece la nitidez de la imagen a determinadas resoluciones.

También, un factor importante es el tamaño del pixel, el cual también incide en la calidad de imagen que se puede obtener en las diferentes resoluciones permitidas por el monitor.

Así como no es conveniente un monitor con un *dot-pitch* grande, tampoco lo es un monitor con un *dot-pitch* demasiado pequeño, por lo siguiente, una distancia muy pequeña entre los puntos reduce el brillo y el contraste de la imagen. Al ser más pequeñas las aberturas en la máscara de sombra, existirán menor cantidad de electrones impactando sobre la pantalla, lo que implica una imagen más desvanecida. Se puede deducir que aumentando el brillo se compensa este defecto, pero no es así, pues si bien esto es verdad, si se debe incrementar demasiado el brillo, aumenta considerablemente el tamaño de los pixels y se pierde la resolución desperdiciando la ventaja del *dot-pitch* pequeño.

Como conclusión, se puede decir que si se va a trabajar con fotografías, gráficos o multimedia, se debe privilegiar el brillo, mientras que si se lo va a hacer con aplicaciones de autoedición, dibujo vectorial y procesamiento de textos, se debe dar prioridad a la alta resolución dejando de lado el brillo. A pesar de estas conclusiones, no se debe olvidar que el tamaño máximo aceptable de distancia entre puntos debe ser de 0,28 mm.

Monitores XHD

Se denominan monitores XHD (*Extreme High Definition* - Extrema alta definición) a aquellos que permiten trabajar en alguna de las siguientes resoluciones: 1680 x 1050; 1920 x 1200 y 2560 x 1600, ó superiores.

Estas resoluciones son en formato de pantalla ancho, el cual analizaremos más adelante en este mismo capítulo. Estos monitores permiten generar unas imágenes de calidad excepcional, especialmente para aplicaciones con uso intensivo de recursos gráficos, diseño asistido por computadora, animación 3D y juegos.

El Tiempo de Respuesta

Éste es un parámetro muy importante a tener en cuenta en los monitores LCD y Plasma. El tiempo de respuesta indica el período mínimo que tarda un pixel en cambiar de color (pasar de un estado a otro) y se debe a las características del modo de funcionamiento de estas pantallas.

Las pantallas de menor calidad tienen un tiempo de respuesta demasiado alto, por lo cual, ante cambios bruscos de contenidos en la pantalla, se pueden ver con lentitud y no resultan apropiados para la reproducción de vídeo y para las aplicaciones con gráficos en movimiento, como los juegos.

La gran desventaja es que a menor tiempo de respuesta, mayor es el costo de fabricación de la pantalla.

El tiempo respuesta de los monitores se mide en milisegundos. Es conveniente utilizar monitores con tiempos de respuesta iguales o menores a 8 ms para poder visualizar video con una sensación de movimientos suaves.



El Ángulo de Visualización

El ángulo de visualización es un parámetro muy importante para los monitores LCD TFT y Plasma, pues si es demasiado reducido puede resultar incómodo y muy molesto para trabajar. Generalmente, se especifican los ángulos de visualización horizontal y vertical por separado.

Es conveniente adquirir monitores con un ángulo de visualización horizontal y vertical mínimos de 140° para poder trabajar correctamente.

La Relación de Brillo

La relación de brillo es un parámetro que indica la luminancia máxima que se puede conseguir del monitor. Generalmente se mide en candelas por metro cuadrado, simbolizado cd/m^2 .

Este parámetro es muy importante para los monitores LCD TFT y Plasma, pues si es inferior a 250 cd/m^2 , se obtendrá una paleta de colores limitada, especialmente en videos y aplicaciones de uso intensivo de recursos gráficos, como los juegos. Es conveniente adquirir monitores con relaciones de brillo de 500 cd/m^2 o superiores.

La Relación de Contraste

La relación de contraste es otro parámetro muy importante para los monitores LCD TFT y Plasma, pues si es inferior a 600:1, se perderá calidad de visualización, especialmente en aplicaciones gráficas o puede resultar complicado trabajar en ambientes con demasiada luz.

Es conveniente adquirir monitores con relaciones de contraste de 700:1, ó superiores.

Monitores Multifrecuencia

En la prehistoria de la informática (hasta 1986) los monitores eran de frecuencia fija (horizontal y vertical). Los monitores CGA solamente podían tener un juego de frecuencias que eran: 60 Hz para la frecuencia vertical y 15,75 kHz la horizontal.

En 1986, para cambiar la historia, NEC creó sus monitores Multisync, que eran capaces de trabajar a frecuencias horizontales que iban de 15,6 a 31,5 kHz y a cualquier frecuencia vertical de 50 a 70 Hz. De esta forma, se podían utilizar estos tipos de monitores con cualquier tarjeta de vídeo: desde Hercules hasta VGA. Para posibilitar la selección del tipo de tarjeta llevaban incorporados un interruptor analógico/digital.

Actualmente, cualquier monitor que trabaje con múltiples resoluciones y profundidades de colores es multifrecuencia, pero no debemos olvidar, como sucedía con el *dot-pitch*, que también hay modelos económicos, los cuales manejan rangos de frecuencias que no nos permiten trabajar bien en determinadas resoluciones.

No al Entrelazado

Como se ha explicado anteriormente, la frecuencia horizontal es directamente proporcional al producto de la frecuencia vertical y de la resolución que se utilice.

Por lo tanto, a mayor resolución, mayor será la frecuencia horizontal que deberá aceptar el monitor y más complicado y caro será su diseño.

Por esa razón, en los lejanos tiempos del 8514/A de IBM, se buscó obtener una resolución más alta con una pantalla económica actualizándola a menor frecuencia. En vez de actualizarla a 60 veces por segundo (el antiguo estándar para resoluciones VGA), se lo hacía a 43. La menor frecuencia de actualización de pantalla derivaba en un parpadeo intenso e inaceptable.

Para tratar de eliminar este parpadeo se creó una modalidad de trabajo llamada entrelazado (*interlaced*) que consistía en recomponer la pantalla en dos pasadas. La tarjeta gráfica envía al monitor primero la información de las líneas pares solamente, y luego, en una segunda pasada, la información de las líneas impares, para completar de esta forma la imagen. Aunque con este modo de trabajo se puede trabajar a 70 Hz de frecuencia vertical, actualizando la mitad de las líneas por vez, aún se sigue percibiendo cierto parpadeo, especialmente cuando se lleva un rato largo trabajando con la computadora.

La mayoría de las tarjetas de video de buena calidad trabajan en resoluciones altas (mayores de 1920 x 1440) en modo no entrelazado (*non-interlaced*), aunque en algunos casos permiten activar el modo entrelazado mediante la configuración de la frecuencia de refresco con su *driver*. Para más datos sobre el modo de trabajo de su tarjeta de video, consulte la documentación que la acompaña.

La mayoría de los monitores económicos permiten operar en altas resoluciones pero en modo entrelazado, por lo tanto, tenga cuidado al comprar. Este modo de trabajo no es recomendado, ya que puede producir fuertes dolores de cabeza luego de un tiempo largo de trabajo, aunque depende de la persona.

Varios factores influyen sobre la eliminación parcial del parpadeo, como ser una buena iluminación brillante y los colores que se muestran en pantalla. Pero, a pesar de todo, la mejor recomendación es no utilizar monitores ni tarjetas de video que trabajen en modo entrelazado. Si tiene uno, no utilice las resoluciones altas y si necesita trabajar con éstas, haga una actualización a un equipo no entrelazado.

Su monitor puede ser apto para trabajar en altas resoluciones y modo no entrelazado, pero tal vez su tarjeta de video esté trabajando en el otro modo, por lo tanto, verifique la documentación que la acompaña para hacer trabajar al monitor en las condiciones adecuadas.

Características Físicas de los Monitores

Pantalla Antirreflejos

La pantalla debe ser opaca y lo más plana posible para evitar los reflejos. Un monitor no cumple la función de un espejo al estar encendido. Los monitores

modernos con TRC tienen pantallas planas y poseen algún sistema para filtrar las luces y evitar los reflejos. Los monitores LCD y Plasma tienen pantallas totalmente planas, por lo tanto, son los mejores para evitar los reflejos.

Tamaño y Formato de la Pantalla

El tamaño apropiado del tubo del monitor dependerá exclusivamente de la actividad a desarrollar con la PC. Vale aclarar que a mayor tamaño mayor será el precio del monitor. El mínimo aceptable para cualquier trabajo que se quiera realizar en la actualidad es de 15".

Si va a utilizar resoluciones superiores a 800 x 600, debería comprar un monitor de 15" o más. Para resoluciones de 1024 x 768 y superiores, es necesario pensar en uno mayor de 15" (17", 19", 21", etc.). Tenga en cuenta que la mayoría de las aplicaciones actuales requieren como mínimo una resolución de 1024 x 768 para funcionar correctamente.

Además del tamaño de la pantalla, debemos tener en cuenta el formato, pues cada vez son más populares los formatos anchos, también conocidos como *wide* o *wide-screen*, en los cuales la pantalla es mucho más ancha que la clásica relación 4:3. Los formatos anchos se pusieron de moda en los monitores luego de la aparición masiva de las pantallas de Plasma y pueden ser muy útiles para poder acomodar más aplicaciones en pantalla o disfrutar de videos.

Gabinete

Es importante que el monitor posea todos los controles necesarios en el frente del mismo y accesibles a la mano del usuario y no en la parte trasera, ya que son habituales los retoques personales del brillo y contraste a medida que se trabaja. El mismo concepto se aplica al botón de encendido/apagado. Una base móvil ayuda a ubicar el monitor en un ángulo libre de reflejos si es que la pantalla antirreflejos que posee no es capaz de combatir fuentes de luz importantes.

¿Qué Es la Ergonomía?

Se llama *ergonomía* a la ciencia que estudia los elementos utilizados por el hombre y analiza el impacto que producen sobre él para mejorar los diseños y disminuir los factores agresivos a su organismo.

Al estar mucho tiempo frente a las pantallas de las computadoras, se producen efectos visuales que van acompañados de daños del tipo psíquico, debido al ataque al sistema nervioso central. Este efecto lleva consigo una larga explicación científica, lo que excede los límites de este libro, por lo tanto, nos limitaremos a detallar las soluciones del problema.



Vale aclarar que estar mucho tiempo frente a la pantalla de la computadora no crea nuevos problemas visuales, sino que aparecen problemas preexistentes. Para evitar los síntomas, se recomienda la no ingestión de caféina o chocolate mientras se trabaja (un esfuerzo demasiado grande).

Los problemas oculares producidos durante la exposición frente al monitor se conocen como el **Síndrome de Tokomoshō** (en honor a su descubridor, el psicólogo japonés Hideo Tokomoshō), quien mencionó dolores en el globo ocular y síntomas de fatiga de intensidades variadas. Para combatir estos síntomas, se recomienda:

- Tomar oxígeno, el aire viciado acentúa aún más los síntomas.
- Dejar de trabajar un rato. Tomar un descanso y distraerse, aunque sea por un corto tiempo es de suma importancia.
- Proteger la vista de los reflejos y radiaciones de la pantalla, ya sea mediante filtros de pantalla o anteojos. En el caso de un monitor con TRC, si se decide por los filtros, se recomiendan los que se conectan al chasis del gabinete, pues disminuyen la radiación producida por el tubo de rayos catódicos del monitor.



Para obtener mayor información sobre los monitores, sus estructuras internas y el funcionamiento en detalle de las tecnologías que los componen, así como la solución de problemas con éstos, puede consultar los libros *Reparación Avanzada de Monitores para PC*, *Reparando Monitores de PC*, *Reparando Fuentes de Monitores para PC*, *Reparando TV LCD y Plasma*, de Editorial HASA.

Capítulo 10



Discos Rígidos

Los tiempos en los cuales los programas se corrían desde diskettes ya pertenecen a la prehistoria, por lo tanto, hoy hablar de un programa que requiere decenas de gigabytes de espacio en el disco rígido no es nada extraño. También conocido como rígido, disco duro, *hard disk* o simplemente HD. Sin ir más lejos, la edición hogareña *premium* de Windows Vista requiere casi 15 GB.

La tecnología de los discos rígidos ha evolucionado con el correr de los años, debido a las constantes necesidades de una mayor capacidad para almacenar datos, mayor velocidad para seguir el imparable ritmo de los microprocesadores modernos y más confiabilidad.

Este tema es tan amplio que justificaría por sí solo una obra entera, pero, vamos a tratar de cubrir todos los aspectos que se deben conocer sobre los discos rígidos sin dejar de lado los avances tecnológicos importantes desarrollados para poderosos centros de información, que sin dudas dentro de muy poco tiempo serán parte de nuestras PC de escritorio.

Características Físicas

Los discos rígidos están compuestos por partes mecánicas y partes electrónicas. Vamos a comenzar analizando las características físicas del mismo para luego interiorizarnos en su estructura mecánica y finalmente analizar el funcionamiento electrónico.

Los discos rígidos han evolucionado muchísimo en términos de tamaño.

Actualmente, existen discos rígidos con capacidades de 500 GB en un tamaño similar, y aún menor, que el de una unidad de discos de 3 1/2", cuando varios años atrás, un disco rígido de 200 GB tenía el tamaño de una unidad de 5 1/4" y pesaba mucho más de 1 kg.

Estas diferencias en el tamaño se deben a refinamientos continuos de los materiales que forman parte de los discos rígidos, permitiendo almacenar mayor cantidad de información en igual tamaño. A su vez, la optimización de los componentes

electrónicos y la mejora en los métodos para almacenar la información posibilitan dichas reducciones de tamaño y un considerable aumento en confiabilidad.

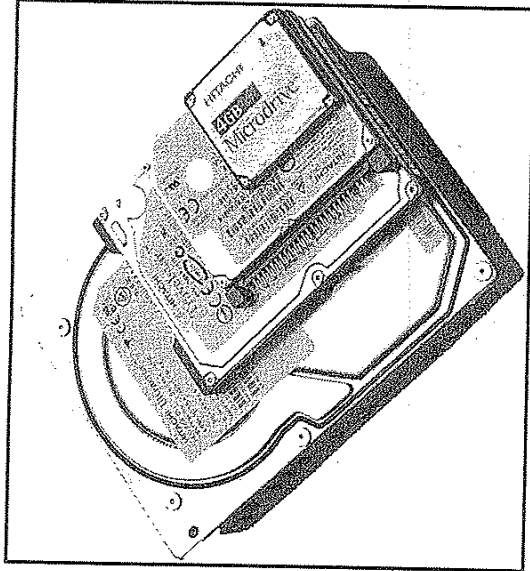


Fig. 10.1.
Varios discos rígidos de diferentes tamaños (gentileza de Hitachi Global Storage Technologies).

Los discos rígidos más comunes en la actualidad son los de formato de 3 1/2" (ver la Fig. 10.1) o más chicos, que pueden llegar a capacidades superiores a los 500 GB, sin que la altura de los mismos supere una pulgada. En unidades de 1,6 pulgadas de altura, de 3 1/2", ya se puede hablar de capacidades superiores a 1 TB. Las unidades de 5 1/4" parecen ya formar parte del pasado, aunque algunos discos rígidos de altísima capacidad recurren a dicho formato.

Los discos rígidos diseñados exclusivamente para computadoras portátiles tienen un tamaño de 2 1/2" y con una altura de solamente 19 milímetros, llegan a capacidades mayores a 160 GB.

Estructura Interna de un Disco Rígido

Un disco rígido es una unidad cerrada, por lo tanto, el medio en donde se graban los datos no puede ser retirado, sino que se encuentra en forma permanente dentro de una caja cerrada herméticamente (ver la Fig. 10.1). Los discos rígidos se componen internamente por las siguientes partes (ver la Fig. 10.2):

1. Uno o varios platos.
2. El eje y el motor.
3. Cabezales de lectura y escritura.

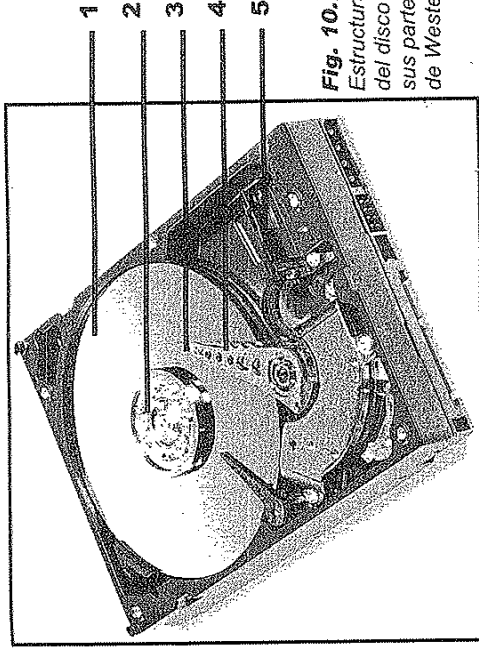


Fig. 10.2.
Estructura interna del disco rígido y sus partes (gentileza de Western Digital).

4. El brazo actuador o posicionador de las cabezas.
5. Los circuitos electrónicos de control.

Los Platos o Discos

El disco rígido está compuesto por uno o varios platos (también llamados discos) en los cuales se almacena la información. Estos platos metálicos están apilados uno sobre otro, con separaciones muy pequeñas entre sí. Los platos pueden ser de metal (aluminio en la mayoría de los casos), cerámica, vidrio o combinaciones de vidrio con cerámica y están cubiertos a ambos lados con un finísimo polvo de óxido de hierro o una película fina de metal para medios (ambas sustancias magnéticas).

El Eje y el Motor

Los platos están unidos con un eje central, el cual, a su vez está unido a un motor. Este motor hace girar al eje junto con los platos a una velocidad de 5.400 revoluciones por minuto (RPM) o mayor. Esta velocidad del motor se conoce como la **velocidad de rotación** del disco rígido.

La velocidad de rotación estándar de un disco rígido hace pocos años era de 5.400 RPM como se mencionó anteriormente, pero en la actualidad, existen discos rígidos de alta calidad y excelente rendimiento que trabajan con velocidades de rotación que superan los 15.000 RPM, siendo otras velocidades comunes las de 4.500; 5.400; 7.200 y 10.000 RPM.



Los platos giran a dicha velocidad constantemente, desde que se enciende la computadora hasta que se corte el suministro de energía al disco rígido. Los platos se mantienen girando aunque no hayan accesos a la información del disco debido a que si esto no fuera así, llevaría demasiado tiempo situar los platos a esas altas velocidades antes de cada acceso al disco. Imagine el tiempo que llevaría cada acceso si cada vez que se va a localizar a la información en el disco se tiene que esperar que el motor alcance las 7.200 RPM. Existe un dispositivo de control de la velocidad de rotación, encargado de verificar que dicha velocidad no varíe en más de un 0,5% del valor normal.

Al principio, en las *laptops* y *notebooks* se contaban con discos rígidos que, cuando llevaban un rato sin utilizarse, dejaba de funcionar el motor de los mismos, con el consiguiente ahorro de energía que significaba pasar al modo *sleep* o *stand by* (estado de espera). Cuando se requería acceder al disco, los platos debían alcanzar la velocidad de rotación y luego se realizaba el acceso, significando una pérdida de tiempo pero más horas de vida para la batería.

Este mismo concepto de ahorro de energía ha sido adoptado en las PC de escritorio ecológicas y en discos rígidos que son compatibles con estos modos de ahorro de energía. Al igual que sucede con los monitores, ambas partes deben proveer funciones de este tipo: el BIOS de la PC y el accesorio, en este caso, el disco rígido. En la Tabla 10.1 se analizan los consumos de energía típicos de un disco rígido que cumple con dichos estándares.

Tabla 10.1. Consumos de energía típicos de un disco rígido.

El disco se encuentra	Consumo típico de potencia (watt)
En espera / durmiendo	< 1,0
En reposo (solamente giran los platos)	3,7
En operación (lectura/escritura/búsqueda)	4,6

Cabezales de Lectura y Escritura y Brazo Posicionador de las Cabezales

La cabeza de un disco es un dispositivo electromagnético capaz de leer, escribir y borrar datos en medios magnéticos. Los cabezales de lectura y escritura se posicionan a ambos lados de cada plato y si hay más de un plato, se ubican en el espacio que hay entre éstos, accediendo de esta manera a ambas superficies de los mismos: la superior y la inferior. Esto significa que la cantidad de cabezales que componen un disco rígido será el doble de la cantidad de platos.

Todos los cabezales van conectados a un brazo mecánico, conocido como brazo actuador o posicionador de las cabezas. Los cabezales de los discos no se pueden

posicionar independientemente, sino que se desplazan en conjunto en forma sincronizada, aunque solamente uno de ellos puede entrar en acción por vez. El brazo posicionador de las cabezas es el encargado de trasladar los cabezales a la pista deseada.

Los cabezales de lectura y escritura no se tocan con la superficie de los platos cuando éstos giran, debido a que si esto sucediera a las grandes velocidades de rotación de los mismos, imagínese lo que sucedería con los cabezales y los platos (evidentemente, ninguno de los dos quedaría sano). Ver la Fig. 10.3.

Debido a la alta velocidad de rotación de los platos, las corrientes de aire generadas hacen que el cabezal levante vuelo y se mantenga a una altura de vuelo constante mientras sigan girando los platos. El fenómeno descrito anteriormente recibe el nombre de efecto Bernoulli, en honor al físico suizo Juan Bautista Bernoulli, por sus trabajos de investigación de los efectos de las corrientes de aire.

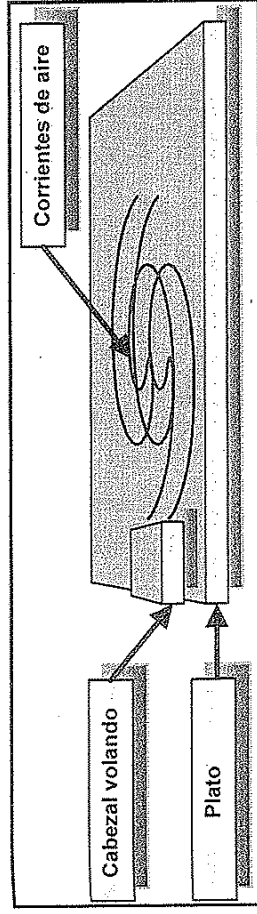


Fig. 10.3. El efecto Bernoulli hace que los cabezales no toquen la superficie de los platos mientras éstos giran.

Las superficies de los platos están lubricadas para minimizar el desgaste durante el encendido y apagado del disco rígido, siendo estas las únicas veces en que los cabezales tienen el mínimo contacto con las superficies de los platos.

La carcasa que esconde la estructura interna de los discos rígidos está cerrada herméticamente, si llegara a ingresar alguna partícula, por más pequeña que sea, podría provocar el choque de un cabezal con la superficie del disco, provocando daños irreparables. Nunca abra la carcasa del disco rígido, por lo menos si desea que éste siga funcionando sin problemas.

Organización Física de los Espacios

Antes de ser particionados lógicamente por el sistema operativo, los discos rígidos reciben un **formato físico**. El proceso de establecer un formato físico al disco rígido se conoce con el nombre de **formato a bajo nivel**. Este proceso consiste en adecuar la película magnética de todas las superficies de los platos para que quede

convenientemente organizada físicamente de manera tal que sea posible grabarle información.

Primero se divide cada plato en pistas (círculos concéntricos), también llamadas cilindros. La cantidad de pistas que reúnan los platos dependerá de la densidad de pista determinada por los procesos de fabricación. Mientras que un diskette de alta densidad agrupa 80 pistas, los platos de un disco rígido moderno concentran más de 30.000 pistas.

La densidad de pista es el parámetro técnico de los discos rígidos que indica la cantidad de pistas que se concentran en un espacio determinado, es muy común encontrarse con discos rígidos con una densidad de pista muy superior a 70.000 TPI (Tracks Per Inch) o PPP (Pistas Por Pulgada).

A su vez, las pistas se dividen en forma radial en sectores, como los pedazos en que se divide una torta. Hace muchos años, las pistas se podían dividir solamente en 17; 26 ó 34 sectores, según el método de grabación (este tema se estudiará más adelante) que utilizaba el disco rígido y todas las pistas debían tener la misma cantidad de sectores. De esta manera, los sectores más cercanos al centro del plato eran más pequeños que los más cercanos al borde y almacenaban la misma cantidad de datos. Para que eso fuera posible, la densidad de datos debía ser menor cerca del borde del plato y mayor hacia el centro. Ver las Figs. 10.4 y 10.5.

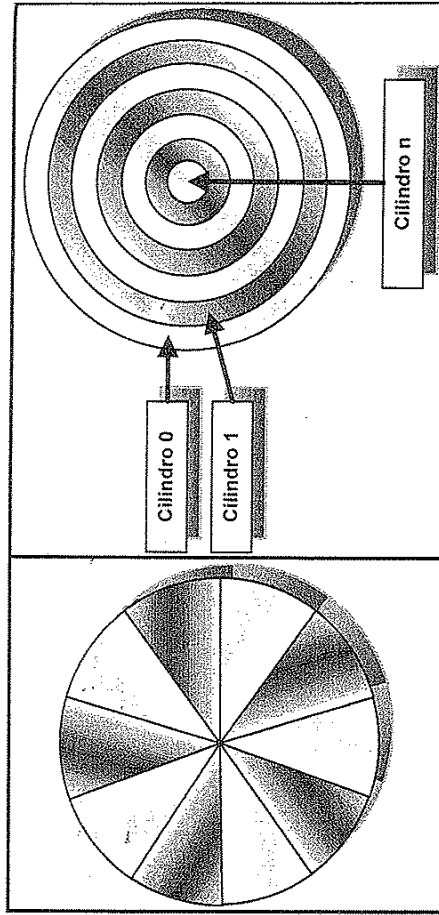


Fig. 10.4. División de los platos en cilindros y sectores.

Sin embargo, se puede optar por poner más sectores en las pistas exteriores en donde hay más espacio, aunque esto complique bastante los circuitos de control de

la unidad, pero aproveche el tamaño de los platos para almacenar mayor cantidad de información. Es así que la tecnología de los discos rígidos se inclinó por esta postura, por lo tanto es muy común encontrarse con especificaciones técnicas de éstos que indiquen el valor de sectores por pista como 58 a 218 (estos valores constituyen un ejemplo), lo cual significa que la pista más cercana al centro de los platos estará dividida en 58 sectores y la más cercana al borde en 218 sectores.



Esta técnica se conoce con el nombre de ZBR (Zone Bit Recording - Grabado de bits por zonas) y se utiliza también en las unidades de CD-ROM; DVD y HD-DVD, como veremos en los siguientes capítulos.

Normalmente, cada sector almacena 512 bytes ($\frac{1}{2}$ Kilobyte) de datos (ver la Fig. 10.6), aunque algunos discos rígidos de alto rendimiento ofrecen la posibilidad de configurar el tamaño de los sectores en 512, 520, 524, 528 ó 1024 bytes, para soportar algunas aplicaciones de red y RAID (*Redundant Array of Independent Disks* - Conjuntos redundantes de discos independientes), evidentemente esta última capacidad solamente será bienvenida en servidores y conjuntos de discos para formar una alta capacidad de almacenamiento.

A través de las cabezas (una para cada cara de los platos), cilindros y sectores, se puede acceder a una zona concreta del disco rígido. Por ejemplo: **Cilindro 15, cara inferior del plato 2, sector 12** serviría para indicar el punto al que se quiere acceder. Este modo de acceder a la información se conoce con el nombre de modo CHS (*Cylinder-Head-Sector* - Cilindro-Cabeza-Sector).

Todos los parámetros estudiados en esta sección (excepto la cantidad de datos que almacena cada sector) vienen determinados físicamente por el fabricante y dependen del método de grabación utilizado y la calidad de los platos.

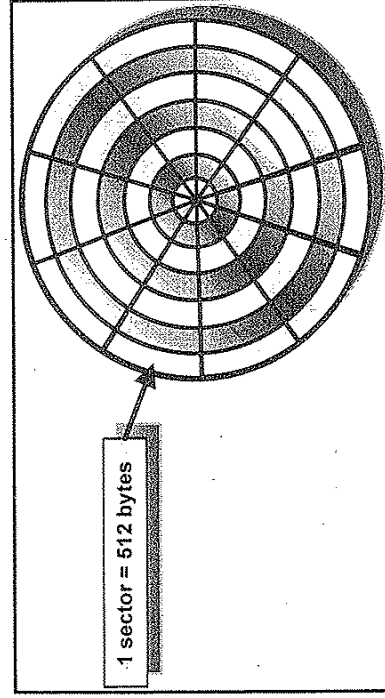


Fig. 10.6. Los cilindros y los sectores.

Capacidad

La unidad física más pequeña de un disco rígido es un sector, conteniendo cada uno (no siempre, pero es lo más común) 512 bytes. Si la cantidad de sectores por pista fuera constante (revisar el tema anterior), multiplicando la cantidad de sectores por pista por 512 obtendremos la cantidad de datos que se pueden almacenar en cada pista. Bien, ahora multiplicando la cantidad de datos por cabeza y si a éste lo finalmente, multiplicando la cantidad de datos por cabeza y si a éste lo multiplicamos por el número de cabezales o superficies, obtendremos la capacidad del disco rígido antes de recibir formato lógico, llamada capacidad bruta. La fórmula que simplifica el proceso anterior es la siguiente:

$$\text{Capacidad bruta} = \text{Sectores por pista} \times \text{Capacidad de los sectores} \times \text{Número de cilindros} \times \text{Número de cabezales}$$

Pero, como se explicó anteriormente, la cantidad de sectores por pista de los discos modernos no se mantiene constante, por lo tanto, para calcular la capacidad de los mismos mediante el principio aplicado para la fórmula anterior resulta difícil, porque no se sabe exactamente la cantidad de sectores por pista de cada una, sino que se tiene el valor de sectores de la pista de menor y mayor diámetro. Lo que sí es posible es obtener una **aproximación** a la capacidad final, mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad bruta (aprox.)} &= [(\text{Sectores por pista menor} + \text{Sectores por pista mayor}) / 2] \times \text{Capacidad de los sectores} \times \\ &\quad \text{Número de cilindros} \times \text{Número de cabezales} \end{aligned}$$

Tomemos como ejemplo los datos técnicos de un disco rígido de 1,08 GB de capacidad (1.232 MB sin formatear) y apliquemos la fórmula anterior. Este disco tiene 64 a 107 sectores por pista, 512 bytes por sector, 2874 cilindros o pistas por superficie y 8 cabezales.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad bruta (aprox.)} &= [(64 + 107) / 2] \times 512 \times 2874 \times 8 \\ &= [171 / 2] \times 11.771.904 = 85,5 \times 11.771.904 \\ &= 1.006.497.792 \text{ bytes} \end{aligned}$$

Como se pudo observar, si bien la capacidad no fue exactamente la real, no está muy lejos y nos puede dar una idea, pero como ya vimos, resulta difícil saber qué pistas tendrán qué cantidad de sectores.

Se debe tener en cuenta que los fabricantes de discos rígidos consideran al megabyte como 1 millón de bytes, y no como 1.048.576; al gigabyte como 1.000 millones de bytes y no como 1.073.741.824 bytes, lo cual significa que de la capacidad que dicen tener, pueden haber variaciones muy grandes mientras mayor sea el tamaño del disco rígido. Por ejemplo, un disco rígido que para el fabricante

es de 400 GB de capacidad formateada, una vez instalado en una PC será de 372,56 GB reales. Desaparecen unos 27 GB, que no es poco.

MTBF: ¿Qué Significa?

Entre los datos técnicos de los discos rígidos figura el siguiente: **Campo proyectado MTBF (horas)**. El significado de MTBF es (*Mean-Time Between Fails* - Tiempo medio entre fallas), se mide en horas y es el tiempo que puede funcionar el disco rígido sin presentar fallas. El valor de este dato suele oscilar entre 300.000 y 1.000.000 para los discos rígidos de buena y excelente calidad respectivamente. La seguridad que en las condiciones óptimas de funcionamiento el disco rígido no presentará fallas por 300.000 horas es lo mismo que decir que se puede utilizar por 35 años seguidos sin parar y no presentará problemas.

Se debe tener en cuenta que el MTBF es una medida estadística, por lo tanto, así como puede durar todo el tiempo indicado por este parámetro, podemos tener la mala suerte que presente fallas a los pocos años de su uso.

Métodos de Grabación/Codificación

La tecnología de los discos rígidos ha evolucionado muchísimo para aumentar el volumen de almacenamiento de información y reducir los tiempos necesarios para acceder a ésta. Todo esto sin descuidar el tamaño físico, que en vez de aumentarse, se reduce cada vez más.

De acuerdo con lo estudiado anteriormente, la capacidad de un disco estaba determinada por la cantidad de cilindros, el número de sectores por cilindro y la suma de superficies o cabezales, de manera que una forma fácil de aumentar la capacidad de un disco para el fabricante es incrementar la cantidad de platos y cabezales y agregando más cilindros. Pero, existen límites por restricciones de espacio y por el costo que significaría.

La solución más adecuada fue aumentar la densidad de la escritura sobre la superficie de los platos, logrando de esta manera un incremento muy importante en el volumen de información que se puede almacenar. Sin embargo, almacenar una mayor cantidad de datos sobre una superficie más pequeña significa que el sistema mecánico deberá ser más preciso: los cabezales tendrán desplazamientos más cortos y los datos se accederán más rápidamente.



A través de los diferentes métodos de grabación o codificación de los datos, los fabricantes fueron buscando constantemente poner mayor cantidad de sectores por pista. A continuación analizaremos desde los primitivos FM y MFM hasta los más utilizados en los discos modernos: PRML y EPRML.

El Método FM

El método de grabación FM (*Frequency Modulation* - Modulación de frecuencia) es el más antiguo y constituye la base de todos los que luego se fueron desarrollando, por lo cual vamos a analizar su funcionamiento.

Este sistema de grabación funciona de la siguiente manera: la energía eléctrica se transforma en variaciones del flujo magnético de una pequesísima sección del disco. Estas variaciones del flujo magnético se logran modulando la frecuencia que atraviesa el cabezal de lectura/escritura. Los bits de datos quedarán definidos por la presencia o ausencia de los cambios del flujo magnético, conocidos como pulsos y no pulsos, respectivamente.

Cuando el cabezal de lectura/escritura lee los datos, se produce un proceso inverso al explicado, las variaciones del flujo magnético se transforman en energía eléctrica, que entrega la secuencia de bits correspondientes en serie. La transformación de los datos de señales analógicas que contienen variaciones de flujos en señales digitales se realiza analizando continuamente las señales provenientes del cabezal en la controladora y sincronizándolas con su reloj interno. Mediante la búsqueda y detección de picos de tensión, se perciben los cambios de flujo y se decodifican los datos, generando un flujo de señales digitales que representan los datos almacenados.

La mayor cantidad de datos que se pueden almacenar en una pista también dependen del método de grabación y, a su vez, de la cantidad de cambios del flujo magnético que se producen. Esto quiere decir que un método de grabación efectivo sería aquel que utilice la menor cantidad posible de cambios de flujo magnético. Sin embargo, existe un límite para el espacio que puede estar sin cambios de flujo, pues el cronómetro de la controladora del disco se deberá calibrar cada tanto, sino se puede perder. Por lo tanto, el mejor método de grabación será el que tenga la menor cantidad de cambios de flujo magnético sin que se pierda el cronómetro de la controladora.

El método FM requiere dos cambios de flujo por cada bit, debido a que uno se antepone a cada bit de datos para la sincronización de la lectura.

El Método MFM

El método de grabación MFM (*Modified Frequency Modulation* - Modulación modificada de frecuencia) fue el estándar en los discos rígidos antiguos por muchos años. Es el sistema de codificación que usaron los primeros discos ST-506.

Es una mejora al método FM, pues aprovecha mejor el espacio eliminando los dos cambios de flujo por cada bit. Utiliza cambios de flujo únicamente cuando

aparecen varios ceros en forma consecutiva, logrando grabar casi el doble de información en el mismo espacio que su predecesor.

El Método RLL

El sucesor del método MFM fue el RLL (*Run Length Limited* - Longitud de Carrera Limitada), el cual sigue en el camino que inició MFM en mejorar al inicial FM. El mismo se encarga de analizar grupos de bits para conseguir una mezcla de cambios de flujos representativos de bits de datos que utilicen la menor cantidad de sincronizaciones posibles.

Este método tiene dos parámetros de los cuales surgió su nombre, y definen sus variantes: longitud de carrera (*run length*) y límite de carrera (*run limit*). El primero define la cantidad mínima de datos que pueden aparecer sin cambios de flujo, mientras el segundo es la cantidad máxima sin cambios. Así se logra aumentar la densidad de datos en el mismo espacio en un 50% ó más con respecto a MFM.

Las variantes más utilizadas son RLL 2,7 y RLL 1,7. La segunda ofrece un rendimiento mejor que la primera, pues la cantidad mínima de datos sin cambios de flujo es un bit. Estas utilizan menos cantidad de cambios de flujo para almacenar la misma cantidad de datos que MFM, por lo tanto, aprovechan más el espacio para el almacenamiento de mayor cantidad de bits. A su vez, como la densidad de datos es superior, éstos se transfieren con mayor rapidez desde el disco, por lo tanto éste tendrá mayor espacio para datos y también será más rápido.

El Método ARLL

El método ARLL (*Advanced Run Length Limited* - Longitud de Carrera Limitada Avanzada) permite aumentar más la densidad de datos que el RLL 2,7. Esto se logra otra vez aumentando la calidad de los discos rígidos y controladoras, para manejar menor cantidad de cambios de flujo.

El Método PRML

El método PRML (*Partial Response, Maximum Likelihood* - Respuesta Parcial, Máxima Coincidencia) cambia la forma en la cual se lee y decodifica la señal que se obtiene desde el disco rígido.

La búsqueda y detección de picos funciona correctamente siempre y cuando los cambios de flujo tengan una separación considerable y el ruido que se genera en la transmisión de las señales leídas por el cabezal no produzca confusiones al sistema. A medida que se aumenta la densidad de los datos, los cambios de flujo se juntan más y se hace más dificultosa la detección de los picos con precisión y, como no se puede correr el riesgo de cometer errores, aparecen los límites en la densidad de

datos máxima que se puede conseguir con los métodos RLL y ARLL. Es por ello que era necesario desarrollar un nuevo método de grabación para superar este problema de interferencias y seguir ubicando mayor cantidad de datos en el mismo espacio físico y así surgió PRML.

Con PRML, se deja de lado la búsqueda y detección de picos explicada anteriormente, en cambio, se utiliza un muestreo (*sampling*) digital de las señales que se leen y se les aplica luego un procesamiento digital utilizando complejos algoritmos para la detección de picos. El análisis del flujo de datos analógico leído por el cabezal de lectura/escritura es el componente conocido como respuesta parcial (*partial response*). Por otro lado, los algoritmos utilizados en el procesamiento digital determinan la secuencia de datos que tiene mayores probabilidades de estar representada por esa señal y es el componente conocido como máxima coincidencia (*maximum likelihood*).

Este método fue posible gracias a los grandes avances que hubo en las tecnologías para el desarrollo de circuitos de procesamiento digital de señales y a pesar de parecer medio extraño, es tan eficiente y preciso como los otros métodos explicados.



PRML consigue aumentar la densidad de datos un 40% con respecto a RLL 1,7. Es el método de grabación estándar en discos rígidos de hasta hace un par de años.

El Método EPRML

El método EPRML (*Extended PRML* - PRML Extendido), como su nombre lo indica, es una mejora a su predecesor, el PRML. Utiliza los mismos principios, pero se mejora el rendimiento del procesamiento digital de las señales y de los algoritmos para aumentar la eficiencia y la precisión.

Así se logra aumentar el rendimiento global del disco rígido y también la densidad de datos entre un 10 y un 200%, dependiendo de la variante de EPRML utilizada, pues se encuentra constantemente evolucionando.



El método de grabación utilizado en la mayoría de los discos rígidos modernos es alguna variante del EPRML.

Factores Que Influyen en la Velocidad

Hay muchos factores que influyen en la velocidad de un disco rígido y algunos de ellos no están ligados solamente a éste, sino que dependen también de otros factores detallados a continuación:

- La calidad de la controladora o interfaz a la cual está conectado.
- Las capacidades del bus de expansión al cual está conectada esta controladora o interfaz.
- La velocidad del procesador de la PC.

A continuación, se analizarán todos los factores a tener en cuenta para determinar la velocidad de un disco rígido.

Tiempo de Acceso

Se llama **tiempo de acceso** (*access time*) al tiempo que necesita el cabezal de lectura y escritura para posicionarse sobre una pista y luego esperar que el sector deseado pase debajo suyo. El primer paso es el que más tiempo demora, pues una vez que los cabezales se posicionan sobre la pista, la gran velocidad a la cual giran los platos hace que encuentre casi instantáneamente el sector buscado. Los tiempos de acceso típicos de los discos rígidos modernos son de 13 ms (milisegundos = 13×10^{-3} segundos = 0,013 segundos) o menores.

Tiempo de Búsqueda

El **tiempo de búsqueda** (*seek time*) es mayor que el periodo de latencia rotacional y varía según la cantidad de pistas que haya que cruzar. No es lo mismo pasar de una pista a la otra que ir de la primera pista del disco a la última. En las especificaciones técnicas de los discos rígidos suelen figurar los valores de tiempo de búsqueda promedio (*typical average seek time*), tiempo de búsqueda de pista a pista (*track to track seek time*) y recorrido completo (*full stroke access time*).

El tiempo de búsqueda promedio típico de un disco rígido es de 10 ms o menor. El tiempo de búsqueda de pista a pista es el tiempo que tardan los cabezales en trasladarse de una pista a otra vecina, siendo los valores típicos de 3 ms para los discos más lentos, y de menos de 1,5 ms para los más rápidos.

El tiempo de búsqueda de recorrido completo es el tiempo que tardan los cabezales en pasar de la primera pista a la última o viceversa, siendo los valores típicos de 25 ms para los discos más lentos llegando hasta menos de 18 ms. Es importante aclarar que cuando nos referimos a los discos más lentos estamos hablando de los discos rígidos modernos de menor rendimiento, debido a que existen otros más antiguos cuyos tiempos son muchísimo mayores, pero no vale la pena incluirlos en la comparación.

Período de Latencia Rotacional

Una vez que se colocaron los cabezales sobre la pista, deberá esperar que el sector deseado pase por debajo de la cabeza. Este tiempo varía, pues cuando la cabeza se

ubique sobre la pista, el sector puede ya haber pasado y se tendrá que dar un giro completo para volver a pasar por ese lugar, pero también puede ocurrir que al llegar la cabeza, justo aparezca el sector buscado. A este tiempo se lo llama **período de latencia rotacional** (*average latency period*), y como no se puede determinar un valor fijo, se toma un promedio, el cual corresponderá al tiempo que tarda el disco en dar media revolución, estimándose que es lo necesario en la mayoría de los casos para que el sector deseado alcance la cabeza.

Entonces, el período de latencia rotacional dependerá exclusivamente de la velocidad a la cual gira el motor que impulsa los platos. Existe una manera de calcular este tiempo promedio: si los platos giran a 7.200 RPM, media revolución durará 1/14.400 de minuto, que multiplicada por 60 dará la duración en un segundo, es decir $60/14.400 = 4,16 \times 10^{-3}$ segundos = 4,16 ms. Si hacemos el cálculo con las diferentes velocidades de rotación de los platos de los discos rígidos, se obtiene la Tabla 10.2.

Tabla 10.2. Latencia rotacional según las velocidades de rotación.

Velocidad de rotación (RPM)	Latencia rotacional promedio
3.600	8,33
4.500	6,66
5.400	5,55
7.200	4,16
10.000	3,00
15.000	2,00

El tiempo de acceso promedio de un disco rígido será entonces la suma del tiempo de búsqueda promedio \times el período de latencia rotacional promedio.

Velocidad de Transferencia de Datos

Se llama velocidad de transferencia de datos a la rapidez con la que el disco rígido es capaz de transferir la información almacenada en éste al bus de la PC. Esta dependerá de la velocidad de rotación del disco rígido, la cantidad de sectores por pista, el método de grabación utilizado y la tecnología de la controladora del disco rígido.

La transferencia de datos se puede tomar entre varios puntos diferentes y los resultados obtenidos no van a ser siempre los mismos. No es lo mismo medir la tasa de transferencia de datos entre la controladora del disco rígido y la memoria RAM (anfitrión a usuario), que entre el disco rígido y su controladora (disco a *buffer*). Seguramente, la cantidad de datos que se puedan transmitir en el segundo

caso será mucho mayor que en el primero. Una tercera opción es que se mida entre la memoria intermedia de la controladora del disco (*buffer*) y la interfaz que lo conecta al bus de la PC (anfitrión), conocida como velocidad de transferencia de datos de *buffer* a anfitrión, representando el valor más alto y es el que se suele hacer referencia en las especificaciones técnicas de los discos.

La realidad es que mientras mayor sea la velocidad de transferencia de un disco rígido, más rápido será, pero se debe tener en cuenta que las velocidades que aparecen en los anuncios y las que se pueden obtener mediante un programa de diagnóstico, serán números ficticios o mejor dicho, un valor en el mejor de los casos. Normalmente, los archivos no se encuentran en sectores contiguos y el cabezal del disco se debe mover entre varias pistas para leer los datos. A su vez, la utilización de un *buffer* (memoria temporal) instalado en la controladora del disco rígido puede introducir una distorsión en la velocidad medida, por lo tanto, ésta será mucho más grande de lo normal, debido a que los datos se leen del *buffer* de la controladora y no del disco. La función del *buffer* se explicará detalladamente más adelante en esta misma sección.

La velocidad de transferencia de datos de un disco rígido depende de la tecnología del mismo, la controladora y su *buffer* y la interfaz para la cual está preparado. Además, existen límites que impone el bus de expansión al cual está conectada la controladora. Más adelante, en este mismo capítulo, vamos a analizar las velocidades de transferencia de datos en el mejor de los casos entre el *buffer* de la controladora incluida en el disco y el adaptador anfitrión para las diferentes interfaces de uso en la actualidad.



El Buffer de la Controladora

La mayoría de los discos rígidos modernos traen incorporada una cierta cantidad de memoria RAM, que se conoce como *buffer*. Como el tiempo de acceso de la memoria RAM es más de mil veces menor que el del disco rígido más rápido, la misión de este *buffer* es almacenar los datos que se leen desde el disco rígido antes de pasarlos a la interfaz y la próxima vez que se accedan a estos datos, se encontrarán en el *buffer* y no se necesitará leer datos del disco, obteniendo una respuesta muchísimo más rápida.

Los tamaños típicos de este *buffer* son de varios megabytes para la mayoría de los discos con capacidades superiores a los 10 GB. Aunque, los discos rígidos de alto rendimiento y capacidades superiores a 60 GB incorporan *buffers* de 8 MB; 16 MB; 32 MB o más. Algunos modelos de discos rígidos más económicos incorporan un *buffer* de solamente 512 KB. Como se puede deducir, mientras mayor es el tamaño de éste, mejor.

La función del *buffer* del disco rígido se puede comparar con la de la memoria caché del sistema. Recuerde que existían varios algoritmos distintos para escribir y leer los datos de la caché y realizar estos procedimientos en la memoria principal. Bueno, también existen diferentes métodos para aprovechar la capacidad del *buffer* de un disco. A continuación se analizarán los diferentes tipos:

- **Buffer de búsqueda posterior** (*Lookahead buffer*). Almacena los datos de los sectores que siguen al sector requerido, con la esperanza que se van a leer los sectores siguientes (esto sucede en la mayoría de los casos).
- **Buffer de búsqueda posterior segmentado** (*Segmented lookahead buffer*). Divide el espacio total del *buffer* en bloques más pequeños para poder almacenar más de una lectura en el mismo *buffer*.
- **Buffer de búsqueda posterior con segmentación adaptable** (*Adaptive segmented lookahead buffer*). Es el que hace el uso más eficiente de la memoria RAM del *buffer*. El espacio del *buffer* necesario para las lecturas y escrituras se asigna dinámicamente, lo cual quiere decir que puede variar el tamaño de los segmentos del *buffer* y obtener de esta forma el mejor rendimiento.

Es conveniente adquirir discos rígidos con un *buffer* de búsqueda posterior con segmentación adaptable, pues ofrecerán el mejor rendimiento posible.



Factor de Intercalado (Interleave)

Normalmente, durante el formato de bajo nivel de los discos rígidos, los sectores se numeraban en forma consecutiva. Pero, algunas computadoras lentas no eran capaces de leer los sectores mientras éstos pasaban por debajo de los cabezales del disco rígido en forma consecutiva, debido a su procesamiento lento de la información. Pero, como los platos del disco rígido continuaban girando, cuando estos sistemas estaban preparados para leer el siguiente sector, éste ya había pasado los cabezales y no estaba disponible hasta la siguiente vuelta de los platos. Evidentemente, esperar una vuelta del disco rígido para cada sector era un gran desperdicio de tiempo. La solución a este problema era numerar a los sectores con un cierto factor de intercalado, es decir, en vez de numerarlos de 1 en 1, se los podía numerar de 3 en 3. Utilizando este último valor, que sería equivalente a un factor de intercalado de 1:3, los sectores se numerarían de la siguiente forma: 0; 6; 12; 1; 7; 13; 2, etc. De esta manera, cuando el sistema termina de procesar la lectura de un sector, habrán pasado ya los sectores intercalados y estará disponible el siguiente sector y no habrá que desperdiciar toda una vuelta de los platos.

El factor de intercalado más conveniente para los sistemas que lo puedan manejar es el de 1:1, pues los sectores se leen a medida que van llegando en forma consecutiva.



Como en la actualidad los sistemas son rápidos, no hay que preocuparse por el factor de intercalado, pues los discos rígidos modernos vienen formateados a bajo nivel de fábrica con un factor de intercalado de 1:1.

Cachés de Disco

El tamaño del *buffer* del disco no es lo suficientemente grande como para evitar accesos periódicos al disco en busca de información, debido a que las aplicaciones cada vez son más grandes, ocupan más memoria y leen mayor cantidad de datos del disco. Una opción, casi imprescindible para acelerar los accesos al disco, es utilizar una cantidad de memoria determinada para que cumpla la misma función del *buffer* del disco, pero con un tamaño mucho más grande, para que pueda retener la mayor cantidad de accesos al disco.

La memoria que se utiliza para dicho fin recibe el nombre de memoria *caché*. La memoria caché puede estar incluida en la controladora/interfaz del disco rígido, por lo tanto estaríamos hablando de una caché por hardware, o simplemente se puede utilizar una parte de la memoria RAM del sistema para dicho fin, recibiendo el nombre de caché por software.

Algunos adaptadores SCSI avanzados incluyen una memoria caché de 64 MB; 128 MB o mayor cantidad de memoria y ofrecen la capacidad de expandirla hasta varios GB. El rendimiento de los discos rígidos conectados a dicho adaptador anfitrión superará el de uno conectado en un adaptador SCSI convencional en más de un 200%, pero el precio de este adaptador con caché será mucho mayor que agregar la misma cantidad de memoria utilizada como caché de hardware a la memoria RAM del sistema y usarla con un programa de caché de disco.

El rendimiento de una caché por software es similar y algunas veces mejor que el de una caché por hardware, y los costos son menores en el primer caso. A su vez, la flexibilidad de configuración de la caché por software no tiene rivales.

S.M.A.R.T.

S.M.A.R.T. (*Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology* - Tecnología de auto monitoreo, análisis e informe), como su nombre lo indica, es una tecnología que se incorporó hace muchos años en los circuitos de control de los discos rígidos, la interfaz y en el BIOS para registrar determinados atributos predeterminados del disco que son susceptibles a degradarse con el paso del tiempo.

Al estar activada esta tecnología, a través del auto monitoreo inteligente de estos atributos, los circuitos de control pueden predecir y prevenir futuros problemas en tiempo real, en forma totalmente transparente para el usuario de la PC.

Sin embargo, nadie es perfecto y S.M.A.R.T. tampoco lo es, pues también se pueden producir fallas en atributos que no monitorea y en esos casos no será capaz de predecirlas. Aunque, siempre es más conveniente tener un sistema con esta tecnología activada desde el BIOS si es que el disco rígido soporta esta operaforía.



Interfaces para Discos Rígidos

La interfaz es la encargada de traducir los datos recibidos de la controladora del disco rígido al formato compatible con el procesador y viceversa. La interfaz puede ser un simple traductor como el descrito o uno más complejo, que se encargue de recibir órdenes del procesador y enviarlas al disco en el lenguaje que éste entienda y realizar otros procesos más complejos (en estos casos, la controladora formaría parte de la interfaz), pero siempre significando una comunicación entre el disco rígido y el procesador mediante el bus de la PC.

La interfaz puede ser una tarjeta de expansión conectada a una ranura del bus de expansión o bien presentarse integrada en la motherboard. Cualquiera sea el caso, está conectada a un bus de expansión, el cual determinará en gran parte el máximo rendimiento de la misma y sus capacidades. Como hemos visto en el **Capítulo 3, Buses Internos: Las Autopistas de los Microprocesadores**, es muy importante tener en cuenta las características del bus al cual se encuentra conectada la interfaz.

Las interfaces más utilizadas para la conexión de discos rígidos son las siguientes:

- Serial ATA.
- IDE, con sus mejoras E-IDE, ATA y Ultra ATA.
- SCSI.
- USB 2.0.
- IEEE 1394 (*FireWire* - Cable de Fuego).

Existen otras interfaces que ya son obsoletas y forman parte de la prehistoria, por lo tanto, no vamos a incluirlas en el análisis detallado de las características, bondades, limitaciones, ventajas y desventajas de cada una de las interfaces que realizaremos a continuación.

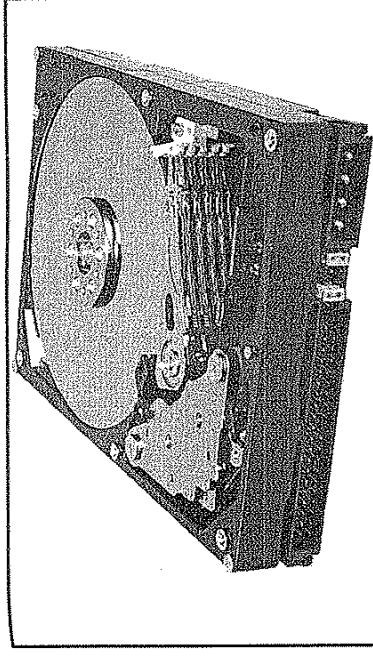


Fig. 10.7.
La controladora de los discos rígidos IDE está incluida en la misma unidad.

IDE y E-IDE

En 1986, buscando discos rígidos más pequeños, más rápidos, menos costosos, de mayor capacidad y confiabilidad, nació la interfaz IDE (*Integrated Drive Electronics* - Electrónica Integrada a la Unidad).

Los discos rígidos IDE integran en la misma unidad la controladora y el disco rígido, utilizando el cable más corto posible, obteniendo de esta manera una transferencia de datos muy veloz y segura entre la controladora y el disco, evitando interferencias por ruido. En la mayoría de los casos, la controladora se encuentra dentro del circuito de control del disco rígido (ver la Fig. 10.7).

Debido a que la controladora está incluida en la misma unidad, los datos provenientes de la misma se podrían conectar directamente al bus de datos, pero esto no es así. Un cable de 40 conductores es el encargado de transmitir los datos desde la controladora del disco rígido IDE a una tarjeta adaptadora que se conecta a un bus de expansión determinado. Es muy común encontrar motherboard con adaptadoras IDE incorporadas en el mismo, es decir, que presentan un conector para el cable de 40 conductores.

Los discos rígidos IDE emplean alguno de los métodos de grabación explicados: RLL 1,7; ARLL, PRML o EPRML. Los más modernos utilizan EPRML.

Como también utilizan la técnica ZBR, con lo cual la división irregular del disco resulta difícil de manejar, por lo tanto, un complejo circuito de control es el encargado de emular un disco rígido con la misma cantidad de sectores en todas las pistas.

Los parámetros ficticios de un disco rígido IDE se deben registrar en el CMOS Setup del BIOS para que la controladora integrada en el disco traduzca las especificaciones de acceso a datos en tal sector, pista, cilindro y superficie, guiándose por los parámetros registrados, para transformarlas en direcciones físicas

reales de sector, pista, cilindro y superficie del disco rígido, según su verdadera estructura. Esto quiere decir que los parámetros que quedan grabados sobre el disco rígido no coincidirán con las características físicas reales del disco y simplemente servirán para simular un disco rígido MFEM o RLL convencional.

Es posible conectar un máximo de dos discos rígidos al mismo conector IDE (aunque deberá tener el cable apropiado). Sin embargo, se debe asegurar de que las dos controladoras de las dos unidades no estén funcionando al mismo tiempo, debiendo desactivar a una de ellas. Para esto, uno de los discos se configurará como disco maestro (*Master*) y el otro como disco esclavo (*Slave*). La desventaja de esta configuración es que, además de ser un tanto compleja, la velocidad del disco esclavo se verá limitada por la del disco maestro, excepto que el BIOS y la interfaz soporten el modo *independent device timing* (temporización de dispositivo independiente), el cual elimina este inconveniente y permite que ambos dispositivos trabajen a su mayor velocidad posible.

Los discos rígidos IDE tienen un sistema de corrección de errores integrado que aumenta su seguridad, pues dejan un sector reservado libre por cada pista. Si hay errores en algún sector de una pista, automáticamente se pasa a utilizar el sector reservado.

CHS, LBA de 28 bits y LBA de 48 bits

Uno de los grandes problemas que tenía el estándar IDE original era una limitación a la capacidad máxima de un disco rígido de 528 MB (o bien 504 MB reales). La misma tenía lugar cuando se utilizaba el sistema operativo DOS o bien su combinación con Windows.

El modo de acceso CHS (*Cylinder, Heads, Sectors* - Cilindros, Cabezas, Sectores) que se utilizaba para los discos rígidos de hasta 528 MB no podía manejar mayores capacidades bajo DOS, por limitaciones artificiales que imponían el BIOS y este sistema operativo.

El antiguo límite de 528 MB se debía a que el modo CHS puede administrar un máximo de 1.024 cilindros, 16 cabezas y 63 sectores, equivalente a una capacidad máxima de $1.024 \times 16 \times 63 \times 512$ bytes por sector = 528.482.304 bytes \approx 504 MB (528 MB para los fabricantes de discos rígidos).

Es por ello que surgió otro modo de acceso conocido como LBA (Logical Block Address - Dirección Lógica de Bloque), el cual genera parámetros ficticios para registrar en el CMOS Setup y se encarga de traducir las indicaciones tridimensionales de cilindro, cabeza y sector a un número de bloque que identifica al sector correspondiente del disco rígido.

El disco rígido, la interfaz IDE y el BIOS debieron ofrecer soporte al nuevo modo.

El modo LBA utiliza un identificador de 28 bits, por lo cual puede direccionar un máximo de 2^{28} sectores \times 512 bytes por sector \approx 137 GB. El límite de los 137 GB ya se ha alcanzado y es por ello que surgió un nuevo LBA que utiliza un identificador de 48 bits, lo cual permite ampliar el máximo direccionable a unos modestos 2^{48} sectores \times 512 bytes por sector \approx 144.115 TB \approx 144.115.188 GB.



Los motherboards modernas incluyen soporte al LBA de 48 bits en el BIOS y las interfaces IDE incorporadas y, por lo tanto, permiten utilizar discos rígidos IDE de más de 137 GB.

Otros Límites de IDE

Primero fueron los 528 MB, más tarde los 2,1 GB y luego los 4 GB, 8 GB y finalmente los 137 GB. Todos fueron límites que, en primera instancia complicaban la instalación de discos rígidos con capacidades superiores a las mencionadas, implicaron actualizaciones de sistemas operativos, del BIOS o instalaciones de drivers.

Las restricciones de 2,1 GB, 4 GB y 8 GB se debieron a que los BIOS tenían limitaciones en la cantidad de cilindros que se podían registrar para los parámetros del modo LBA.

El límite de 8 GB se debe a que el BIOS utilizaba 24 bits para guardar los parámetros del disco rígido: 10 bits para los cilindros, 8 para las cabezas y 6 para los sectores, permitiendo un máximo de 1.024 cilindros, 256 cabezas y 63 sectores, equivalente a una capacidad máxima de $1.024 \times 256 \times 63 \times 512$ bytes por sector = 8.455.716.864 bytes \approx 8 GB. Aumentando estos 24 bits a 64 bits, se amplió el límite a $3,7 \times 10^{22}$ GB, más que suficiente para los próximos años.

La Evolución de IDE: E-IDE hasta Ultra DMA/166

El estándar IDE fue evolucionando para ofrecer mayores capacidades y mejores rendimientos. Con el correr de los años fueron apareciendo nuevos estándares que mejoraron drásticamente la interfaz IDE. Estos nuevos estándares son Enhanced IDE, ATAPI, Fast-ATA en sus dos versiones y Ultra ATA o Ultra DMA desde 33 hasta 166, en sus diferentes versiones (ver la Tabla 10.3).

Todos los modos son compatibles hacia atrás, es decir, el último que figura en la Tabla 10.3 puede trabajar en los modos anteriores.

El estándar E-IDE (*Enhanced IDE* - IDE Mejorado) fue impuesto por Western Digital a mediados de 1994 y soluciona parcialmente tres desventajas de la interfaz IDE e introduce otras mejoras:

Tabla 10.3. Modos de trabajo y características de los diferentes estándares IDE.

Modo de trabajo	Tiempo del ciclo en nanosegundos	Velocidad máxima posible de transferencia de datos (de buffer a antitrón) en MBps
Single Word DMA 0	960	2,1
PIO Modo 0	600	3,3
Single Word DMA 1	480	4,3
Multiword DMA 0	383	5,2
PIO Modo 1	240	8,3
PIO Modo 2		
Single Word DMA 2		
Enhanced-IDE: Fast ATA, ATA-2		
IDE Fast Multiword DMA	180	11,1
PIO Modo 3		
Multiword DMA 1	150	13,3
Fast DMA 1		
Enhanced-IDE: Fast ATA-2, ATA-3, ATAPI-4		
PIO Modo 4		
Multiword DMA 2	120	16,6
Fast DMA 2		
Ultra-ATA, Ultra DMA/33, ATA-33		
Multiword DMA 3		
Fast DMA 3	120	33,3
Ultra ATA Modo 2		
Ultra-ATA-2, Ultra DMA/66, ATA-66		
Multiword DMA 4		
Fast DMA 4	60	66,6
Ultra ATA Modo 4		
ATA-100, Ultra DMA/100		
Ultra ATA Modo 5	40	100
ATA-133, Ultra DMA/133		
Ultra ATA Modo 6	30	133
ATA-166, Ultra DMA/166		
Ultra ATA Modo 7	24	166

MBps = Megabytes por segundo

- Posibilita tener dos conectores IDE, llevando el máximo de dispositivos conectados a cuatro (dos por conector).
- Permite discos rígidos con capacidades mayores que 528 MB, al ofrecer soporte al modo LBA.

- Soporta la especificación ATAPI (*AT Attachment Packet Interface* - Interfaz para la conexión de dispositivos al bus AT), permitiendo la conexión de otros tipos de dispositivos que no sean discos rígidos a los canales IDE, como ser unidades de CD-RW, DVD-RW, HD-DVD, etc.
- Se implementan nuevos modos de transferencias de datos que permiten velocidades superiores a las de IDE (ver la Tabla 10.3).

Como respuesta al nuevo estándar de Western Digital, Seagate lanza en 1994 su especificación Fast-ATA (*ATA Rápido*) que tiene las mismas ventajas que E-IDE y los mismos modos de transferencia de datos (ver la Tabla 10.3).

Sin embargo, en 1995, Seagate quiso acelerar más las transferencias de datos de Fast-ATA, llegando a un máximo de 16,6 MBps en dos modos diferentes. A esta nueva especificación se la llamó Fast-ATA-2.

En 1997, Intel, Quantum y Seagate diseñaron y desarrollaron el sucesor de Fast-ATA-2, basándose en la especificación técnica Ultra DMA/33, que se conoce con el nombre de Ultra ATA. Esta nueva especificación duplica la velocidad máxima de transferencia de datos de Fast-ATA-2 llegando a los 33,3 MBps, aunque mantiene la compatibilidad hacia atrás con sus predecesores.

Además de brindar mayor velocidad sin aumentar el costo, se incorpora un mecanismo de detección de errores avanzado, el cual asegura que las operaciones de lectura/escritura se repetirán tantas veces como sea necesario hasta que sean exitosas. En otras palabras, los datos que se recuperan o graban al disco están protegidos de errores cualquiera sea la causa de éstos.

Para transferir datos utilizando Fast-ATA-2, la controladora envía un pulso de reloj para regular estas transferencias desde y hacia el disco rígido. Este pulso de reloj está formado por una onda cuadrada en donde cada flanco de subida inicia la transferencia de una palabra de datos. Para duplicar la velocidad de transferencia se podía aumentar la frecuencia de dichos pulsos, pero esto hubiera implicado problemas de interferencias, por lo que se decidió aprovechar el flanco de bajada para también iniciar la transmisión de otra palabra de datos y así duplicar la velocidad sin aumentar la frecuencia del pulso de reloj. En la Tabla 10.3 podemos apreciar que el tiempo del ciclo es de 120 nanosegundos, tanto para Ultra DMA/33, como para Fast ATA-2, pero la velocidad máxima de transferencia de datos es el doble.

Un año y medio después de lanzar Ultra ATA, aparece la segunda versión desarrollada por las mismas empresas diseñadoras de la anterior, que duplica la velocidad de transferencia de datos máxima posible, llevándola a 66,6 MBps, manteniendo como su predecesora la compatibilidad hacia atrás.

Esto se logró reduciendo el tiempo de cada ciclo a 60 nanosegundos, pero para que el ruido no genere interferencias, se emplea un nuevo cable para conectar los

dispositivos IDE al canal, que mantiene el conector de 40 pines, pero utiliza el doble de conductores: 80, pues intercala 40 líneas de tierra entre las 40 líneas originales. Este nuevo cable consigue que las señales que pasan a mayor velocidad no sufran interferencias y logra trabajar a mayores velocidades.



A partir de este avance, Ultra ATA fue mejorando sus velocidades hasta llegar a los 100; 133 y 166 MBps (este último no tuvo mucha repercusión). Ver la Tabla 10.3.

Para aprovechar al máximo los dispositivos compatibles con estas dos normas, la controladora debe soportar los modos de trabajo de éstas y se tendrán que utilizar los *drivers* correspondientes en el sistema operativo.

A partir de las nuevas especificaciones, también es posible tener cuatro canales E-IDE, los cuales permiten un máximo de ocho dispositivos conectados (dos por canal). Varias motherboard modernas incluyen cuatro canales E-IDE incorporados en la misma, mientras es posible agregar una tarjeta con dos conectores a un sistema que ya tiene los dos canales E-IDE.

Modos PIO, DMA, Ultra DMA y Bus Mastering

Los modos de transferencia de datos catalogados como PIO (*Programmed I/O* - E/S Programada) utilizan interrupciones y los controla el procesador, por lo tanto, son lentos y mantienen ocupado al procesador durante las transferencias y no alcanzan los rendimientos necesarios para las aplicaciones modernas.

Los modos DMA (*Direct Memory Access* - Acceso Directo a Memoria), que analizaremos en detalle en el Capítulo 14, permiten que la interfaz del disco rígido intercambie datos directamente con la memoria, sin la intervención del procesador, con lo cual se consiguen las mejores velocidades de transferencia y son los modos que utilizan los estándares más veloces. Ver la Tabla 10.3.

Los modos *multitword* DMA (DMA multi-palabra) y Ultra DMA realizan las transferencias sin la intervención de los antiguos controladores de DMA, sino aprovechando la arquitectura de *bus mastering* y alta velocidad del bus PCI y así logran reducir a la mínima expresión la utilización del procesador. Todos los modos de Ultra DMA trabajan de esta manera, por lo tanto los modos PIO solamente se mantienen por razones de compatibilidad.

Serial ATA

Hacia fines del año 2001, APT Technologies, Dell, IBM, Intel, Maxtor y Seagate desarrollaron una nueva interfaz para conectar dispositivos de almacenamiento ofreciendo un rendimiento superior al que había alcanzado Ultra ATA. Esta nueva interfaz transmite y recibe datos en forma serie y es compatible con los modos de

trabajo de las diferentes versiones de IDE de la Tabla 10.3, por lo cual se lo denominó Serial ATA.

Esta interfaz no es compatible, a nivel conectores y dispositivos, con la IDE. El conector Serial ATA es mucho más pequeño que el IDE de 40 pines, pues es serie y utiliza solamente cuatro conductores en dos pares diferenciales para transmitir y recibir los datos. Esto le permite trabajar con una velocidad máxima de transferencia de datos de 150 MBps, modo conocido como SATA 1.0, debido a que al tener pocos conductores, el cable es poco susceptible al ruido y esta ventaja hace que también sea posible conseguir escalabilidad de esta tecnología a mayores velocidades (ver la Tabla 10.4). La longitud máxima del cable es de un metro, debido a que Serial ATA está pensado para dispositivos de almacenamiento internos.

Hay que tener cuidado a la hora de evaluar la velocidad de Serial ATA. Pues, sucede que la velocidad de reloj del bus Serial ATA es de 1500 MHz (1,5 GHz), pero transmite un solo bit por cada ciclo de reloj, pues es un bus serie. Como los datos se transmiten utilizando la codificación 8b/10b, la eficiencia del uso del canal es del 80%, usando una señal digital diferencial para mantener una polarización de corriente continua promedio constante. Por lo tanto, si bien podemos decir que el ancho de banda inicial de Serial ATA es de 1,5 Gbps, su eficiencia es del 80%, por lo cual, la velocidad de transferencia de datos máxima real estará dada por la siguiente fórmula: $1.500.000 \text{ ciclos por segundo} \times 1 \text{ bit por ciclo} \times 0,8 \text{ (80\% de eficiencia por usar la codificación 8b/10b)} = 1.200.000 \text{ bps} = 1,2 \text{ Gbps} = 150 \text{ MBps}$.

Los anchos de banda promocionados en Gbps se aprovechan en un 80% para la transmisión de datos reales desde los discos rígidos.

Tabla 10.4. Los modos actuales y futuros de Serial ATA, que se agregan a los de la Tabla 10.3.

Modo	Velocidad máxima de transferencia de datos (de buñfer a anfitrión) en MBps
SATA Generación 1 ó SATAI	150 (1,5 Gbps con 80% de eficiencia)
SATA Generación 2 ó SATAII	300 (3 Gbps con 80% de eficiencia)
SATA Generación 3 ó SATAIII	600 (6 Gbps con 80% de eficiencia)

A diferencia de IDE, Serial ATA utiliza conexiones punto a punto entre la interfaz y cada dispositivo de almacenamiento, y todos se comportan como Master. Se puede conectar un dispositivo por conector Serial ATA y no dos como sucedía con IDE. Los discos rígidos Serial ATA utilizan un conector de alimentación especial, diferente al convencional.



Esta interfaz es totalmente Plug & Play, y más fácil de configurar que las diferentes variantes de IDE. Como el cable es mucho más fino que el IDE, se facilita la ventilación interna del equipo, la cual muchas veces se ve perjudicada con los cables IDE. Ver la Tabla 10.4.

A principios del año 2003 los fabricantes de discos rígidos comenzaron a ofrecer muchos modelos de discos basados en Serial ATA y muchas motherboard incorporan adaptadores de este tipo. En caso de no tenerlo, hay que adquirir un adaptador Serial ATA y conectarlo en una ranura libre del bus de expansión. Serial ATA se ha transformado en el nuevo estándar para las PC de escritorio y oficina.

Existen conversores de Ultra ATA a Serial ATA que facilitan la conexión de discos rígidos Ultra ATA a una controladora Serial ATA.



SCSI

La interfaz SCSI (*Small Computer System Interface* - Interfaz para sistemas de computación pequeños) aparece a principios de la década de 1980 y no es solamente un sistema de discos rígidos. SCSI permite que hasta ocho dispositivos diferentes se puedan comunicar con el bus de la computadora.

Además de los discos rígidos, una tarjeta adaptadora SCSI (pronunciado **escasi** o **escosi**) puede dar soporte a otros dispositivos de almacenamiento o de otra clase. Sin embargo, con el tiempo, el rol del bus universal se trasladó a USB 2.0, como vimos en el **Capítulo 6: Puertos y Buses de E/S**, y SCSI se centró en los dispositivos de almacenamiento.

La tarjeta adaptadora SCSI es una interfaz mediante la cual, dispositivos con inteligencia propia se conectan al bus de la computadora. La tarjeta adaptadora SCSI se conoce con el nombre de adaptador anfitrión (*host*) o adaptador huésped y permite manejar paralelamente ocho o dieciséis dispositivos SCSI, incluyéndose a él mismo como un dispositivo. Por lo que quedan siete o quince dispositivos más para conectar, pudiendo ser todos discos rígidos o una mezcla de los dispositivos de la lista anterior. Actualmente existen tarjetas adaptadoras que permiten la conexión de hasta ocho o dieciséis dispositivos.

Cada dispositivo SCSI tiene inteligencia propia, esto quiere decir que el adaptador anfitrión recibirá las órdenes del procesador y las entregará al dispositivo, para que éste se encargue de realizar lo pedido. A su vez, el adaptador SCSI también tiene inteligencia propia, pues es capaz de responder a comandos más complicados que los utilizados por las demás interfaces de discos rígidos, obteniendo un excelente rendimiento cuando se tienen que despachar varios pedidos de datos en forma eficiente en un servidor. Esto indica que en servidores con requerimientos de

almacenamiento de datos importantes, SCSI suele ser la solución más adecuada, aunque actualmente Serial ATA está transformándose en un serio rival.

En los discos rígidos SCSI, la controladora del disco rígido está incluida en la unidad. La capacidad de los discos rígidos SCSI no tiene ningún límite artificial, a diferencia de lo que sucedió en algún momento con IDE (como se analizó anteriormente).

El adaptador anfitrión SCSI (ver la Fig. 10.8) tiene capacidad de procesamiento por sí solo, por lo tanto, es capaz de liberar al procesador del peso de administrar las solicitudes de datos, tomar el control y dejar que el procesador se encargue de otras tareas mientras el adaptador SCSI despacha las solicitudes y espera la llegada de los datos. Esto solamente será posible en un ambiente multitareas. Imaginemos el peso que significaría para el procesador de un servidor despachar múltiples solicitudes de datos provenientes de varias estaciones de trabajo clientes. Con SCSI, el procesador se limitaría a pasarle las solicitudes al adaptador anfitrión y dejar que éste las despache de la mejor manera posible, mientras se dedica a otras tareas.

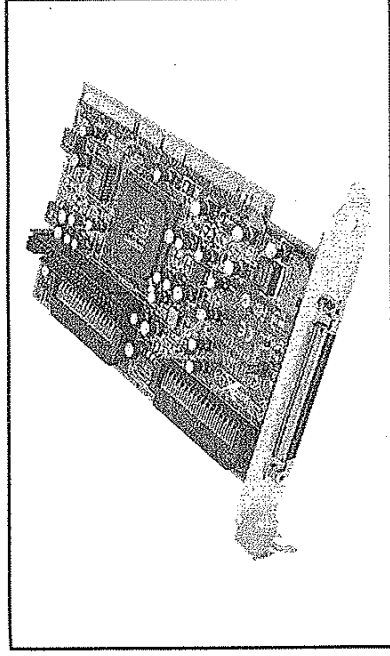


Fig. 10.8.
Un adaptador
anfitrión Ultra 320
SCSI para el bus
PCI-X.

El mejor rendimiento de un adaptador SCSI se obtendrá si se utiliza uno que se conecte a un bus de expansión con capacidades de *bus mastering*, como PCI; PCI Express y PCI-X.



Pero, SCSI tiene sus lados oscuros: los adaptadores anfitriones económicos no tienen el rendimiento adecuado, los buenos son caros y los discos rígidos SCSI cuestan bastante más que los discos rígidos Serial ATA de la misma capacidad.

SCSI: Conexión para Unidades Externas

Con ninguna interfaz/controladora de discos rígidos era posible tener un cable de conexión con el largo suficiente como para conectar una unidad externa. En cambio, SCSI brinda la posibilidad de utilizar un cable de conexión de hasta 6 metros de largo, en tanto que el SCSI diferencial puede utilizar uno de hasta 25 metros, aunque no es conveniente que sea tan largo para evitar problemas, pero sí se puede usar sin ningún inconveniente un cable que sea del largo suficiente como para conectar una unidad de HD-DVD externa, un *scanner* o un disco rígido externo.

Sin embargo, si se necesita un cable más largo, existen algunos amplificadores que se conectan al cable y permiten seguir expandiéndolo. Aunque, para esta funcionalidad, USB 2.0 lleva una gran ventaja sobre SCSI, que nunca se terminó de hacer masivo en las PC hogareñas y de oficina.

Las Mejoras a SCSI: desde SCSI-2 hasta Ultra 320 SCSI

Al principio, SCSI era capaz de transmitir datos a una velocidad de 5 MBps, transfiriendo 8 bits en paralelo a la vez en un bus con un reloj de 5 MHz. Evidentemente, dicha velocidad de transferencia era llamativa a principios de la década de 1980, pero, en la actualidad deja bastante que desear y es por eso que el estándar SCSI está siendo constantemente mejorado para aumentar su velocidad y sus prestaciones. Ver la Tabla 10.5.

La primera mejora fue la posibilidad de transmitir 16 bits a la vez, en vez de 8, y el uso de un bus más rápido con una velocidad de reloj de 10 MHz, lo que permite llegar a los 20 MBps o a los 10 MBps si se utiliza el antiguo bus de 8 bits. Estas nuevas normas recibieron los nombres de Fast Wide SCSI y Fast SCSI respectivamente. Cuando se utiliza el prefijo *Wide* (Ancho) en el nombre de cualquier norma SCSI, estamos hablando de un bus de 16 bits y *Narrow* (Angosto) o ninguno para de un bus de 8 bits.

En la Tabla 10.5 se resumen todas las características de las diferentes normas SCSI. Esta tabla contempla las normas que aparecen en el estándar X3T10 de la ANSI y de la SCSI Trade Association. Algunos fabricantes suelen utilizar otros nombres para las normas que figuran en la tabla, éstos están entre paréntesis, pues aunque no son los correctos aparecerán en muchos informes técnicos de discos rígidos SCSI y otros dispositivos para esta interfaz.

Para aprovechar las últimas normas Ultra 160 SCSI en adelante (Ultra 320 SCSI y Ultra 640 SCSI), se necesita conectar al adaptador SCSI a un bus de expansión capaz de manejar las velocidades de transferencia de datos máximas con las que trabajan estas normas. Un bus PCI convencional no es suficiente, pues trabaja a

solamente a 132 MBps, por lo tanto, hay muchos adaptadores de estas normas para los buses PCI-X y PCI Express.

Tabla 10.5. Características de las diferentes normas SCSI.

Norma	Velocidad del reloj (MHz)	Velocidad de transferencia de datos (MBps)	Ancho del bus (bits)	Máximo número de dispositivos conectados
SCSI (SCSI-1)	5	5	8	8
Fast SCSI (SCSI-2)	10	10	8	8
Fast Wide SCSI (Fast SCSI-2) (ex SCSI-3)	10	20	16	16
Ultra SCSI (Fast-20)	20	20	8	4 y 8
Wide Ultra SCSI (Fast-40)	20	40	16	4; 8 y 16
Ultra2 SCSI (Fast-40)	40	40	8	8
Wide Ultra2 SCSI (Wide Fast-40)	40	80	16	16
Ultra 160 SCSI (Fast-80) (Ultra 3)	40	160	16	16
Ultra 320 SCSI (Fast-160)	80	320	16	16
Ultra 640 SCSI (Fast-320)	160	640	16	16

Tipos de Conectores para SCSI

El conector SCSI convencional es el de 50 pines, pero estamos hablando de SCSI solamente, porque las mejoras a SCSI han introducido cambios en los conectores utilizados. Otro conector empleado por SCSI es el DB-25 estándar, el mismo que se utiliza en los puertos paralelos, y muchos adaptadores SCSI tienen los dos conectores, siendo el segundo el más conveniente para la conexión de unidades externas. Al usar 25 pines en vez de 50, se puede pensar que el conector pierde funcionalidad, pero esto no es así, debido a que 25 de los 50 conductores se utilizan

como conectores adicionales a masa en el conector de 50 pines, para la reducción de la interferencia por ruido.

Sin embargo, este conector solamente es útil para las normas que emplean un bus con un ancho de 8 bits, según se detalló en la Tabla 8.3. Las tarjetas adaptadoras y los dispositivos que estén preparados para las normas que utilizan un bus de 16 bits (como Wide Ultra SCSI y Wide Ultra SCSI) usan un conector de 68 pines. Un conector diferencial de 68 pines permite que la longitud del cable SCSI llegue hasta los 25 metros, mientras que un conector convencional no podrá superar los 6 metros en el mejor de los casos. La norma Ultra2 presentó al conector LVD (*Low Voltage Differential* – Diferencial de Baja Tensión) que permite conectar un cable de hasta 12 metros. Este tipo de conector es el utilizado en todas las normas Ultra que surgieron después: 160, 320 y 640.

Las diferentes normas SCSI que han surgido fueron acompañadas por tecnologías de conectores las cuales también evolucionaron. A continuación, se ofrece una lista con las últimas tecnologías incorporadas en conectores Ultra2 SCSI:

- **SCA (Single Connector Assembly – Montaje con un único conector).** Presenta un cableado interno reducido con respecto al convencional, aumentando el rendimiento.
- **SCA-2.** Es una mejora al anterior que permite la conexión en caliente de dispositivos y su detección automática. Es ideal para servidores, permitiendo la conexión de un nuevo dispositivo al adaptador sin necesidad de inicializar el sistema.
- **VHDCI (Very High Density Cable Interconnect – Interconexión de cables de muy alta densidad).** Este conector es más pequeño que los anteriores, como su nombre lo sugiere, y es ideal para soluciones a computadoras portátiles a través de tarjetas PCMCIA Tipo II.

Para aprovechar las capacidades de un dispositivo Ultra 320 SCSI, hay que adquirir una tarjeta adaptadora de la misma norma (no una Ultra 2 SCSI).

Una de las grandes ventajas de SCSI es que no tiene límites de expansión, pues una vez que se han conectado el máximo de dispositivos permitidos por un adaptador SCSI, se puede agregar otro adaptador y seguir adicionando dispositivos.

Todas las versiones modernas de Windows y Linux ofrecen un soporte interconstruido para adaptadores y dispositivos SCSI, por lo tanto, el agregado de un adaptador anfitrión y un dispositivo se limita a elegir el controlador adecuado de una lista si es que no lo detecta en forma automática.

Cualquiera sea el sistema operativo que haya elegido para su PC, asegúrese de que los discos que acompañan al adaptador anfitrión posean los controladores para la

versión del sistema operativo instalado. También, asegúrese de que la tarjeta adaptadora sea de marca reconocida, pues seguramente deberá cambiar el controlador cada vez que actualice su sistema operativo a otra versión.

Cada dispositivo que deberá ser controlado por su adaptador anfitrión requerirá un controlador diferente. El mismo controlador utilizado para traducir los comandos emitidos por un sistema operativo en los que entiende el adaptador anfitrión SCSI y se los comunica a un disco rígido no será el mismo utilizado por un DVD-RW, un HD-DVD, un *scanner* o una unidad de cinta, que tendrán cada uno un juego de comandos diferente.

El controlador de un adaptador anfitrión SCSI dará solamente soporte a discos rígidos y unidades removibles, por lo tanto, cualquier otra clase de dispositivo que se conecte al mismo adaptador requerirá controladores adicionales. Aunque, esto también sucede con los dispositivos ATAPI, Ultra ATA y Serial ATA.

ASPI: Control de SCSI Estandarizado

El estándar ASPI (*Advanced SCSI Programming Interface* – Interfaz de programación SCSI avanzada) es para los adaptadores SCSI lo que VESA es para las tarjetas de video y TWIN para los *scanners*.

ASPI es una interfaz para los programadores estándar la cual permite que éstos puedan escribir programas haciendo llamadas a las funciones de ASPI, independientemente de la marca o modelo del adaptador. De esta manera, el programador solamente deberá aprender la manera de comunicarse con ASPI y será el fabricante del adaptador quien se encargue de traducir los comandos ASPI al lenguaje propio del adaptador.

El soporte de ASPI puede estar dado mediante un *driver* o controlador de dispositivos, pero el adaptador también debe ser compatible con ASPI. La mayoría de los adaptadores modernos brindan soporte a ASPI.

SCAM: Facilitando la Configuración de SCSI

Otro de los estándares a los que puede estar adherida una tarjeta adaptadora SCSI es SCAM (*SCSI Configuration Auto Magically* – Configuración de SCSI mágicamente automática). SCAM es una adhesión al estándar de Plug & Play y se encarga de ocultar la selección de números de dispositivo y terminadores de bus que hacen difícil la configuración de los dispositivos SCSI.

Siempre es conveniente adquirir un adaptador totalmente compatible con Plug & Play, SCAM y ASPI.

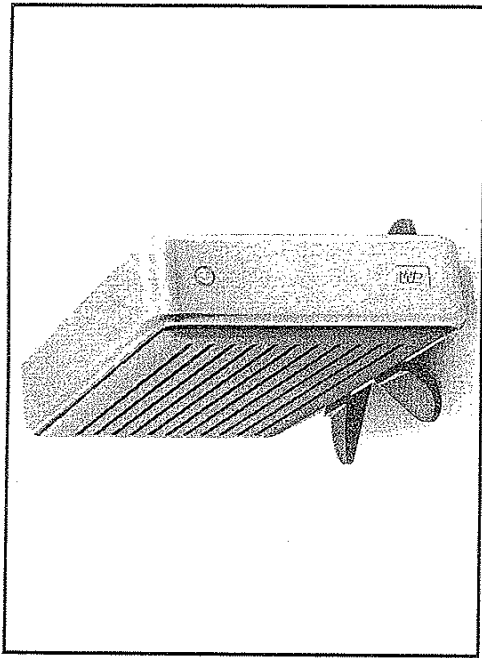


Fig. 10.9.
Un disco rígido portátil USB 2.0.

USB 2.0

El bus de E/S USB 2.0 presenta una velocidad de transferencia de datos máxima de 60 MBps (muy superior a los modestos 1,5 MBps del USB 1.0), la cual es casi tan buena como la del canal IDE Ultra ATA/66. Como USB es muy popular y se encuentra integrado en la gran mayoría de las motherboard modernas, no tardaron en aparecer discos rígidos portátiles que se conectan a este bus de expansión. A este bus lo hemos analizado en detalle en el Capítulo 3.

SCSI es muy bueno para conectar dispositivos externos o portátiles, pero es muy costoso y menos popular que USB 2.0, el cual es más económico y más fácil de configurar. Se debe tener en cuenta que el modo de trabajo de Serial ATA, en sus diferentes versiones, tiene mucho en común con USB 2.0.

Hay una gran oferta de dispositivos de almacenamiento para el bus USB 2.0 (ver la Fig. 10.9) y se consigue un rendimiento muy bueno de los mismos, comparable con Ultra ATA/66, pero la desventaja es que si conectamos muchos dispositivos al mismo, la velocidad se divide entre todos los que comparten el bus.

Para aquellos que no poseen un adaptador SCSI (la mayoría de las PC hogareñas y de oficina), USB 2.0 es la mejor opción para dispositivos de almacenamiento externos. Enchufando el dispositivo al conector USB correspondiente, comienza a funcionar y no hacen falta configuraciones complejas.



IEEE 1394 (FireWire)

El bus de E/S IEEE 1394 no es tan popular como USB 2.0, pero también tiene su atractivo para la conexión de dispositivos de almacenamiento externos, pues si bien se limita a una velocidad máxima de transferencia de datos de 50 MBps en sus primeras versiones, hay otras que manejan hasta 400 MBps.

Hay una gran oferta de dispositivos de almacenamiento para IEEE 1394, pero con la aparición de USB 2.0, se ha librado una batalla que por popularidad está ganando USB. La mayoría de los que funcionan con IEEE 1394, tienen un rendimiento comparable con Ultra ATA/66 y en consecuencia con USB 2.0.

Muchos adaptadores SCSI incluyen una salida IEEE 1394. Esto se debe a que el uso de SCSI como bus para dispositivos externos ha perdido terreno con la llegada de IEEE 1394 y USB 2.0. A ambos buses de E/S los hemos analizado en detalle en el Capítulo 3.

Distribución Lógica

Una vez que el disco rígido está organizado físicamente, el sistema operativo será el encargado de dividirlo lógicamente, es decir, adaptarlo a una estructura adecuada para que el sistema operativo pueda organizar la información a almacenar de la manera más eficiente (ver la Fig. 10.10).

La distribución lógica dependerá entonces del sistema operativo al que se le encargue dicha tarea, sin embargo, la organización lógica de cada uno de ellos es muy similar. Existen varios sistemas de archivos, todos ellos con sus ventajas y desventajas, entre los cuales podemos mencionar los más populares relacionados a las versiones modernas de Windows: FAT16, FAT32 y NTFS.

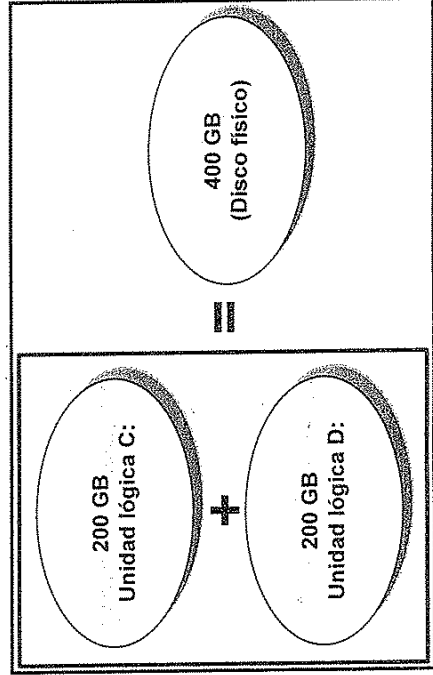


Fig. 10.10.
Unidades lógicas obtenidas de un solo disco físico.

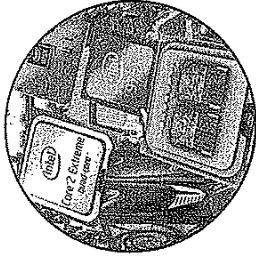
La elección del sistema de archivos, así como la distribución lógica de los discos es muy importante, pues afecta considerablemente al rendimiento del mismo, la integridad de los datos y el aprovechamiento del espacio.

En Linux, los sistemas de archivos se manejan de manera muy diferente a Windows. Pero, también existe una diferencia entre el uso lógico de los espacios y su contraparte física.

Para obtener mayor información sobre la instalación, la configuración, el mantenimiento, la reparación y el reemplazo de discos rígidos y de los sistemas de archivos que éstos utilizan, puede consultar los libros Reparación y Actualización de PC, Reparación y Actualización de PC Visual, Reparación Avanzada de PC con Windows, todos de Editorial HASA.



Capítulo 11



Sistemas de Almacenamiento

Los diskettes fueron, por muchos años, el medio de almacenamiento de datos de mayor flexibilidad y facilidad de transporte, pero no son precisamente los que mayor capacidad permiten. En la actualidad, muchas PC modernas no incluyen unidades de diskette. Para almacenar grandes cantidades de datos en medios removibles, los diskettes nunca fueron flexibles, pues hoy es común hablar de discos rígidos de más de cientos de GB. Sin embargo, existen sistemas de almacenamiento, que son capaces de almacenar grandes cantidades de datos en medios de tamaño similar o inferior a los antiguos diskettes de 3 1/2" y ofrecen una gran flexibilidad a la hora de transportar la información. En este capítulo analizaremos en profundidad los sistemas de almacenamiento de datos más populares en las PC modernas. No vamos a tener en cuenta los dispositivos obsoletos o poco difundidos.

Antes de comenzar con el análisis de cada uno de ellos, vamos a describir todos los factores que debemos tener en cuenta para cualquiera de estos dispositivos.

Unidades Internas

Una unidad interna ocupa una bahía de 5 1/4" ó 3 1/2" (según su factor de forma), y la misma debe tener acceso frontal, debe fijarse al gabinete y alimentarse de la fuente de alimentación de la PC (excepto si se conectan a los buses de E/S USB o IEEE 1394).

Como hemos visto en el **Capítulo 10: Discos Rígidos**, tenemos varias opciones de interfaces para dispositivos de almacenamiento, en el caso que éstos sean internos:

- **IDE, E-IDE, ATAPI:** Los dispositivos IDE ofrecen un buen rendimiento y tienen la ventaja de ser el más popular de todas las interfaces para dispositivos de almacenamiento. Su mayor desventaja es el límite de cuatro dispositivos en el caso de tener dos canales IDE, o bien de ocho si se agregan dos canales IDE más.

- **SCSI:** En sus últimas versiones Ultra 160; 320 y 640 SCSI, ofrecen el mejor rendimiento, tanto para unidades internas como externas, pero es mucho menos popular que IDE.
- **Serial ATA:** Si bien la mayoría de las motherboards modernas incluyen Serial ATA, todavía la mayoría de las unidades internas están basadas en IDE, E-IDE y ATAPI.

Hay otros dispositivos que utilizaban la controladora de la unidad de diskettes para conectarse, pero no son convenientes pues el rendimiento es muy bajo. No conviene adquirir este tipo de dispositivos.

Las interfaces propietarias son las desarrolladas por el fabricante para que el dispositivo se comunique con el bus de expansión. Éstas no son recomendables ya que estará atado al fabricante para futuras actualizaciones y pueden surgir problemas de compatibilidad de los drivers con diferentes versiones de sistemas operativos. Además, quedan pocos dispositivos que recurren a esta modalidad.



Unidades Externas o Portátiles

En cambio, una unidad externa tiene su propio gabinete y, excepto que sea USB, debe usar su propia fuente de alimentación. Además, suelen incluir indicadores y funciones adicionales en el frente del gabinete. Normalmente, las unidades externas tienen un costo un tanto mayor que las internas.

Las unidades externas pueden utilizarse para transportarlas y conectarlas en otra PC y son mucho más fáciles de instalar que las internas, por lo tanto, son portátiles. Las mismas se pueden conectar a alguno de los puertos y buses de E/S que figuran en la Tabla 11.1. Para más información sobre estos puertos y buses de E/S, remitirse al **Capítulo 6: Puertos y Buses de E/S**.

Factores a Evaluar

Existen un conjunto de factores para evaluar a la hora de seleccionar esta clase de dispositivos, muchos de los cuales ya los hemos conocido con los discos rígidos y por ello mismo nos vamos a limitar a mencionarlos:

- El tiempo de acceso.
- Las velocidades de transferencia de datos, en sus diferentes versiones.
- El *buffer* de la controladora.
- El grado de utilización del procesador central.
- Su compatibilidad con estándares para el medio en cuestión.
- El costo del dispositivo.

- El costo del medio intercambiable (éste es uno de los factores más importantes a evaluar).

Tabla 11.1. Comparación de los puertos y buses de E/S para unidades externas.

Bus o puerto de E/S	Ventajas	Desventajas
Puerto Paralelo	Está presente en todas las PC antiguas y modernas.	El rendimiento no es aceptable para los dispositivos modernos. Normalmente existe un único puerto paralelo en la PC, y se suele utilizar para conectar una impresora antigua que no ofrezca un conector USB. No se puede conectar más de un dispositivo a un puerto paralelo.
IEEE 1284 Puerto Paralelo EPP o ECP	Está presente en casi todas las PC. Es el segundo más popular, después del Puerto Paralelo convencional.	El rendimiento es bueno para dispositivos con tasas de transferencia de datos bajas como <i>scanners</i> ; pero no es bueno para unidades de CD, DVD, discos rígidos, etc. Normalmente existe un único puerto paralelo en la PC, y se suele utilizar para conectar la impresora. No se puede conectar más de un dispositivo a un puerto paralelo.
SCSI	Ofrece el mejor rendimiento.	Tanto los adaptadores como los dispositivos SCSI son más caros que los que se conectan a los otros buses o puertos de E/S. No está presente en la mayoría de las PC hogareñas o de oficina.
USB 1.0	Integrado en la mayoría de las motherboards con procesadores Pentium II o superiores. Los dispositivos externos que se conectan no necesitan fuente de alimentación. Gran facilidad de instalación (<i>Plug & Play</i>) y posibilidad de conexión en caliente.	El rendimiento es bueno para dispositivos con tasas de transferencia de datos bajas como <i>scanners</i> ; pero no es bueno para unidades de CD, DVD, discos rígidos, etc.
USB 2.0	Todas las ventajas de USB 1.0. El rendimiento es muy bueno para unidades externas, equivalente a Ultra ATA/66. La mayoría de los dispositivos de almacenamiento intercambiables modernos ofrecen conectividad con USB 2.0. Los dispositivos son mucho más económicos comparados con los SCSI. El rendimiento es muy bueno para unidades externas y escalable a futuras versiones de la interfaz. Gran facilidad de instalación (<i>Plug & Play</i>) y posibilidad de conexión en caliente. Muchos dispositivos que no están pensados exclusivamente para la PC tienen salidas para conectarse a IEEE 1394 y se pueden enchufar a la PC. La mayoría de los dispositivos de almacenamiento intercambiables modernos de alto rendimiento ofrecen versiones IEEE 1394. Los dispositivos externos que se conectan no necesitan fuente de alimentación.	Es el más popular en las PC modernas y el actual estándar para las unidades externas.
IEEE 1394 (FireWire)	Muchos dispositivos que no están pensados exclusivamente para la PC tienen salidas para conectarse a IEEE 1394 y se pueden enchufar a la PC. La mayoría de los dispositivos de almacenamiento intercambiables modernos de alto rendimiento ofrecen versiones IEEE 1394. Los dispositivos externos que se conectan no necesitan fuente de alimentación.	Aunque varias motherboards incorporan adaptadores IEEE 1394, es aun menos popular que SCSI, pues no está presente en la mayoría de las PC hogareñas o de oficina.

Unidades Ópticas: CD; DVD; HD-DVD; Blu-Ray Disc

Uno de los dispositivos de almacenamiento que utiliza la tecnología óptica es el CD-ROM, el cual fue el primero de una serie de avances que recorreremos y compararemos a continuación: CD; DVD; HD-DVD y Blu-Ray Disc.

Vamos a comenzar con el pionero, el CD-ROM, el cual está compuesto por un disco muy fino de policarbonato en el cual fue aplicado un molde que produce picos de longitud variada a lo largo de una única pista en forma de espiral, la cual recorre todo el disco desde el centro del mismo hacia la periferia. Éste está recubierto por un material reflectante (aluminio en la mayoría de los casos) y finalmente por una laca protectora para resguardarlo del polvo, la suciedad, las rayaduras y otros factores externos que puedan dañarlo.

Como los datos se encuentran grabados en la superficie del disco de policarbonato y se determinan por los pozos y las zonas planas que luego se transformarán mediante la unidad lectora en los bits correspondientes, éstos solamente podrán ser leídos y no modificarse. Es por eso que se lo llama CD-ROM (*Compact Disk-Read Only Memory* - Disco compacto-Memoria de Sólo Lectura).



Todos los medios ópticos que lo sucedieron utilizaron la misma nomenclatura. Por ejemplo, DVD-ROM y HD-DVD-ROM.

En la Tabla 11.2 podemos ver una comparativa de las diferentes capacidades y configuraciones ofrecidas por los medios ópticos modernos, desde el CD-ROM hasta el HD-DVD y el Blu Ray Disc.

Funcionamiento de las Unidades Ópticas

Para comprender el funcionamiento de las unidades ópticas, vamos a comenzar con el CD-ROM, el cual tiene un funcionamiento similar al de un reproductor de CD de audio convencional. El CD gira a una velocidad lineal constante (*CLV - Constant Linear Velocity*), es decir, que el motor que hace girar al disco varía su velocidad de rotación: la reduce cuando el láser se dirige a las zonas más cercanas a la periferia y la aumenta cuando éste va a las zonas más cercanas al centro del disco. En los reproductores de CD de audio, la variación de la velocidad de rotación es de 200 a 530 RPM para la periferia y el centro del disco respectivamente.

Mediante un complejo sistema óptico, el láser se dirige al CD mientras gira y el material reflectante devolvió el rayo láser de diferentes maneras dependiendo si se encontró con una zona plana o con un picotito. El rayo láser reflejado del disco alcanza a unos fotodiodos (elementos fotodetectores) que transforman la luz recibida en los bits correspondientes. Si era un pozo, será un 0 y si era una zona

plana será un 1. A su vez, estos bits ingresan al circuito de comprobación y corrección de errores. Ver la Fig. 11.1.

Tabla 11.2. Las diferentes capacidades y configuraciones de los medios ópticos.

Medio	Diámetro	Lados	Capas de datos	Nombre	Capacidad
CD	7,65 cm (3")	1	1	CD36min	365 MB (36 minutos)
CD	12 cm (4,7")	1	1	CD63min	650 MB (63 minutos)
CD	12 cm (4,7")	1	1	CD74min	780 MB (74 minutos)
CD	12 cm (4,7")	1	1	CD80min	840 MB (80 minutos)
DVD	8 cm (3,15")	1	1	S1	1,46 GB
DVD	8 cm (3,15")	1	2	S2	2,66 GB (1,46 GB + 2,2 GB)
DVD	8 cm (3,15")	2	1	D2	2,92 GB (2 x 1,46 GB)
DVD	8 cm (3,15")	2	2	D4	5,32 GB (2 x 2,66 GB)
DVD	12 cm (4,7")	1	1	DVD-5	4,7 GB
DVD	12 cm (4,7")	1	2	DVD-9	8,54 GB (4,7 GB + 3,84 GB)
DVD	12 cm (4,7")	2	1	DVD-10	9,4 GB (2 x 4,7 GB)
DVD	12 cm (4,7")	2	2	DVD-18	17,08 GB (2 x 8,54 GB)
HD-DVD	8 cm (3,15")	1	1	HD-DVDmini1	4,7 GB
HD-DVD	8 cm (3,15")	1	2	HD-DVDmini2	9,4 GB
HD-DVD	12 cm (4,7")	1	1	HD-DVD1	15 GB
HD-DVD	12 cm (4,7")	1	2	HD-DVD2	30 GB
Blu Ray Disc	12 cm (4,7")	1	1	BR1	25 GB
Blu Ray Disc	12 cm (4,7")	1	2	BR2	50 GB

Los circuitos de comprobación y corrección de errores constituyen la mayor diferencia entre un reproductor de CD de audio convencional y un reproductor de CD-ROM, además de otras características especiales como el aumento de la velocidad y el buffer. Debido a la manera como se crea un CD, explicada anteriormente, pueden surgir imperfecciones en el proceso de creación y por más pequeñas que sean causan grandes errores debido a la alta densidad de datos que condensan los medios ópticos. En un CD de audio, el error de un bit cada varios

miles de millones de bits no es muy significativo, pero en un CD-ROM, en donde se almacenan programas, un solo bit perdido significa que el programa no funcionará. Es por eso que se utilizan métodos de corrección de errores muchísimo más complejos que analizaremos más adelante.

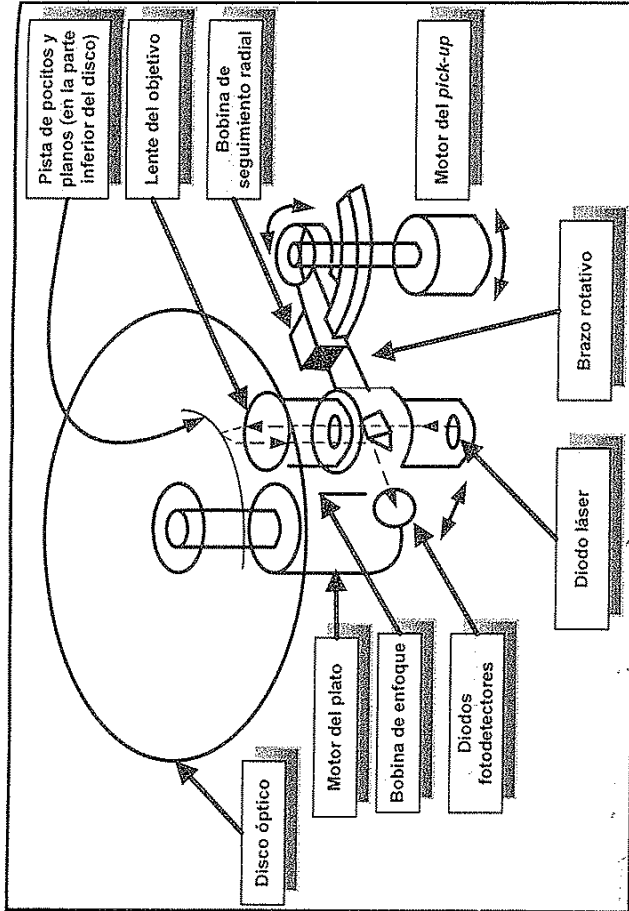


Fig. 11-1. Estructura interna básica de una unidad óptica.

Las unidades de CD-ROM; DVD-ROM y HD-DVD-ROM son compatibles con sus predecesores. Es decir, una unidad de DVD-ROM puede leer un CD-ROM y una HD-DVD-ROM lee sin problemas tanto un DVD-ROM como un CD. Por otro lado, también leen a sus respectivos formatos de audio o video, además de los que almacenan datos. Por ejemplo, CDs de audio, DVDs con video, HD-DVDs con video, etc.

Al poco tiempo que el CD-ROM se transformó en el medio de distribución de software preferido por los fabricantes, la capacidad de este medio comenzó a ser insuficiente y enseguida aparecieron aplicaciones y juegos que se distribuían en varios CD-ROM, lo cual dejó en evidencia que empezaba a ser necesario un reemplazo a largo plazo del CD-ROM. Además, nunca se llegó a ofrecer dos horas de video y sonido a pantalla completa de excelente calidad en un solo disco.

El CD de audio ya tiene más de 20 años y durante ese tiempo se ha establecido como un estándar indiscutible para el audio y la computación, pero nunca llegó a serlo para el video como se había prometido en primera instancia.

Es así como, hacia fines de 1995, diez compañías (entre ellas Sony y Philips) unieron sus esfuerzos para crear un estándar unificado para un nuevo formato de discos compactos que se llamó DVD (*Digital Video Disk* – Disco de video digital) también conocido como (*Digital Versatile Disk* - Disco versátil digital) para que no se lo identificara sólo como un nuevo medio de almacenamiento para video digital. La idea del DVD era ofrecer un medio de almacenamiento óptico con idénticas características físicas que el CD pero con mayor capacidad y con la posibilidad de ofrecer una película completa de video digital en un solo disco compacto con excelente calidad de audio y video. Sin embargo, el DVD no se limita a almacenar películas, sino, al igual que el CD-ROM puede guardar cualquier tipo de información digital, la cual puede ser aprovechada por las computadoras.

El DVD de menor capacidad ofrece 4,7 GB, aproximadamente 7 veces más que la brindada por un CD convencional de 650 MB. Los pocitos del DVD ocupan la mitad del espacio que los de un CD y la distancia entre las pistas también es un 50% más corta que la utilizada por este último (ver la Tabla 11.2).

Tabla 11.2. Comparación de características de los medios ópticos más importantes.

Características	CD	DVD	HD-DVD	Blu Ray
Diámetro del disco	120 mm (12 cm)	120 mm (12 cm)	120 mm (12 cm)	120 mm (12 cm)
Espesor del disco	1,2 mm	1,2 mm (2 x 0,6 mm)	1,2 mm (2 x 0,6 mm)	0,1 mm (2 x 0,075 mm)
Longitud de onda del láser	780 nm (Infrarrojo)	635... 650 nm (Rojo)	405 nm (Azul-Violeta)	405 nm (Azul-Violeta)
Apertura numérica del láser	0,45	0,60	0,85	0,85
Distancia entre pistas (Track pitch)	1,6 µm	0,74 µm	0,40 µm	0,32 µm
Longitud del pozo más corto	0,83 µm	0,4 µm	0,204 µm	0,138 µm
Capas de datos	1	1...2	1...2	1...2
Velocidad de transferencia de datos: mínima (1x)	153,6 KBps	1:108 KBps (más de 1 MBps)	4,56 MBps	4,5 MBps
Formatos	ROM; R; RW	ROM; ±R; ±RW; RAM; ±R DL; ±RW DL	ROM; R; R DL; RW; RW DL y RAM	ROM; R; RE

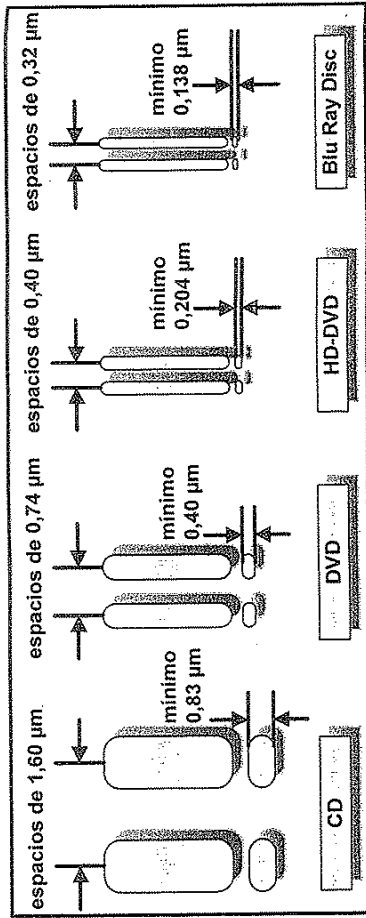


Fig. 11.2. Diferencias físicas entre los diferentes medios ópticos.

Las unidades lectoras de CD utilizan un rayo láser infrarrojo con una longitud de onda de 780 nm (nanómetros = 10^{-9} metros) que resulta imperceptible para el ojo humano, en cambio las unidades DVD usan uno que emite una luz roja visible con una longitud de onda que está entre los 635 y 650 nm. Al ser menor, facilita la lectura de los pozos más pequeños y más juntos. A su vez, se refinó el láser con lentes de mayor apertura numérica (NA - *Numerical Aperture*) para obtener un rayo de luz más fino y de esta forma lograr un foco más preciso. El sistema de corrección de errores utilizado en el DVD es el RS-PC (*Reed Solomon Product Code*) que es diez veces más robusto que el del CD-ROM. En la Tabla 11.1 podemos ver las capacidades del CD, el DVD y sus sucesores; y la Tabla 11.2 simplifica las diferencias entre ellos.

Si bien el DVD ya se encuentra muy masificado, tanto para video como para su uso para la distribución de software y sistemas de información, aparecen dos nuevos medios ópticos que se disputan la batalla por la sucesión: el HD-DVD y el Blu Ray Disc. Ambos utilizan un rayo láser azul-violeta con una longitud de onda de 405 nm. Sus características y sus diferencias se resumen en las Tablas 11.1 y 11.2. En la Fig. 11.2 podemos ver una comparativa de las diferencias físicas de la pista y de los pozos de los diferentes medios ópticos analizados.

Doble Capa y Doble Lado

El DVD se presentó, en principio, en cuatro capacidades diferentes en las cuales utiliza varias capas de datos de distintas características. En algunas de ellas, el DVD se lee de los dos lados y en otras se utilizan dos capas de datos (*dual layer*), una de ellas semitransparente encima de otra opaca y mediante un láser de foco dual se leen ambas capas de datos duplicando la cantidad de información que se puede almacenar en el mismo espacio. Más tarde aparecieron DVD con un

diámetro de 8 cm, en vez de los 12 cm originales, por lo cual se agregan cuatro nuevas capacidades (ver la Tabla 11.1).

Las dos últimas configuraciones dividen su capacidad en los dos lados, por lo tanto, si no tenemos una unidad DVD capaz de leer ambos habrá que retirar el DVD e insertarlo del otro lado para que la unidad lo pueda leer, lo cual puede resultar algo incómodo. Sin embargo, los GB de diferencia bien lo valen.

Los HD DVD y los Blue Ray también utilizan dos capas de datos para ofrecer mayores capacidades (ver la Tabla 11.1).



A la hora de elegir una unidad lectora o grabadora, es conveniente optar por una que permita leer y/o escribir los formatos de doble capa (dual layer).

Hemos analizado el DVD, el HD DVD y el Blu Ray desde el punto de vista que nos interesa en esta obra: su aplicación a las PC y otras computadoras. Sin embargo, estos medios ópticos también se presentan como el reemplazo de las videocassetas y los dos últimos del DVD, pues ofrecen la mejor calidad de video y sonido posibles.

Alimentación del Medio Óptico

El medio óptico pueden introducirse en las unidades mediante dos métodos diferentes: mediante una bandeja o un *caddy*.

Algunas unidades realizan la alimentación del medio utilizando una bandeja similar a la de la mayoría de los reproductores de CD de audio. Esta bandeja sale del interior de la unidad para retirar o introducir el medio y luego vuelve a entrar en la unidad para posibilitar la lectura del mismo.

Otras unidades utilizan *caddies* para introducir el medio. Un *caddy* es un cartucho plástico con una tapa corrediza, dentro del cual se introduce el medio y se cierra la tapa. El mismo se inserta en la unidad y ésta se encargará de correr la tapa y leer el medio sin retirarlo del cartucho. De esta manera, se protege al medio y a la unidad del polvo, la suciedad y demás factores externos que pueden dañarlos. La desventaja de las unidades que utilizan *caddies* es que resulta un poco incómodo cambiar el medio ubicado en el mismo cada vez que se desee introducir uno nuevo, siendo más conveniente comprar un *caddy* para cada medio que se utilice, pero esto representa un costo considerable.

Velocidad

La velocidad de transferencia de datos básica que tiene cada uno de los medios ópticos se mostró en la Tabla 11.2 y se conoce como velocidad 1x. Esta velocidad de transferencia corresponde al flujo de datos máximo que éste transferirá a la

interfaz. Dicha velocidad de transferencia es demasiado baja comparada con la de los discos rígidos modernos, por lo cual, se fue mejorando para cada uno de los medios con el tiempo. Para ello, se aumentó la velocidad de rotación del motor que hace girar el medio óptico y se mejoraron los sistemas de lectura óptica para que ofrecieran una mayor precisión y sensibilidad, y así leer los datos a mayores velocidades.

La velocidad de dichas unidades mejoradas se representa como una comparación con respecto a la velocidad básica (1x), es decir, que se conocen como unidades de velocidad 2x, 3x, 12x, 24x. Donde, la tasa de transferencia de datos máxima estará dada por la velocidad básica del medio óptico de la Tabla 11.2, multiplicada por el factor de aumento de velocidad.

Ciertas velocidades introducen un cambio en la forma de trabajar de las lectoras, tanto en los mecanismos como en la electrónica de las mismas, para alcanzar dichas velocidades, en vez de trabajar con velocidad lineal constante, lo hacen con diferentes velocidades. Por ejemplo, esto significa que en las pistas externas el disco gira al doble de la velocidad que en las pistas internas, todo esto combinado con un procesador de señales digital capaz de trabajar a la velocidad máxima de transferencia de datos de la unidad. Así, el rendimiento en realidad es un promedio de las velocidades con las cuales trabajará, dependiendo de la zona del medio óptico que se está leyendo o escribiendo.

Tiempo de Acceso

El tiempo de acceso de las unidades ópticas es mucho mayor que el de los discos rígidos, por lo tanto, el acceso a los datos en este último es mucho más rápido que en un medio óptico. Esto se debe a que el disco rígido está dividido en sectores, pistas y superficies, en tanto la velocidad de rotación de los platos es constante, y por ello, para acceder a una pista, sector y superficie determinada los cabezales se deben mover hacia el lugar indicado y esto no representa ninguna dificultad.

En cambio, en un medio óptico, la información se encuentra en una única pista en forma de espiral y la velocidad de rotación del mismo disminuye hacia el centro del disco, por lo tanto, es más lento el proceso para buscar el lugar en donde se encuentra la información que se desea.

Las unidades de CD-ROM actuales de buena calidad tienen un tiempo de acceso promedio de 250 milisegundos. Si va a comprar una unidad, busque una cuyo tiempo de acceso no sea mayor a los 300 milisegundos para obtener un rendimiento aceptable en aplicaciones que requieren la búsqueda de datos aleatorios, como las bases de datos, diccionarios y enciclopedias.

Para mejorar los tiempos de acceso de las unidades y obtener un mejor rendimiento en las aplicaciones que requieren la búsqueda de datos aleatorios, como las bases de datos, diccionarios y enciclopedias, es conveniente dedicar una cantidad de memoria en una caché por software, especialmente optimizada para acelerar los accesos a la información en los medios ópticos. Los sistemas operativos modernos incorporan administradores de memoria caché interconstruidos en su arquitectura, por lo cual ofrecen mejoras notables en el rendimiento.



El Buffer y la Utilización del Procesador

Al igual que los discos rígidos, las unidades ópticas incorporan una pequeña cantidad de memoria RAM para utilizarla como un *buffer* de lectura y obtener una velocidad de transferencia de datos más elevada. El funcionamiento del *buffer* es similar al explicado para los discos rígidos: se van almacenando en esta memoria los datos que se leen del medio óptico y una vez transferidos los datos al *buffer*, éste enviará los mismos al procesador en forma de bloques. Si no existiera este *buffer*, el procesador quedaría ocupado esperando una lenta transferencia de datos continua producida por la lectura directa desde el medio óptico.

Una unidad óptica, compatible con Ultra DMA/33, con un tamaño de *buffer* adecuado podrá brindar una utilización del procesador menor del 10% transfiriendo a 4,5 MBps. Busque un tamaño de *buffer* mayor a 512 KB para obtener buenos rendimientos y poder aprovechar la capacidad de multitareas de los sistemas operativos modernos.

Grabadoras y Regrabadoras

Las grabadoras o lectoras de los diferentes medios ópticos (CD; DVD; HD-DVD y Blu Ray) son unidades que pueden, además de leer, grabar datos en medios ópticos de diferentes formatos. Estas unidades poseen un rayo láser muy potente que permite la creación de picos en la superficie grabable de los medios ópticos (ver la Fig. 11.3).

Las grabadoras permiten grabar la información pero no la pueden modificar una vez que fue grabada, transformándose entonces un medio óptico grabable con el sufijo ROM (como DVD-ROM o CD-ROM). Las mejores grabadoras permiten tres métodos de grabación: monosección, multisección y multisección incremental.

Hoy en día, es conveniente adquirir una unidad grabadora que permita trabajar con los medios ópticos regrabables (RW o RAM, según el medio), permitiendo de esta manera poder volver a utilizar todo el espacio de almacenamiento del medio.

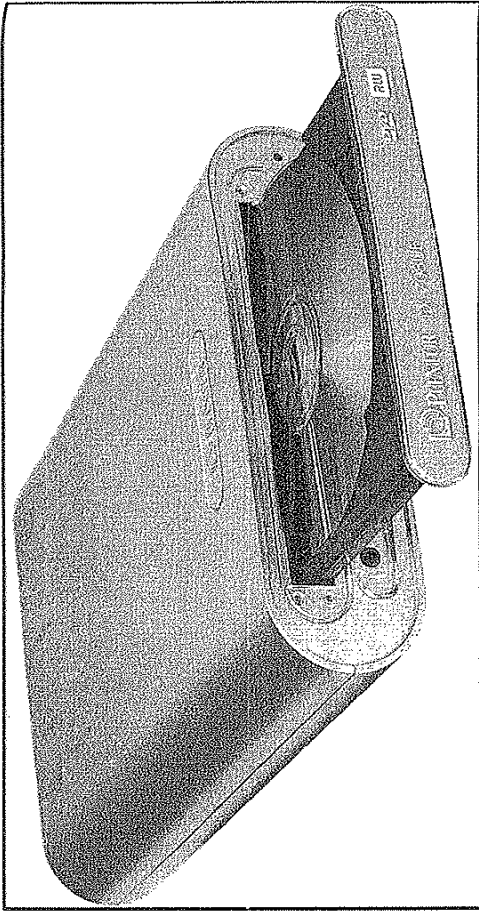


Fig. 11.3. Una unidad regrabadora de DVD de doble capa (dual layer) externa.

Éste representa una seria competencia a otros sistemas de almacenamiento que nunca alcanzaron demasiada popularidad por sus altos precios. Actualmente, una unidad capaz de trabajar con medios ópticos regrabables no es muy costosa y los medios tampoco y al permitir grabar un volumen considerable de datos se han transformado en las unidades de almacenamiento intercambiables de mayor difusión. No tiene sentido invertir en una unidad que no soporte medios regrabables.

Al igual que las unidades lectoras de medios ópticos, las grabadoras y regrabadoras pueden funcionar a diferentes velocidades. La elección de la velocidad dependerá del uso que se le dará y de la inversión que se desee realizar. El medio óptico virgen que se utilice deberá ser compatible con la velocidad de trabajo de la grabadora y la regrabadora.

Las grabadoras y regrabadoras también funcionan como lectoras, por lo que al adquirir una, no necesitamos mantener obligatoriamente una unidad lectora del medio óptico aparte. Normalmente, la velocidad de lectura que ofrecen es muy superior a la de grabación, por ejemplo, pueden leer a 32x pero graban a un máximo de 16x.

Unidades Zip; Jaz y Rev

A principios de 1996, IoMega lanzó al mercado una unidad externa que se conectaba a la PC mediante el puerto paralelo y manejaba un medio de almacenamiento magnético, removible y reescribible muy similar a un diskette de

3 1/2", pero con una capacidad de 100 MB y un precio bastante adecuado con respecto a los otros sistemas de almacenamiento estudiados.

Un diskette Zip de 100 MB alberga 70 veces mayor cantidad de información que un diskette de 3 1/2" convencional, achicando el espacio entre las pistas y utilizando un formato de bajo nivel de altísima precisión realizado por el fabricante.

La unidad Zip es un híbrido entre una unidad de diskettes convencional y un disco rígido. Con una velocidad de rotación de 2.945 RPM y un tiempo de acceso promedio de 29 ms, logra un rendimiento ocho veces superior al de una unidad de diskettes pero está lejos de alcanzar el de un disco rígido. Además, incorpora un buffer para mejorar la velocidad de transferencia de datos. El principio de funcionamiento de la unidad y el aspecto del diskette Zip son muy similares al de las unidades de diskettes, lo cual quiere decir que estamos hablando de un sistema de lectura/grabación magnético.

Con el pasar de los años fueron apareciendo nuevas versiones mejorando esta misma tecnología y se hicieron unidades para todos los puertos y buses de E/S que mencionamos al comienzo de este capítulo.

El gran problema de estas unidades es que el costo del cartucho es bastante mayor al de un medio óptico reescribible y nunca lograron el nivel de masificación que sí tienen los medios ópticos como el CD-ROM y el DVD-ROM. Por lo tanto, solamente se justifica su inversión para usos específicos.

Al poco tiempo del nacimiento de la unidad Zip, IoMega lanzó al mercado a su hermana mayor: la unidad Jaz. Ésta utiliza cartuchos que permiten almacenar 1 ó 2 GB, según el modelo.

Las unidades Rev aumentan la apuesta ofreciendo cartuchos que pueden almacenar 70 GB con un tiempo de acceso interesante para realizar rápidas copias de seguridad y para poder transportar grandes cantidades de datos. La desventaja es que los cartuchos son bastante costosos comparado con otros medios intercambiables.

Diskettes de Alta Capacidad

Existen diskettes especiales que logran capacidades de almacenamiento de aproximadamente 200; 120 y 25 MB. Éstos son idénticos a los de 3 1/2" de 1,44 MB de capacidad a simple vista, pero la superficie de almacenamiento de los datos que se encuentra en su interior posee una mayor cantidad de pistas y sectores por pista.

El más difundido fue desarrollado por 3M y se conoce con el nombre de LS-120, tiene una capacidad de 120 MB y una densidad de datos de 2.490 TPI, mucho más que los 135 TPI de las unidades de diskette de 1,44 MB de 3 1/2".

Estos diskettes, solamente pueden utilizarse en unidades de alta capacidad especialmente diseñadas para trabajar con ellos. Dichas unidades poseen mecanismos para la ubicación de los cabezales de gran precisión lo cual les permite leer y grabar datos en una superficie con mayor cantidad de pistas y sectores que las de un diskette convencional. Además, trabajan a velocidades mayores que las convencionales.

Otras unidades que trabajan en forma similar son las conocidas como VHDF (*Very High Density Floppy* - Diskettes de muy alta densidad), llegando a capacidades de 25 MB. Por otro lado, el formato y las unidades HiFD desarrolladas por Sony y Teac utilizan discos de 200 MB.

Las unidades LS-120, HiFD y VHDF también permiten leer y escribir diskettes de 3 1/2" convencionales, por lo cual muchos fabricantes las incluyen como unidad de diskette en las PC.

Unidades de Memoria USB (Pen Drive)

Las unidades de memoria USB, también conocidas como *Pen Drive* (unidad tipo lapicera), *USB Keys* (llaves USB) o, simplemente memorias USB, constituyen el medio de almacenamiento intercambiable de mayor crecimiento en los últimos años.

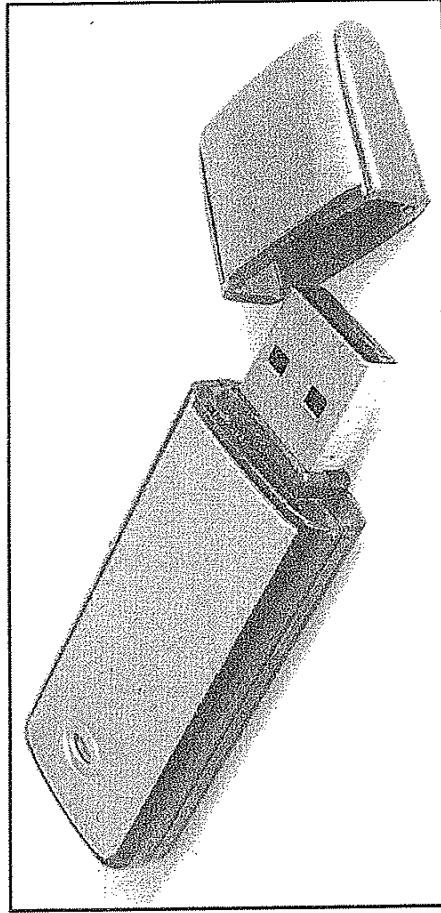


Fig. 11.4. Una unidad de memoria USB 2.0 de 8 GB de capacidad.

Se trata de una memoria del tipo *flash* RAM, compuesta por unos chips RAM capaces de retener la información almacenada sin necesidad de ser alimentados con energía eléctrica, con una conexión al bus USB, listas para enchufarse rápidamente

(ver la Fig. 11.4). Resultan muy prácticas para trasladar información, pues suelen tener un tamaño de aproximadamente 5 cm x 1, 5 cm (algo así como el dedo gordo de la mano), por lo cual se pueden llevar muy cómodamente en un bolsillo. Hay modelos que ofrecen las formas más creativas y no es extraño encontrarse con lapiceras u otros utensillos que incluyen la memoria y la conexión USB.

Sus capacidades van desde los 64 MB hasta decenas de GB y cada vez salen nuevos modelos con mayores capacidades. Por las prestaciones que brindan, son bastante económicos y, a medida que vaya pasando el tiempo, por el mismo precio se obtendrán mayores capacidades.

Su gran ventaja es que son Plug & Play, por lo cual, se enchufan en el bus USB y los sistemas operativos modernos detectan su presencia y automáticamente se puede acceder a los archivos que contiene.

A la hora de adquirir una, además de tener en cuenta la capacidad, es importante considerar el tiempo de acceso, el cual difiere en los distintos modelos y es el parámetro más importante a tener en cuenta para el rendimiento. Además, es conveniente utilizar unidades que estén preparadas para sacar provecho de USB 2.0.



Este dispositivo de almacenamiento es la base de muchos reproductores portátiles de MP3 y también se utiliza en una gran cantidad de dispositivos electrónicos modernos, como estéreos para el automotor, reproductores de DVD, teléfonos celulares, cámaras digitales, etc.

La mayoría de las motherboards modernas permiten especificarle al BIOS que arranque el sistema operativo desde una unidad de memoria USB, por lo cual, ya existen muchos equipos que aprovechan esta característica e incluyen todo lo necesario para trabajar en una unidad con decenas de GB de espacio de almacenamiento.

Tarjetas de Memoria Flash RAM

Las tarjetas de memoria (*memory cards*) no son dispositivos de almacenamiento propios de la PC, pues se utilizan en teléfonos celulares, palmtops, notebooks, PC portátiles y cámaras digitales, entre otras, y vienen en tamaños de cientos de MB hasta decenas de GB.

Se trata de tarjetas con memorias *Flash-RAM* con pequeñas dimensiones que no suelen superar los 4 cm² de superficie. Están compuestas por unos chips RAM capaces de retener la información almacenada sin necesidad de ser alimentados con energía eléctrica, pero, a diferencia de las unidades de memoria USB, no tienen una conexión con un puerto o bus de E/S estándar de la PC.

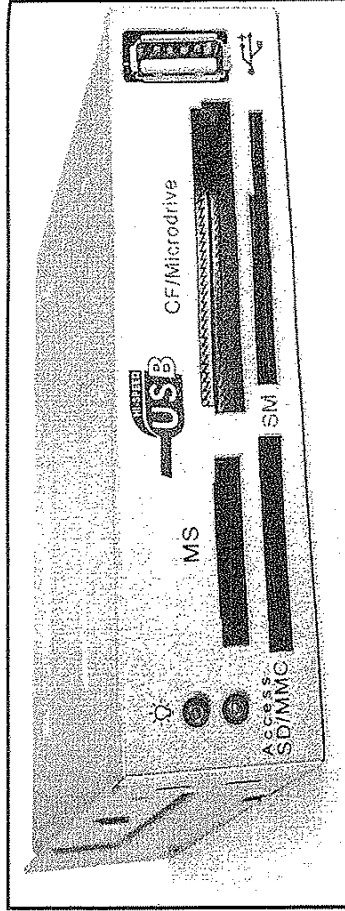


Fig. 11.5. Un lector de múltiples tarjetas de memoria con conexión a USB 2.0.

Por lo tanto, se necesita utilizar un lector de tarjetas de memoria, un dispositivo con ranuras preparadas para alojar a estas tarjetas (ver la Fig. 11.5) y traducir esta información a un bus de E/S de la PC. Generalmente, estos lectores se conectan al bus USB 2.0.

Si bien algunas PC e impresoras incorporan lectores de tarjetas de memoria para algunos estándares, no tienen la difusión que sí tiene el puerto USB 2.0.

Otra de las desventajas de este medio es que los precios de estas tarjetas son bastante elevados, comparados con las unidades de memoria USB. Por lo tanto, solamente tiene sentido utilizarlas como medio de almacenamiento si se debe compartir información con un dispositivo que las utilice en forma exclusiva como medio de intercambio.

Unidades de Cinta

Cuando se efectúan las copias de seguridad de la información almacenada en un disco rígido, se necesitan grandes cantidades de medios ópticos por más que se utilice el mejor sistema de compresión, si se desea hacer un *backup* (copia de seguridad) de un disco rígido de 500 GB se necesitarán varios Rev; HD DVD o Blue Ray; muchos DVD o bien cientos de CD.

Evidentemente, se necesitará que una persona se encargue de retirar el medio óptico e insertar uno nuevo y dicha operación se deberá repetir por cada uno que se necesite. Si se desea tener una copia al día del contenido del disco rígido, necesitará un dispositivo rápido y que pueda almacenar esa misma cantidad de información. Estos dispositivos son las unidades de cintas con sus respectivos medios removibles, los cartuchos de cintas.

Estas unidades de cinta se conocen también como streamers o tape backups. Con una capacidad de almacenamiento casi ilimitada y un alto nivel de seguridad logrados mediante métodos de corrección de errores avanzados, estas unidades resultan ideales para realizar copias de seguridad de grandes cantidades de datos (cientos de GB).

Tabla 11.3. Características de los diferentes cartuchos de cinta.

Cartucho de cinta	Rango de capacidades sin compresión de datos (aproximados)	Velocidades de transferencia (aproximadas)
Cinta de 4 mm	300 MB hasta 3,6 GB	8 MB/minuto
Cinta de 4 mm (DAT o DDS)	1 GB hasta 16 GB	15 MB/minuto
Cinta de 8 mm o D8	600 MB hasta 10 GB	15 MB/minuto
DC2000 QIC. Unidad de 3 1/4".	40 MB hasta 13 GB	2 MB/minuto hasta 9 MB/minuto
DC6000 QIC. Unidad de 5 1/4".	60 MB hasta 2,1 GB	5 MB/minuto hasta 18 MB/minuto
DC9000 QIC-ER	1 GB hasta 2,5 GB	7 MB/minuto
DLT	1 GB hasta 35 GB	300 MB/minuto
DOT	Varios TB	25 MB/minuto hasta 5 GB/minuto
LTO	25 GB hasta 800 GB	600 MB/minuto hasta 4,8 GB/minuto
QIC-Wide (QIC Ancho), cinta de 8 mm de ancho	250 MB hasta 4 GB	7 MB/minuto
Travan	400 MB hasta 10 GB	4 MB/minuto hasta 33 MB/minuto

QIC = Quarter Inch Cartridge – Cartucho de un cuarto de pulgada: cinta de 6,3 mm de ancho.

DAT = Digital Audio Tape – Cinta de Audio Digital

DDS = Digital Data Storage – Almacenamiento Digital de Datos

DLT = Digital Linear Tape – Cinta Digital Lineal

DOT = Digital Optical Tape – Cinta Digital Óptica

LTO = Linear Tape Open – Cinta Lineal Abierta

TB = terabytes; 1 TB = 1024 GB

El medio de almacenamiento consiste en un cartucho de datos similar a un cassette de audio (ver la Fig. 11.6), pero con la cinta magnética especialmente diseñada para garantizar la estabilidad de los datos y altas densidades de grabación. Ésta se efectúa de manera similar a la que se graba un cassette de audio: mediante cabezales de lectura y escritura magnética. Como debe ser formateado antes de

grabar los datos y este proceso lleva bastante tiempo, resulta conveniente la adquisición de cartuchos preformateados de fábrica.

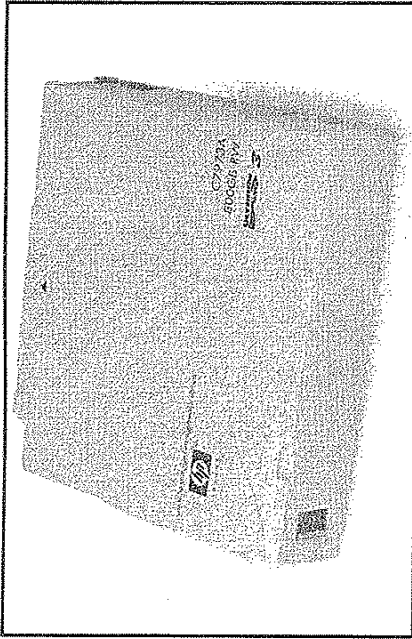


Fig. 11.6.
Un cartucho LTO
de 800 GB.

Estas unidades y cartuchos de cinta vienen en diferentes tamaños y tecnologías que permiten cubrir un rango de capacidades de decenas de megabytes a varios terabytes (1 terabyte = 1024 gigabytes) para cubrir las necesidades de estaciones de trabajo individuales hasta gigantesca red.

En la Tabla 11.3 se muestran los diferentes tipos de cartuchos de cinta, que deberán ser utilizados con los distintos tipos de unidades, y su rango de capacidades de almacenamiento que también deberán ser soportadas por la unidad y vendrán determinados por la longitud de la cinta.

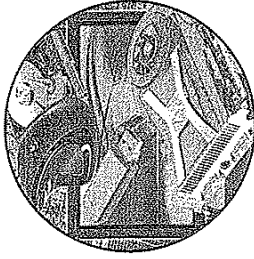
A su vez, estas capacidades se pueden aumentar mediante métodos de compresión de datos que ya vienen incorporados en los programas de backup.

Otros Dispositivos de Almacenamiento

Existe una gran cantidad de dispositivos de almacenamiento además de los que hemos desarrollado en este capítulo, pero seleccionamos los más populares y actuales, pues analizarlos todos justificaría una obra entera.

Para obtener mayor información sobre la instalación, la configuración, el diagnóstico, la reparación y el reemplazo de los sistemas de almacenamiento mencionados en este capítulo puede consultar los libros *Reparación y Actualización de PC y Reparación y Actualización de PC Visual*, ambos de Editorial HJASA.

Capítulo 12



Sonido

Las primeras PC solamente eran capaces de emitir algunos pitidos mediante el *speaker* (parlante o bocina incorporada) y no tenían capacidades avanzadas de generación de sonidos. Cuando comenzaron a aparecer los juegos, se lograron reproducir melodías a través de ese pequeño parlante, aunque éstas no eran de excelente calidad, fueron los primeros sonidos agradables que se escuchaban en una PC. Sin embargo, eso requería un gran esfuerzo en la programación y la cantidad de sonidos que se podían percibir con claridad eran muy limitados.

Al cabo de un tiempo, la aparición de una mayor cantidad de juegos que demandaban mejor capacidad de producción de sonidos por parte de las PC, obligó el desarrollo de las primeras tarjetas de sonido. La **tarjeta de sonido** se colocaba en una ranura de expansión para proporcionar capacidades de producción y/o reproducción de sonidos con una calidad mucho mayor que la del parlante incorporado en las PC y proveía muchas funciones que permitían a los programadores de los juegos el desarrollo de melodías y sonidos con mayor facilidad.

Multimedia (múltiples medios) es la combinación de sonido, video, imágenes, gráficos y animaciones digitales. No es simplemente para los juegos, como se suele creer, pues sus aplicaciones incluyen enciclopedias, tutoriales interactivos, juegos interactivos, programas educativos, presentaciones, entrenamiento y cualquier otro sistema informático que incorpore manejo del sonido, video, animaciones y/o gráficos (como la World Wide Web de Internet).

Cuando multimedia se hizo famosa, las tarjetas de sonido comenzaron a ofrecer mayores prestaciones y dejaron de ser un simple accesorio para mejorar los juegos para transformarse en un elemento necesario en las PC, ya que el sonido se utiliza en todas las aplicaciones comerciales, además de los juegos, programas de música, entretenimiento, entrenamiento, y cualquier PC que utilice un sistema operativo con capacidades de multimedia incorporadas, como Windows y Linux.

Las tarjetas de sonido, como todas las tecnologías presentes en las PC, han exhibido una gran evolución en los últimos años, especialmente con la aparición del CD y sus sucesores en orden cronológico, el DVD, el HD DVD, el Blu-Ray Disc y la revolución de los Home Theatre, pues se fueron adaptando para conseguir calidad de sonido que iguale a las presentadas por estos medios. Además, el sonido estereofónico ha dejado su lugar al sonido envolvente o tridimensional (3D) conformado por numerosas canales de audio para generar un entorno lo más parecido posible a la inmersión en un escenario natural.



Funcionamiento de una Tarjeta de Sonido

La mayoría de las tarjetas de sonido están conformadas por los siguientes componentes (ver la Fig. 12.1):

- **Entradas analógicas y digitales.** Nos permiten conectar equipos de sonido para que lo ingresen en forma analógica o digital a la tarjeta de sonido. Las entradas digitales están presentes únicamente en tarjetas de última generación. De esta manera, podemos ingresar la salida de audio de un micrófono, un equipo de DVD, CD de audio, Home Theatre, reproductor de MP3, entre otros, a la tarjeta.
- **Salidas analógicas y digitales.** Nos permiten escuchar las señales analógicas o digitales provenientes de la tarjeta de sonido en un buen juego de parlantes o bien enviarlas a un amplificador de potencia, equipo de audio, DVD, Home Theatre, etc.
- **Amplificador interno.** Aumenta el nivel de las señales que se presentan en las salidas para que lleguen con el nivel suficiente para excitar a los dispositivos que las reciben. Generalmente tiene muy poca potencia, dejándole el trabajo de mayor amplificación al juego de parlantes o a equipos dedicados externos.
- **Filtros analógicos.** Se encargan de eliminar componentes indeseados de las señales analógicas, tanto en las entradas como en las salidas. Éstos suelen determinar la calidad final y el nivel de pureza del sonido procesado y generado por la tarjeta de sonido.
- **CDA o DAC (Digital-to-Analogic Converter – Conversor de Digital a Analógico).**
- **CAD o ADC (Analogical-to-Digital Converter – Conversor de Analógico a Digital).**
- **DSP o PSD (Digital Signal Processor – Procesador de Señales Digitales).**

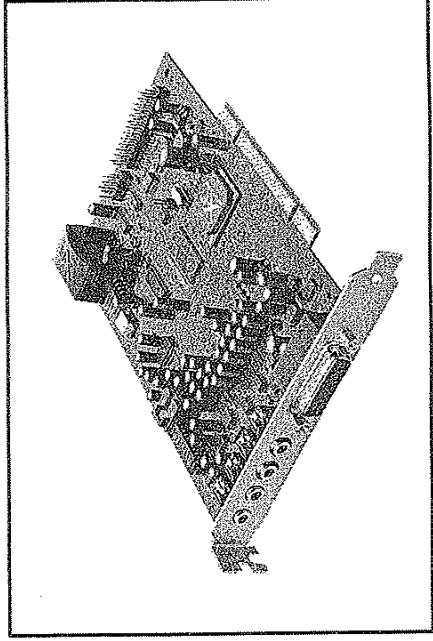


Fig. 12.1.
Una tarjeta de sonido
Sound Blaster® X-Fi™
XtremeGamer Fatalty
Professional.

Debido a la gran variedad de tarjetas de sonido que han inundado el mercado, la elección de una es un poco difícil pues hay que tener en cuenta unos cuantos parámetros muy importantes que se explicarán en detalle a continuación. Además, las necesidades de calidad no serán las mismas para un simple usuario de aplicaciones multimedia como para un amante de la música, por lo tanto no hay que pagar más caro por algo que no se va a utilizar.



En la actualidad, la mayoría de las motherboards incluyen tarjetas de sonido incorporadas en la misma, sin embargo, todo el análisis que llevaremos a cabo en este capítulo es también aplicable a las mismas. Es más, muchas veces las tarjetas incorporadas tienen capacidades muy limitadas y para tener el mejor sonido es necesario agregar una buena tarjeta de sonido, especialmente para disfrutar de las aplicaciones más exigentes.

A continuación vamos a analizar en detalle a los componentes de la misma y el funcionamiento de las tareas principales de una tarjeta de sonido.

Capacidades de Muestreo

La mayoría de las tarjetas de sonido ofrecen la capacidad de digitalizar sonido, es decir, la posibilidad de grabar y reproducir sonido en una PC utilizando formato digital. También, se la conoce como capacidad de *sampling* (muestreo) y es una de las características más utilizadas en las aplicaciones de negocios, pues se puede grabar una voz y luego reproducirla o presentar el sonido de un timbre cada vez que hay un ingreso de información en el buzón del correo electrónico o un nuevo mensaje instantáneo. A su vez, esta capacidad permite transferir la canción favorita desde el reproductor de MP3, DVD o CD al disco rígido, realizarle algún tipo de

cambio, mezclarla con otros sonidos y reproducirla o enviarla a un DVD o CD mediante la salida de audio de la misma tarjeta de sonido.

Muchas aplicaciones y juegos utilizan esta característica, especialmente con sonidos que son difíciles de crear de otras formas. Por ejemplo, los juegos de fútbol tienen archivos con sonidos digitalizados que fueron grabados en un estadio de fútbol real con la hinchada gritando un gol, silbando, alentando, etc., y son reproducidos durante el juego, cuando se producen los acontecimientos correspondientes. Esto se conoce como **sonido digitalizado**, de forma de ondas o *wavetable*.



Los formatos MP3 y MP4 no son más que sonido digitalizado pero con un fuerte esquema de compresión que reduce drásticamente las necesidades de espacio en disco.

El sonido proveniente de un equipo de audio (Home-Theatre, CD, DVD, cassette, micrófono o radio) está representado en forma analógica, es decir, por varias ondas sinusoidales de diferentes amplitudes y diferentes frecuencias (ver la Fig. 12.2).

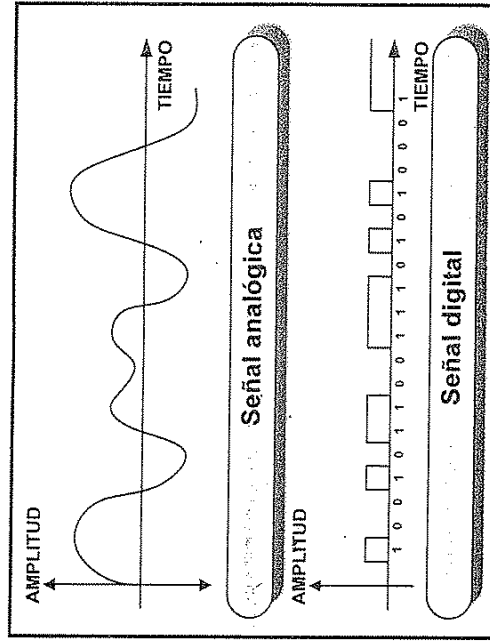


Fig. 12.2. Comparación de las señales analógicas y digitales.

Las computadoras trabajan internamente con señales digitales, por lo tanto, las tarjetas de sonido con capacidades de *sampling* incorporan un ADC (*Analogical-to-Digital Converter* - Conversor de analógico a digital), el cual permite digitalizar los sonidos provenientes de cualquier equipo de audio como un Home-Theatre o de un micrófono, que se puede conectar a la tarjeta para grabar nuestra voz.

Para enviar el sonido a los parlantes o a cualquier otro dispositivo que acepte el ingreso de las señales de audio generadas, se necesita otro conversor que vuelva a

transformar el sonido a su formato original, función que cumple un DAC (*Digital-to-Analogic Converter* - Conversor de digital a analógico) el cual también se encontrará incorporado en la misma tarjeta (ver la Fig. 12.3).

Estos conversores pueden venir en diferentes versiones y tienen dos parámetros que definen su precisión y calidad:

- El tamaño de cada muestra en bits.
- La frecuencia de muestreo en Hz.

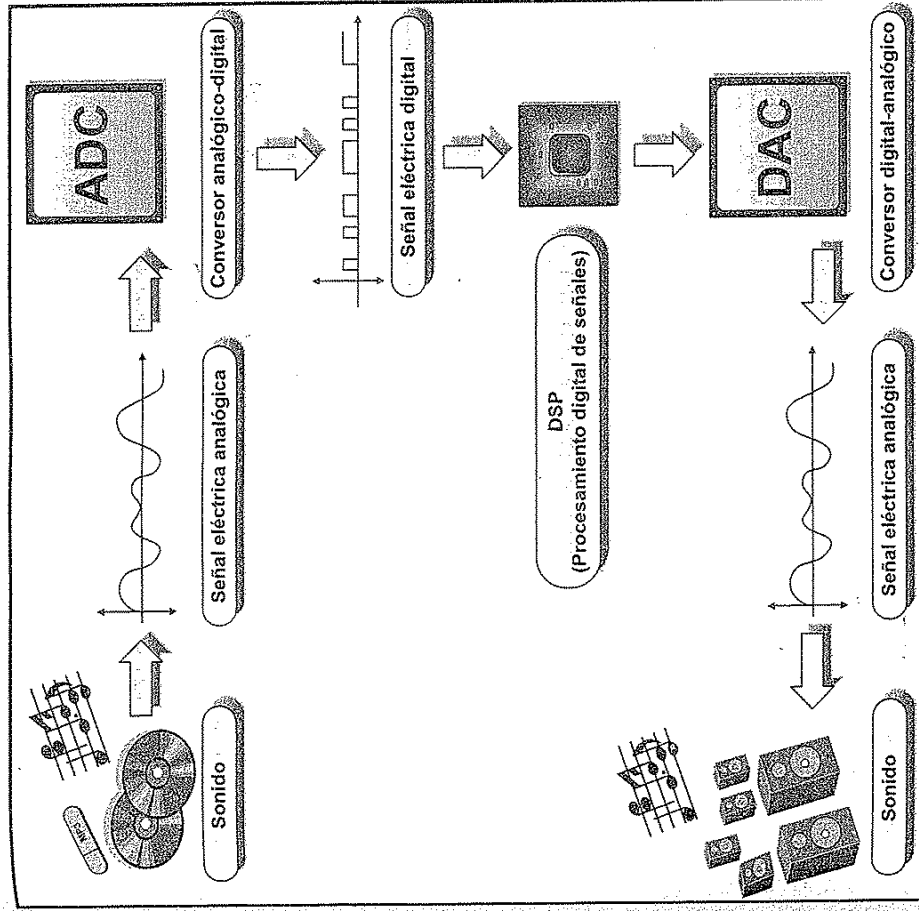


Fig. 12.3. Diagrama de la digitalización del sonido que realiza una tarjeta de sonido.

Tamaño de Muestras: de 8 a 24 bits

Los conversores con un tamaño de muestra de 8 bits permiten representar el sonido en 256 niveles de amplitud posibles, mientras que los de 16 bits amplían este número a 65.536. Ver la Tabla 12.1 y la Fig. 12.4.

Tabla 12.1. Cantidad de señales diferenciadas por los tamaños de muestra típicos.

Bits por muestra	Cantidad de señales diferenciadas
8	256
16	65.536
18	262.144
20	1.048.576
24	16.777.216

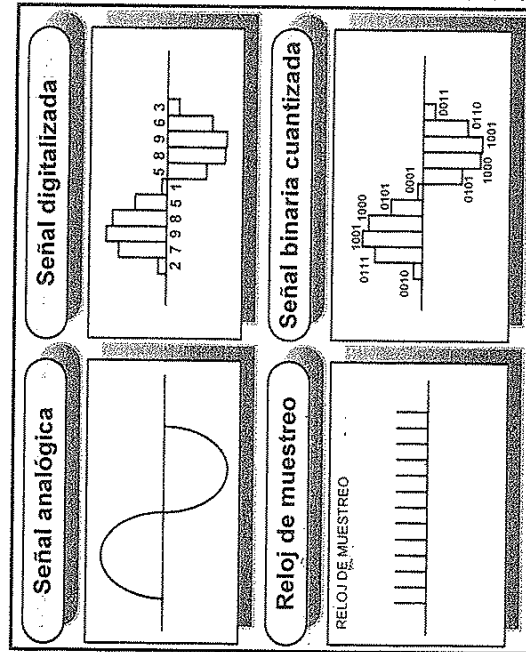


Fig. 12.4. El proceso de muestreo de una señal analógica, con una frecuencia de muestreo insuficiente.

Las tarjetas de sonido suelen clasificarse por el tipo de conversor que utilizan. En la actualidad, el conversor debe ser de 24 bits para poder tener capacidad de sampling de sonidos de alta calidad compatibles con el audio que se puede conseguir con un DVD, con estándares de sonido envolvente como Dolby 5.1 para aprovechar un Home Theatre y con los requerimientos de las nuevas aplicaciones y juegos. Aunque, un conversor de 16 bits es suficiente para igualar la calidad de un CD de audio y uno de 8 bits sólo es útil para la digitalización de la voz humana, pero no es suficiente para la música.



Una gran desventaja es que a mayor cantidad de bits utilizados para el muestreo, se necesitará mayor cantidad de espacio en el disco rígido para almacenar el sonido digitalizado, más memoria y mayor capacidad de procesamiento.

Frecuencia de Muestreo: 44,1 kHz a 192 kHz

La frecuencia de muestreo especifica la cantidad de veces que se toman muestras en un segundo. Para no reducir la calidad y que no haya pérdida de información en los procesos de conversión de la señal sonora, se debe utilizar una frecuencia de muestreo que sea el doble del valor de la frecuencia sonora más alta que se va a convertir. La mayor frecuencia que puede percibir el oído humano (con mucha suerte) es de 20 kHz, mientras que los CD de audio son capaces de reproducir hasta 22,05 kHz para asegurar la máxima calidad del sonido. Por lo tanto, si se desea reproducir y grabar sonidos con la misma calidad con la cual lo hace un reproductor de CD, se necesitará una tarjeta de sonido con una frecuencia de muestreo de 44,1 kHz ($22,05 \times 2 = 44,1$) utilizando un conversor de 16 bits. Otra vez, el espacio de almacenamiento requerido será directamente proporcional a la frecuencia de muestreo que se utilice.

Siempre se puede trabajar con frecuencias de muestreo y tamaños de muestra inferiores a la máxima capacidad de la tarjeta de sonido. La mayoría permite seleccionar entre varias frecuencias de muestreo a la hora de realizar las grabaciones y la cantidad de bits que se desean utilizar para representar los diferentes niveles del sonido; de esta manera se puede seleccionar la calidad adecuada y ahorrar espacio de almacenamiento según lo que se necesite.

La tarjeta de sonido debe tener, como mínimo, capacidad de *sampling* de 16 bits y frecuencia de muestreo de 44,1 kHz para igualar la calidad de sonido que se consigue con un CD de audio.

Sin embargo, el DVD mejoró la calidad del sonido estéreo ampliando la frecuencia de muestreo a 48 y 96 kHz, e incluyendo un modo de máxima calidad que utiliza 192 kHz. A su vez, el tamaño de la muestra también se amplía a 24 bits, existiendo también modos de menor calidad que utilizan 20 bits. Además, se agregaron modos con mayor cantidad de canales para conseguir sonido envolvente multicanal como el Dolby 5.1, que se utiliza en los DVD de video y trabaja con seis canales independientes. A estos modos los vamos a analizar más en detalle a continuación. Ver la Tabla 12.2, en la cual también podemos ver los modos agregados por el HD DVD y el Blu Ray.

La tarjeta de sonido debe tener capacidad de sampling de 24 bits y soportar frecuencias de muestreo de 96 kHz para hasta seis canales y 192 kHz para dos canales, para igualar la calidad de sonido que se consigue con un DVD de audio o

de video. Pero, también debe ser capaz de trabajar en modos Dolby 5.1 con seis canales independientes. Ahora bien, para igualar al HD DVD o a Blu-Ray, hacen falta 8 canales a 192 kHz.

Tabla 12.2. Frecuencias de muestreo, canales, tamaños de muestra y espacio requerido para los principales estándares de audio.

Estándar	Muestreo (por canal) kHz	Canales	Bits muestra	Bytes por segundo	MB por segundo	MB por hora
CD Audio Mono	41	1	16	82.000	4,69	281,52
CD Audio Estéreo	41	2	16	164.000	9,38	563,05
DVD Audio Estéreo	48	2	24	288.000	16,48	988,77
DVD Audio Estéreo	96	2	24	576.000	32,96	1.977,54
DVD Audio Estéreo Máxima Calidad	192	2	24	1.152.000	65,92	3.955,08
DVD Dolby 5.1 Máxima Calidad	96	6	24	1.728.000	98,88	5.932,82
HD/DVD / Blu-Ray/Dolby True HD	192	8	24	4.608.000	263,67	15.820,31
HD DVD DTS-HD	192	8	24	4.608.000	263,67	15.820,31

Forma de cálculo:

$$\text{Bytes por segundo} \frac{(\text{en bytes})}{(\text{en seg})} = (\text{kHz Muestreo por canal} \frac{(\text{en MHz})}{(\text{en seg})} \times 1000 \times \text{Canales} \times \text{Bits muestra} \frac{(\text{en bits})}{(\text{en seg})}) / 8$$

Sonido Envolvente (Surround Sound) o Sonido 3D

El sonido estéreo no es suficiente para representar determinados efectos como el acercamiento de un enemigo por detrás, el desplazamiento de un helicóptero alrededor de nuestro avión o bien el aliento ensordecedor de una hinchada cuando vamos haciendo juguitos con la pelota.

Si queremos sentirnos como si estuviéramos escapando del enemigo, recorriendo la ciudad en avión o haciendo juegos en medio de un estadio de fútbol repleto, necesitamos utilizar una tarjeta de sonido que ofrezca capacidades avanzadas de **sonido envolvente** (*surround sound*), un buen juego de parlantes dispuesto para disfrutar de este tipo de sonido y aplicaciones que saquen provecho de este conjunto.

Existen tecnologías de sonido que permiten reproducir sonido envolvente utilizando equipamientos estéreo convencionales, es decir, que simulan el sonido envolvente en una configuración de parlantes estándar. Se las conoce también con el nombre de **sonido 3D** y un ejemplo es el difundido **sistema SRS** (*Sound Retrieval System* – Sistema de Recuperación de Sonido). Sin embargo, las que consiguen los efectos más realistas de sonido envolvente son las tecnologías que utilizan canales adicionales y también mayor cantidad de parlantes para generar nuevas dimensiones en el sonido, como se puede apreciar en las salas de cine.

Dolby AC-3; 5.1; 6.1 y 7.1 (True HD)

El estándar Dolby 5.1 utiliza seis canales independientes y una configuración de seis parlantes, este mismo se utiliza en los DVD y en los *Home Theatre* (Teatros Hogareños) y también es conocido por su formato de codificación y compresión Dolby Digital AC-3 (ver la Fig. 12.5). El mismo brinda un realismo impactante. Las tarjetas de sonido que lo soportan deben ser capaces de trabajar con seis canales con una excelente calidad (ver la Tabla 12.3). Algunas tarjetas más avanzadas aún soportan Dolby 6.1, el cual utiliza siete canales, y Dolby True HD, el cual tiene ocho canales. Este último es fundamental para los HD DVD y Blu-Ray.

Tabla 12.3. Comparación de canales estéreo y diferentes estándares Dolby.

Estándar	Estéreo	Dolby Pro Logic	Dolby 5.1	Dolby 6.1	Dolby True HD (7.1)
Izquierdo frontal (Front left)	◆	◆	◆	◆	◆
Central frontal (Center)		◆	◆	◆	◆
Derecho frontal (Front right)	◆	◆	◆	◆	◆
Izquierdo trasero (Rear left)			◆	◆	◆
Central trasero (Rear Center)		◆		◆	◆
Derecho trasero (Rear right)			◆	◆	◆
Subwoofer o Efectos de Baja Frecuencia (Low Frequency Effects)			◆	◆	◆
Izquierdo (Left)					◆
Derecho (Right)					◆

Las tarjetas que ofrecen capacidades de decodificación de Dolby AC-3 por hardware permiten la reproducción del audio de un DVD de video y de audio con utilización mínima del procesador central. Si posee un DVD, es conveniente buscar una tarjeta con esta característica. Lo mismo se aplica al Dolby True HD (7.1) para los HD DVD y Blu-Ray.



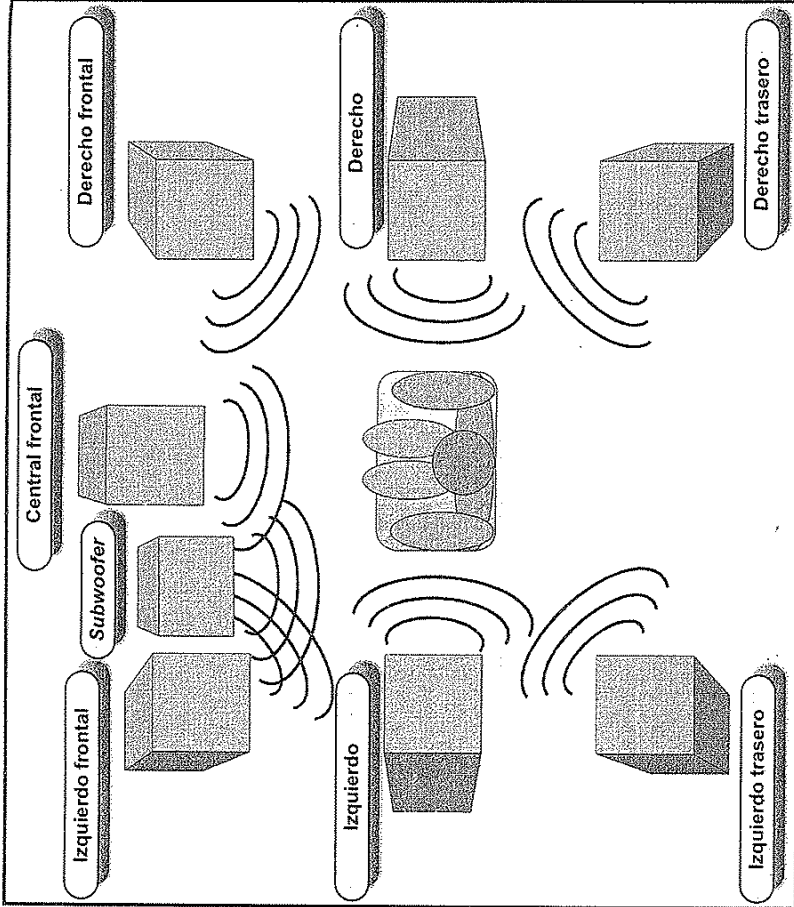


Fig. 12.5. Configuración de parlantes para el Dolby True HD (7.1).

Sonido Envolverte en Tiempo Real

Al igual que estudiamos cuando analizamos en detalle las tarjetas de video con aceleración 3D, la generación de sonido envolvente en tiempo real requiere una gran cantidad de procesamiento y manipulación de señales digitales. Cada vez más juegos y aplicaciones hacen uso de las tecnologías de sonido envolvente y esto requiere el procesamiento de mayor cantidad de canales de sonido que el estéreo convencional, como ya hemos visto.

Para no utilizar mucho tiempo del procesador central, las tarjetas de sonido incorporan capacidades de procesamiento digital de señales de sonido específicas para conseguir efectos realistas en aplicaciones en tiempo real, como ser la administración de entornos múltiples (*multiple environments*) y la definición de mapas de sonido en tres dimensiones. Estos últimos permiten definir las posiciones

de los orígenes de los sonidos y dejar que el procesador de la tarjeta sea el encargado de generar la señal correcta al mezclar los múltiples orígenes de acuerdo a la ubicación exacta del personaje principal.

De esta manera, la programación se reduce a tener que definir todos los ambientes y orígenes de sonidos con todos sus parámetros y especificaciones y luego es el procesador de la tarjeta el encargado de combinar todos éstos cada vez que se cambia de posición y únicamente es necesario indicarle la nueva posición desde la cual se quiere escuchar. El ahorro en procesamiento de información es considerable.

Un ejemplo de estas características es el *EAX Enhanced HD* que acompaña a las *Sound Blaster X-Fi* y el *HRTF 3D Positional Audio*. El tiempo dirá si surgirán otros estándares.

Los Chips DSP

Los chips DSP o PSD (*Digital Signal Processor* – Procesador de señales digitales) son procesadores que pueden ser programados por medio de un software especial para realizar diferentes tareas y quitarle trabajo al microprocesador central para que éste se ocupe de otras cosas. Los chips DSP se pueden utilizar para agregar efectos especiales al sonido, comprimir en tiempo real sonidos digitalizados para ocupar menor cantidad de espacio en el disco rígido, y una gran cantidad de tareas más.

La mayoría de las tarjetas de sonido modernas incluyen chips DSP y brindan la mayoría de las capacidades a través de la programación de los mismos. Otras más antiguas poseían un zócalo vacío para poder adquirir el chip por separado.

Las tarjetas de sonido han evolucionado tanto como los microprocesadores en la capacidad del procesamiento de señales digitales. Para darnos una idea de la magnitud de este progreso, una antigua *Sound Blaster Pro* tenía 100.000 transistores, mientras que una *Creative X-Fi* involucra a más de 51 millones de transistores.



Sintetizador y Soporte de MIDI y MIDI 3D

La digitalización del sonido no es la única función de una tarjeta de sonido completa, ésta también tiene la habilidad de producir sonidos electrónicamente a través de un sintetizador incorporado en la tarjeta compatible con archivos MIDI (*Musical Instruments Digital Interface* – Interfaz Digital para Instrumentos Musicales). Los archivos MIDI contienen instrucciones que indican al sintetizador de la tarjeta de sonido la nota, la duración de ésta, el instrumento musical y otros parámetros, que utilizará para que de esta manera el sintetizador se encargue de

generar el sonido correspondiente. De este modo, el tamaño de un archivo que contiene una partitura musical completa en formato MIDI es miles de veces menor a un archivo que contenga la pieza musical digitalizada y las modificaciones son mucho más fáciles de efectuar en los archivos MIDI. Los juegos y muchas aplicaciones multimedia utilizan archivos MIDI para reproducir sus melodías. A su vez, una tarjeta de sonido que brinde soporte a MIDI le permite conectar un teclado (en este caso, nos referimos a un teclado musical) para transmitir comandos al puerto MIDI (el mismo que el de los antiguos *joystick*) presente en la tarjeta de sonido.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que muchos teclados modernos ofrecen la posibilidad de conectarse a través del puerto USB, en vez de usar el clásico puerto MIDI.

Las tarjetas que ofrecen capacidades de MIDI 3D permiten ubicar las secuencias MIDI en el espacio 3D y realizar las grabaciones y reproducciones mucho más reales. Por ejemplo, un teclado puede estar ubicado en cierta posición en el espacio y un trombón en otra, por lo cual, sus sonidos se verán afectados por estas ubicaciones y la tarjeta será capaz de tenerlo en cuenta a la hora de reproducir la secuencia MIDI.



Número de Voces Sintetizadas o Canales

El número de voces sintetizadas de una tarjeta de sonido indica la cantidad de sonidos que el sintetizador es capaz de generar y controlar independientemente al mismo tiempo en estéreo. El sonido y el instrumento sintetizado puede ser diferente para cada voz, con lo cual se logra una gran flexibilidad en el tratamiento de archivos MIDI o similares en los cuales cada voz o canal pueden controlarse y modificarse en forma independiente. Debido a que cada canal puede tener la información de cada instrumento, es posible eliminar los instrumentos de percusión de una partitura, agregar otros instrumentos, etc.

Las tarjetas de sonido poseen como mínimo 11 voces sintetizadas, pero la mayoría supera ese valor y las de mayor calidad, especialmente diseñadas para músicos, consiguen controlar más de 128 voces al mismo tiempo, un número que no necesitarán quienes deseen disfrutar de las melodías de un juego o de algunas aplicaciones multimedia que pueden reproducirse sin problemas con una tarjeta con menor cantidad de voces.

Métodos para Sintetizar Sonido Digital

Existen distintos métodos para la reproducción de los diferentes sonidos de los instrumentos, con diferentes resultados en cuanto a calidad y similitud de la reproducción con el sonido emitido por el instrumento real. A su vez, existe una relación directamente proporcional entre estos factores y el costo. Los dos métodos utilizados son los siguientes:

- Síntesis por FM.
- Síntesis por *Wavetable* (Tabla de ondas). Éste se puede conseguir:
 - Por hardware.
 - Por emulación (software).

A continuación se explica la base de funcionamiento de cada uno de los métodos, junto con las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Síntesis por FM

El método de síntesis por FM (*Frequency Modulation* – Modulación de frecuencias) simula los sonidos emitidos por los diferentes instrumentos modificando las frecuencias de ondas sinusoidales según la nota y el instrumento que se deseen reproducir. La cantidad de ondas sinusoidales a las que ajusta las frecuencias el sintetizador determinarán la aproximación al sonido real emitido por el instrumento, debido a que la mayoría de éstos producen más de una onda senoidal de diferente frecuencia y amplitud para generar una nota específica. Los chips sintetizadores más comunes incluidos en las tarjetas de sonido utilizan de dos a cuatro ondas sinusoidales de base almacenadas en tablas internas para generar los diferentes sonidos. Este método de síntesis tiene la desventaja que los sonidos solamente logran aproximarse y no igualar a los reales y muchas matices no pueden obtenerse con buena calidad.

Por esta razón el sonido emitido resulta poco realista y bastante artificial. Su calidad es aceptable para los juegos y otras aplicaciones multimedia, aunque los amantes de la música no se sentirán para nada conformes. La ventaja más significativa de este método de síntesis es que es económico.



Síntesis por Wavetable (Tabla de Ondas)

Este método de síntesis incorpora en una tarjeta una cantidad de memoria RAM o ROM en la cual se encuentra almacenada una tabla que contiene muestras de sonidos digitalizados correspondientes a los diferentes instrumentos. Como las

muestras fueron tomadas a partir de grabaciones de los sonidos emitidos por instrumentos reales con la mayor calidad posible, este método ofrece un sonido muy realista y en muchos casos de excelente calidad. Estas tablas se encuentran comprimidas de manera que se puedan almacenar en ellas la mayor cantidad de notas posibles provenientes de cada instrumento.

Muchas tarjetas incluyen una cantidad de memoria RAM que utilizan para retener las muestras que están almacenadas en el disco rígido y las van leyendo de éste a medida que las necesitan y las más modernas aprovechan directamente la memoria del sistema para almacenar allí estas tablas, en vez de incorporar memoria en la misma tarjeta.

Algunas tarjetas ofrecen la opción de realizar síntesis por tabla de ondas por software, es decir, sin tener las características incorporadas en la circuitería de la tarjeta, sino utilizando el procesador central para estas funciones. La desventaja es que mantienen bastante ocupado al procesador.



Full Duplex

Para utilizar los sistemas de comunicaciones por voz disponibles en las redes y en Internet (como la tele o video conferencia, las llamadas por Voz sobre IP, etc.) utilizadas en muchas aplicaciones y juegos, es necesario que la tarjeta de sonido ofrezca capacidades de grabación y reproducción de sonido en forma simultánea. Es decir, se debe poder hablar por un micrófono y estar escuchando por la salida de la tarjeta al mismo tiempo, algo que se conoce como capacidad de procesamiento de audio *full duplex*. Aquellas tarjetas que solamente procesan un canal por vez se conocen como *half duplex*.

Entradas y Salidas Analógicas y Digitales

Las clásicas entradas analógicas Stereo Jack de 1/4" para micrófonos y equipos de audio, así como las salidas del mismo formato están presentes en toda tarjeta de sonido. Sin embargo, las más modernas utilizan entradas y salidas digitales que permiten una mejor calidad del sonido, como ser alguna de las siguientes:

- USB 1.0 ó 2.0.
- IEEE 1394.
- SPDIF (Sony/Philips Digital Interface Format – Formato de Interfaz Digital de Sony/Philips).

Las primeras dos ya las hemos estudiado anteriormente, pero el conector S/PDIF puede ser óptico (infrarrojo, sin cables) o coaxial (con cables) y es el que permite transmitir en forma digital los formatos Dolby Digital 5.1; 6.1 y True HD (7.1).



Muchas tarjetas de sonido modernas incluyen los últimos dos tipos de conectores incorporados en la misma.

El Juego de Parlantes

La tarjeta de sonido más sofisticada con la mejor calidad de reproducción puede desaprovecharse en su totalidad si no se conecta su salida a un buen juego de parlantes. Si desea tener la mejor salida posible, tal vez sea conveniente conectar la salida de la tarjeta de sonido a la entrada de audio de su amplificador de audio o a uno especialmente diseñado para los últimos estándares de sonido (ver la Fig. 12.6).

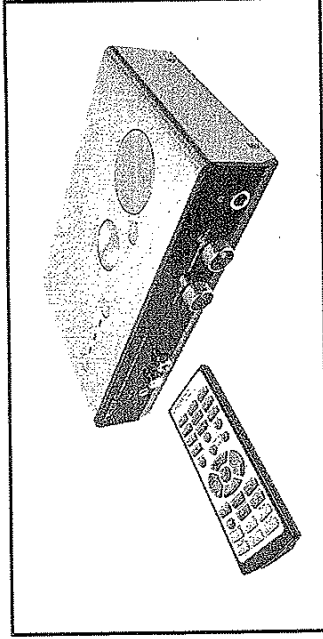


Fig. 12.6.
Un amplificador y separador diseñado específicamente para ser compatible con las salidas Dolby Digital.

En cambio, se puede adquirir un juego de parlantes con amplificador incorporado para reproducir sonidos con excelente calidad y un volumen adecuado. Los parlantes deben tener una protección contra el magnetismo para que no interfieran con el funcionamiento del disco rígido y no provoquen daños al monitor, debido a que se colocarán seguramente cerca de éstos. La mejor manera de seleccionarlos es escucharlos pues muchas veces las especificaciones técnicas son excelentes, pero el sonido no convence a nuestros oídos.

Para obtener un volumen adecuado para un usuario, un amplificador incorporado de 5 a 10 watt es suficiente para disfrutar de las aplicaciones multimedia y de los mejores juegos de acción. A su vez, los controles de graves, agudos y de volumen incluidos en ambos parlantes ofrecen las posibilidades que solamente podía encontrar conectando la tarjeta a un amplificador de audio.

También se debe tener en cuenta que algunos juegos de parlantes pueden requerir una fuente de alimentación externa, resultando a veces una incomodidad.

Para disfrutar de sonido envolvente de más de dos canales, es importante tener un juego de múltiples parlantes preparados para el estándar que nos brinde la tarjeta de sonido (ver la Fig. 12.7).

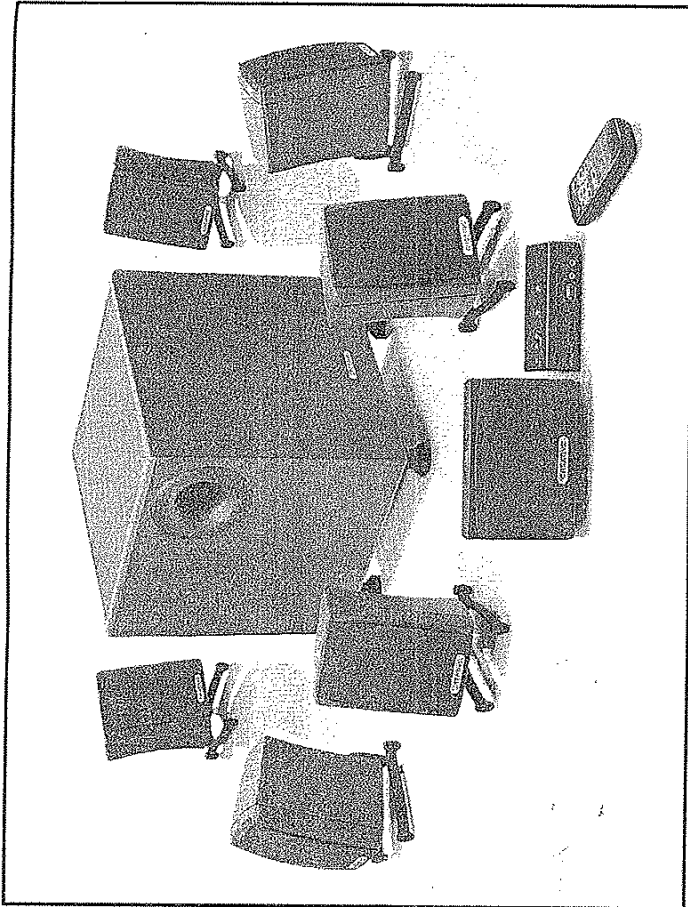
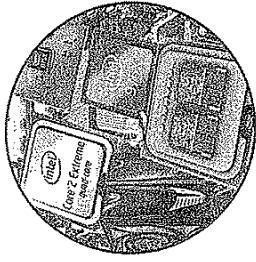


Fig. 12.7. Un juego de 7 parlantes, más un subwoofer, especiales para sonido envolvente Dolby True HD (7.1).

Conexión de los Parlantes

El juego de parlantes se puede conectar a las salidas analógicas tipo Stereo Jack de 1/4", ó bien a salidas digitales que proveen una calidad muy superior, como USB 1.0 ó 2.0, ó los ya mencionados IEEE 1394 y S/PDIF.

Capítulo 13

Gabinetes y Fuentes de Alimentación

El gabinete o caja de la PC es quién contiene a la motherboard, a todas las tarjetas que se conectan a esta última, al procesador, a todos los dispositivos internos (como ser discos rígidos, unidades de CD-ROM, DVD, HD-DVD, etc.) y a todos los enchufes de los puertos y buses de E/S.

El gabinete impone ciertas limitaciones, como ser el factor de forma de la motherboard que puede alojarse en su interior y la cantidad de bahías libres que existen para dispositivos internos como los mencionados. Es muy importante tenerlas en cuenta de acuerdo a las necesidades de expansión que creamos conveniente para nuestra PC y no pensar únicamente en las capacidades iniciales de la misma.

La cantidad de bahías libres para los dispositivos de almacenamiento: discos rígidos, unidades de CD-ROM, CD-RW, DVD, DVD-RW, HD-DVD, Zip, etc., junto con las capacidades de refrigeración, constituyen los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de evaluar y escoger un gabinete.

Existe una gran variedad de diseños en gabinetes, algunos ocupan el menor espacio posible en los escritorios (ver la Fig. 14.1), mientras que otros se presentan en forma de torres con las mayores capacidades de expansión. Y, por otro lado, algunos no dejan de lado aspectos estéticos para formar parte de una buena decoración del hogar o de la oficina en donde reside la PC. En la actualidad, hay modelos para todos los gustos y con todas las personalizaciones posibles.

Factor de Forma de la Motherboard

El factor de forma de una motherboard se refiere a sus características físicas, como ser: medidas, ubicación de los componentes (procesador, memoria, ranuras de

expansión, conectores, etc.), ubicación de los soportes, etc. Como mencionamos anteriormente, está muy ligado al gabinete en el cual se va a alojar. Cuando reemplazamos una motherboard por otra nueva o seleccionamos una para un gabinete, debemos tener en cuenta el factor de forma de la nueva o bien que la podamos alojar en el gabinete si no pensamos adquirir uno nuevo.

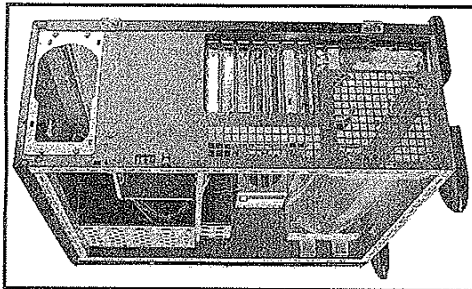
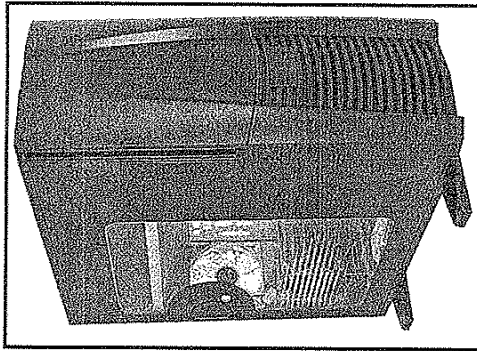


Fig. 13.1.
Gabinetes ATX con formato mini torre (mini tower).

Existen una serie de estándares para factores de forma y, a continuación, enumeramos los más comunes para las PC modernas:

- **ATX.** Apareció con las primeras Pentium II y finalmente dio a luz un estándar completo en el cual se definió el lugar exacto en dónde iban los conectores y cuáles se debían proveer para ser considerado ATX. De esta manera, todos los gabinetes ATX de una versión determinada alojan fuentes de alimentación con el mismo conector hacia la motherboard, ofrecen el mismo sistema de refrigeración, permiten el montaje de la motherboard de la misma manera, posibilitan la conexión de tarjetas de expansión de gran longitud debido a la nueva ubicación del procesador, etc. Ver la Fig. 13.1. La versión más reciente de la especificación ATX es la 2.2, la cual incorpora modificaciones en la fuente de alimentación, pasando de un conector de 20 pines a uno de 24 pines, para dar soporte a los requerimientos de motherboards que proveen buses PCI Express.

- **microATX.** La versión reducida y compacta del anterior, para equipos que requieren menores capacidades de expansión y un consumo reducido de espacio y de energía. La versión más reciente de la especificación microATX es la 1.2, que incorpora las fuentes de 24 pines.

- **flexATX.** Se trata de una versión más flexible que la microATX para formatos reducidos y diferentes a lo convencional. Ofrece a los fabricantes una nueva gama de variantes para diseños compactos y funcionales.
- **BTX.** Aparece como el posible sucesor de ATX, para brindar un mejor balance en cuanto a acústica, opciones de formatos, mejoras en la refrigeración y mayores posibilidades de innovación a los fabricantes. La especificación más reciente es la 1.0b, que incorpora al formato súper compacto nanoBTX. Su diseño está pensado para brindar un mejor soporte para las tecnologías más recientes.



En las PC modernas hogareñas y de oficina, el formato más utilizado es el ATX 2.2.

Fuentes de Alimentación

Las PC, como todo artefacto electrónico, necesitan energía para que cada una de sus partes funcionen, dicha energía es proporcionada por la fuente de alimentación, que se encuentra alojada en el gabinete de la misma. Cuando uno adquiere un gabinete, el mismo suele venir con ésta incorporada a él.

La fuente de alimentación se encarga de transformar la tensión alterna de línea en las pequeñas tensiones de corriente continua necesarias para cada uno de los dispositivos que forman parte de una PC y se conectan a ésta (ver la Fig. 13.2).

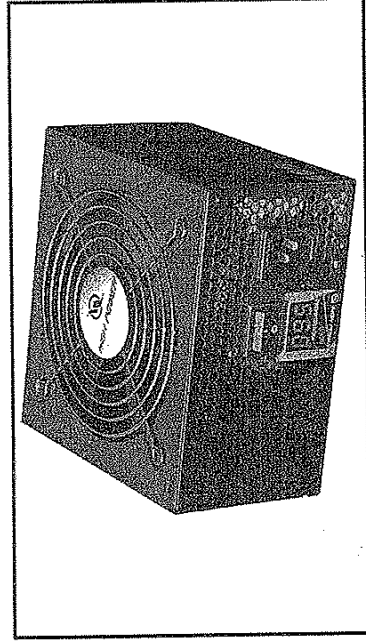


Fig. 13.2.
Una fuente de alimentación ATX12V 2.2 de 500 W.

Utiliza un conector para enchufarse a la motherboard y de esta manera le entrega la tensión de alimentación necesaria a todos los componentes que están insertados en los circuitos, zócalos y ranuras de esta última: chips de la motherboard, procesador, todas las tarjetas de expansión, etc.

Los dispositivos internos que no son tarjetas (discos rígidos, CD-RW, DVD-RW, HD-DVD, etc.), se conectan a la fuente de alimentación mediante conectores estandarizados que posee la misma diseñados para entregarles la tensión de alimentación necesaria.

La mayoría de las computadoras modernas utilizan fuentes de alimentación conmutadas, reduciendo el tamaño de las mismas y ofreciendo un mayor rendimiento con un menor consumo de potencia eléctrica.



Las fuentes de alimentación más utilizados en las PC modernas son las ATX12V y ATX12V 2.2. Esta última utiliza un conector de 24 pines, según las especificaciones del factor de forma ATX 2.2.

Las fuentes vienen en diferentes potencias, expresadas en watt. Para elegir la fuente de alimentación adecuada, deberá sumar todos los consumos del equipo y agregarle si es posible 50 watt, pues se pueden presentar problemas al producirse el arranque del sistema, debido a que el disco rígido requiere mayor potencia cuando comienza a girar el motor del mismo. A su vez, tenga en cuenta que la fuente trabajará menos sobrecargada y a menor temperatura. Recuerde también que cada dispositivo agregado a su PC y conectado a la fuente representará un consumo adicional a la misma (ver la Tabla 13.1).

Tabla 13.1. Consumos aproximados en watt de cada una de las partes típicas de una PC.

Dispositivo	Consumo
Disco rígido (arranque)	14
Módem/Fax interno (analógico, ADSL, GPRS, RDSI)	7
Módulos de memoria DIMM/RIMM (por cada módulo, no por cada MB)	3
Motherboard para un procesador con núcleo de ejecución	40
Motherboard para un procesador con cuatro núcleos de ejecución	80
Tarjeta adaptadora SCSI	12
Tarjeta de puertos serie/paralelo	3
Tarjeta de sonido	10
Tarjeta de video VGA con aceleración 3D y 32 MB o más	60
Tarjeta de video VGA con aceleración 3D, GPU de última generación y 512 MB o más	160
Tarjeta de video VGA convencional	5
Tarjeta IDE/Ultra ATA/Serial ATA	3
Tarjeta IDE/Ultra ATA/Serial ATA Multi I/O	6
Unidad de CD-ROM, CD-RW, DVD-ROM, DVD-RW, HD-DVD	20
Unidad de diskettes de 3 1/2 o unidad de cinta (tape backup)	7
Unidad Zip/Jazzy/Rev (Diskette de alta capacidad) interna	7



Para mayor información sobre el funcionamiento, el diagnóstico y la reparación de las diferentes fuentes de alimentación, puede consultar el libro Reparando Fuentes de PC, de Editorial HASA.

Capítulo 14



Plug & Play (Enchufar y Usar)

Las tarjetas de expansión son aquellas que se conectan a alguno de los buses de expansión de la PC, a través de las ranuras que proveen los mismos, como vimos en el **Capítulo 3: Buses Internos: Las Autopistas de los Microprocesadores**.

Ahora bien, se debe tener en cuenta que la gran mayoría de las motherboards modernas incorporan muchas funcionalidades que antes eran tarjetas conectadas en las ranuras de expansión. Sin embargo, esto no significa que no estén conectadas a ningún bus de expansión, todo lo contrario, están conectadas a un bus PCI, PCI Express, PCI-X, AGP o AGP Pro, o cualquier otro ya explicado en el **Capítulo 3**. La diferencia es que utilizan directamente los conductores de cobre en la misma motherboard para conectarse a un bus de expansión, en vez de ser tarjetas enchufadas en una ranura de expansión. Es por ello que una tarjeta de video incorporada a la motherboard, puede estar conectada al bus PCI Express 16x.



Por lo tanto, las tarjetas y dispositivos que están conectados a los buses de expansión estando integradas en la motherboard como enchufadas a una ranura de expansión, se comportan exactamente del mismo modo. Con todos sus defectos y virtudes.

Recursos de Tarjetas y Dispositivos

Existen determinados recursos del sistema que utilizan las tarjetas y dispositivos conectados a los buses de expansión.

Estos recursos no se pueden acceder al mismo tiempo desde diferentes tarjetas o dispositivos, es decir, que son de uso exclusivo para uno de ellos. Por lo tanto, se debe hacer conocer, o bien configurar, a cada tarjeta o dispositivo determinados parámetros para que utilicen los recursos apropiados y avisarle al resto del sistema que son exclusivos para ésta, así ningún otro los reclama para su uso.

Los recursos que puede utilizar una tarjeta o dispositivo (incluyendo aquéllos que están integrados en la motherboard) son los siguientes: