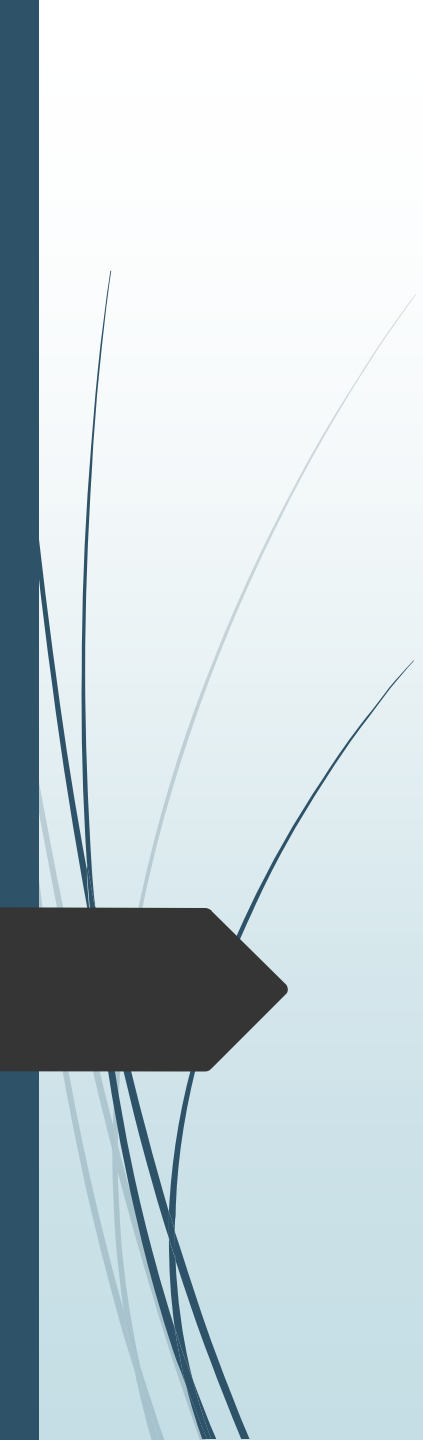




Sistemas Operativos I



ENTRADA/SALIDA

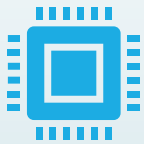
UNIDAD 11. Sistemas de Entrada/Salida

1. Generalidades.
2. Hardware de Entrada Salida.
3. Interfaz de Entrada/Salida de las aplicaciones.
4. Subsistema de Entrada/Salida del núcleo.

UNIDAD 12. Estructura del almacenamiento secundario

1. Estructura de discos.
2. Planificación de discos.
3. Administración de discos.
4. Dispositivos de almacenamiento externo (terciario).
5. Políticas de Seguridad.

Generalidades



Abstracción

El SO oculta las particularidades del hardware a través de una interfaz uniforme para las aplicaciones.



Eficiencia

Maneja la gran diferencia de velocidad entre la CPU y los dispositivos periféricos (teclados vs. redes).



Variedad

Gestión de dispositivos con principios físicos diversos: magnéticos, ópticos, electrónicos y mecánicos.

HARDWARE DE E/S

Entrada/Salida





Clasificación



1º Clasificación

1. Dispositivos de **captura** de información
2. Dispositivos de **presentación** de la información
3. Dispositivos de **almacenamiento** de la información
4. Dispositivos de **transmisión** de la información

2º Clasificación

- a) Dispositivos de **bloques**
- b) Dispositivos de **caracteres**
- c) Dispositivos de **red**



Clasificación



3º Clasificación

- A. Dispositivos **Legibles para el usuario**
- B. Dispositivos **Legibles para la máquina**
- C. **Comunicación**

4º Clasificación

- i. Dispositivos de **entrada**
- ii. Dispositivos de **salida**
- iii. Dispositivos **mixtos**



Diferencias

- Velocidad de transferencia de datos
- Aplicación
- Complejidad de control
- Unidad de transferencia
- Representación de datos
- Operaciones permitidas
- Condiciones de error

Controladores de Dispositivos

Las unidades de E/S constan de:

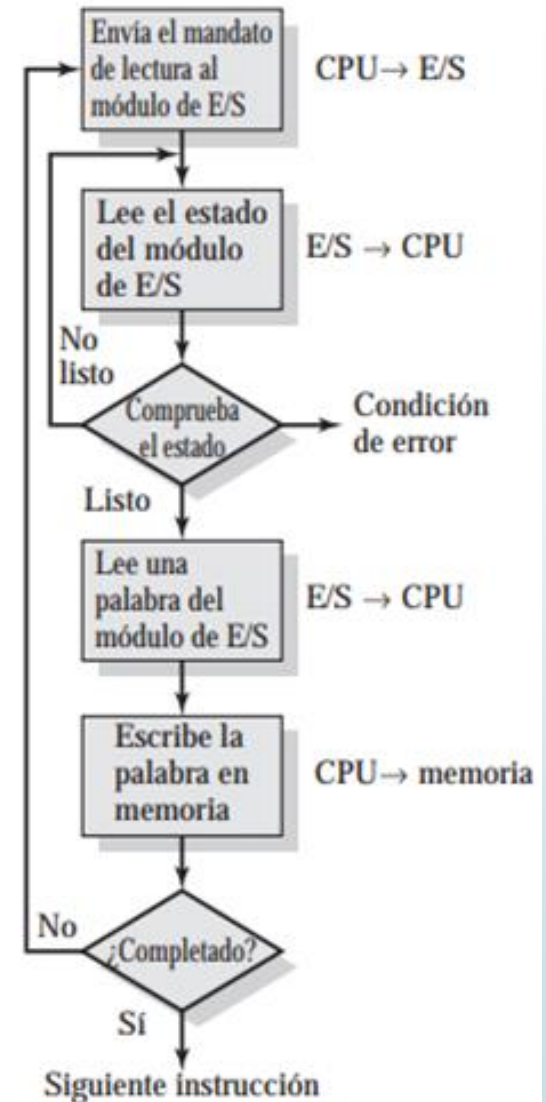
- Un componente **mecánico**.
- Un componente **electrónico** (controlador del dispositivo o adaptador).

El S.O. trabaja generalmente con el **controlador** y no con el dispositivo.



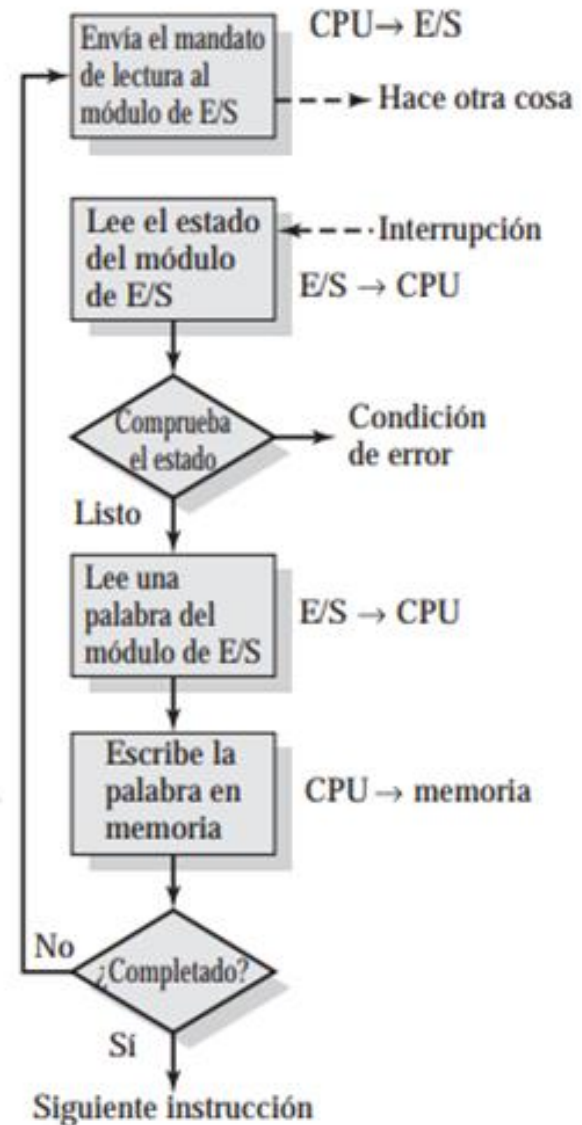
Técnicas de comunicación de E/S

- **E/S programada:** el procesador emite una orden de E/S de parte de un proceso a un módulo de E/S; el proceso espera a que termine la operación, antes de seguir. La CPU se encuentra ocupada durante todo el proceso de E/S.



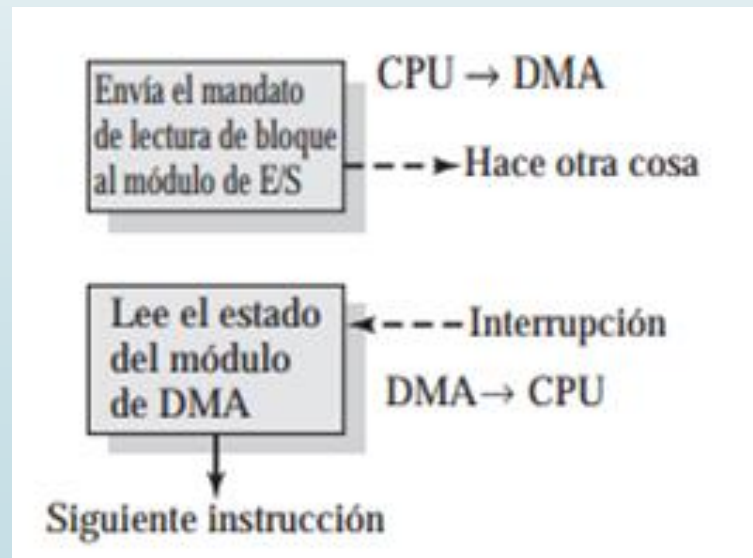
Técnicas de comunicación de E/S

- **E/S dirigida por interrupciones:** *el procesador emite una orden de E/S de parte de un proceso, continúa la ejecución de las instrucciones siguientes y el módulo de E/S lo interrumpe cuando completa su trabajo.*

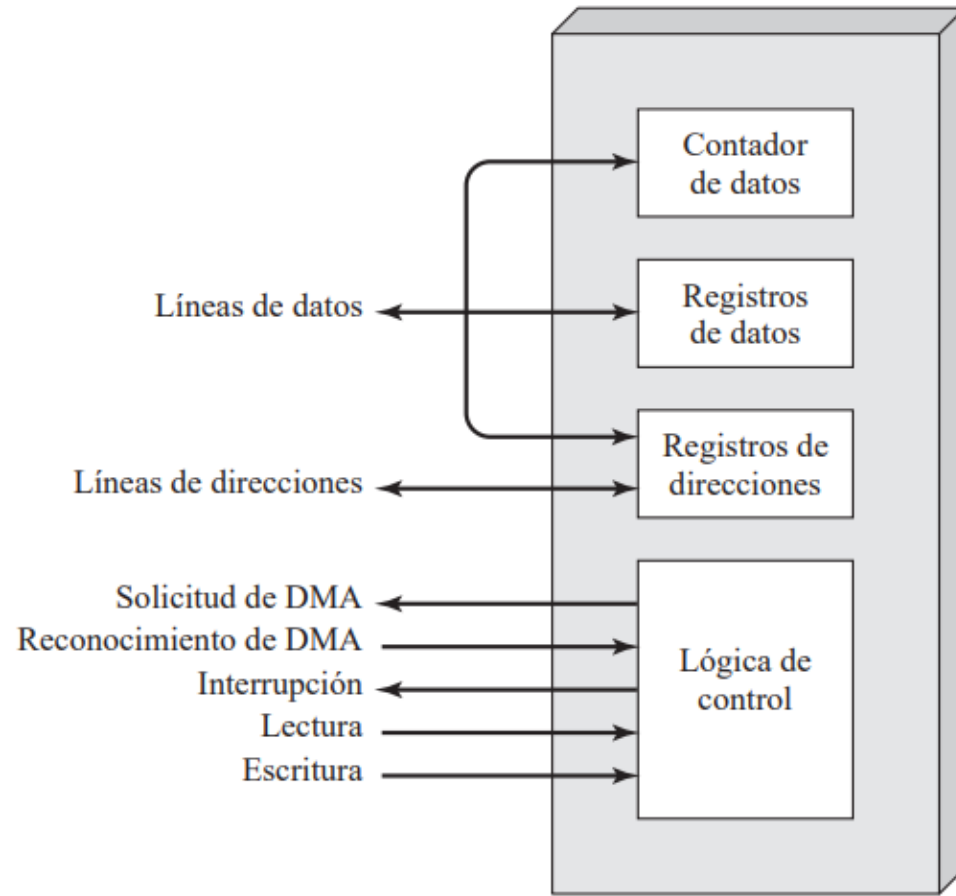


Técnicas de comunicación de E/S

- **Acceso directo a la memoria (DMA):** *un módulo de DMA controla el intercambio de datos entre la memoria ppal. y un módulo de E/S. El procesador envía una petición de transferencia de un bloque de datos al módulo de DMA y se interrumpe solo cuando se ha transferido el bloque entero.*



Acceso Directo a Memoria



Típico diagrama de bloques del DMA.

Técnicas de comunicación de E/S

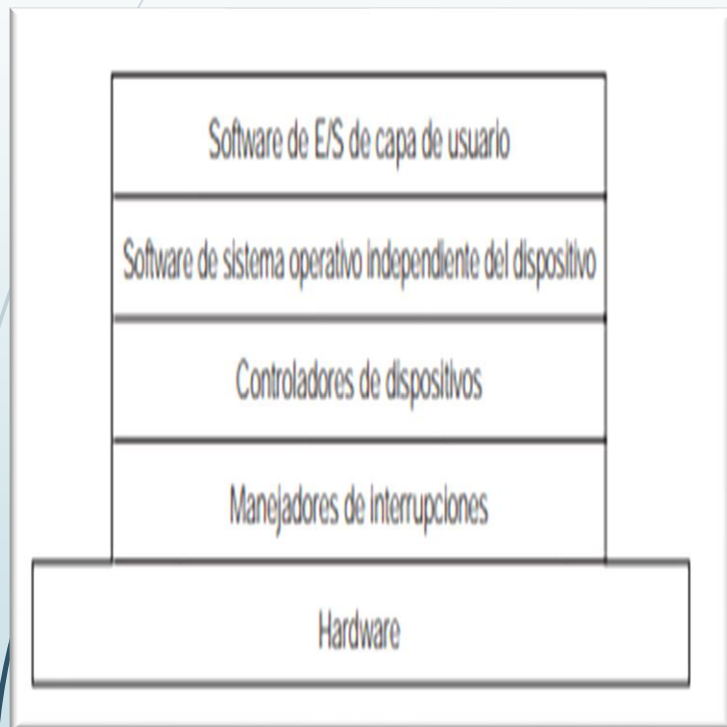
	Sin interrupciones	Con interrupciones
Transferencia de E/S a memoria a través del procesador	E/S programada	E/S dirigida por interrupciones
Transferencia de E/S directa a memoria		Acceso directo a memoria (DMA)

SOFTWARE DE E/S

Entrada/Salida



Capas del software de E/S



Software de E/S en espacio de usuario

- Una pequeña porción del software de E/S consiste en bibliotecas vinculadas entre sí con programas de usuario

Software de SO independiente del dispositivo

- Realiza tareas como el uso del buffer y el reporte de error

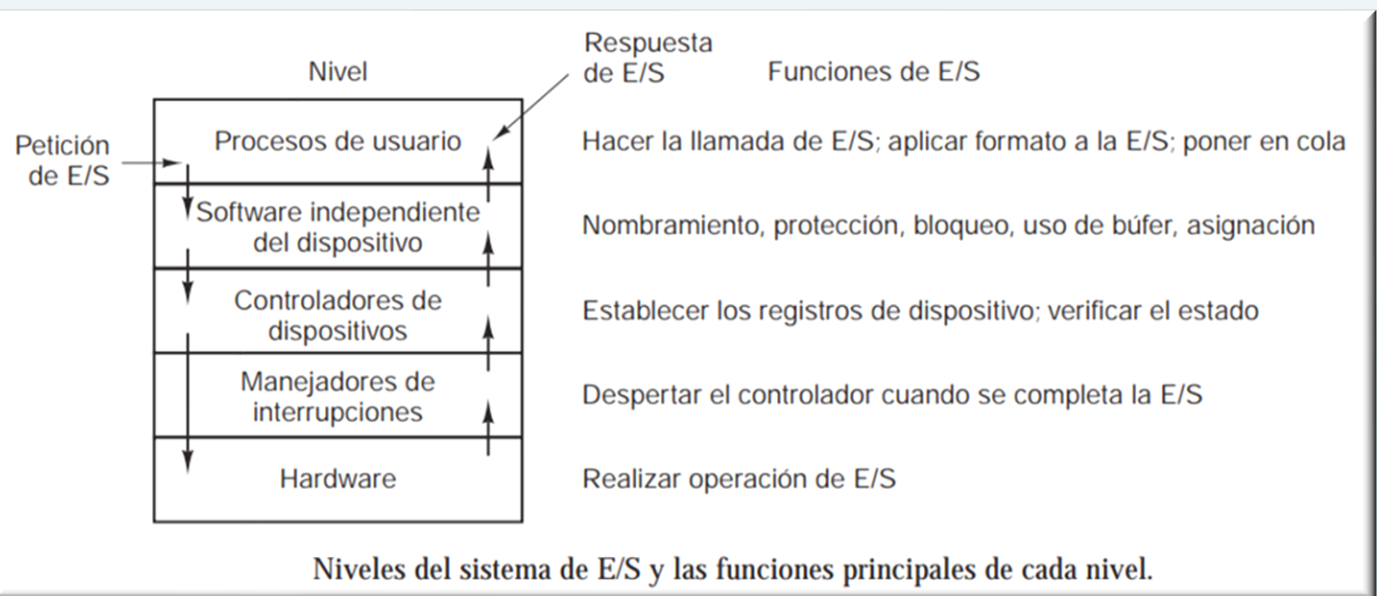
Drivers de Dispositivos

- Se encargan de los detalles de operación de los dispositivos
- Proporcionan interfaces uniformes para el resto del SO

Manejador de interrupciones

- Gestiona las interrupciones

Capas de software de E/S





Interfaz de aplicaciones



Modos de Bloqueo

- **Blocking:** El proceso espera hasta que la E/S se completa.
- **Non-blocking:** La llamada retorna inmediatamente; el proceso consulta luego.

Sincronismo

- **Síncrona:** Ejecución secuencial bloqueada por la operación.
- **Asíncrona:** Se inicia la E/S y el proceso continúa; se notifica al finalizar.



Subsistema de E/S del Núcleo

- **Buffering:** Almacena datos temporalmente para manejar diferencias de velocidad o tamaños de transferencia.
- **Caching:** Mantiene copias de datos de acceso frecuente en memoria rápida para mejorar rendimiento.
- **Spooling:** Cola de trabajos para dispositivos que no pueden multiplexarse (ej: impresoras).
- **Manejo de Errores:** Reintento de operaciones, reporte de fallos y recuperación ante errores de red o disco.

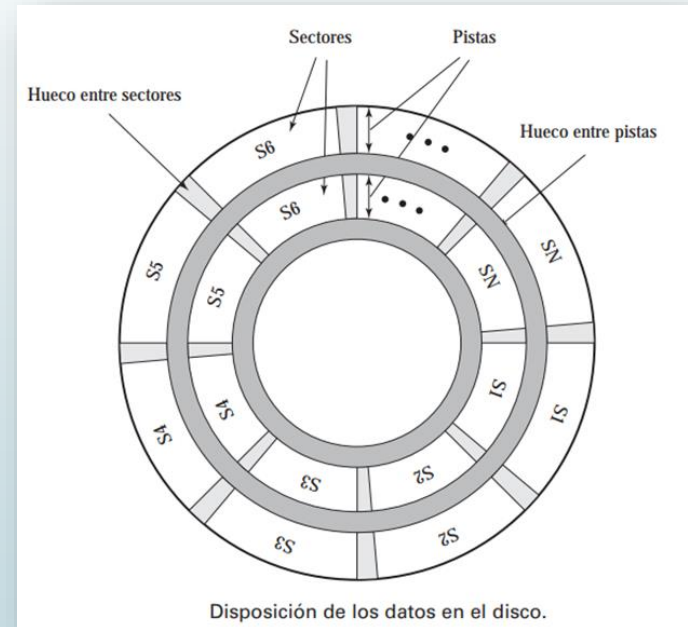


Estructura de Discos (Magnéticos)

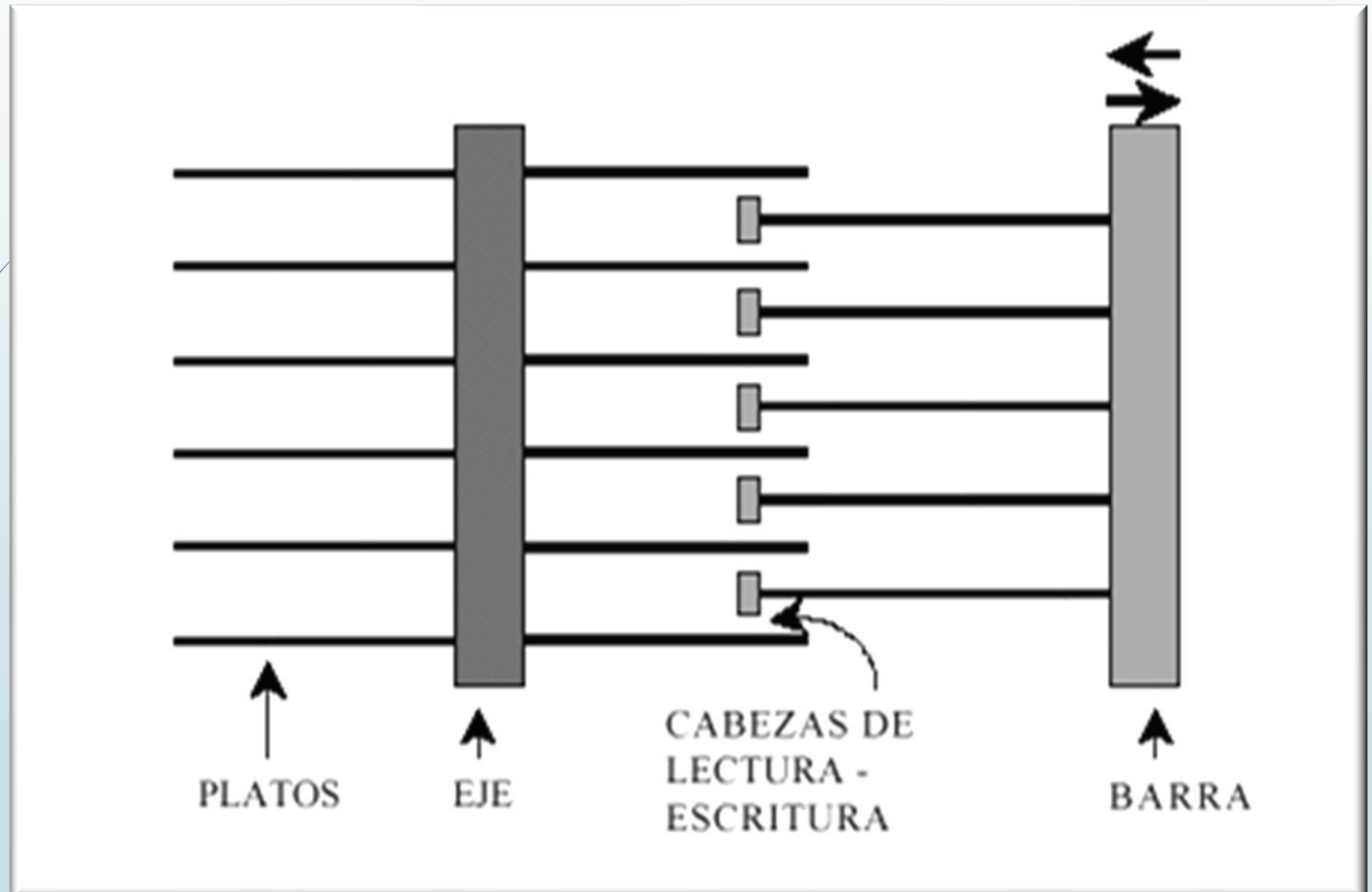
- Ventajas respecto al uso de la memoria principal como almacenamiento:
 - Mucho mayor capacidad de espacio de almacenamiento.
 - Menor precio por bit
 - La información NO se pierde al apagar la computadora.
- Actualmente los discos son por lo menos, cuatro veces más lentos que la memoria principal.

Discos Magnéticos: Hardware

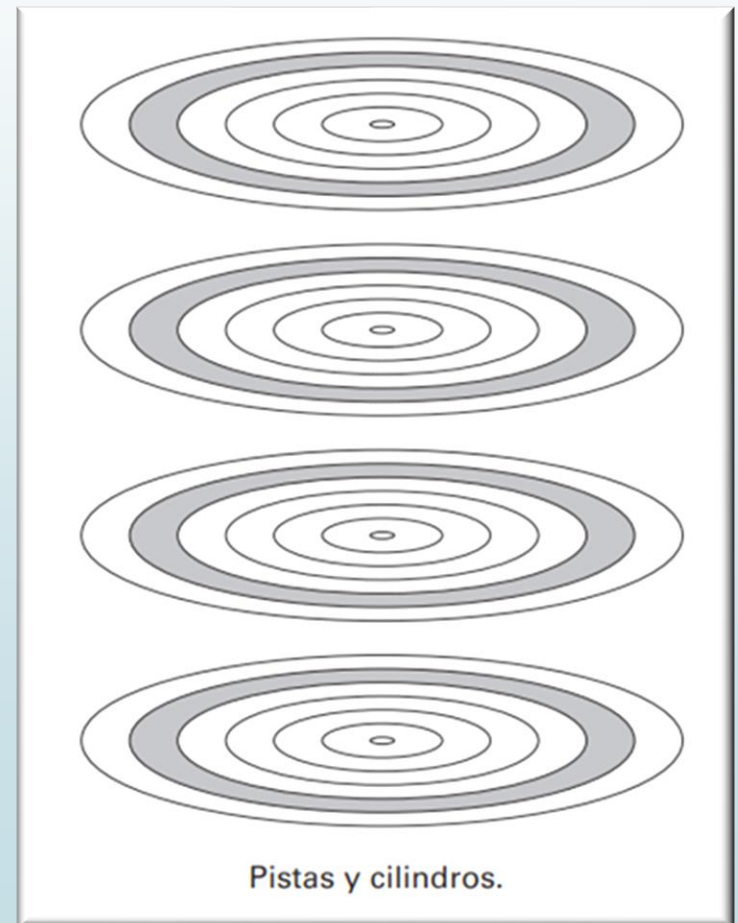
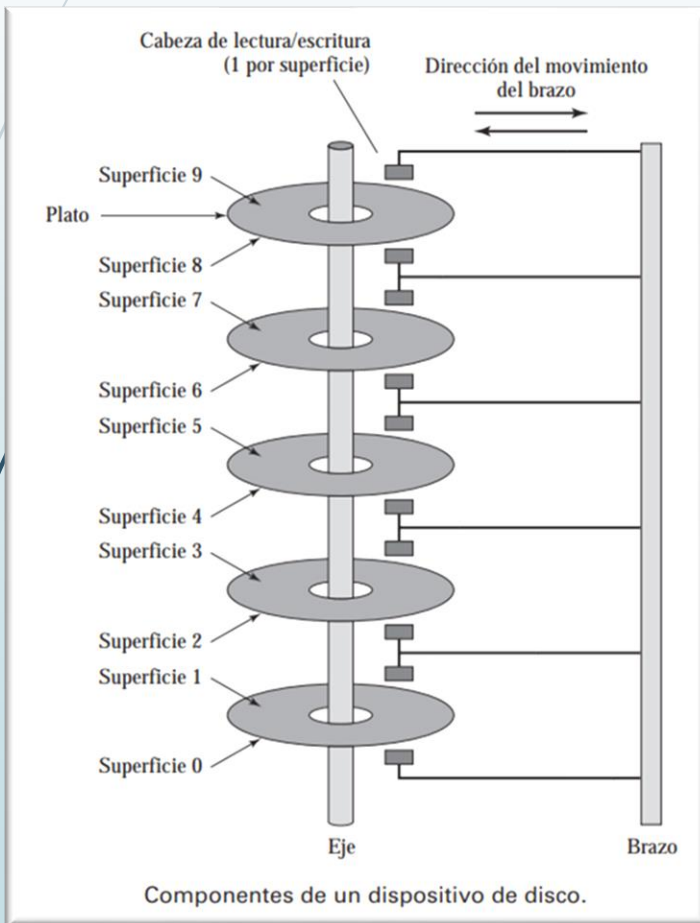
- Los discos están organizados en *cilindros, pistas y sectores*.
- El número típico de sectores por pista varía entre 8 y varios cientos en HD
- Todos los sectores tienen igual número de bytes.
- Los sectores cercanos a la orilla del disco serán mayores físicamente que los cercanos al anillo.



Discos: Esquema de un disco de cabeza móvil



Discos: Esquema de un disco de cabeza móvil



Discos: Parámetros de Rendimiento

- **Tiempo de Búsqueda:** es el tiempo necesario para mover el brazo del disco hasta la pista solicitada
- **Retardo de Giro:** El tiempo que tarda el comienzo del sector en llegar hasta la cabeza
- **Tiempo de Transferencia:** depende de la velocidad de rotación de la forma siguiente:

$$T = b / (rN), \text{ donde}$$

- T: tiempo de transferencia
- b: número de bytes a transferir
- r: velocidad de rotación en revoluciones por segundo.
- N: número de bytes por pista



Discos: Políticas de Planificación

- En la mayoría de los discos, el **tiempo de búsqueda** supera al de retraso rotacional y al de transferencia, debido a ello, la reducción del tiempo promedio de búsqueda puede mejorar en gran medida el rendimiento del sistema.



Discos: Estrategias de Búsqueda

- FCFS (Primero en llegar, Primero en ser Servido)
- SSTF (Menor Tiempo de Búsqueda Primero)
- SCAN
- C – SCAN
- SCAN de N-Pasos
- LOOK
- C-LOOK



Discos: Estrategia FCFS

- Es la manera más sencilla de planificación
- Los elementos se procesan de la cola en un orden secuencial.
- Es justa porque las solicitudes son servidas en el orden en que llegaron



Discos: Estrategia SSTF

- Primero el tiempo de servicio mas corto
- Se elige la solicitud de E/S a disco que requiera el menor movimiento posible del brazo del disco desde su posición actual. Así se procura el menor tiempo de búsqueda
- No respeta el orden de llegada de las peticiones a la cola.
- Tiende a favorecer a las pistas del centro del disco.
- La media de tiempos de respuesta tiende a ser más baja que con FCFS, para cargas moderadas



Discos: Estrategia SCAN (o del Elevador)

- El brazo solo se mueve en un sentido, hasta que alcanza la última pista o hasta que no haya más peticiones en esa dirección. Cambia la dirección de servicio y el rastreo sigue en sentido opuesto volviendo a atender todas las peticiones en orden.
- Ha sido la base de la mayoría de las estrategias de planificación implementadas.
- Elimina las discriminaciones de SSTF y tiene menor varianza.
- Las pistas exteriores son menos visitadas que las intermedias, pero no es tan grave como con SSTF



Discos: Estrategia SCAN de N pasos

- Esta política divide la cola de peticiones del disco en subcolas de longitud N. Las subcolas se procesan una a una mediante SCAN.
- Nuevas peticiones se añaden a las otras subcolas mientras se procesa una nueva.
- Para valores grandes de N, el rendimiento se aproxima al del SCAN.
- Para $N=1$ se adopta la política FIFO.



Discos: Estrategia C-SCAN

- Restringe el rastreo a una sola dirección.
- Visitada la última pista en un sentido, el brazo vuelve al extremo opuesto del disco y comienza a recorrerlo nuevamente.
- El brazo se mueve del cilindro exterior al interior, sirviendo a las peticiones sobre una base de búsqueda más corta.
- Finalizado el recorrido hacia el interior, salta a la petición más cercana al cilindro exterior y reanuda su desplazamiento hacia el interior.
- No discrimina a los cilindros exterior e interior.
- La varianza de los tiempos de respuesta es muy pequeña

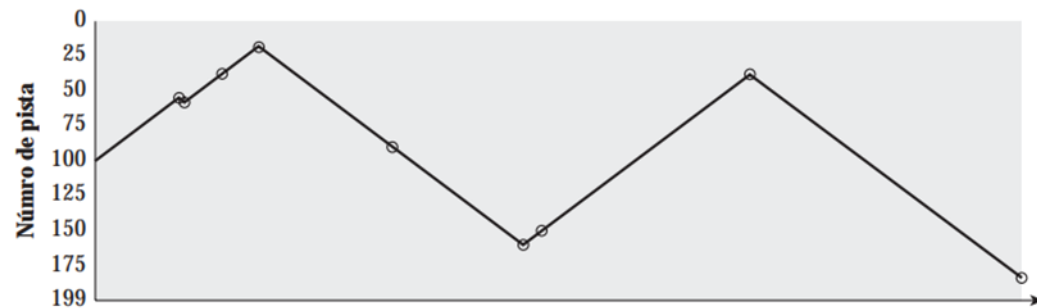


Discos: Estrategias de Búsqueda

EJEMPLO:

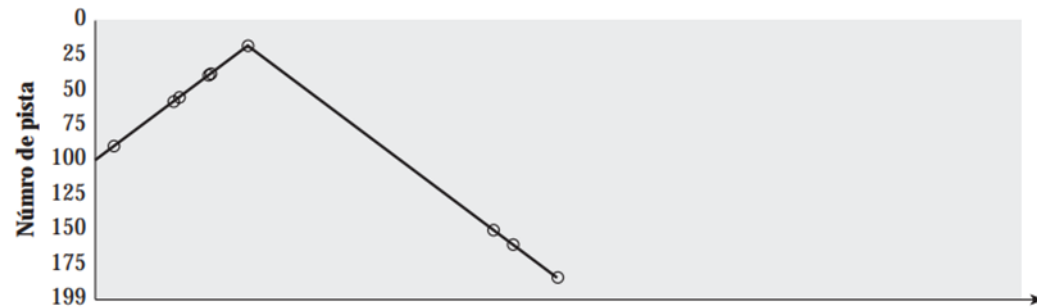
- Considerar un disco de 200 pistas, y las siguientes solicitudes: 55, 58, 39, 18, 90, 160, 150, 38 y 184. Actualmente la cabeza se encuentra en la pista 100

Discos: Estrategias de Búsqueda



Tiempo

(a) FCFS

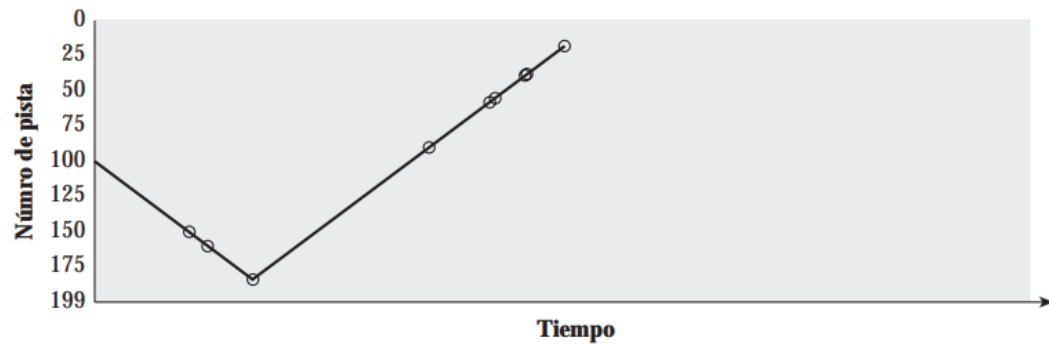


Tiempo

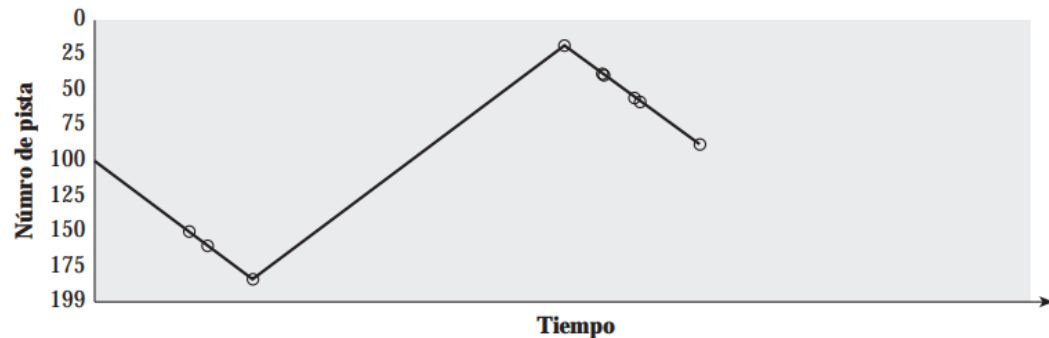
(b) SSTF

55, 58, 39, 18, 90, 160, 150, 38 y 184

Discos: Estrategias de Búsqueda



(c) SCAN



(d) C-SCAN

55, 58, 39, 18, 90, 160, 150, 38 y 184

Discos: Estrategias de Búsqueda

(a) FCFS (comenzando en la pista 100)		(b) SSTF (comenzando en la pista 100)		(c) SCAN (comenzando en la pista 100, en la dirección de números de pista crecientes)		(d) C-SCAN (comenzando en la pista 100, en la dirección de números de pista crecientes)	
Próxima pista accedida	Número de pistas atravesadas	Próxima pista accedida	Número de pistas atravesadas	Próxima pista accedida	Número de pistas atravesadas	Próxima pista accedida	Número de pistas atravesadas
55	45	90	10	150	50	150	50
58	3	58	32	160	10	160	10
39	19	55	3	184	24	184	24
18	21	39	16	90	94	18	166
90	72	38	1	58	32	38	20
160	70	18	20	55	3	39	1
150	10	150	132	39	16	55	16
38	112	160	10	38	1	58	3
184	146	184	24	18	20	90	32
longitud media de búsqueda	55,3	longitud media de búsqueda	27,5	longitud media de búsqueda	27,8	longitud media de búsqueda	35,8



Discos: Estrategia LOOK y C-LOOK

➤ LOOK

- Similar a SCAN, excepto que las cabezas no se mueven hasta el extremo, sino hasta la última solicitud pendiente en el sentido del movimiento.

➤ C-LOOK

- Similar a C-SCAN, excepto que las cabezas no se mueven hasta el extremo, sino hasta la última solicitud pendiente en el sentido del movimiento



Caché de Disco

- Buffer en MP para almacenar sectores del disco.
- Ante una petición de E/S, se verifica la caché. Si está en caché, se sirve desde la caché.

Consideraciones de Diseño

- Copia o memoria compartida
- Estrategia de remplazo: LRU, LFU



Disco RAM (RAM Disk)

- Un **Disco RAM** es una porción de la memoria principal que el Sistema Operativo engaña para que actúe como si fuera una unidad de almacenamiento física (como un disco duro o SSD).
- **Nivel de abstracción:** Se sitúa en la capa de Hardware/Dispositivo. El SO le asigna una letra de unidad (ej. Z:) o un punto de montaje.
- **Gestión:** El usuario o el administrador decide qué archivos se guardan allí.
- **Naturaleza:** Es volátil y estático. Si se corta la energía, los datos se pierden (a menos que se sincronicen al apagar). Su tamaño es fijo y reservado de antemano.
- **Uso típico:** Guardar archivos temporales de compilación o bases de datos que requieren una velocidad extrema y no importa si se borran al reiniciar.



Disco RAM vs Caché de Disco

Característica	Disco RAM	Caché de Disco
Visibilidad	Aparece como una unidad de disco más.	Invisible para el usuario (interna del SO).
Control	Manual (el usuario elige qué poner allí).	Automático (algoritmos del SO como LRU).
Persistencia	Se pierde al reiniciar (volátil).	Los datos "reales" están en el disco físico.
Flexibilidad	Tamaño fijo reservado.	Tamaño dinámico según uso del sistema.
Objetivo	Máximo rendimiento en archivos específicos.	Mejora general del rendimiento del sistema.



Almacenamiento de Alto
Rendimiento y
Disponibilidad

Tecnología RAID

Redundant Array of Independent Disks

¿Por qué RAID? El Cuello de Botella de la E/S

El rendimiento de CPU y RAM crece exponencialmente, pero los discos mecánicos —y los SSDs en ciertos contextos— siguen siendo el principal cuello de botella del sistema.



Confiabilidad

¿Qué ocurre si un disco falla?
El **MTTF** (Mean Time To Failure) define la vida media esperada de cada unidad.



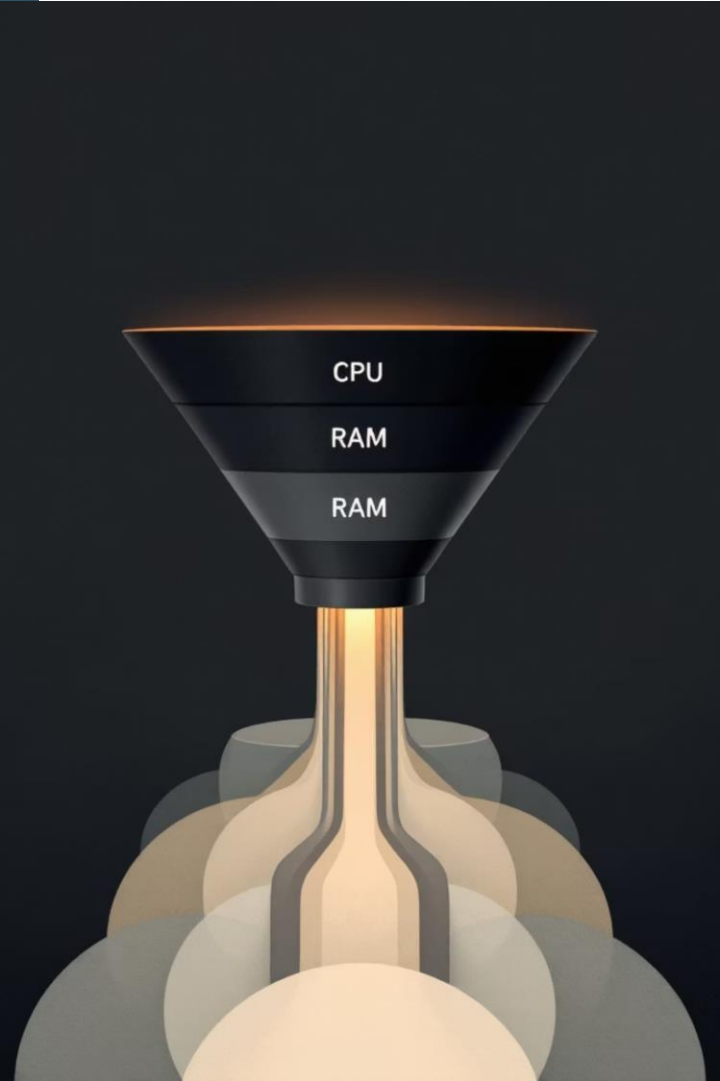
Rendimiento

Aumentar el ancho de banda mediante **paralelismo**: leer y escribir en varios discos simultáneamente.



Capacidad

Ver múltiples unidades físicas como **una sola unidad lógica** desde la perspectiva del sistema operativo.





Conceptos Fundamentales

Tres mecanismos forman la base de todos los niveles RAID.



Striping (Fragmentación)

Los datos se dividen en bloques distribuidos entre varios discos. Mejora la velocidad de lectura y escritura mediante paralelismo.



Mirroring (Espejado)

Duplicación exacta de los datos en dos o más discos. Prioriza la seguridad y la disponibilidad sobre el rendimiento.



Paridad

Cálculo matemático (operación **XOR**) que permite **reconstruir datos perdidos** en caso de fallo de un disco.



Rebuild

Proceso de restauración tras fallo.

RAID 0

Striping · Sin Redundancia

Los datos se dividen en bloques y se escriben simultáneamente en **N discos**.

MÁXIMO RENDIMIENTO

CERO TOLERANCIA A FALLOS

✓ Ventajas

Rendimiento teórico **N veces superior**. Toda la capacidad disponible. Ideal para cargas intensivas de E/S.

✗ Desventajas

Sin tolerancia a fallos. Si un disco falla, se pierde *todo* el arreglo.

🎯 Casos de Uso

Edición de vídeo temporal, caché de alto rendimiento, entornos donde la velocidad prima sobre la seguridad.

RAID 1 — Mirroring

Todo lo que se escribe en el Disco A se replica íntegramente en el Disco B en tiempo real.

✓ Alta Disponibilidad

Si un disco falla, el sistema continúa operando **sin pérdida de datos ni interrupción**.

⚠ Coste de Almacenamiento

Solo el **50% de la capacidad** es útil. Dos discos de 1 TB ofrecen 1 TB efectivo.

🎯 Casos de Uso

Sistemas de ficheros críticos, servidores de bases de datos pequeñas, entornos que requieren alta disponibilidad.



RAID 5 — Paridad Distribuida

¿Cómo funciona?

Requiere al menos **3 discos**. La paridad no reside en un disco dedicado, sino que se **distribuye entre todos** los miembros del arreglo.

❏ **Lógica XOR:** Si

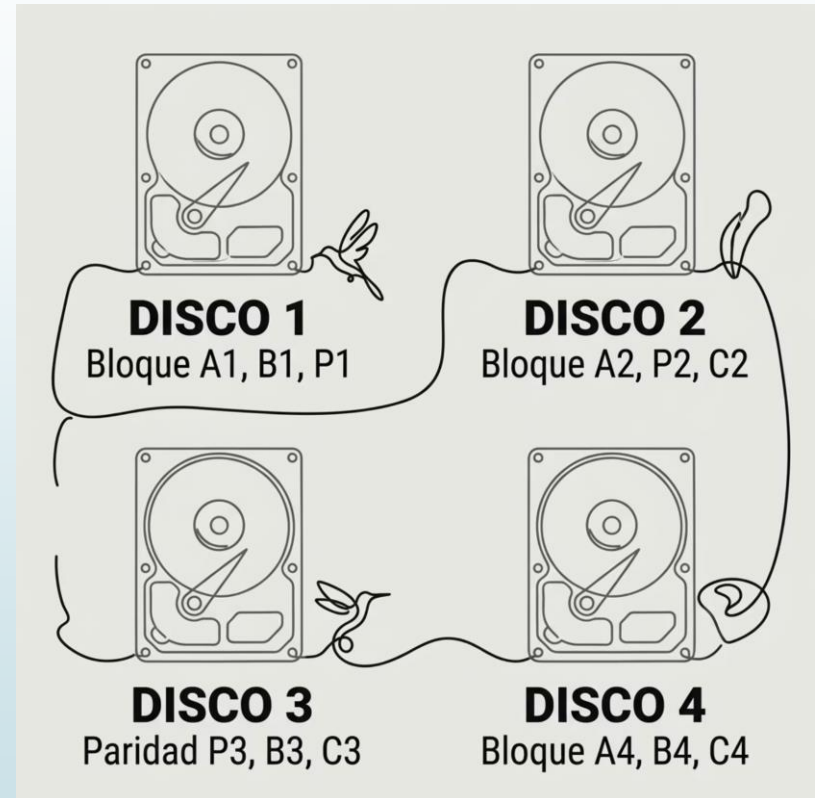
$$P = A \oplus B$$

, entonces

$$A = P \oplus B$$

.Cualquier dato perdido puede reconstruirse a partir de los restantes.

Capacidad útil:



EVOLUCIÓN DE RAID 5

RAID 6 — Doble Paridad

Calcula **dos conjuntos de paridad independientes** y los distribuye entre todos los discos del arreglo.



Tolerancia a Fallos

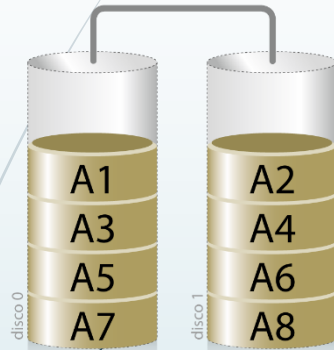
Soporta la **falla simultánea de hasta 2 discos** sin pérdida de datos.

Escenario Crítico

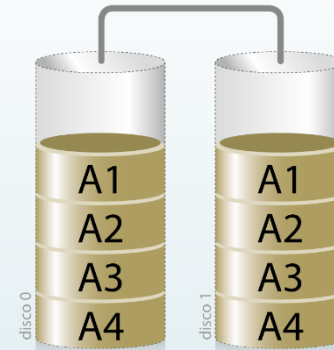
Esencial en arreglos grandes donde el **tiempo de reconstrucción** es elevado y existe riesgo de una segunda falla durante el proceso.

RAID — NIVELES

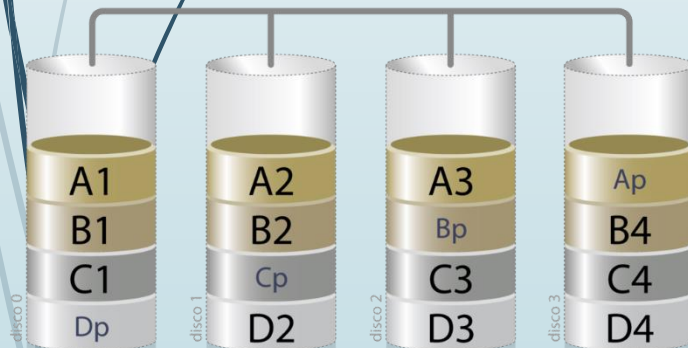
RAID 0



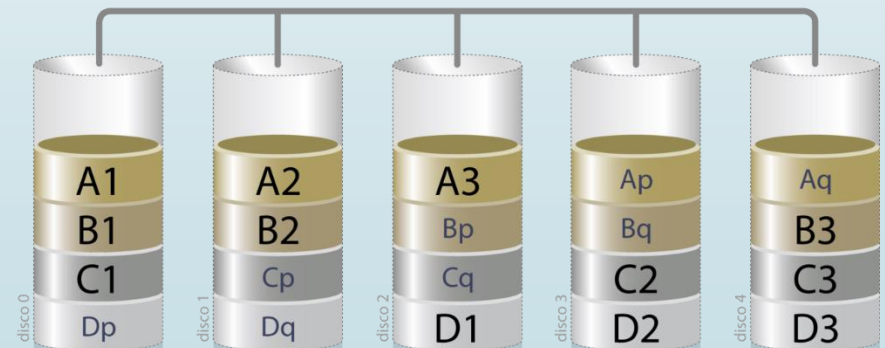
RAID 1



RAID 5



RAID 6



Conclusiones

RAID ≠ Backup

Un borrado accidental o un ransomware se replica *instantáneamente* en el espejo. El backup es una capa de protección **independiente e imprescindible**.

Hot Swapping

Capacidad de reemplazar discos **sin apagar el sistema**. Esencial en entornos de alta disponibilidad (servidores 24/7).

Hot Spare

Discos en espera que el controlador incorpora **automáticamente** al arreglo tras detectar una falla, iniciando la reconstrucción sin intervención manual.





Almacenamiento Terciario

Seguridad

Concepto	Descripción	Tecnologías Clave
Terciario	Almacenamiento masivo fuera de línea o de baja prioridad.	Cintas magnéticas, Jukeboxes, Discos Ópticos.
Confiabilidad	Políticas para asegurar que los datos no se pierdan ante fallos.	RAID 1/5/6, Mirroring, Checksums (ECC).
Seguridad	Protección contra accesos no autorizados a nivel bloque.	Cifrado de disco (BitLocker), ACLs de dispositivo

A dark grey arrow points to the right from the left edge. Below it, several thin, dark blue curved lines sweep upwards and to the right.

*That's
all!*