

75.03 & 95.57 Organización del Computador

# U6 – ALMACENAMIENTO SECUNDARIO DISCOS MAGNÉTICOS

# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • Medio

- Plato circular construido de un material no magnético, llamado substrato (aluminio o vidrio), cubierto por un material magnetizable
- Mecanismos de lectura/escritura magnético
  - Cabeza de lectura/escritura única: bobina conductora estática, el disco está girando constantemente debajo de ella
  - Usado en los viejos discos rígidos y floppy disk
  - Escritura: cuando circula electricidad a través de una bobina se produce un campo magnético. Los patrones magnéticos resultantes se graban en la superficie (diferentes patrones para corrientes + y -)
  - Lectura: un campo magnético que se mueve por una bobina produce corriente eléctrica en ella. Cuando la superficie del disco pasa debajo de la cabeza se genera una corriente de la misma polaridad grabada



# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

- Medio (cont.)

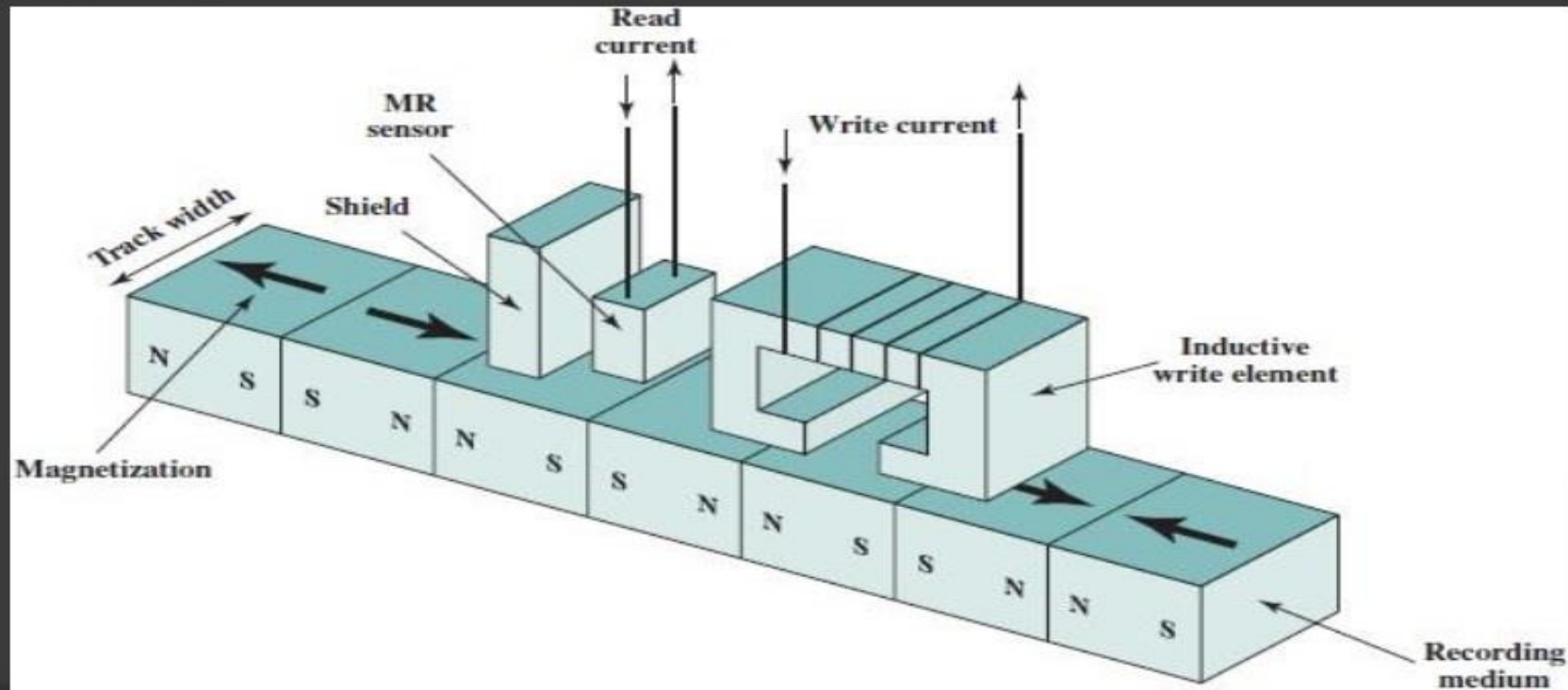
- Mecanismos de lectura/escritura magnético

- Cabeza de lectura diferenciada de la de escritura
    - Tiene un sensor magneto-resistivo (MR)
    - La resistencia eléctrica del material depende de la dirección de la magnetización del medio que se mueve por debajo
    - Se hace pasar una corriente a través del sensor MR y los cambios de resistencia se detectan como señales de voltaje
    - Provee mayores densidades de grabación y velocidades de operación que el mecanismo anterior

# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

- Cabeza de lectura diferenciada de la de escritura





# U6 – Almacenamiento secundario

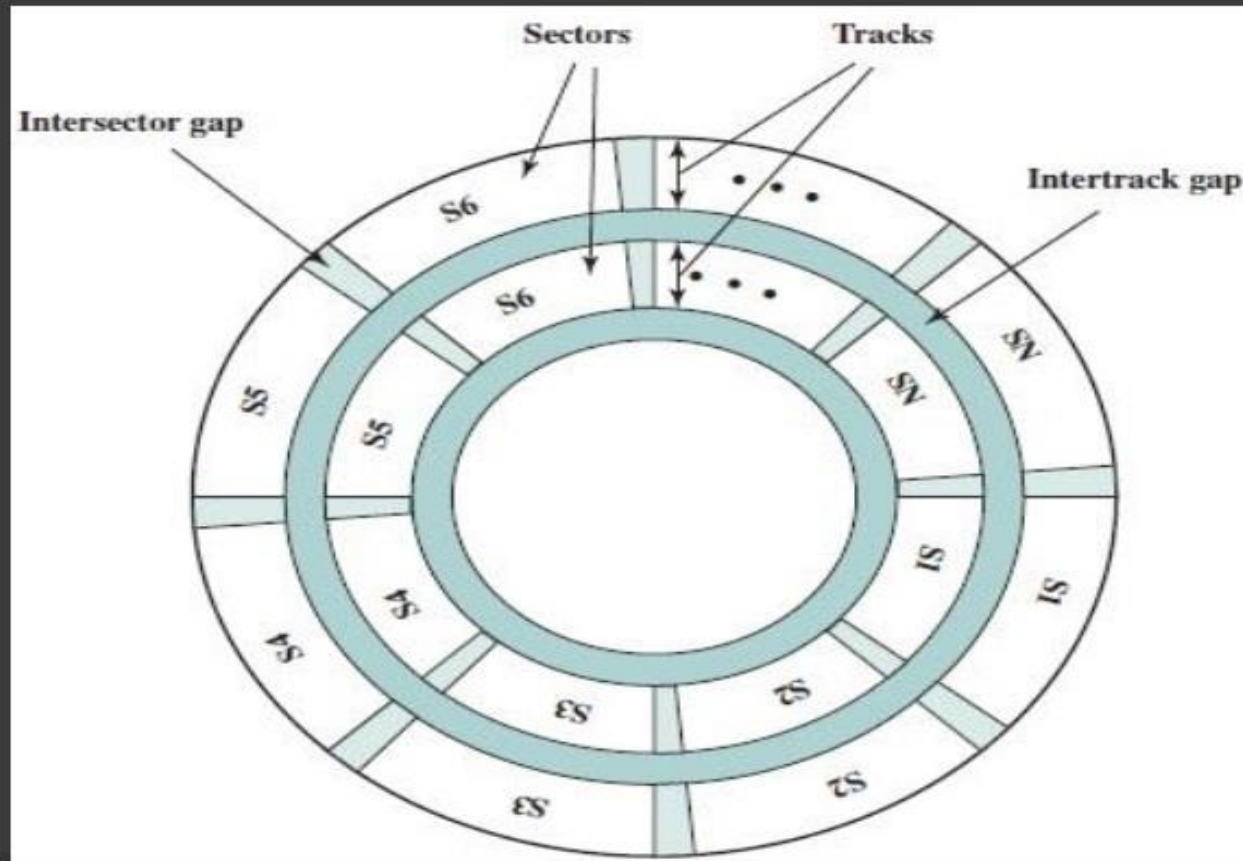
## ● Discos magnéticos

### ● Organización

- Pistas concéntricas
- El ancho de la pista es igual al ancho de la cabeza lectora/grabadora
- Entre las pistas hay un gap (Intertrack gap) para minimizar errores de desalineamiento de la cabeza e interferencias magnéticas
- La superficie del disco está subdividida en sectores, en general de tamaño fijo (512 bytes)
- Hay un gap (Intersector gap) entre los sectores para evitar errores de sincronización

# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos
  - Organización





# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • Organización (cont.)

- CAV (Constant Angular Velocity): el disco gira a velocidad constante
- La cabeza lectora/grabadora puede operar a la misma tasa de transferencia
- Los bits exteriores giran a mayor velocidad que los interiores (velocidad lineal variable)
- Para compensar, los bits exteriores están más espaciados entre sí
- Ventaja: se puede referenciar a cada bloque de información a través de pista/sector
- Desventaja: no se aprovecha el máximo de densidad (bits por pulgada lineal) de la superficie del disco

# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • Organización (cont.)

#### ○ Grabación multizona

- La superficie del disco se divide en zonas concéntricas (por lo general 16)
- La cantidad de bits por pista dentro de una zona es constante
- Las zonas exteriores contienen más bits por pulgada (más sectores) que las zonas interiores
- Ventaja: mayor capacidad de almacenamiento
- Desventajas: mayor complejidad en la circuitería para trabajar con tiempos de lectura/escritura diferentes según la zona (la longitud de los bits varía)



# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • Organización (cont.)

#### ○ Grabación multizona

- La superficie del disco se divide en zonas concéntricas (por lo general 16)
- La cantidad de bits por pista dentro de una zona es constante
- Las zonas exteriores contienen más bits por pulgada (más sectores) que las zonas interiores
- Ventaja: mayor capacidad de almacenamiento
- Desventajas: mayor complejidad en la circuitería para trabajar con tiempos de lectura/escritura diferentes según la zona (la longitud de los bits varía)

# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • Organización (cont.)

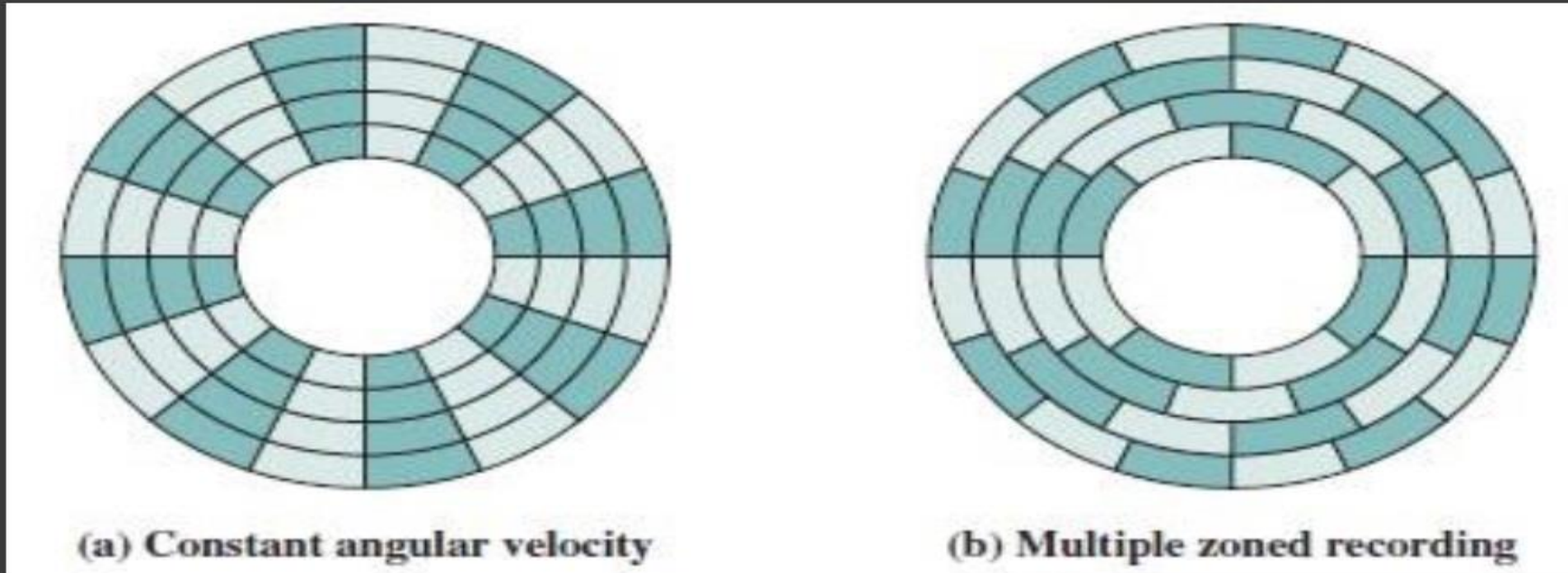
#### ○ Grabación multizona

- La superficie del disco se divide en zonas concéntricas (por lo general 16)
- La cantidad de bits por pista dentro de una zona es constante
- Las zonas exteriores contienen más bits por pulgada (más sectores) que las zonas interiores
- Ventaja: mayor capacidad de almacenamiento
- Desventajas: mayor complejidad en la circuitería para trabajar con tiempos de lectura/escritura diferentes según la zona (la longitud de los bits varía)



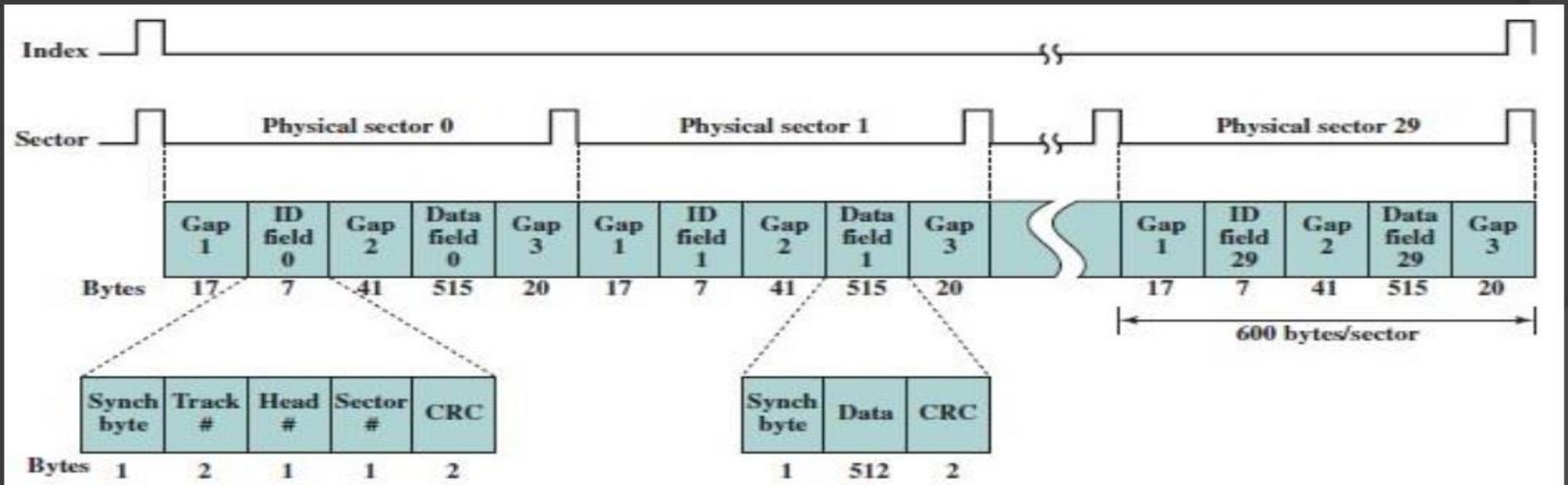
# U6 – Almacenamiento secundario

- ⦿ Discos magnéticos
  - Organización



# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos
  - Organización (cont.)





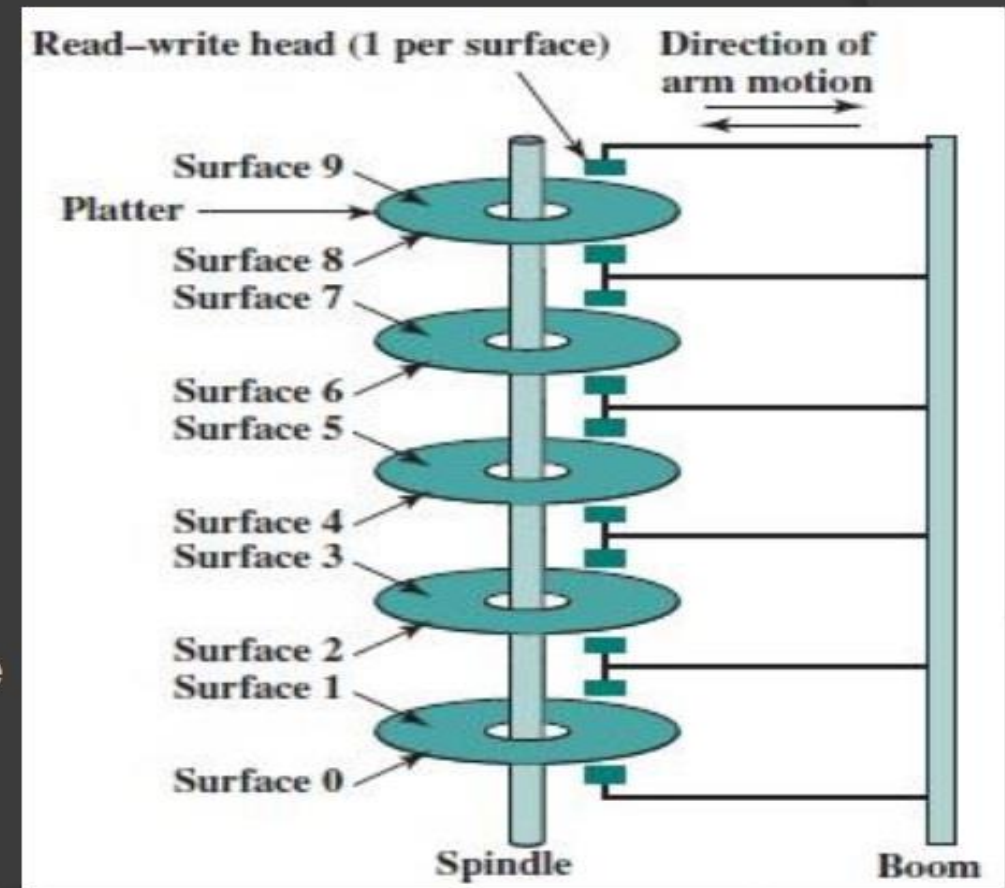
# U6 – Almacenamiento secundario

## ● Discos magnéticos

### ● Características físicas

#### ○ Movimiento de la cabeza

- Fija: había una cabeza lectora/grabadora por pista (muy costosos, no se usan más) Ej. IBM 2305
- Móvil: hay una única cabeza lectora/grabadora por superficie del plato. Se mueve por todas las pistas y está montada en un brazo



# U6 – Almacenamiento secundario

## ● Discos magnéticos

- Ejemplo: Seagate BarraCuda Pro
  - 12 TB capacidad
  - RPM: 7200
  - Latencia: 4.16ms
  - Cache: 256 MB





# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • Características físicas (cont.)

#### ○ Portabilidad

- Discos no removibles: disco rígido (se monta en un disk drive)
- Removibles: se puede sacar y poner en la unidad (Ej. floppy disk)

#### ○ Lados

- Un solo lado: solo es usable una cara
- Dos lados: el recubrimiento magnético está en ambas caras

#### ○ Platos

- Un solo plato
- Múltiples platos: varios discos en un mismo disk drive
  - Cilindro: conjunto de pistas que están a la misma distancia relativa del entro en los platos de un disk drive

#### ○ Mecanismo de la cabeza

- Contacto: toma contacto con la superficie del disco (Ej. floppy)
- Espacio fijo: se ubica a una posición fija por encima del disco
- Espacio aerodinámico (flotante): se ubica flotante por sobre el disco gracias a la presión de aire que genera la rotación del disco

# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • Parámetros de performance (cont.)

#### ○ Tiempo total lectura/escritura

- $T = T_{\text{seek}} + 1 / 2r + b / rN$

- r: velocidad de rotación en revoluciones por segundo
- b: bytes a transferir
- N: bytes por pista

#### ○ Ejemplo:

- Comparación de tiempos de lectura
  - Disco: tiempo seek promedio = 4ms; 15000 RPM; sectores de 512 bytes; 500 sectores por pista
  - Archivo: 2500 sectores (1,28 MB)
- Organización secuencial
- Organización aleatoria



# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • RAID – Características generales

- Es un conjunto de discos que son vistos por el sistema operativo como una única unidad lógica
- Los datos se distribuyen en los discos del vector en un esquema llamado “striping”
- Se usa capacidad redundante para guardar información de paridad y garantizar recuperación ante fallas (a excepción de RAID 0)

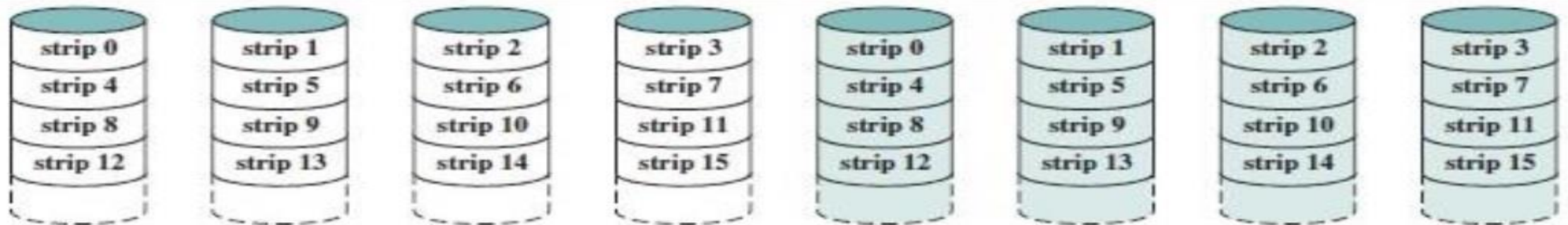
# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos

- RAID – Niveles

- Nivel 1 (Espejado)

- Redundancia por espejado de datos
      - Se requieren  $2N$  discos
      - Ventajas:
        - Un pedido de lectura puede resolverse por cualquiera de los dos discos
        - La escritura se hace en forma independiente en cada disco y no se penaliza
        - Simple recuperación ante fallas
        - Alta disponibilidad de datos
      - Desventajas:
        - Costo



(b) RAID 1 (Mirrored)



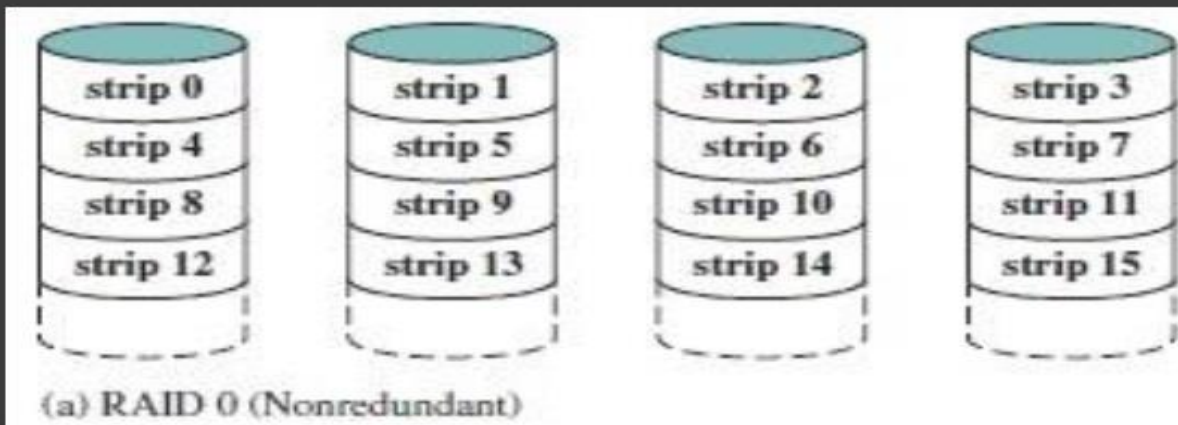
# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos

- RAID – Niveles

- Nivel 0 (Striping)

- No incluye redundancia
      - Se requieren N discos
      - Se distribuyen los datos en el vector de discos en strips (pueden ser sectores, bloques u otra unidad)
      - Ventajas:
        - Simplicidad
        - Performance
      - Desventaja:
        - Riesgo ante fallos, no hay recuperación posible



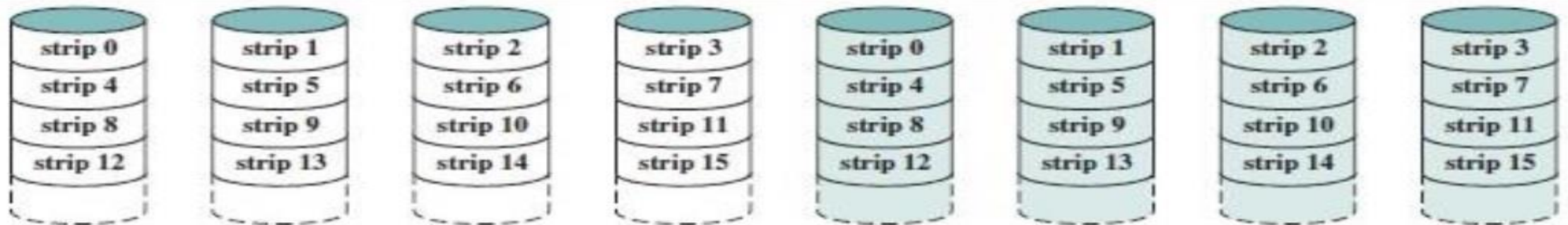
# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos

- RAID – Niveles

- Nivel 1 (Espejado)

- Redundancia por espejado de datos
      - Se requieren  $2N$  discos
      - Ventajas:
        - Un pedido de lectura puede resolverse por cualquiera de los dos discos
        - La escritura se hace en forma independiente en cada disco y no se penaliza
        - Simple recuperación ante fallas
        - Alta disponibilidad de datos
      - Desventajas:
        - Costo



(b) RAID 1 (Mirrored)



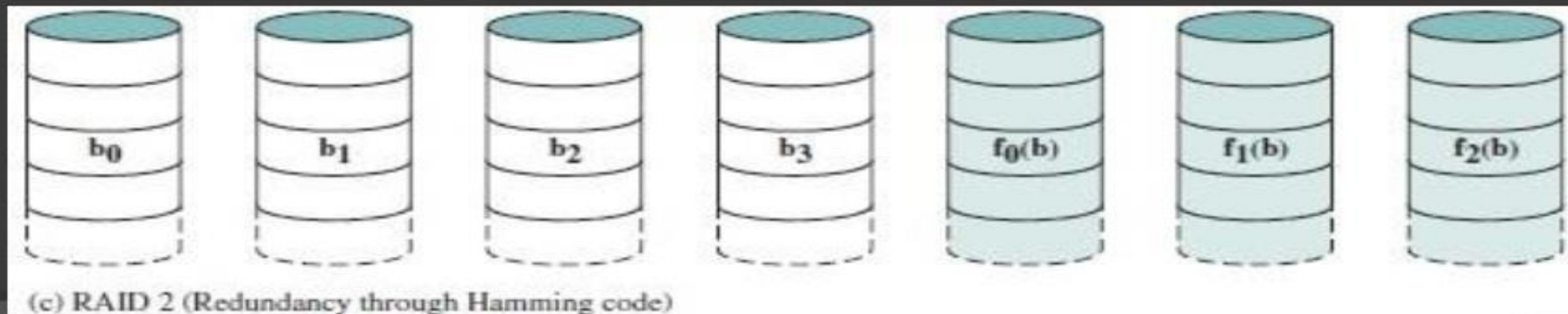
# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos

- RAID – Niveles

- Nivel 2 (Redundancia por código de Hamming)

- Strips pequeños (un byte o palabra)
      - Se calcula redundancia por código autocorrector (ej. Hamming)
      - Se requieren  $N + m$  discos
      - Se graban bits de paridad en discos separados
      - Se leen/escriben todos los discos en paralelo, en forma sincronizada
      - No existe uso comercial
      - Ventajas:
        - Disponibilidad de datos
      - Desventaja:
        - Costos por método de redundancia



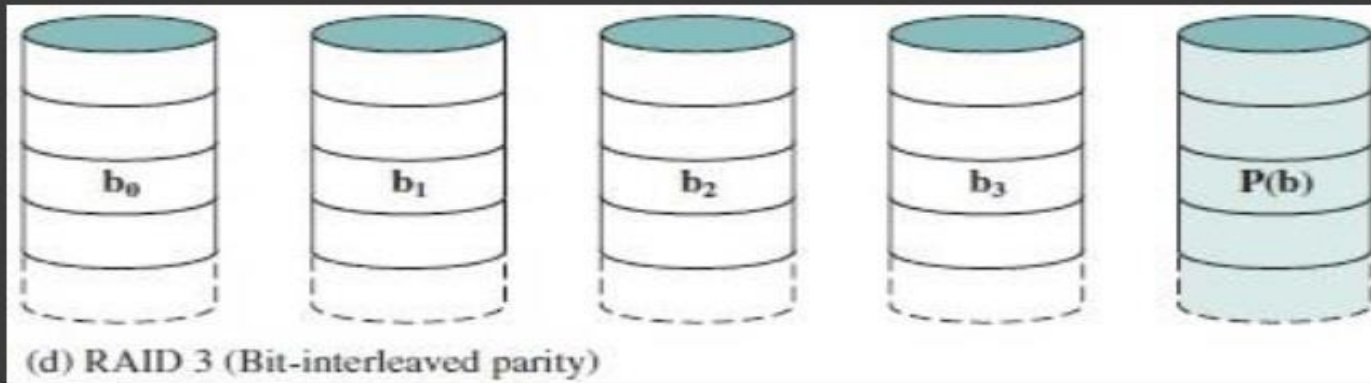
# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos

- RAID – Niveles

- Nivel 3 (Paridad por intercalamiento de bits)

- Solo se usa un disco de paridad
      - Se requieren  $N+1$  discos
      - La paridad se calcula mediante un bit a través del conjunto individual de bits de la misma posición de todos los discos
      - Se leen/escriben todos los discos en paralelo, en forma sincronizada
      - Ventajas:
        - Cálculo sencillo de paridad
        - No hay impacto significativo de performance ante fallas
      - Desventajas:
        - Controlador complejo





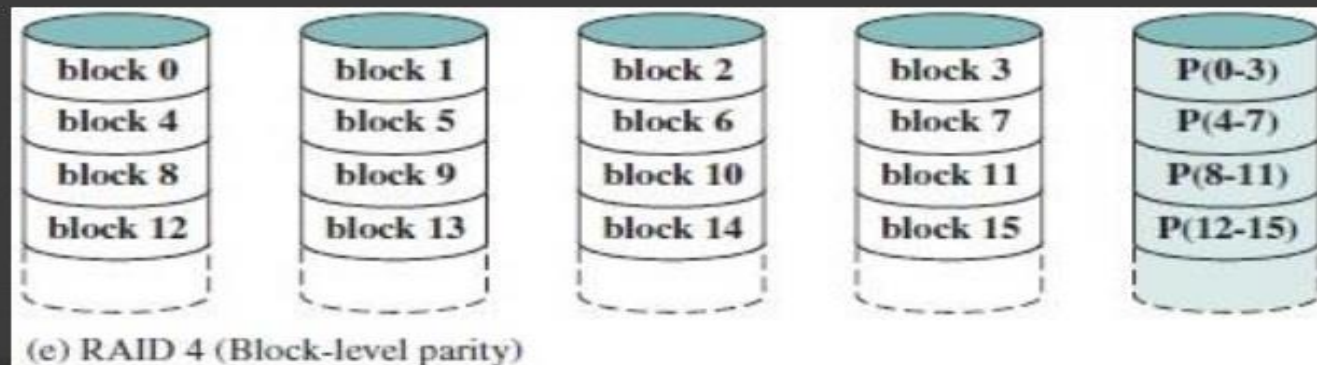
# U6 – Almacenamiento secundario

## ● Discos magnéticos

### ● RAID – Niveles

#### ○ Nivel 4 (Paridad por intercalamiento de bloques)

- Se accede en forma independiente a cada disco
- Se requieren N+1 discos
- Se puede dar servicio a pedidos de E/S en paralelo
- Se usan strips grandes.
- Los bits de paridad se calculan igual que en RAID 3 y se guarda un strip de paridad
- No hay uso comercial
- Ventajas:
  - Altas tasas de lectura
- Desventaja:
  - Dos lecturas y dos escrituras en caso de update de datos
  - Cuello de botella por disco de paridad



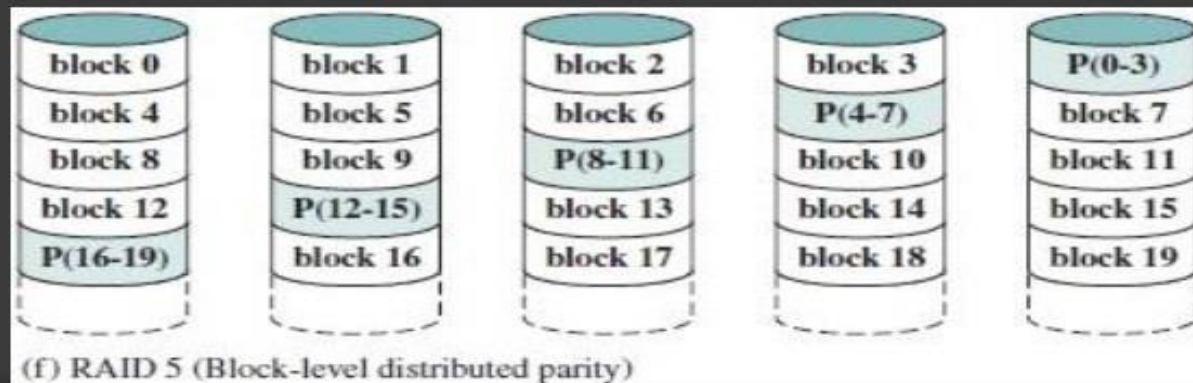
# U6 – Almacenamiento secundario

## ● Discos magnéticos

### ● RAID – Niveles

#### ○ Nivel 5 (Paridad por intercalamiento distribuido de bloques)

- Se accede en forma independiente a cada disco
- Se requieren  $N+1$  discos
- Los strips de paridad se distribuyen en todos los discos
- Ventajas:
  - Resuelve el cuello de botella del nivel 4
- Desventajas:
  - Controlador complejo





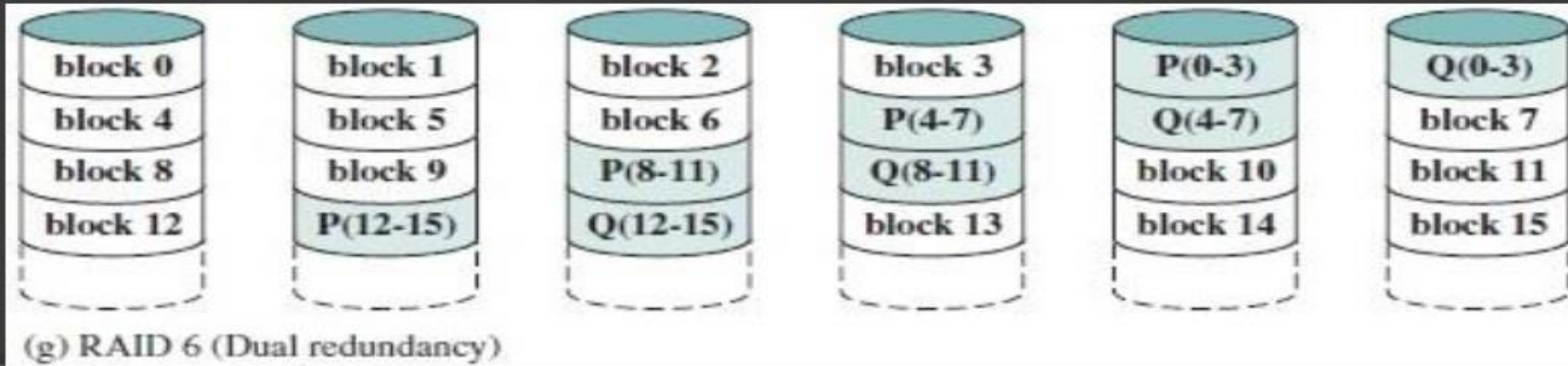
# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos

- RAID – Niveles

- Nivel 6 (Doble paridad por intercalamiento distribuido de bloques)

- Se accede en forma independiente a cada disco
      - Se requieren  $N+2$  discos
      - Se usan dos algoritmos de control de paridad
      - Ventajas:
        - Provee disponibilidad de datos extremadamente alta
      - Desventaja:
        - Controlador complejo
        - Costos por doble paridad



# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • RAID – Niveles (cont.)

Level	Advantages	Disadvantages	Applications
0	<p>I/O performance is greatly improved by spreading the I/O load across many channels and drives</p> <p>No parity calculation overhead is involved</p> <p>Very simple design</p> <p>Easy to implement</p>	<p>The failure of just one drive will result in all data in an array being lost</p>	<p>Video production and editing</p> <p>Image Editing</p> <p>Pre-press applications</p> <p>Any application requiring high bandwidth</p>
1	<p>100% redundancy of data means no rebuild is necessary in case of a disk failure, just a copy to the replacement disk</p> <p>Under certain circumstances, RAID 1 can sustain multiple simultaneous drive failures</p> <p>Simplest RAID storage subsystem design</p>	<p>Highest disk overhead of all RAID types (100%)—inefficient</p>	<p>Accounting</p> <p>Payroll</p> <p>Financial</p> <p>Any application requiring very high availability</p>



# U6 – Almacenamiento secundario

## ● Discos magnéticos

### • RAID – Niveles (cont.)

Level	Advantages	Disadvantages	Applications
2	<p>Extremely high data transfer rates possible</p> <p>The higher the data transfer rate required, the better the ratio of data disks to ECC disks</p> <p>Relatively simple controller design compared to RAID levels 3, 4, &amp; 5</p>	<p>Very high ratio of ECC disks to data disks with smaller word sizes—inefficient</p> <p>Entry level cost very high—requires very high transfer rate requirement to justify</p>	<p>No commercial implementations exist/ not commercially viable</p>
3	<p>Very high read data transfer rate</p> <p>Very high write data transfer rate</p> <p>Disk failure has an insignificant impact on throughput</p> <p>Low ratio of ECC (parity) disks to data disks means high efficiency</p>	<p>Transaction rate equal to that of a single disk drive at best (if spindles are synchronized)</p> <p>Controller design is fairly complex</p>	<p>Video production and live streaming</p> <p>Image editing</p> <p>Video editing</p> <p>Prepress applications</p> <p>Any application requiring high throughput</p>

# U6 – Almacenamiento secundario

## ⦿ Discos magnéticos

### • RAID – Niveles (cont.)

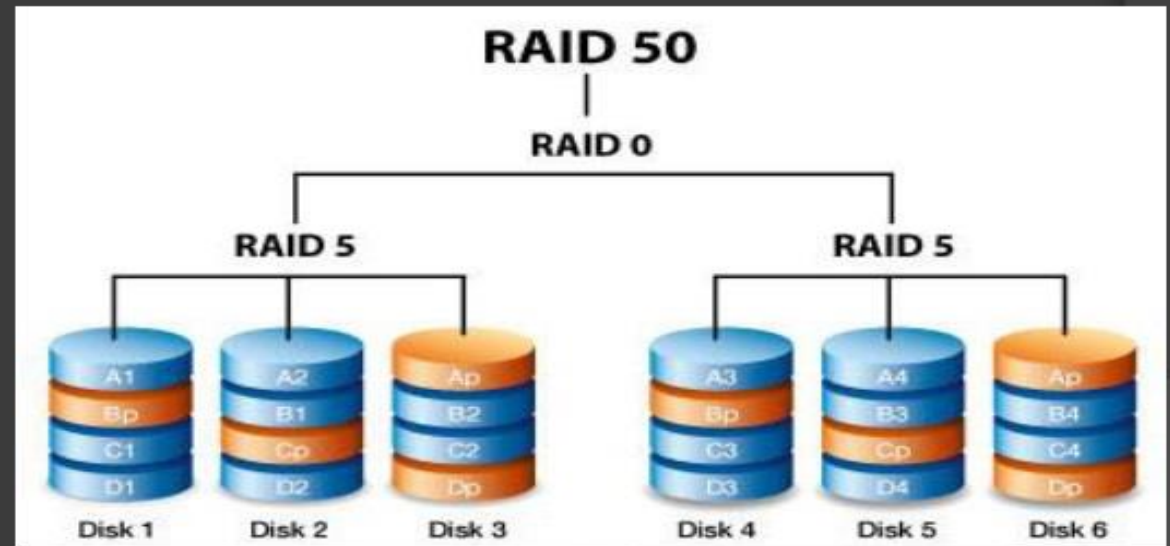
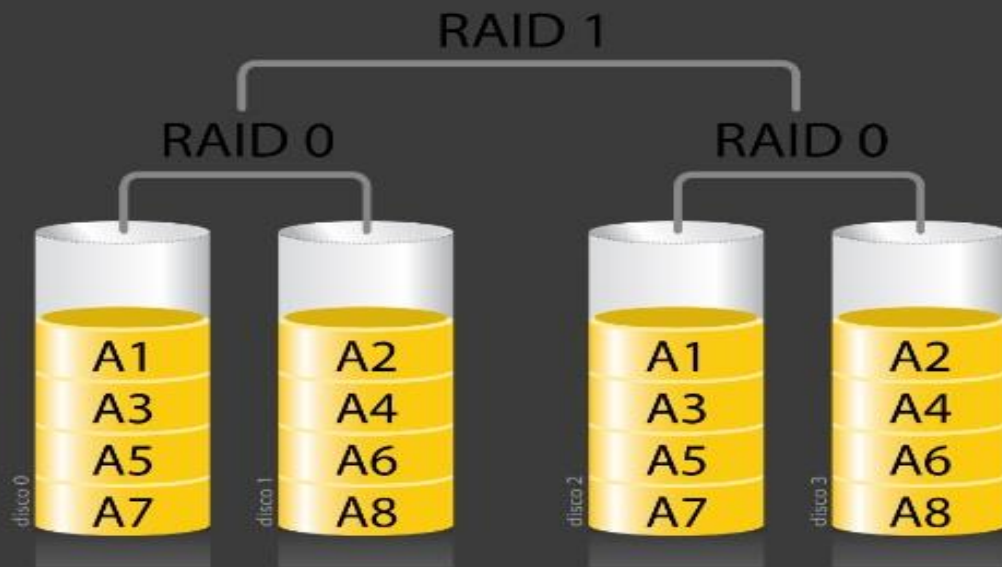
Level	Advantages	Disadvantages	Applications
4	Very high Read data transaction rate Low ratio of ECC (parity) disks to data disks means high efficiency	Quite complex controller design Worst write transaction rate and Write aggregate transfer rate Difficult and inefficient data rebuild in the event of disk failure	No commercial implementations exist/ not commercially viable
5	Highest Read data transaction rate Low ratio of ECC (parity) disks to data disks means high efficiency Good aggregate transfer rate	Most complex controller design Difficult to rebuild in the event of a disk failure (as compared to RAID level 1)	File and application servers Database servers Web, e-mail, and news servers Intranet servers Most versatile RAID level
6	Provides for an extremely high data fault tolerance and can sustain multiple simultaneous drive failures	More complex controller design Controller overhead to compute parity addresses is extremely high	Perfect solution for mission critical applications



# U6 – Almacenamiento secundario

- Discos magnéticos
  - RAID – Niveles combinados

## RAID 0+1



# U6 – Almacenamiento secundario

## Referencias

- “Computer Organization and Architecture – Designing for Performance” 9na edición. William Stallings  
(<http://williamstallings.com/ComputerOrganization/>)
- “Structured Computer Organization” 6ta edición. Andrew Tanenbaum / Todd Austin  
(<http://www.pearsonhighered.com/educator/product/Structured-Computer-Organization-6E/9780132916523.page>)





























