

UNIDAD 5: ALGORITMOS DE MEMORIA EXTERNA

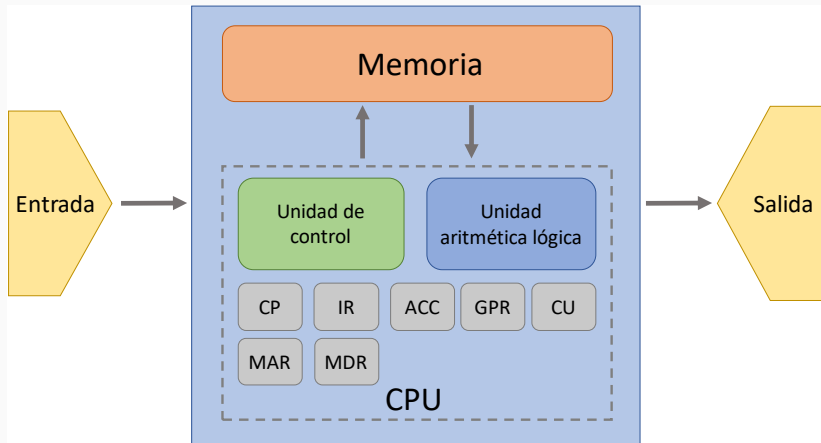
MODELO DE MEMORIA EXTERNA

Gibran Fuentes Pineda

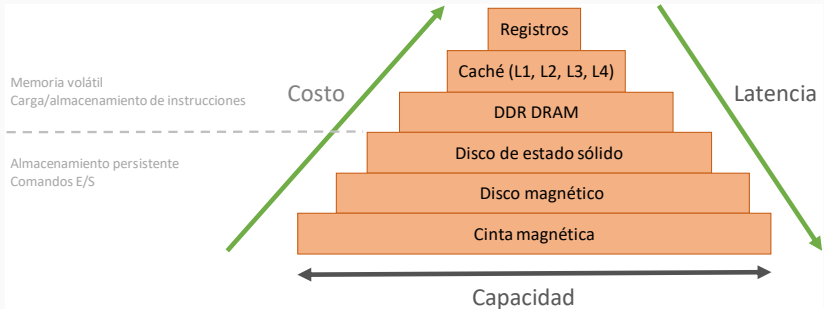
Junio 2021

- **Orientado a acceso:** se controlan de forma explícita las solicitudes de transferencia, incluyendo los tipos.
- **Orientado a arreglos:** se accede a través de los tipos reconocidos por el compilador y de las operaciones sobre esos tipos. Se utilizan principalmente para computación científica que ocupan regularmente arreglos.
- **Orientado a marcos de trabajo:** los programas acceden continuamente a datos de los discos y van produciendo resultados.

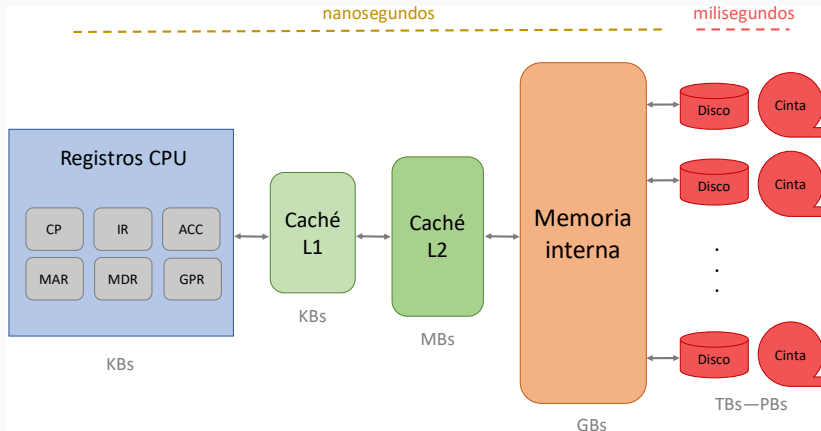
ARQUITECTURA VON NEUMANN



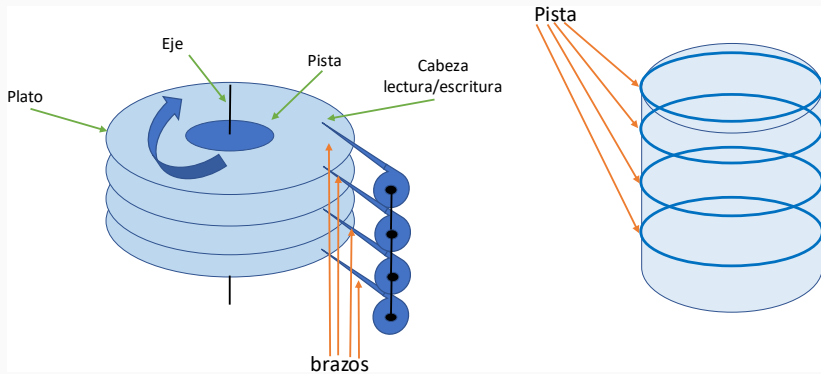
JERARQUÍA DE MEMORIA



SISTEMAS MULTIDISCO



COMPONENTES DE UN DISCO MAGNÉTICO



ORGANIZACIÓN DE ALMACENAMIENTO EN DISCOS MAGNÉTICOS

- A Pista
- B Sector circular
- C Pista de un sector
- D Bloque

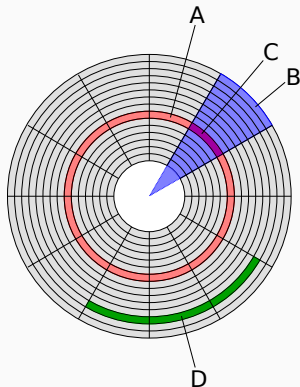


Imagen tomada de Wikipedia (Data Cluster)

- Tiempo de operaciones de lectura y escritura (E/S) no es constante
 - Tiempo de búsqueda: 0–10 ms
 - Tiempo de rotación: 0–3 ms
 - Tiempo de transferencia: 0.2 ms por 8KB (tasa de transferencia es cerca de 50–100 MB/s)
- Acceso a disco es varios órdenes de magnitud más lento que el acceso a memoria interna

- Estrategias de sistemas operativos para minimizar el cuello de botella de operaciones E/S
- Precarga instrucciones o datos del disco a la memoria RAM para que estén disponibles cuando sean accedidos
- Se almacena y lee en tamaños fijos de bloques (llamadas páginas)

- Acceso secuencial a disco es más rápido (8-156KB) que acceso aleatorio
- Operaciones E/S en disco son más eficientes si se realizan en fragmentos grandes de bloques contiguos
- Bloques completos se transfieren entre el disco y la memoria interna
- Cada transferencia por bloque es 1 operación E/S

MODELO DE DISCOS PARALELOS (PDM)

- Explota dos mecanismos en sistemas multidisco
 1. Localidad de referencia, la cual aprovecha la transferencia por bloques
 2. Acceso paralelo a múltiples discos
- Presuposiciones
 - En cada operación E/S cada uno de los D discos puede transferir un bloque de B elementos contiguos
 - Transferencia síncrona de los D bloques (toman el mismo tiempo)

PARÁMETROS DEL MODELO DE DISCOS PARALELOS (1)

- P procesadores comparten D discos
- N : número de elementos (del mismo tamaño) del problema
- M : número de elementos que se pueden almacenar en la memoria RAM (P/M por procesador)
- B : número de elementos por bloque de disco
- $M < N$ y $1 \leq B \leq M/2$

PARÁMETROS DEL MODELO DE DISCOS PARALELOS (2)

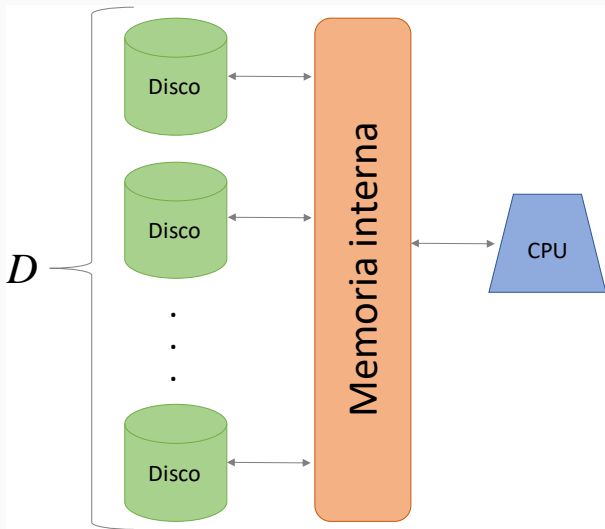
- Para consultas, se definen dos parámetros adicionales
 - Q: número de consultas
 - Z: número de elementos en la respuesta
- Parámetros del modelo de discos paralelos expresados en términos de bloques de disco

$$n = \frac{N}{B}, m = \frac{M}{B}, q = \frac{Q}{B}, z = \frac{Z}{B}$$

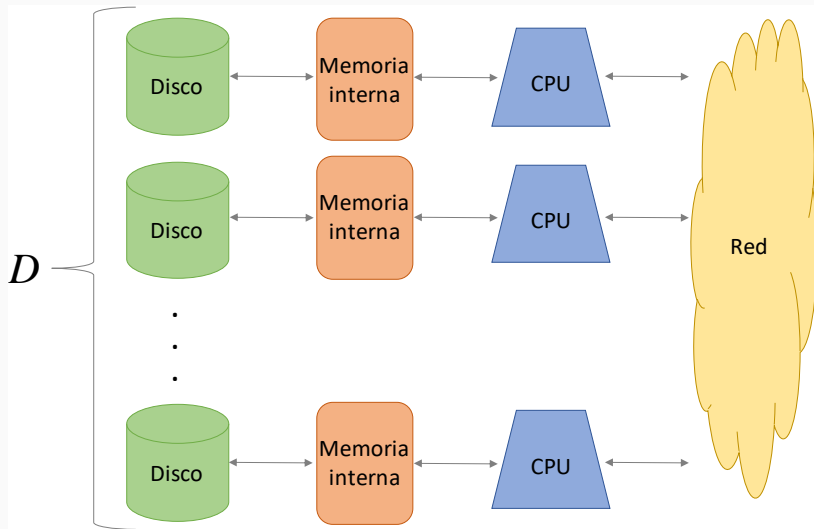
- Considera que los datos están alineados

	D_0		D_1		D_2		D_3		D_4	
Línea 0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Línea 1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Línea 2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Línea 3	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39

MODELO DE MEMORIA PARALELA



MODELO DE MEMORIA PARALELA MULTIPROCESADOR



- Una operación E/S involucra leer o escribir un bloque de B elementos contiguos de o al disco
- La complejidad E/S para un algoritmo es el número de bloques que transfiere entre memoria y disco¹
- Tamaño del bloque: al menos 512 bytes (dependiendo del hardware), aunque usualmente se usan al menos 8 KB

¹Las operaciones internas no se consideran en el modelo

- Métricas de rendimiento
 - Complejidad E/S
 - Máximo espacio en disco (número de bloques) activo en un tiempo dado
 - Tiempo de procesamiento interno
- Objetivos
 - Tiempo comparable a algoritmos en memoria interna
 - Acceso a bloques con tantos datos útiles como sea posible
 - Aprovechamiento máximo de datos que se encuentren en memoria interna

- Complejidad E/S de muchos algoritmos depende de las siguientes operaciones
 - *Escaneo*: lectura secuencial de N elementos
 - *Ordenamiento*: acomodar N elementos en un orden dado
 - *Búsqueda*: encontrar elementos específicos en N elementos ordenados
 - *Salida*: regresar los Z elementos de una consulta
- En el modelo de discos paralelos, un algoritmo de memoria interna normalmente realiza $\Omega(N)$ operaciones E/S

- Encontrar un elemento x en un conjunto de tamaño N
 1. Para $i = 1$ hasta n
 - 1.1 Leer bloque i a memoria
 - 1.2 Si el bloque contiene el elemento x , regresa verdadero
 2. Regresa falso
- La ejecución de la lectura de los bloques contribuye al tiempo de ejecución, lo demás no se toma en cuenta
- La complejidad está dada por $O(n) = O(N/B)$ operaciones de entrada/salida

Problema	Memoria interna	Memoria externa
Escaneo	$O(N)$	$O\left(\frac{N}{B}\right)$
Ordenamiento	$O(N \log N)$	$O\left(\frac{N}{B} \log_{M/B} \frac{N}{B}\right)$
Búsqueda	$O(\log_2 N)$	$O(\log_B N)$

DIFERENCIAS ENTRE N Y N/B

- Para escanear un arreglo de N elementos en disco, tendríamos una complejidad E/S:
 - $O(N)$, si los elementos contiguos se encuentran en bloques distintos
 - $O(N/B)$, si los elementos contiguos se encuentran en un mismo bloque
- Considera un arreglo de 600,000,000 elementos (N) almacenados en bloques de 6,000 (B) y un tiempo de acceso a disco de 1 milisegundo
 - N operaciones E/S tomarían 600,000 segundos (~166 horas)
 - N/B operaciones E/S tomarían 100 segundos