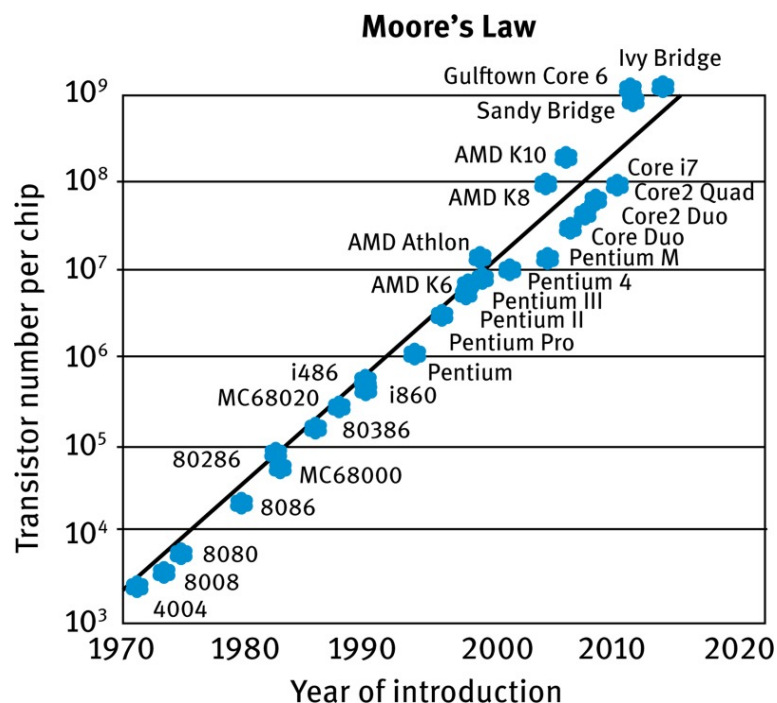


Documento Seleccion Hardware

Histórico CPU

La actual tendencia desde los años 70, se basan en 3 leyes de la informática. La principal, la ley Moore que indica que conforme pasa el tiempo el número de transistores en cpu crece exponencialmente, o representado como una recta en escala logarítmica, es decir, los transistores se hacen más pequeños, permitiendo mayor cantidad aprox el doble cada año o nueva tanda de modelos.



Asimismo existe una relación entre el tamaño eléctrico de los componentes, su consumo y frecuencia de trabajo. La potencia consumida crece con la frecuencia de trabajo y la cantidad de transistores, pero la potencia de cada transistor disminuye conforme se reduce su tamaño. Como conclusión podemos obtener una CPU que con el mismo tamaño, contenga más transistores, estos trabajen a una frecuencia mayor y consuman la misma potencia, lo que se conoce como densidad de potencia constante o ley Dennard.

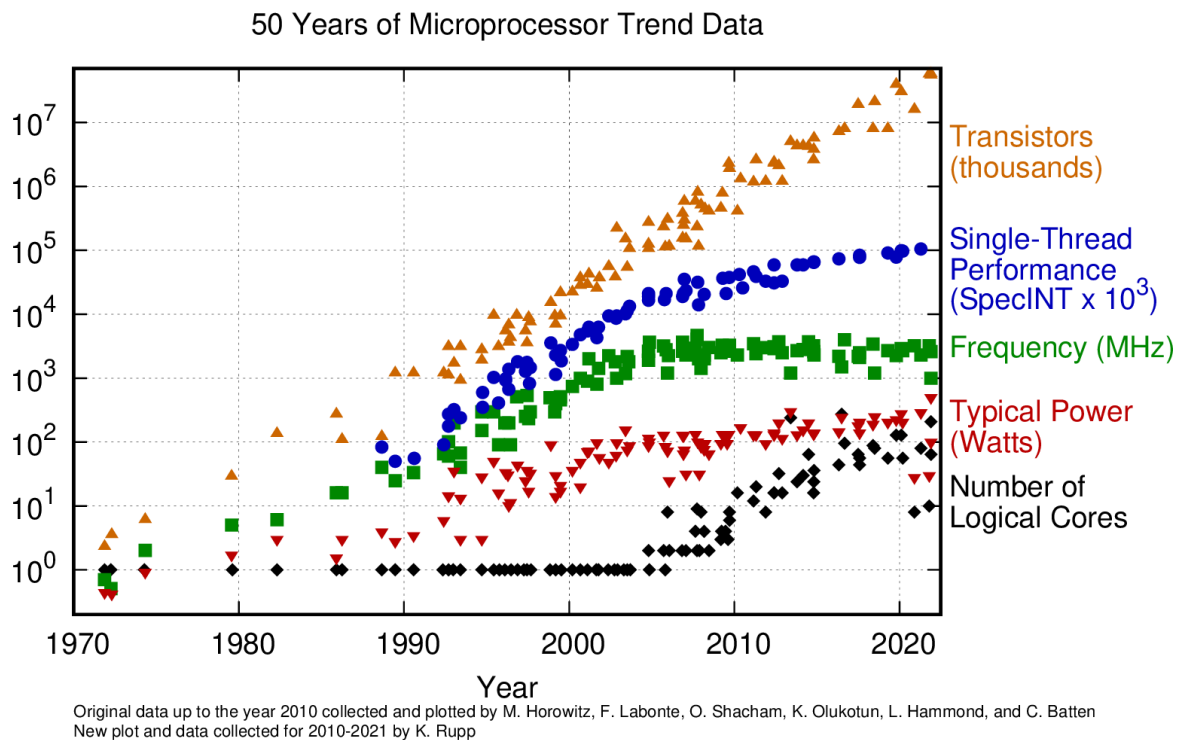
Transistor Property	Dennardian	Post- Dennardian
Δ Quantity	S^2	S^2
Δ Frequency	S	S
Δ Capacitance	$1/S$	$1/S$
ΔV_{dd}^2	$1/S^2$	1
$\Rightarrow \Delta \text{ Power} = \Delta QFCV^2$	1	S^2
$\Rightarrow \Delta \text{ Utilization} = 1/\text{Power}$	1	$1/S^2$

El principal punto de esta tendencia es que cada año no solo tenemos aprox el doble de operaciones sino que el IPS (instrucciones por segundo, frecuencia de trabajo) puede llegar a ser $\sqrt{2} = 1.41 = 141\%$, un aprox 40% más rápido en la ejecución de nuestros programas.

Esta tendencia fue correcta hasta los 65 nm de proceso litográfico que se alcanzó en torno 2006, donde las pérdidas por fugas de corriente comenzaron a ser significativas. Por ello las CPU 80-2006, era habitual que quedarán obsoletas en 2-4 años debido a que las nuevas CPU tenían de 4-16 veces más transistores y estos ejecutaban instrucciones 100-300% más rápido, es decir, una aparente potencia matemática X8-64 mayor.

Cuello de botella de 2006

Pasado el límite de Dennard, la potencia por superficie se incrementa al cuadrado, generando problemas de disipación de calor, donde la temperatura de ruptura del silicio (95°) no hace viable su uso.



Como conclusión a partir de 2006 se produjo un cambio de estrategia, no aumentar la frecuencia, mayor potencia eléctrica con materiales de disipación y elaborar una estrategia de utilización de múltiples core en una CPU. Muy burdamente podríamos decir, que como las cpu se hacen más pequeñas, pero no podemos crecer en superficie ni en frecuencia, la solución es empaquetar, esta limitación en un elemento “core o núcleo” el cual se separa del resto de elementos internos de la CPU que no tiene estas limitaciones de disipación.

Como los núcleos cada vez son más pequeños, aumentando ligeramente el encapsulado de una CPU, nos permite meter más de 1 núcleo, pero compartiendo aquellos elementos no tan críticos con la disipación e incluyendo la nueva electrónica para comunicarnos. Esta parte no tan crítica en disipación se predispone entre los cores, facilitando la disipación general de la CPU y no superando la temperatura crítica.

Los modelos usuales pasan de 60-90W a 90-125W con mayor disipación y así obtenemos los “Intel Pentium D”, que fue básicamente dos Pentium 4 encapsulados en un único chip, que permiten duplicar la cantidad de procesos, pero no aumentan significativamente la “velocidad de instrucciones” a la hora de ejecutar un programa. Este punto se mejoró sensiblemente con la aparición de los Intel Core 2 Duo y AMD Athlon II, pero sigue manteniendo la misma estrategia, un Ryzen 9 actual basado en dos Ryzen 7 encapsulados en un chip.

Solución Multicore y problemas

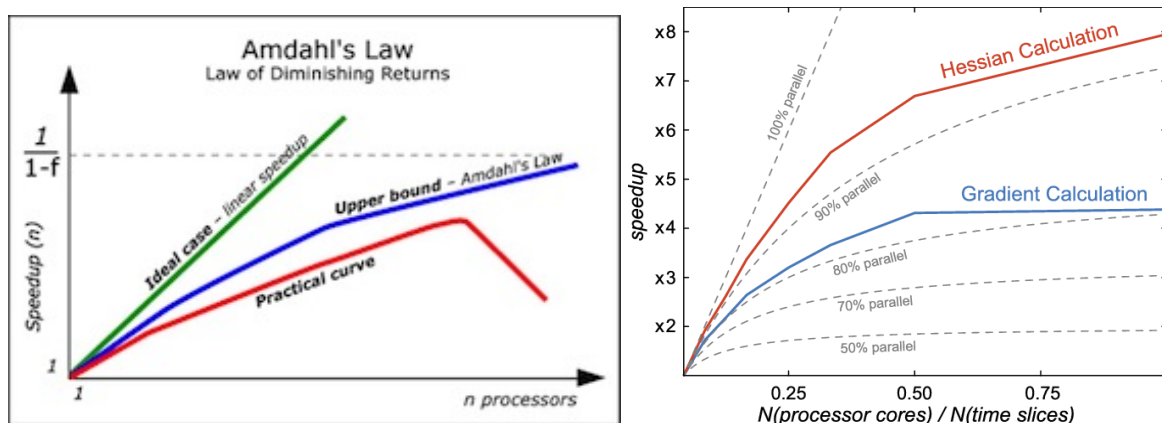
La división de la ejecución de un programa para ser procesado por múltiples cores, permite optimizar y mejorar la potencia de cómputo a nivel de core, pero requiere unos delays para la comunicación de los cores, así como reduce el ancho de banda de comunicación según la cantidad y disposición de los cores.

Esto es lo que se llama límite de cores, conforme más core utilizamos menor es la performance del conjunto general, es decir, podemos hacer más cosas en paralelo, pero la potencia-rapidez total no es la suma de potencias de cada core. Al mismo tiempo existen problemas-soluciones de fabricación tales como “el silicio oscuro” o el aumento de obleas con chips defectuosos que degradan la estrategia multicore.

La estrategia final fue la creación de las modalidades de 2,4 cores 2006-11, incrementado a 2,4,6 y 8 cores 2011-16, actualmente 2,4,6,8,12,16 cores, donde se utilizan estrategias de escala, es decir se diseñan CPU con 4-8 cores y aquellos chips defectuosos se ensamblan como subproductos en base a los cores habilitados; 2 cores (i3, ryzen 3), 4 cores (i5, ryzen 5), 6 cores (ryzen 5) permitiendo aprovechar productos defectuosos como productos más simples, aquellos totalmente funcionales i7 o ryzen 7 y en gamas superiores son 2 bloques de núcleos ensamblados en uno i9 y ryzen 9.

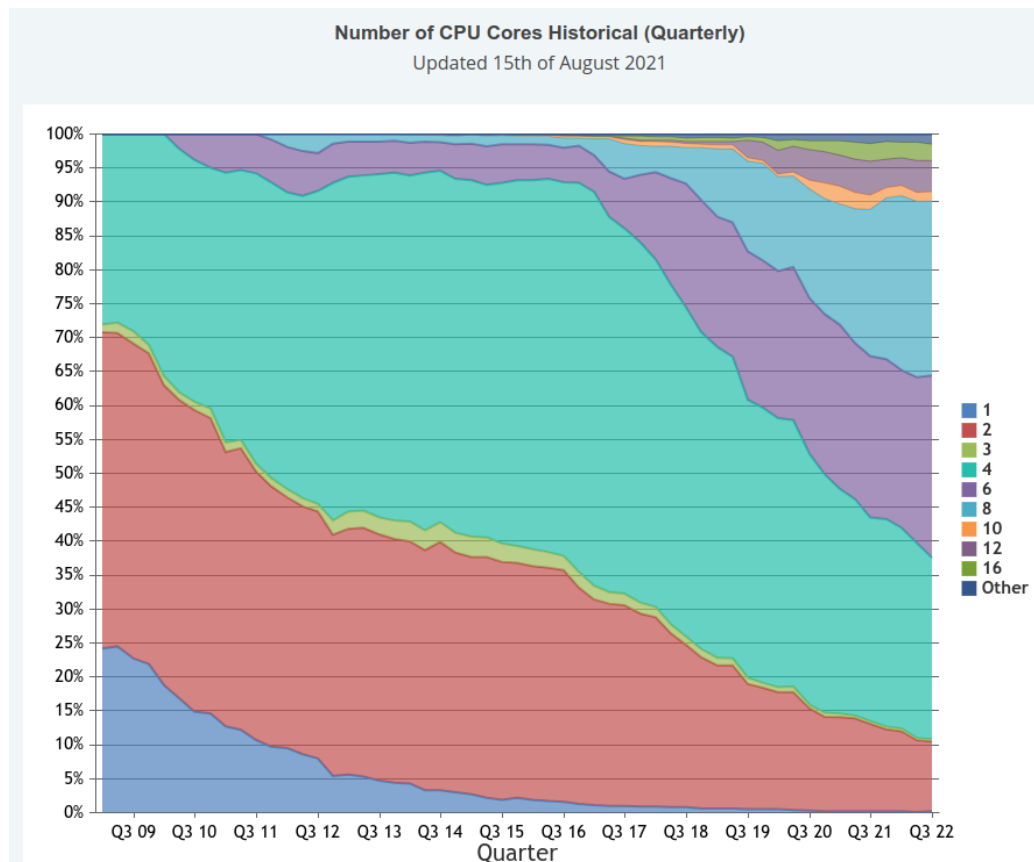
De igual manera se evalúa la frecuencia máxima de uso de los cores y su consumo, clasificándolos en productos con diferentes precios según calidad, permitiendo usar la misma cadena de escala para la práctica totalidad de sus productos, pero que complica la comparativa de las CPU al comprador final, obligándolo a entender una amalgama de sufijos en forma de letras o modelos premium.

Todo este cambio multicore, debe de tenerse en cuenta que no todos los procesos del software pueden ser paralelizados, así como deben ser optimizados para una configuración específica. A esta problemática se le denomina ley de Amdahl y limita a 32-64 cores el margen lineal de la degradación multicore pasa a ser exponencial.



Igualmente la compilación sigue siendo la principal desventaja: puedo comprarme un procesador de 8 cores, pero que el programa usado está compilado y optimizado para 2 cores, no utiliza los 6 restantes en esa operación. En general programas de 2008-10 de uso básico y ofimática están optimizados para 2 cores, la tendencia actual es utilizar

optimización en 4 cores y en casos específicos se empieza a utilizar los 8 cores como referencia.



La principal consecuencia es que lo más probable, nuestro nuevo CPU con muchos cores, permite una gran cantidad de tareas en paralelo pero tenga un nefasto uso de los cores para actividades cotidianas. Sin embargo con perspectiva, indica que aquellos CPU viejos que al igual que los actuales no hacían uso adecuado de dichos cores, ganen eficacia conforme nuevas versiones de software se compilan y se ajustan a su especificación, aumentando su expectativa de vida útil.

Thread-core

Los programadores, estamos acostumbrados a hablar de thread como procesos que ejecutan un determinado código. Sin embargo la realidad de un sistema operativo multitasking, múltiples tareas son ejecutadas en “pseudo-paralelo” es decir el sistema operativo se encarga de asignar pequeños slots de tiempo durante el cual se ejecuta solo una tarea en el core y va conmutando entre la pila de tareas por prioridad, dando la falsa sensación de ejecución en paralelo. Por lo tanto un thread-virtual es una unidad mínima de tiempo de cpu empleado por un proceso de ejecución de código, donde dependiendo del tipo de thread (ULT/KLT) son más o menos priorizados en tiempo, mientras que por debajo del software existe un thread-real que es quien ejecuta de manera continuada los diferentes thread-virtuales en el hardware.

La existencia de CPU multi núcleo, evidencia la existencia de al menos un thread-real por cada núcleo, sin embargo existen tecnología de virtualización, que básicamente generan

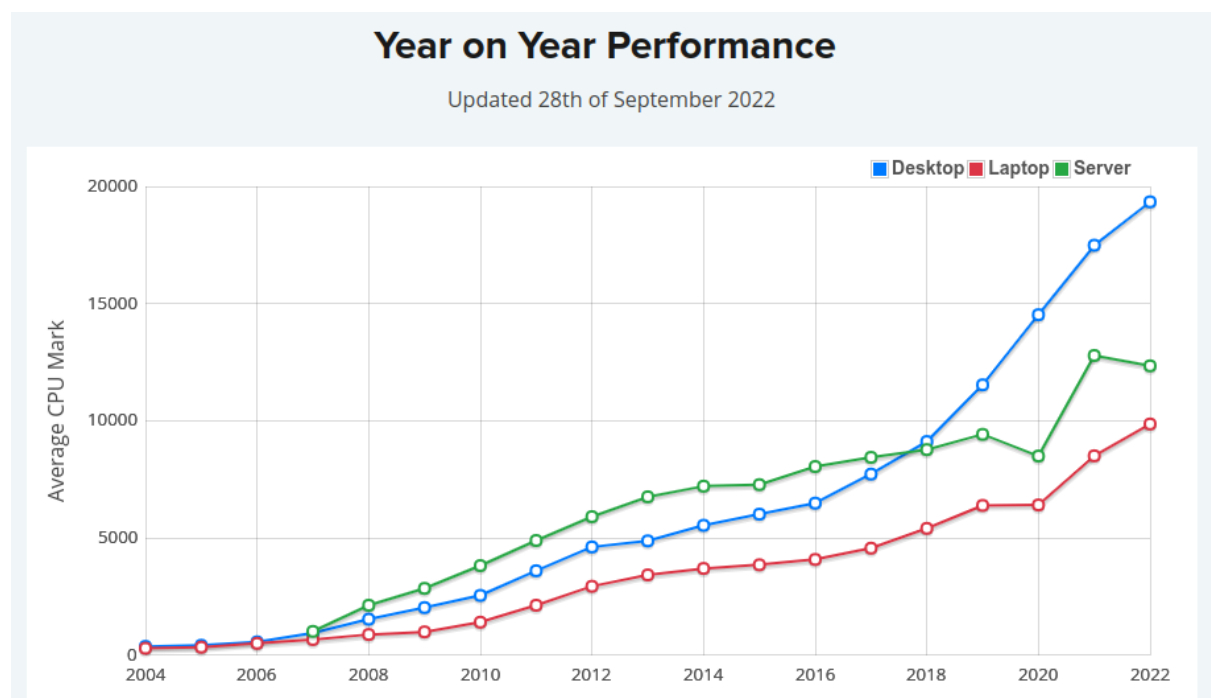
más de un thread por cada core, es decir, virtualiza de cara al sistema operativo un core como múltiples, esto es lo que se llama thread-core o core virtual o procesador lógico. Su uso es extensivo en servidores, pero su principal ventaja es la optimización de ejecución de software en paralelo gestionado desde el hardware (no desde el sistema operativo).

Conclusiones histórico en CPU

Desde 2012, **no existe un parámetro técnico en las CPUs que nos permita evaluar de manera clara su performance**, únicamente son intuitivos o comparativos dentro de la misma serie. Podemos entender que un ordenador con 2 cores no cumple requisitos para un profesional, 4 cores es la opción mínima y un número mayor de cores nos permitirá, mayor cantidad de tareas o procesos en paralelo “no mayor rapidez” significativa, pero sí una mayor rapidez en un futuro donde el software se optimice para 6 o 8 núcleos.

La alternativa a esta problemática son las mediciones basadas en evaluaciones múltiples; los llamados “cpu mark”, que nos proporcionan una evaluación para uso general de la CPU y crean rankings que permiten comparar las diferentes CPU. Existen sub-ranks especializados en número de cores, performance-core, performance-price, performance-consumption, ejecuciones por tipo de software especializado etc...

Pero se debe tener en cuenta que estas evaluaciones son estáticas, es decir, históricas y no suelen ser actualizadas por ejemplo para el caso de ofimática donde nuevas versiones del software mejoran sustancialmente su performance. Por lo que siempre hay un sesgo negativo hacia lo antiguo en la comparación entre CPU viejas y nuevas.



En la gráfica se puede observar, la tendencia media de los últimos 20 años. Una mejora de 15-20%/año 2006-12 (optimizado 2C, mayoría de 2C), 6-7%/año 2012-16 (optimizado 2C sobre mayoría de 4 cores) y 15-25%/año 2016-22 (optimizado 4 y 8 cores, sobre amalgama de 2,4,6,8,12,16 cores). Véase también gráfica (1.3.3.3) con CPU específicas.

Otra conclusión destacable es la proliferación de CPU con menos núcleos o limitados en los laptops, esto es debido a una potencia eléctrica menor, para una batería más duradera, así como una disipación más sencilla, que permite visualizar un claro offset entre laptop - pc.

Por otra parte una comparativa entre el año 2022 con hardware viejo, nos indica que un ordenador actual es 10 veces más rápido que uno de 2010 (aunque tiene 1024 veces de capacidad de cálculo) y solo 3 veces más rápido que uno de 2015 (32 veces más de capacidad de cálculo).

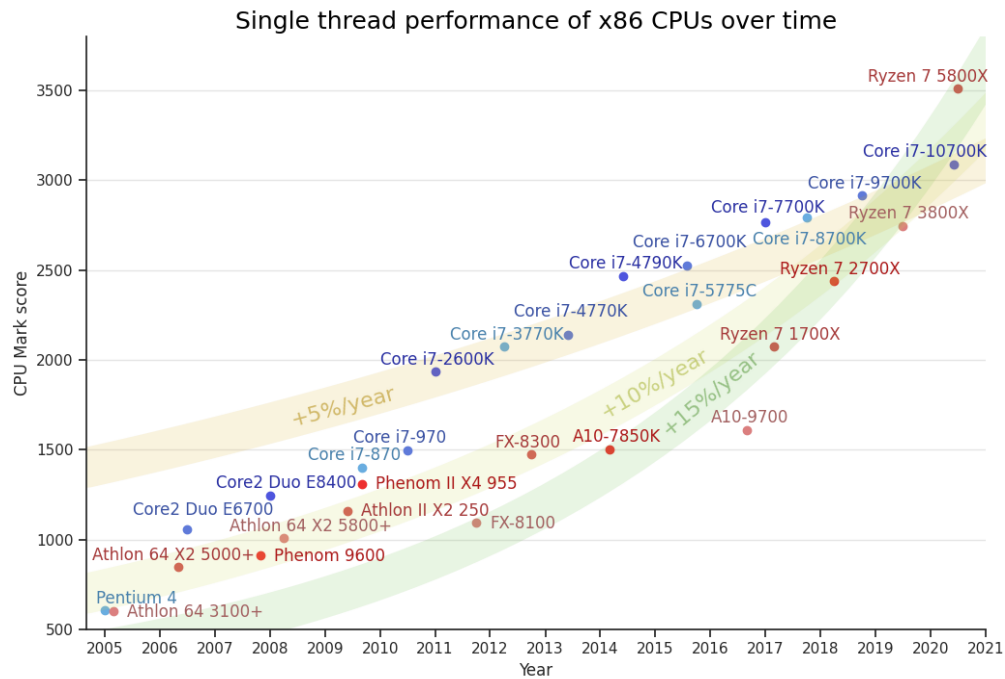
Por lo tanto, esto explica el “actual diógenes tecnológico”, haciendo referencia a que muchas personas conservan viejos pc o laptops con más de 5 años plenamente funcionales e incluso aquellos con 8-10 años mantienen un nivel apto para ofimática y navegación general. Puesto que la principal característica que ha avanzado las CPU es la capacidad de realizar **más cantidades de trabajo en paralelo**, pero no una ejecución significativamente más rápida de nuestra tareas comunes (SO, navegador y ofimática).

Un elemento crítico es la velocidad del acceso a los datos y la cantidad de datos que la CPU es capaz de procesar, por ello una de las mejoras en “calidad” se ha impuesto en la placa, ram o acceso de lectura y escritura en discos los cuales no habían tenido un avance significativo en los periodos 98-2008 especialmente en discos duros HDD comparados con SSD o NVMe.

CPU

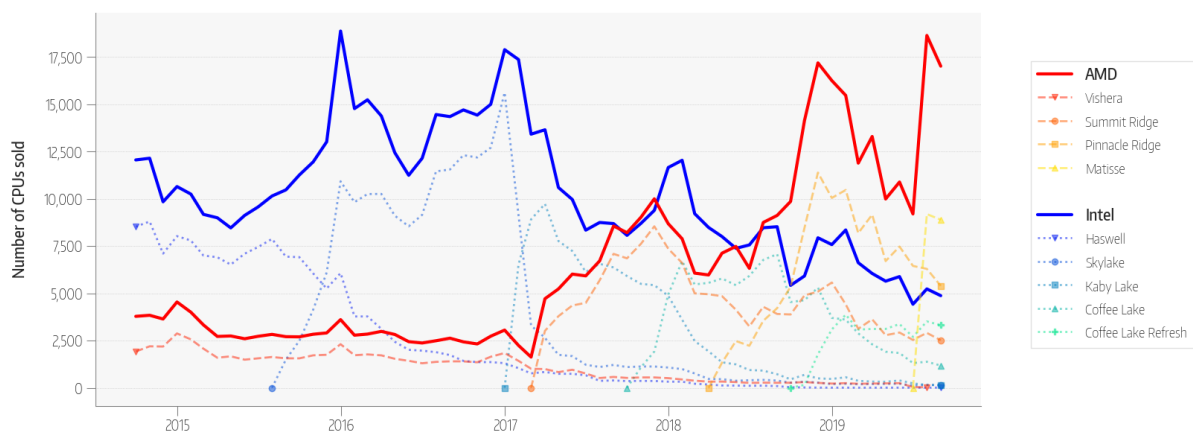
Como ha quedado mencionado en el apartado anterior, actualmente es necesario una CPU con un mínimo de 4 cores, lo adecuado son 8 cores, siendo óptimo 12 o 16 cores entrando en calidad-precio.

Por otra parte queda patente que las diferencias en performance de CPU pertenecientes a la misma serie o equivalentes entre fabricantes, no tiene diferencias significativas en 1-2 años por lo que prevalece la calidad-precio sobre lo novedoso.



Los principales fabricantes son INTEL y AMD quienes coexisten en un mercado monopolístico-oligopolístico desde los 90. De hecho han tenido varias épocas históricas que sesgan o confunden a los consumidores sobre qué marca es mejor, pero la realidad es que dependiendo de la época AMD se ha ido especializado en un segmento del mercado, mientras que INTEL hasta 2017 ha ejercido como hegemónico del mercado tanto en ventas como en calidad y mayor diversidad de segmentos.

En los 90-2003 AMD se especializaba en el segmento low cost vendiendo hasta cpu de diseño intel licenciado, lo cual le dio la experiencia de barato. Entre 2006-2016 durante el apogeo de multi núcleo, AMD incrementó sensiblemente su porcentaje de mercado, vendiendo productos muy competitivos en calidad precio y número de núcleos, pero de mayor consumo eléctrico y retrasados 2-3 años tecnológicamente. Ganándose la gama baja-media del mercado a coste de un mal marketing en el resto de segmentos del mercado.

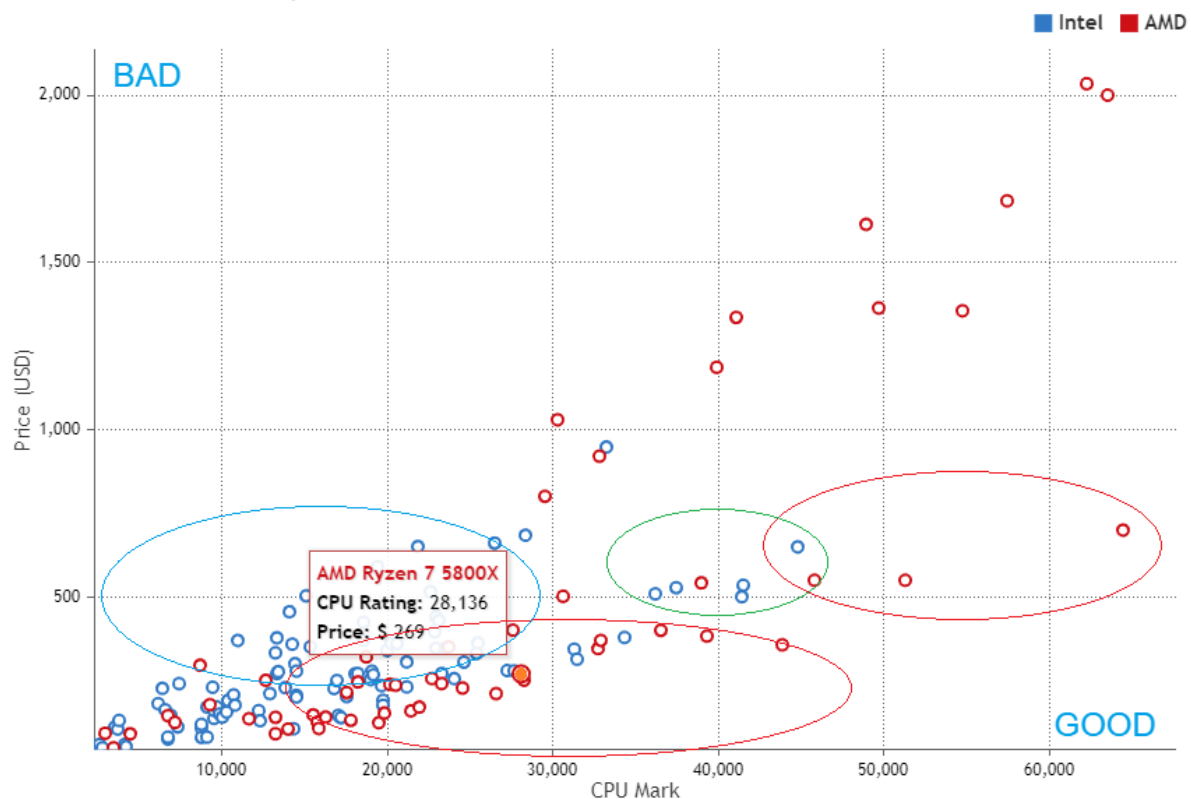


Desde 2016 y debido en gran parte a la producción en escala externalizada en TSMC, AMD ha superado tecnológicamente en fabricación y diseño a INTEL en casi todas las gamas de producto, que junto a un precio mucho más competitivo, ha generado un cambio de tendencia tanto en el número de ventas, como en la imagen de la marca, destronando a INTEL de su puesto hegemónico hasta 2023.

La mejor arquitectura, menor proceso de fabricación, ha impulsado el diseño “Zen” de AMD con más cores, de mayor potencia, frecuencias más altas y con un consumo menor. Aunque la realidad es que INTEL nunca dejó el segmento de potencia y “excelencia” del mercado, este es un mercado muy reducido de altos costes y podemos decir que ha sido casi eclipsado por un segmento “notable alto” de AMD a precio de gama baja-media de Intel. En lo que respecta a este trabajo, una CPU 150-400€, AMD es el rey hegemónico desde 2018 en calidad-precio.

CPU Price Performance (CPU Mark / \$Price)

Top 150 Available Price Performance CPUs - 12th of October 2022



En la gráfica podemos observar como las gamas altas y medias quedan completamente dominadas por AMD, así como en gama baja-media coexisten procesadores de AMD con precios 200-250\$ inferiores a su equivalente en Intel. Únicamente en la gama baja existe una competencia real precio-calidad al usar hardware viejo a precio de coste de fabricación.

Por ello en los últimos 4 años Intel ha hecho una puesta a punto de drivers, compiladores y diferentes herramientas auxiliares con un único objetivo, tener más con menos. Es decir que procesadores inferiores en potencia de cálculo, rapidez, ejecución multi núcleo o consumo

eléctrico, puedan tener una ejecución de software equivalente o mejor que AMD por mejoras propias del software, financiadas o introducidas gracias a su posición dominante en el mercado. Por último en 2022 ha presentado su gama “Alder Lake” en su actual generación 12 (circulo verde), que será continuada este año con “Raptor Lake” la generación 13 multicore. Cuya novedad principal se centra en gamificar con diferentes tipos de núcleos, de alto rendimiento o alta eficiencia, incrementando el número de ellos y disminuyendo el consumo general de la CPU y requiriendo de un software optimizado para evaluar en qué núcleo debe ejecutarse la tarea. AMD aun no ha reaccionado a esta nueva estrategia y ha optado por incrementar su margen de beneficios en su actual hegemonía.

Por lo que aunque en 2022-23 el AMD Ryzen 7 5800X / 7800X parece que va seguir siendo el ganador calidad-precio, muy probablemente tras el abaratamiento de la 12th generación y la salida de las 14th generación en 2024, Intel puede volver a competir en precio-calidad, así como seguramente gane en eficacia para software de uso general como son SO windows, ofimática o software específicos de ingeniería altamente optimizados por Intel.

RAM

La RAM(Random Access Memory), tiene 5 propiedades básicas aunque típicamente se anuncian solo 4.

El principal es el estándar DDR-X, donde ‘x’ es la versión del estándar que define la tecnología y la forma física de la tarjeta de memoria así como la compatibilidad.

La frecuencia, que no se anuncia directamente sino se utiliza MT/s, es decir, millones de transferencias por segundo, donde se realizan dos transferencias por ciclo de frecuencia (DDR Double Data Rate) esta se describe como subestándar a la hora de catalogar los diferente productos DDR3-1600, DDR4-2400, debido a que es lo que indica la compatibilidad con placas y cpu. Un subproducto de la frecuencia es la tasa de transferencia de datos o velocidad, puesto que al multiplicar las transferencias por el tamaño en datos de las mismas, obtenemos los datos por segundo. Por lo tanto los estándares DDRX-F son equivalentes a PCX-T, ejemplo DDR4-2400 es lo mismo que PC4-19200 utilizado para los buses de datos.

Frecuencia E/S	Tasa de transferencia	Velocidad	Estándar comercial
400 Mhz	800 MT/s	6400 MB/s	DDR3-800 / PC3-640
800 Mhz	1600 MT/s	12800 MB/s	DDR3-1600 / PC3-12800
1066 Mhz	2133 MT/s	17064 MB/s	DDR3-2133 / PC3-17000
1200 Mhz	2400 MT/s	19200 MB/s	DDR4-2400 / PC4-19200
1600 Mhz	3200 MT/s	25600 MB/s	DDR4-3200 / PC4-25600
2133 Mhz	4600 MT/s	36800 MB/s	DDR4-4600 / PC4-36800
2400 Mhz	4800 MT/s	38400 MB/s	DDR5-4800 / PC5-38400

La CL (Cas latency) o latencia de ram, es el número de ciclos necesarios desde petición de acceso a memoria y la recepción del valor, este último en realidad son 4 parámetros de diferentes tipos de latencia, aunque suelen generalizarse en uno solo. Aunque la latencia implica una pérdida de ciclos y por ende una degradación en las velocidades para peticiones específicas, si las peticiones son paralelizadas o procesadas en bloque no es un elemento crítico para el hardware, pero siempre comparable a la hora de comprar el módulo, ante la misma frecuencia se busca una latencia menor, o a frecuencias similares, una latencia menor puede compensar una frecuencia menor, respecto a una frecuencia mayor pero con mayor latencia.

La capacidad o cantidad de bytes capaz de almacenar, es interesante entender que normalmente se usan 2 módulos, aunque pueden usarse de 1 a 4 dependiendo del número de slots de la placa.

El tipo de organización del módulo, existen parámetros técnicos que pueden ser elementos críticos a la hora de evaluar una placa y los módulos de ram, ya que permite paralelizar, detectar y corregir errores y en definitiva mejorar significativamente su velocidad real así como su robustez. Este punto es crítico ya que mezcla capacidad, número de slots usados y el tipo de cpu de trabajo, por lo tanto es de especial interés de cara a planificar un futuro mantenimiento ya que a la hora de seleccionar los módulos, una diferencia de pocos euros en el precio actual, pueden condicionar el mantenimiento futuro del pack cpu-placa-ram.

Normalmente estos parámetros (slots, ecc, rango y grupo de banco de memoria) tiene una performance diferente si es sobre CPU con gpu integrada y si la CPU está destinada al mercado server o usuario y dependen ampliamente de la implementación concreta del producto-CPU y por norma general para el usuario medio son desconocidos.

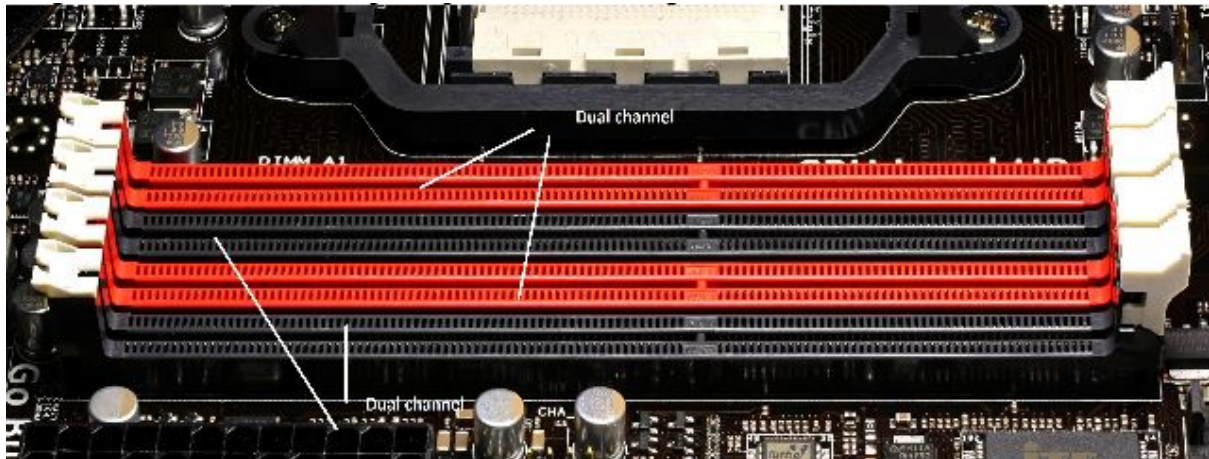
RAM y mantenimiento

Los módulos de ram parecen funcionar casi siempre sea donde sea que se conecten, sin embargo a veces un módulo parece no funcionar o genera problemas en el uso del pc con el típico pantallazo azul. Lo primero es distinguir entre ram orientada a servidores y ram orientada a pc. Por ejemplo existen tanto placas como módulos de ram ECC (Error Correcting Code) donde los datos habitualmente transmitidos en un canal de 64 bit se les aplica un check que permite detectar y corregir ciertos errores pero añade 8 bit, usando un canal de 72 bits, esta opción que proporciona robustez es la habitual en la gran mayoría de servidores, pero no todas las placas pc la soportan. Por otra parte la mayor parte de las placas orientadas a servidores contiene 2 o más CPU trabajando en paralelo.

También está el uso de diferentes módulos de ram con características dispares, donde el chip de la placa tomará aquella frecuencia inferior común a todos los elementos, o sub-múltiplos si existe un multiplexor intermedio, pero en el caso de las latencias serán las mayores las que marquen el cuello de botella.

Canales

Los canales de comunicación son los bus de datos que interconectan la CPU-placa con la memoria, si solo existe un módulo de ram tenemos “single channel”, configuración típica de un portátil o mini pc. Sin embargo cuando tenemos más de un CPU o una GPU (unidad gráfica) haciendo uso de la memoria RAM (típicamente integrada en la CPU) provoca un cuello de botella, ya que solo un elemento puede acceder a la memoria RAM, es decir divide la tasa de transferencia real del módulo al uso proporcional del acceso.



La solución a esta problemática fue la aparición de múltiples canales de comunicación independientes, estos pueden ser slot físicos (ranuras de la placa coloreadas) o virtuales (un mismo slot contenga dos canales de comunicación). Esto es lo que diferencia la tasa de transferencias de datos (MT/s) del ancho de transferencia de datos (E/S). Si se usa dos módulos de memoria, con idénticas características en dos slots, donde la placa incluye un canal independiente paralelizable para cada uno de los slots, obtenemos la configuración “dual channel”, es decir 128 bit (64 + 64) en cada ciclo de trabajo, por lo tanto permite paralelizar peticiones, evitando cuellos de botella con GPU o múltiples CPU, pero sobretodo permite aumenta la tasa real de comunicación del CPU usando ambos módulos de ram.

Si la placa dispone de 4 slots, dependiendo del chip de comunicaciones, puede contener 2 o 4 canales independientes. Si contamos con 4 canales, obtendremos dos comunicaciones “dual channel” 256 bits (4x64), denominadas “quad channel”. Aunque teóricamente permite cuadruplicar la tasa de transferencia, una única CPU no es capaz de usar dicha ventaja de manera significativa, ya que aunque permite paralelizar peticiones y disminuir las latencias solo adquiere mejoras en las GPU embedded o múltiples CPU.

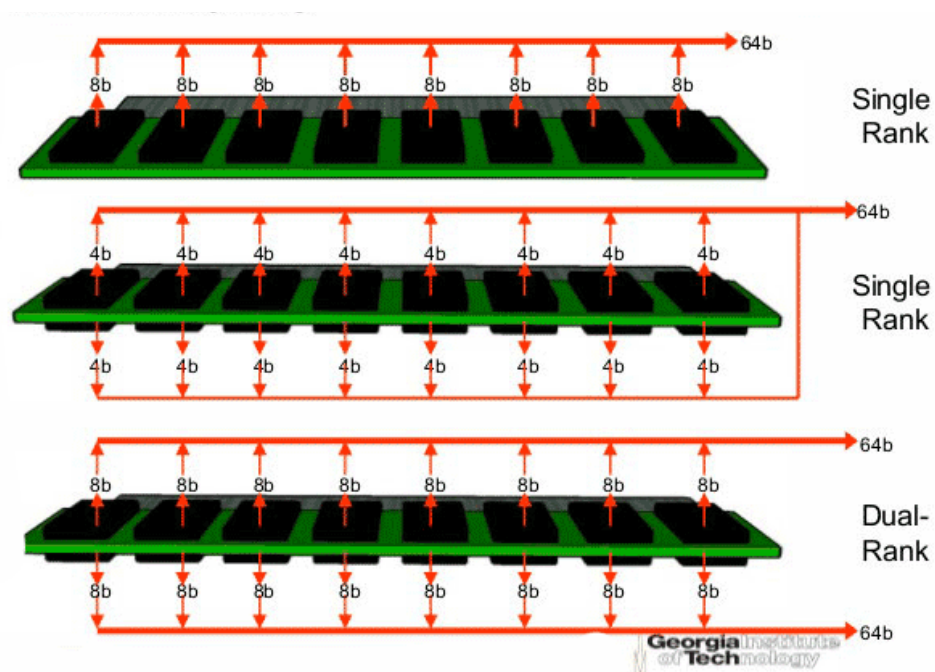
Si la placa dispone de 4 slots, pero únicamente dispone de 2 canales independientes, significa que usa un multiplexor por cada 2 slots, es decir, en cada momento selecciona la memoria a la que el canal independiente apunta. La conclusión en este caso es que aunque las latencias también se pueden paralelizar, la tasa de transferencias siempre será inferior a X2, es decir inferior a “dual channel” debido a que la multiplexación obliga a los módulos a trabajar a la mitad de frecuencia que si fuesen conectadas en configuración “dual”.

Si se dispone de 4 slots, pero solo se instalan 2 módulos se debe colocar usando el patrón de colores de dual channel, ya que sino puede no paralelizar de manera efectiva su uso.

Rango y ancho de bus

Por último tenemos las características intrínsecas de cómo está construido el módulo. Los modelos de memoria ram tiene un canal de 64 bits (o 72 bits con ECC), a la hora de construir dicho canal el fabricante puede optar por usar diversos chips. Puede usar 16 chips de 4 bits, 8 chips de 8 bits o 4 chips de 16 bits, esto es lo que se denomina ancho de bus o wide con valores x4, x8, x16 respectivamente.

La capacidad del chip también varían 1/2/4 GB, e incluso la disposición física de los chips a un lado del módulo (single-sided) o ambos (double-sided). Por lo tanto existen múltiples formas de obtener un módulo de 8 GB de ddr4 explicando las diferencias configuraciones entre fabricantes y precios.



También como se ha comentado antes, existen slot virtuales, es decir, un único módulo de ram que integrando más chips, tiene más de un canal de comunicación. Cada conjunto de chips que generan un canal de 64/72 bits se denomina rango y son 1 (single), 2 (dual) o 4 (quad). Sin embargo, aunque el módulo permite más de un rango (canal de comunicación), la interfaz física de pines sigue siendo la misma, 64 bits, por lo que requiere de multiplexación interna dentro del mismo módulo no aumentando la transferencia máxima del módulo, pero si por ejemplo permitiendo al fabricante generar memorias con más rangos a frecuencias más altas, usando chips que trabajen a frecuencias más bajas.

Las cpu actuales en segmento no servidor obtienen los mejores rendimientos con single rank (R1, un solo rango) y con los anchos de bus más bajos (x4).

En la siguiente tabla se muestran de mejor a peor configuración según el tipo de cpu-placa-ram usada

CPU-type	Slot-módulo / Canal	Rank	Mode
Multi-CPU server M CPU	N slot, 4N canales	quad	server - quad channel
Multi-CPU server 2 CPU	N slot, 2-4N canales	dual-quad	server - dual/quad channel
1 CPU non GPU embedded (expensive slim pc)	2 slot - 2 canales	single	dual channel
1 CPU non GPU embedded (expensive big pc)	4 slot - 4 canales	single	quad channel
1 CPU GPU embedded (cheap pc)	2 slot - 2 canales	single	dual channel
1 CPU GPU embedded (mini-pc)	1 slot - 2 canales	dual	single channel
1 CPU GPU embedded (laptops)	2 slot - 2 canales	dual	dual channel

Histórica y estrategias RAM

Una vez entendidas las características y cuellos de botella relacionados con la RAM, debemos de entender la dinámica histórica, que está planificada en estándares y la relación y convivencia en el tiempo.

El principal impedimento de un hardware viejo aparte de una CPU lenta, es una insuficiente cantidad de RAM, que provoca la degradación casi absoluta de la RAM disponible; tener que liberar y guardar datos en swap-disco reduce drásticamente la velocidad de transferencia de datos, colapsando la pc.

Una CPU de 2010-12, la cual hemos catalogado como 10 veces más lenta (CPU), usaba ddr3 con capacidades 2-4 Gb a una transferencia de 1066 MT/s, usualmente la limitación de placa-cpu solía ser 1866 MT/s y una capacidad máxima de 32 Gb. Una CPU 2022 usan ddr4 con capacidades 4-8 Gb a una transferencia de 2400 MT/s a 3200 MT/s que es el actual cuello de botella en CPU y un máximo de 128 Gb de capacidad. Y a su vez también están apareciendo las primeras configuración ddr5 de 4800 Mhz 8-16 GB que tendrán un precio accesible en 2023-24.

Histórico Estándar	DDR2 (2002-12)	DDR3 (2007-17)	DDR4 (2013-23)	DDR5 (2020-26)
-----------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Primeros modelos en mercado	DDR2-333 PC2-2600 256MB - 1GB 2003-4	DDR3-800 PC3-6400 2GB - 4GB 2008-9	DDR4-2133 PC4-17000 4GB - 8GB 2014-15	DDR5-4800 PC5-38400 8GB - 16GB 2020-21
Ultimos modelos fabricados	DDR2-1200 PC2-9600 1GB - 4GB 2008-2012	DDR3-2400 PC3-19100 4GB - 8GB 2014-17	DDR4-4400 PC4-35200 8GB - 16GB 2020-23	DDR5-7200 PC5-57600 16GB - 32GB 2025-26

Comparativamente un CPU-ddr4 actual puede mover 70% más transferencia de datos por cuello de botella que uno CPU-ddr3 viejo actualizado a la máxima frecuencia de la cpu, pero añadiendo módulos podemos obtener una capacidad equivalente o superiores en la CPU-vieja a coste reducido. En el caso de la DDR5, aun siendo un 50% más rápida, no se dispone de CPU que usen más de un 15% de su ventaja y la capacidad de datos actuales respecto a DDR4 son equivalentes..

Por lo tanto entendiendo que un usuario no detecta cambios sustanciales en la ejecución de un programa hasta que este llega al rango de segundo, podemos observar, cómo mientras los nuevos PC mantienen niveles “bajos de ram y tiempo rápidos” para la ejecución de una tarea concreta, no viéndose diferencia significativa entre ddr4 y ddr5, para un pc viejo actualizado, siempre y cuando la actividad no haga un uso exhaustivo de CPU, y la capacidad de ram sea adecuada a la tarea, lo normal es un X2-4 en los tiempos de ejecución, es decir, notamos más lentitud pero raramente bloqueos o colapsos.

Esta tardanza en el procesamiento de los datos, también impone una liberación más tardía de los datos en memoria ram. El administrador de windows/linux nos indica un uso aproximado de ram, esta no deja de ser un promedio, ya que como hemos comentado el usuario medio no percibe la escala de milisegundos que son los tiempos de ejecución de cualquier tarea, por lo que normalmente se tiende a interpretar que una media de la ram es más alta, que no significa que se usan más capacidad sino que el tiempo que se usan es mayor, y por lo tanto temporalmente están menos disponibles, que en término promedio indica tener un uso mayor de ram en el administrador de windows (pero el programa usa la misma memoria).

¿A dónde queremos llegar? Liberar la memoria más tarde indica una mayor necesidad de ram en los picos de multitasking, donde múltiples tareas que con una cpu rápida no se solapan, en una cpu vieja coinciden, es decir, más capacidad en conjunto para un hardware viejo y evitar el colapso de la swap.

Como la RAM disminuye su precio a la mitad cada 2-3 años; aumenta su tasa de transferencia y capacidad al doble entre sus primeras versiones y finales, sumado a una nueva versión del estándar cada 6-7 años y que esta se fabrica durante aprox 10 años. Podemos evaluar una estrategia de mantenimiento y equivalencia entre tecnologías viejas-nuevas en función del precio.

- a) Mantenimiento: se basa en comprar el hardware con la versión más reciente de ram cuando tiene stock en el mercado y una relación-calidad precio en características de frecuencia y capacidad asequibles. La estrategia consiste en **reemplazar** los

módulos a los 3-4 años por módulos con la máxima frecuencia (X1.5-2) y el doble de capacidad a un precio asumible (100-120€).

Como consecuencia con un gasto “profesional” inicial y una actualización tenemos unos requisitos “óptimo-adequados” durante 6 años, que pasana ser adecuado-mínimos 6-8 años y permite usar los módulos viejos y nuevos en placas con 4 slots para alcanzar grandes capacidades +8 años, mediante quad-channel manteniendo la “funcionalidad-ofimática” del setup aunque degradando la velocidad.

- b) Consumismo: se realiza durante los 2 años de transición de una tecnología ddrX a otra más nueva. La versión vieja son aproximadamente un 30% más lentas que las nuevas, pero con capacidades similares, pero los precios son significativamente más bajos ($\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{3}$) por el cambio tecnológico. De manera similar las CPU y placas acopladas a dicha tecnología se desploman con rebajas de 40-60%, con una performance 10-25% inferior. Normalmente la nueva tecnología tiene precios incrementados entre un 40-30% el primer año hasta que el stock se estabiliza, es decir, económicamente es factible construir un hardware con un 25-30% más lento respecto a la nueva tecnología pero con un precio inferior al 50%-60%.

Este setup es obsolecente ya que NO es mantenible a futuro, es decir, conlleva un cambio de hardware a los 3-4 años, pero presupuestariamente hemos gastado un 50%. Como el hardware nuevo se abarata considerablemente en 3 años, fácilmente se puede construir un hardware equivalente al caso ‘a’ con el mantenimiento o incluso superior, por el precio del 50% no gastado inicialmente. Presupuestariamente es equivalente, incluso mejor ya que el gasto es fraccionado, la vida útil combinada entre ambos setups es igual o mayor al caso ‘a’, obteniendo un setup-viejo extra válido para posibles usos de ofimática a los 3 años. Como desventaja genera una gran cantidad de residuos tecnológicos si los setups viejos no pueden rehusarse para fines personales hasta su fin de vida útil 10-12 años.

Discos duros

Desde los inicios de la informática el disco duro es un tipo de memoria de datos persistente, convencionalmente usada para el apagado del pc como objeto físico que contiene el sistema de ficheros.

Las capacidades actuales se mide en Gigabytes o Terabytes, siendo lo más común 500 GB - 4 TB de espacio. Los requisitos de sistemas operativos y software han ido aumentando de manera continuada los recursos de disco, pero no es un elemento crítico puesto que actualmente windows 10 o linux apenas necesitan unas pocas gigas de espacio, es decir, menos de 0.5% de la capacidad habitual, mientras que en el pasado software como windows 98 o xp ocupaban entre el 3-8 % del disco duro. Los archivos de datos, tales como documentos, librerías o pura configuración han incrementado sensiblemente sus tamaños y formatos, pero quedan también totalmente despreciados comparativamente con el incremento de tamaño de los discos. Sin embargo lo que sí que ha evolucionado proporcionalmente o incluso a mayor velocidad ha sido el tamaño de aquellos ficheros

audiovisuales, así como el renderizado, texturas o generaciones 3D, ejemplo de ello son la remasterización en HD de juegos de principios del milenio donde programas inferiores a 500 MB, ocupan de 10-20 Gigas con el remasterizado HD pertinente.



La tecnología de disco duro y su velocidad y lectura, evolucionó tenue mente durante los 90-2005, prueba de ello son los discos HDD que aunque aumentaron sensiblemente sus capacidades, su mecanismo tecnológico, basado en rpm (revoluciones por minuto), fijaba la velocidad de lectura, únicamente incrementada aumentando el número de platos que podía leer en paralelo el disco.

Aunque difiere concretamente del disco, número de platos y tecnología de bus de comunicación podemos resumir que en el peor caso (movimientos de ficheros entorno al interior de un disco) aquellos discos duros hdd de 5400 rpm, tiene una tasa de lectura/escritura entorno a los 10-15 MB/s, típicamente usan bus de comunicación IDE o SATA-1 y son tecnológica de finales de los 90. Por otro lado a partir del año 98 se popularizan los discos de 7200 rpm tiene un cuello de botella entorno a los 40-60 MB/s y usan bus de comunicación SATA 1/2/3, por último los discos con caches y/o de 10.500 rpm aparecieron en la primera década del milenio y pueden obtener tasas de 80-100 MB/s pero no se han popularizado salvo en casos concreto como discos externos.

Los bus de comunicación entre placa y discos usan estándares SATA-1 150 MB/s, SATA-2 300 MB/s, SATA-3 600 MB/s, que tradicionalmente siempre ha sido superiores a las tasas de datos de los discos.

Desde el año 2010 se han popularizado los discos duros SSD (solid state disc) que tiene una tecnología completamente diferente, sin partes mecánicas, son más robustos, tamaños menores y no son sensibles a vibraciones, aceleraciones ni consumen mucha potencia. La principal mejora es una tasa de datos de 100-700 MB/s en sus diferentes versiones, así como unas capacidades más reducidas respecto a el disco tradicional HDD. Como contrapartida tiene muertes súbitas, es decir, no dan preaviso antes de averiarse y su reparación es prácticamente nula.

Por último desde 2016, los discos SSD PCIe NVMe, coloquialmente llamado discos m2, su principal característica es utilizar puertos pci express que comunica y alimenta directamente

el dispositivo y se conectan directamente en la placa, permitiendo multiplicar por 6 la velocidad con velocidad que oscilan entre 1000-3500 MB/s

La principal ventaja de este proceso es que los discos NVMe actuales están en consonancia con las tasas de transferencia tanto de CPU y ram. Sin embargo los discos basados en tecnología rpm, son un cuello de botella crónico, que no sólo ralentiza el arranque de aplicaciones o el sistema operativo sino que obliga a guardar temporalmente gran cantidad de datos en RAM, en espera de que el recursos de disco quede libre para ser transferido. Si juntamos este problema a el uso de swap en disco, por falta de ram, o mala configuración, obtenemos un cóctel letal que ralentiza los pc viejos (típico en hardware de 2010-2015)

La realidad es que hasta 2018 se han vendido portátiles con disco de 5400 rpm, lo cual es tecnología prácticamente de 1998 y obviamente producen un cuello de botella tan estrepitoso, que muchos portátiles con windows 10 parecían ir más lento que el portátil al que sustituyen con windows 7 con más de 5 años y en muchos casos no eran capaces de aguantar el ritmo de la conexión de internet o el decodificado de fichero de vídeo en 8K.

La realidad ha sido que una gran cantidad de hardware viejo ha incrementado entre un 100-185% su fluidez con un cambio de disco rpm a SSD, ya que los tiempos de carga de muchos softwares modernos eran el mayor cuello de botella que disponía el hardware, extendiendo nuevamente su vida útil.

La recomendación es utilizar como mínimo discos SSD de primera generación (100-250 MB/s), adecuado SSD actuales (400-700 MB/s) o discos NVMe. Para aquellas estaciones de trabajo que necesitan un almacenaje significativamente alto, se puede utilizar por coste reducido, el uso complementario de discos hdd a 7200 rpm, de gran capacidad 2-4 TB.

Selección de hardware

Finalmente y como conclusiones a todo el apartado de hardware, una vez comprendido las propiedades e interdependencias de cada uno de los elementos, se fija un presupuesto de 500-700€ para tecnología obsoleta de oferta o 900-1200€ basado en el último estándar de ram. La siguiente tabla **xxx** indica por orden de importancia aproximadamente los objetivos y peso económico promedio de los elementos para pc.

Elemento	Rango precio	Promedio	Objetivos de selección
CPU	150-350€	20-30%	Rank Calidad-precio Mayor número de cores Menor potencia eléctrica
Placa	60-120€	10 %	Máxima tasa de E/S Compatibilidad Potencia proveedora Slots y canales de ram
RAM	50-150€	8-15%	Máxima tasa de E/S

			Versión del estándar Capacidad Single rank & ancho de bus bajo (R1x4) Latencias bajas
Disco Duro	60-150€	4-10%	Tasa de lectura/escritura Compatibilidad placa Capacidad
Fuente	30-100€	<8%	Según potencia necesaria y certificación deseada
Refrigeraciones	0-60€	<5%	Adecuada a CPU
Tarjeta Gráfica	0€ or 100-350€	0% 20-30%	Cumple una gpu embedded Potencia adecuada a uso Fuente-placa adecuada a potencia eléctrica Calidad-precio
Caja y auxiliares	30-70€	2-5%	Calidad-precio bahías y usabilidad Conectividad Acabados

Aunque no es estadísticamente aplicable a laptops y mini-pc donde el coste se reduce en economías de escala, la selección de CPU y gráfica empaquetadas con placa siguen manteniendo los mismos objetivos. La predisposición de slots y RAM y formato aportada es de interés, así como la estructura metálica/plástico y movilidad del mismo.

La secuencia de pasos estratégicos al ahora de seleccionar el hardware independientemente de pc/laptops/mini-pc es la siguiente:

1. Fijar un presupuesto.
2. Determinar si es necesaria una gráfica dedicada. Si no es necesario evaluar si el presupuesto permite una gráfica low cost equivalente o mejor a GPU embedded.
3. Buscar, mejores CPUs calidad-precio en torno a él 20-30% de dicho presupuesto. Ante valores similares predominan el número de cores y tasa E/S. Con y sin GPU integrada.
4. Seleccionar múltiples objetivos dentro del rango de precio, que cumplan intervalos adecuados para disco, dimensiones-movilidad, refrigeración-potencia, acabados.
5. Evaluar cuello de botella de CPU-Placa-RAM, capacidad de RAM y opciones de mantenimiento. Selecciona las mejores.

6. Evalúa si cumplen los requisitos, reiterando con el presupuesto, buscando el punto de inflexión de la curva que cumpliendo los requisitos te da unos mejores recursos a un precio inferior.
7. Decide si usar el hardware óptimo requisitos-precio, o sesgado por algún elemento clave necesario para tu actividad particular basado en calidad-precio.