

# LA JERARQUÍA DE MEMORIA: EL SECRETO DE LOS COMPUTADORES RÁPIDOS

## *THE MEMORY HIERARCHY: THE SECRET OF FAST COMPUTERS*

*Jose Daniel Figueroa Arenas*  
*Universidad Industrial de Santander*  
*Código. 2211889*

*Brandon David Jaimes Castro*  
*Universidad Industrial de Santander*  
*Código. 2211859*

*Kevin Dannie Guzmán Duran*  
*Universidad Industrial de Santander*  
*Código. 2211875*

*Julián Andrés Jaramillo Benavidez*  
*Universidad Industrial de Santander*  
*Código. 2215510*

*Luna Valentina Gaona Mateus*  
*Universidad Industrial de Santander*  
*Código. 2215504*

**Resumen** — Este artículo analiza dos procesadores AMD Ryzen, el 7 PRO 7730U y el 7735HS, ambos diseñados para equipos de escritorio. Centrándonos en las ventajas y desventajas de su memoria caché, profundizamos en cómo los diseños de caché en chip (CMP) impactan el rendimiento y la eficiencia. Analizamos las latencias de acierto y errores, explorando el impacto del tamaño del CMP en la latencia de la caché compartida. Finalmente, mencionamos la importancia de la Caché L3 y su potencial impacto en el rendimiento general.

**Palabras Claves** — Memoria caché, Procesadores AMD Ryzen, Rendimiento, Latencia.

**Abstract** — This article analyzes two AMD Ryzen processors, the 7 PRO 7730U and 7735HS, both designed for desktop computers. Focusing on the advantages and disadvantages of their cache memory, we delve into how cache-on-chip (CMP) designs impact performance and efficiency. We analyze hit and miss latencies, exploring the impact of CMP size on shared cache latency. Finally, we mention the importance of the L3 Cache and its potential impact on overall performance.

**Keywords** — Cache memory, AMD Ryzen Processors, Performance, Latency.

### I. INTRODUCCIÓN

En el mundo de la computación, los procesadores son el corazón del sistema. Su velocidad, capacidad y arquitectura determinan el poder de las computadoras. El diseño y la optimización de la jerarquía de memoria son fundamentales para el rendimiento de los sistemas computacionales modernos. Los procesadores AMD Ryzen 7 PRO 7730U y AMD Ryzen 7 7735HS, ambos multiprocesadores de chips (CMP), ofrecen características avanzadas en términos de caché y memoria. Este artículo se centra en comparar estos dos procesadores, evaluando sus tasas de error y latencias de acierto en caches privadas y compartidas. La comprensión de estas diferencias es crucial para seleccionar el diseño de caché más adecuado para aplicaciones específicas y para anticipar las necesidades de ancho de banda en futuras generaciones de procesadores.

La memoria caché es una memoria más rápida y más pequeña que se utiliza para almacenar copias de los datos más frecuentes accedidos desde la memoria principal. En el diseño de procesadores modernos, se utilizan múltiples niveles de caché (L1, L2, L3) para reducir la latencia de acceso a los datos y mejorar el rendimiento del sistema. El AMD Ryzen 7 PRO 7730U utiliza una caché L2 privada, mientras que el AMD Ryzen 7 7735HS emplea una caché L2 compartida. Este artículo se enfoca en comparar estos dos diseños, evaluando sus tasas de error y latencias de acierto mediante pruebas de benchmarking.

El objetivo principal de este estudio es analizar cómo las diferencias en el diseño de caché afectan el rendimiento de los procesadores en aplicaciones prácticas. Además, se explorarán las implicaciones del aumento en el tamaño del CMP y la necesidad de ancho de banda fuera del chip para futuras generaciones de procesadores. También se abordarán preguntas clave sobre la optimización de la jerarquía de memoria y la relevancia de la caché L3 en el contexto de estos diseños.

II. DESARROLLO

1. MEMORIA DE CACHÉ DE LOS PROCESADORES DE AMD.

Teniendo en cuenta que los procesadores AMD Ryzen 7 PRO 7730U y AMD Ryzen 7 7735HS son multiprocesadores de chips (CMP), que tienen múltiples núcleos y sus cachés son L1: 512KB, L2: 4.0MB, L3: 16MB y pueden llegar hasta 144 MB de memoria en chip, usados para equipos de escrito, se va a hacer énfasis en la memoria caché principalmente. El diseño de esas cachés en chip CMP tiene ventajas y desventajas interesantes. Las siguientes tablas muestran las tasas de errores y las latencias de aciertos para dos pruebas comparativas con diseños de caché L2 privada y compartida. Supongamos que la caché L1 falla una vez cada 32 instrucciones, obviando la L3 para este benchmarking.

	Privada	Compartida
Benchmark AMD Ryzen 7 PRO 7730U misses-per-instruction	0,25	0,10
Benchmark AMD Ryzen 7 7735HS misses-per instruction	0,06	0,03

Tabla 1. Resultados de benchmarking.

	Private Caché	Shared Caché	Memory
a.	10	30	260
b.	20	60	240

Tabla 2. Latencias de acierto.

El AMD Ryzen 7 7730U es un procesador para portátiles delgados y ligeros basado en la generación Cezanne. Forma parte de la segunda actualización de "Barcelo" a principios de 2023. La CPU integra los ocho núcleos basados en la microarquitectura Zen 3 con una frecuencia de 2 (reloj base garantizado) a 4,5 GHz (Turbo) y soporta SMT / Hyperthreading (16 hilos). El chip se fabrica en 7 nm en TSMC.

La microarquitectura Zen 3 ofrece un IPC (instrucciones por reloj) significativamente más alto en comparación con Zen 2, pero se mantiene por detrás de las CPU actuales basadas en Zen 4.

El AMD Ryzen 7 7735HS es un procesador para portátiles (gaming) basado en la generación Rembrandt Refresh. El R7 7735HS integra los ocho núcleos basados en la microarquitectura Zen 3+. Tienen una frecuencia de 3,2 (reloj base garantizado) a 4,75 GHz (Turbo) y son compatibles con SMT / Hyperthreading (16 hilos). El chip se fabrica en 6 nm en TSMC. El 7735HS es la actualización del Ryzen 7 6800HS con una velocidad de impulso 50 MHz más alta y un TDP potencialmente más alto de hasta 54W.

El Zen 3+ es una actualización de la arquitectura Zen 3 y no debería ofrecer muchos cambios. El chip ofrece características modernas, como soporte para USB 4 (40 Gbps), PCI-E Gen 4 y DDR5-4800MT/s o LPDDR5-6400MT/s.

A un nivel básico, la memoria caché es muy rápida y contiene un pequeño conjunto de instrucciones que el equipo usa con asiduidad para realizar sus tareas cotidianas. El equipo carga esas instrucciones en la caché usando algoritmos complejos para poder acceder a ellos de manera inmediata, eficiente y sin obstáculos de por medio, lo que provoca que ese pequeño lag entre la CPU y la RAM desaparezca o, mejor dicho, se camufla convenientemente para que todo el sistema funcione sincronizadamente. Los SoC más actuales tienen varios niveles de caché, diferenciados en L1, L2, L3 e incluso L4 en algunos casos (la L viene de «level», «nivel» en inglés, por lo tanto, hablamos de caché de nivel 1, nivel 2, etc.).

- Caché L1: La primera de ellas es la conocida como caché L1 y al ser la más cercana a las unidades de ejecución es la más rápida pero también la más pequeña de todas. Se suele dividir a día de hoy en dos bloques distintos, en uno de ellos se almacenan los datos a tratar y en el otro las instrucciones, siendo estas últimas las acciones que ha de realizar el procesador.
- Caché L2: El siguiente nivel es el de la caché L2, que es un poco más lenta, pero todavía muy rápida y con mayor capacidad que la caché L1. Se ha de tener en cuenta que cada nivel adicional contiene todos los datos de las cachés de nivel anterior. La caché L2 servía para comunicar varios núcleos y darles coherencia a la memoria y acceso, por lo que es una caché compartida. Algunas arquitecturas de CPU pueden tener más niveles de caché, por ejemplo, se suelen agrupar los núcleos en clústeres con una L2 en común para luego tener una L3 general. También puede ser que un núcleo tenga varios niveles de caché local o que una CPU tenga varios niveles de caché compartida, por lo que no es algo fijo.
- Caché L3: Este nivel muchas veces se conoce como caché L3 e incluso L4, pero en última instancia se trata de la caché de último nivel y por eso se la llama LLC (por las palabras en inglés «Last Level Cache», o «caché de último nivel»). En cualquier caso, se trata de un espacio unificado que es capaz de guardar tanto datos como instrucciones indistintamente, y suele tener un tamaño bastante considerable en comparación con los niveles anteriores, pero también está compartida por todos los núcleos del procesador.

La forma en la que funciona este tipo de memoria es que, cuando se inicia un programa, este comienza a ejecutar una serie de instrucciones que se encuentran en su código y son gestionadas por el procesador. Esa información primero se carga en la RAM y luego pasa al procesador, pero para mejorar la eficiencia con la que este la procesa, las instrucciones principales y más utilizadas se copian en la caché, de manera que la CPU pueda tener acceso inmediato a ellas. Y esto mejora el rendimiento en gran medida, por supuesto.

La búsqueda de la información no empezará en la RAM, sino primero en la caché de menor tamaño y la más cercana al procesador. De esta forma se buscará primero en la L1, luego en la L2 y así progresivamente hasta que se encuentre el dato. Si lo hace en la caché, entonces significa que habrá tardado menos tiempo y, por tanto, menos ciclos de reloj en encontrar la información. Es por ello que un procesador con una caché recortada siempre tendrá peor rendimiento.

### **III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **A. COMPARACION TECNICA AMD RYZEN 7 PRO 7730U y AMD RYZEN 7 7735HS.**

Ambos procesadores presentan sus diferencias significativas, dado que ambos fueron diseñados para arquitecturas distintas. El AMD Ryzen 7 PRO 7730U fue diseñado para laptops pequeñas y delgadas, de modo que no tienen un buen sistema de enfriamiento y, por tanto, no puede exigir un alto rendimiento.

En cambio, el AMD Ryzen 7 7735HS fue diseñado para laptops más robustas y con un mejor sistema de enfriamiento. De modo que se le puede exigir un alto rendimiento dado que las temperaturas no serán un problema.

	AMD Ryzen 7 PRO 7730U	AMD Ryzen 7 7735HS
<b>Caché L1</b>	64 KB	512KB
<b>Caché L2</b>	512 KB	4 MB
<b>Caché L3</b>	16 (compartida) MB	16 MB
<b>Frecuencia Máxima</b>	4.5 GHz	4.75 GHz
<b>Memoria soportada</b>	DDR4	DDR5

**Tabla 1. Comparación AMD Ryzen 7 PRO 7730U y Ryzen 7 7735HS**

A primera vista se puede ver una diferencia notoria en cuanto a la memoria que manejan cada uno de los procesadores. Que un procesador cuente con mayor espacio en la memoria caché aumenta considerablemente la eficiencia del mismo. Recordemos que la memoria caché, a un nivel básico, es muy rápida y contiene un pequeño conjunto de instrucciones que el equipo usa con asiduidad para realizar sus tareas cotidianas. El equipo carga esas instrucciones en la caché usando algoritmos complejos para poder acceder a ellos de manera inmediata, eficiente y sin obstáculos de por medio, lo que provoca que ese pequeño lag entre la CPU y la RAM desaparezca o, mejor dicho, se camufla convenientemente para que todo el sistema funcione sincronizadamente.

Sin embargo, una amplia cantidad de memoria no solo determina la eficiencia del computador. También lo hace su frecuencia máxima y la memoria que soporta (DDR4 y DDR5), vamos por partes. La frecuencia máxima de un procesador influye directamente en la memoria caché, puesto que su latencia se mide en ciclos de reloj y este, a su vez, depende la frecuencia del procesador. Ante frecuencias más altas esa latencia se hace más pequeña y los procesadores tardan menos tiempo en acceder a la memoria caché.

La memoria que soporta el procesador influye en cómo estos acceden a los datos dentro de la memoria caché. Cuando cierta información no se encuentra en las memorias caché es necesario que los procesadores accedan a la memoria RAM. Si varios núcleos intentan acceder a la RAM al mismo tiempo se generan cuellos de botella. Ahí es donde el tipo de memoria es importante, estas presentan un ancho de banda determinado para gestionar el envío de datos.

Hay que aclarar algo importante, el Ryzen 7 7730U posee un caché L3 compartido, esto quiere decir que cada uno de los núcleos también puede acceder a esta memoria. Si varios núcleos intentan acceder al tiempo se forma un cuello de botella, lo mismo que ocurre con la memoria RAM. Aquí es donde surge una gran diferencia entre ambos procesadores, el Ryzen 7 7735HS también posee una memoria caché compartida, lo que le puede generar cuello de botella. Sin embargo, este puede soportar DDR5 (tecnología de memoria RAM) la cual brinda un ancho de banda mayor y permite reducir el efecto de los cuellos de botella.

## **B. MEJOR DISEÑO SI LA LATENCIA FUERA DEL CHIP SE DUPLICA.**

Hay que aclarar que el CMP es un tipo de diseño de procesador en el cual múltiples núcleos de procesamiento están integrados en un solo chip de silicio. Esto quiere decir, que mientras más cantidad de núcleos existan mayor será el cuello de botella generado para acceder a la memoria caché compartida.

Es aquí donde el Ryzen 7 7735HS tiene una clara ventaja, hace rato mencionamos que la frecuencia de los procesadores influye en gran manera en la latencia de la caché. Ante la idea de que varios núcleos quieran acceder a la memoria compartida, una frecuencia mayor (de 4.75 GHz por ejemplo) es de gran ayuda para reducir los ciclos de reloj y que los procesadores puedan acceder a la información.

Se mencionó que los cuellos de botella ocurren cuando varios núcleos intentan acceder al mismo tiempo a la RAM. Pues esto mismo sucede con la memoria caché compartida, esto quiere decir que la solución a este problema es el mismo. El Ryzen 7 7735HS soporta el DDR5 lo que aporta un mayor ancho de banda, el cual permite una mayor transferencia de datos entre el caché compartido y los núcleos que requieran información de este. En pocas palabras, la arquitectura del Ryzen 7 7735HS permite

mantener una eficiencia óptima si llega a duplicar la latencia en la memoria caché compartida. Al saber gestionar mejor el ancho de banda disponible y haciendo un mejor uso del caché disponible.

### C. ANCHO DE BANDA DE MEMORIA FUERA DEL CHIP PARA UN PROCESADOR DE 64 NÚCLEOS

La ley de Moore intentó y acertó al predecir la evolución de los procesadores, introduciendo el concepto de la miniaturización en la tecnología. Conforme se iba reduciendo el tamaño de los procesadores y aumentaban su potencia, la tecnología pudo hacerse cada vez más pequeña, mientras aumentaba su rendimiento de manera exponencial.

En un procesador de 64 núcleos hay que aclarar que, para que el procesador funcione de forma eficiente, el ancho de banda no es la única limitante a considerar. La memoria caché es crucial si se desea hablar de expandir el número de núcleos, antes de acceder a la memoria RAM el procesador hace uso de la memoria caché, ya sea compartida o privada. En caso de que está sea muy pequeña, provocando no tener las instrucciones necesarias o ralentizando el flujo de datos, el procesador irá a buscar la información fuera de la RAM.

Por lo que, ante un menor de tamaño del caché, será necesario mayor ancho de banda. Otra cosa a considerar es el IPC (instrucciones por segundo) que indica el número de instrucciones que puede ejecutar un procesador por ciclo de reloj, ante un mayor IPC mayor será la demanda de ancho de banda. Sin embargo, una de las partes importantes de hardware que hay que tener en cuenta es la memoria RAM.

Como mencionamos, los procesadores se dirigen a la memoria RAM cuando el caché es insuficiente. La velocidad con la que estos componentes transmiten la información depende del ancho de banda, pero también de las limitaciones tecnológicas que presente. Las dos generaciones más usadas de memoria son la DDR4 y DDR5, cada una tiene limitaciones en cuánto a la velocidad de transferencia. De modo que, a pesar de tener una amplio ancho de banda, no serviría de nada si las tecnologías son las adecuadas para su eficiente funcionamiento. Pero partamos de la base que el resto de las partes del hardware se adecuaron para funcionar de manera óptima con el procesador.

En este caso para un procesador de 64 núcleos, necesitará un sistema de memoria y otros sistemas de procesamiento de datos que puedan transferir grandes cantidades de datos simultáneamente. Por lo general, ello involucra una configuración donde varios canales de memoria DDR4 o DDR5 puedan transferir varias decenas de gigabytes de datos por segundo cada uno.

Para poder determinar cuánto más ancho de banda de memoria fuera del chip se necesita para un procesador de 64 núcleos iniciamos del hecho de que el número de núcleos se duplica cada 18 meses. Suponemos que el ancho de banda de memoria necesario por núcleo se mantiene constante.

El ancho de banda total requerido será proporcional al número de núcleos, ya que cada núcleo necesita el mismo ancho de banda para mantener el mismo nivel de rendimiento. Por lo tanto, si  $B$  es el ancho de banda de memoria necesario para un solo núcleo, entonces el ancho de banda total necesario para un procesador de  $N$  núcleos será  $N \times B$ . Si un procesador de 1 núcleo requiere un ancho de banda  $B$ , para un procesador de 64 núcleos, el ancho de banda necesario se puede calcular como:

Ancho de banda total =  $64 \times B$

### D. OPTIMIZACIONES PARA MEJORAR LOS ERRORES SIMULTÁNEOS.

Se pueden implementar varias optimizaciones. Estas optimizaciones se enfocan en reducir la latencia de los fallos de caché y en mejorar la eficiencia general del sistema de memoria. Podemos dividir las en dos áreas importantes:

#### 1. Reducción de la latencia de los errores:

- **Prefetching:** Al predecir las futuras necesidades de datos, la caché puede precargar los datos en la caché antes de que se necesiten, reduciendo el tiempo de espera del procesador. Esto es especialmente útil para los patrones de acceso a la memoria que son predecibles, como las operaciones de bucle. Los procesadores modernos suelen tener mecanismos de prefetching de hardware para instrucciones y datos, anticipándose a los accesos futuros y reduciendo la probabilidad de fallos de caché.

- **Cachés no bloqueantes:** Permite que el procesador continúe ejecutando instrucciones mientras la caché está gestionando un error. Esto reduce el impacto de los errores en el rendimiento general del procesador. Existen dos tipos de cache no bloqueante:
  - Hit under miss: Permite que otros accesos a la caché ocurran incluso si hay un fallo en curso.
  - Miss under miss: Permite manejar múltiples fallos de caché simultáneamente, lo que ayuda a solapar la latencia de distintos fallos.
- **Diseño de caché multinivel:** La caché puede organizarse en varios niveles, donde cada nivel es más grande y lento que el anterior. Cuando se produce un error en el primer nivel de la caché, se consulta el siguiente nivel. Si los datos están allí, el procesador solo experimenta una pequeña penalización por tiempo de acceso. Esto reduce el tiempo de espera asociado con los errores en la memoria principal.

## 2. Mejora de la gestión de la caché:

- **Técnicas de reemplazo más inteligentes:** En lugar de reemplazar aleatoriamente los bloques de caché, se pueden utilizar técnicas más inteligentes, como el reemplazo "menos utilizado recientemente" (LRU), para mantener los datos más utilizados en la caché.
- **Cachés más grandes:** Un caché más grande puede almacenar más datos, lo que reduce la posibilidad de que los datos necesarios se sobrescriban.
- **Asociatividad de caché adecuada:** Utilizar una mayor asociatividad en la caché ayuda a reducir los conflictos entre diferentes direcciones de memoria que mapean al mismo conjunto en la caché. Una caché con mayor asociatividad puede almacenar más bloques distintos, disminuyendo así la probabilidad de fallos por conflictos.
- **Cachés multi portadas y bancarizadas:** Para soportar múltiples accesos simultáneos, una caché puede ser:
  - Multi Portada: Permite varios accesos simultáneos al mismo bloque de caché. Aunque efectivo, suele ser costoso debido a la complejidad de diseño.
  - Bancarizada: Divide la caché en varios bancos independientes, permitiendo accesos simultáneos a diferentes bancos. Esto es más económico y sigue mejorando la concurrencia de accesos
- **Autotuning:** Debido a que la jerarquía de memoria puede variar significativamente entre diferentes arquitecturas (tamaño de caché, asociatividad, etc.), algunos algoritmos modernos utilizan técnicas de autotuning. Estos algoritmos ajustan sus parámetros en tiempo de ejecución para encontrar la combinación óptima para la arquitectura específica en uso, mejorando así el rendimiento general del sistema.

## E. USO Y EFECTO DE LA CACHÉ L3 EN LOS PROCESADORES AMD RYZEN

La caché L3, también conocida como caché de nivel 3, juega un papel crucial en la arquitectura de los procesadores modernos como los AMD Ryzen 7 PRO 7730U y AMD Ryzen 7 7735HS.

La caché L3 actúa como una memoria compartida entre los núcleos del procesador, lo que permite reducir la latencia de acceso a los datos compartidos y mejorar la velocidad de procesamiento. Al ser una caché unificada, la L3 puede almacenar tanto instrucciones como datos, facilitando el acceso rápido a los recursos necesarios para múltiples núcleos. La caché L3 ayuda a reducir la frecuencia de fallos de caché en los niveles superiores (L1 y L2), disminuyendo así la necesidad de acceder a la memoria principal, lo cual es más lento.

Ahora el impacto de esta caché en los resultados previos dependería de varios factores, la naturaleza de las aplicaciones y la carga de trabajo. Una caché L3 bien diseñada y optimizada puede reducir el CPI al disminuir la cantidad de accesos a la memoria principal. Menos accesos a memoria se traducen en menos ciclos gastados esperando datos, lo que mejora el

rendimiento general del procesador. Las tasas de fallos de caché (miss rates) pueden reducirse significativamente con una caché L3 grande y eficiente, lo que significa menos interrupciones en el flujo de ejecución del procesador. La caché L3 puede reducir el número de accesos a la DRAM, ya que más datos pueden ser resueltos dentro del chip del procesador, evitando así la latencia más alta asociada con los accesos a la memoria externa.

El impacto de la caché L3 en los resultados dependerá de su capacidad para reducir los fallos de caché en los niveles L1 y L2. Si la caché L3 es lo suficientemente grande y tiene una baja latencia, puede almacenar de manera efectiva los datos más utilizados, reduciendo así los accesos a la memoria principal y mejorando el rendimiento general del sistema.

En los procesadores AMD Ryzen, la organización y política de reemplazo de la caché L3 pueden influir significativamente en su efectividad. Por ejemplo, políticas de reemplazo eficientes y una buena asociación de la caché pueden maximizar el uso de la L3, almacenando de manera efectiva los datos más relevantes y mejorando el rendimiento.

#### IV. CONCLUSIONES

- La memoria caché es fundamental para mejorar el rendimiento de los procesadores, ya que reduce la latencia de acceso a los datos frecuentemente utilizados. Los niveles de caché L1, L2, L3 tienen diferentes capacidades y velocidades, y su diseño impacta significativamente en la eficiencia del procesador.
- El procesador AMD Ryzen 7 PRO 7730U está diseñado para laptops delgadas y ligeras, este procesador cuenta con una caché L2 privada y una caché L3 compartida de 16MB. Tiene una frecuencia máxima de 4.5 GHz y soporta memoria DDR4.
- El procesador AMD Ryzen 7 7735HS está destinado a laptops más robustas y de alto rendimiento, presenta un cache L2 compartida de 4MB y también una caché L3 de 16MB. Opera a una frecuencia máxima de 4.75 GHz y soporta memoria DDR5.
- Los procesadores con mayor caché como el Ryzen 7 7735HS, suelen ser más eficientes debido a la reducción de latencia en el acceso a datos.
- El soporte de memoria DDR5 en el Ryzen 7 7735HS permite un mayor ancho de banda, reduciendo los cuellos de botella cuando múltiples núcleos acceden a la memoria simultáneamente.
- La frecuencia del procesador influye en la latencia de la caché, donde una mayor frecuencia puede reducir la latencia en ciclos de reloj.
- En un diseño CMP, la eficiencia se ve afectada por el ancho de banda de la memoria fuera del chip. Un procesador de 64 núcleos, por ejemplo, requiere un ancho de banda proporcionalmente mayor para mantener el rendimiento.
- Técnicas como el prefetching, cachés no bloqueantes, y el diseño de cachés multinivel pueden reducir la latencia de los errores de caché.
- Mejoras en la gestión de la caché, como técnicas de reemplazo más inteligentes, cachés más grandes y asociatividad adecuada, pueden mejorar la eficiencia y reducir los errores simultáneos.
- La caché L3 juega un papel crucial al actuar como una memoria compartida entre los núcleos, reduciendo la latencia de acceso a datos compartidos y mejorando el rendimiento del sistema.
- Una caché L3 grande y eficiente puede disminuir las tasas de fallos de caché en los niveles superiores (L1 y L2), reduciendo la necesidad de acceder a la memoria principal y mejorando así el rendimiento general.

## V. REFERENCIAS

- Patterson, D. A., & Hennessy, J. L. (2021). Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface (5th ed.). Morgan Kaufmann
- (S/f). Ubu.es. Recuperado el 22 de junio de 2024, de [https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/3602/202\\_Problemas\\_ARCO.pdf;jsessionid=0A8C201CA8196B193B9FA290](https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/3602/202_Problemas_ARCO.pdf;jsessionid=0A8C201CA8196B193B9FA290).
- AMD Ryzen 7 7735HS vs AMD Ryzen 7 7730U. (s/f). Cpubenchmark.net. Recuperado el 22 de junio de 2024, de <https://www.cpubenchmark.net/compare/5138vs5215/AMD-Ryzen-7-7735HS-vs-AMD-Ryzen-7-7730U>
- Castillo, J. A. (2019, mayo 2). Qué es la memoria caché L1, L2 y L3 y cómo funciona. Profesional Review; Miguel Ángel Navas. <https://www.profesionalreview.com/2019/05/02/memoria-cache-l1-l2-y-l3/>
- Ros, I. (2019, marzo 19). Memoria caché: qué es y qué diferencias hay entre los tipos L1, L2 y L3. MuyComputer. <https://www.muycomputer.com/2019/03/19/memoria-cache-que-es-y-que-diferencias-hay-entre-los-tipos-l1-l2-y-l3/>
- Ryzen 7 7730U vs. Ryzen 7 7735HS. (s/f). Technical.city. Recuperado el 22 de junio de 2024, de <https://technical.city/es/cpu/Ryzen-7-7730U-vs-Ryzen-7-7735HS>
- Soto, J. A. (2022, agosto 4). Filtradas las velocidades, caché y TDP de los AMD Ryzen 7000 Series que se presentarán inicialmente. GEEKNETIC. <https://www.geeknetic.es/Noticia/25967/Filtradas-las-velocidades-cache-y-TDP-de-los-AMD-Ryzen-7000-Series-que-se-presentaran-inicialmente.html>
- (S/f-a). Askgeek.io. Recuperado el 22 de junio de 2024, de <https://askgeek.io/es/cpus/AMD/Ryzen-7-PRO-7730U>
- (S/f-b). Askgeek.io. Recuperado el 22 de junio de 2024, de <https://askgeek.io/es/cpus/AMD/Ryzen-7-7735HS>