Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica

Diseño e Implementación de un Algoritmo de Gestión de Memoria para Disminuir las Escrituras en una Memoria de Tecnología STT-RAM

Por:

Ing. Rafael Esteban Badilla Alvarado
Ing. Carlos Eduardo Solano Abarca
Ing. Heberth Gerard Valverde Gardela

Ciudad Universitaria "Rodrigo Facio", Costa Rica

Julio 2020

Diseño e Implementación de un Algoritmo de Gestión de Memoria para Disminuir las Escrituras en una Memoria de Tecnología STT-RAM

Por:

Ing. Rafael Esteban Badilla Alvarado
Ing. Carlos Eduardo Solano Abarca
Ing. Heberth Gerard Valverde Gardela

Sometido a la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de:
LICENCIADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA
Aprobado por el Tribunal:

Ing. Teodoro Willink Castro M.Sc.
Representante de la Dirección, Escuela de Ingeniería Eléctrica

---

Ing. Roberto Alonso Rodríguez Rodríguez Ph.D.
Director, Comité Asesor

Ing. Lochi Yu Lo Ph.D.
Lector, Comité Asesor

Ing. Enrique Coen Alfaro M.Sc.
Lector, Comité Asesor

Ing. Loriana Sanabria Sancho M.Sc.
Miembro del Tribunal

Resumen

En los últimos años se han buscado alternativas a las tecnologías actuales de memoria caché. Una de estas es la tecnología STT-RAM que se destaca por su gran escalabilidad, menor costo de producción, no volatilidad y bajo consumo de energía de fuga. Sin embargo, la escritura requiere de una corriente lo suficientemente grande para cambiar la polarización de espín de cada celda, por lo tanto, se requiere más potencia que la lectura.

En este sentido, se propone reemplazar el tercer nivel compartido de caché (L3) con tecnología SRAM tradicional por una memoria STT-RAM. Por lo tanto, se requiere un mecanismo que disminuya la cantidad de escrituras a esta memoria para que sea viable comercialmente. Existen varias investigaciones para reducir la cantidad de escrituras en este tipo de memorias, por ejemplo, mediante la implementación de un algoritmo de terminación temprana de escritura, o utilizando políticas de gestión de escritura.

En la presente investigación, se proponen dos tipos de algoritmos de detección de reuso por medio de una caché FIFO. El primer algoritmo da seguimiento a todos los bloques victimizados de L2 que serían escritos en L3, mientras que en el segundo algoritmo solo se detecta la reutilización de los bloques limpios y victimizados en L2. Un bloque tiene reuso si es utilizado más de una vez por el procesador o bien si los datos provienen de L3. Solo los bloques que se encuentren en la memoria FIFO tendrán reuso y se escribirán en L3 dando como resultado una menor escritura de bloques en este nivel de jerarquía. La implementación se realiza sobre el simulador de arquitectura gem5 y se efectuaron pruebas simuladas con el benchmark SPEC CPU 2006. Se realizan simulaciones para cada prueba del benchmark con un solo núcleo y se ejecutan mezclas de estas con ocho núcleos para ejercitar más la arquitectura implementada.

De las simulaciones se extrajeron métricas de instrucciones simuladas, instrucciones por ciclo, ciclos por instrucción, bloques insertados en L3, aciertos y desaciertos (hits y misses) en L3 y escrituras y lecturas en memoria principal. De los datos obtenidos, se demuestra una reducción de los bloques insertados en L3 de un $91,8\,\%$ para el primer algoritmo (RD0) y de $93,4\,\%$ en promedio para el segundo (RD1). Por lo tanto, se mejora la localidad temporal de los datos en L3, sin comprometer el rendimiento del sistema demostrado con las métricas IPC y CPI que se mantienen similares o con una leve mejora que un modelo tradicional. Además, se observa la mejoría de utilizar un detector de reuso especialmente para sistemas con múltiples núcleos puesto a que conlleva recursos compartidos como lo es el tercer nivel de jerarquía (L3). Por otro lado, al utilizar un filtrado más estricto como lo es el algoritmo de bloques limpios, se observa una mayor cantidad de escrituras y lecturas a memoria principal, comparado con el algoritmo de bloques victimizados, sin evidenciar una mejoría sustancial en el rendimiento del sistema pero sí en cantidad de bloques insertados en L3.

Índice general

Índice de figuras **ix**

Índice de tablas **ix**

Índice de códigos **x**

Nomenclatura **xiii**

Glosario **xv**

I Introducción y Marco Teórico **1**

1 Introducción **3**
1.1 Antecedentes . . . 3
1.2 Justificación . . . 3
1.3 Planteamiento del Problema . . . 5
1.4 Alcances . . . 5
1.5 Objetivos . . . 6
1.6 Metodología . . . 6
1.7 Organización del documento . . . 7

2 Marco Teórico **9**
2.1 Jerarquía de Memoria . . . 9
2.2 Análisis de una memoria . . . 10
2.3 Mecanismos de Coherencia . . . 14
2.4 Simulador de Arquitectura de Computadoras gem5 . . . 16
2.5 Modelos de Sistemas de Memoria en gem5 . . . 17
2.6 Protocolos de Coherencia de Caché en gem5 . . . 19
2.7 Tecnologías de Memoria . . . 20
2.8 Benchmarks . . . 22

II Desarrollo, Resultados y Análisis **27**

3 Desarrollo del Proyecto **29**
3.1 Arquitectura del Sistema . . . 29

3.2 Detector de Reuso 34
3.3 Personalización del sistema 39
3.4 Mezclas 42
3.5 Scripts 44

4 Resultados **51**
4.1 Resultados de las simulaciones de pruebas 51
4.2 Resultados de las simulaciones de mezclas 67

5 Análisis de Resultados **85**

III Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía **89**

6 Conclusiones **91**

7 Recomendaciones **93**

Bibliografía **95**

IV Anexos **97**

A Resultados obtenidos, un núcleo **99**

B Resultados obtenidos, ocho núcleos **133**

Índice de figuras

2.1 Ejemplo de una jerarquía de memoria típica. 10

3.1 Arquitectura utilizada. 29
3.2 Interacción entre los puertos Master y Slave. 30
3.3 Diagrama de flujo del paquete. 32
3.4 Flujo en las memorias caché al utilizar un detector de reuso [Rodríguez, 2016]. 39

4.1 Instrucciones simuladas para cada prueba. 52
4.2 Instrucciones por ciclo normalizada para cada prueba. 55
4.3 Ciclos por instrucción normalizados para cada prueba. 57
4.4 Bloques insertados en L3 normalizados para cada prueba. 59
4.5 Overall Hits en L3 normalizado para cada prueba. 61
4.6 Lecturas a memoria principal normalizado para cada prueba. 64
4.7 Escrituras a memoria principal normalizado para cada prueba. 66
4.8 Instrucciones simuladas para cada mezcla. 68
4.9 Instrucciones simuladas normalizadas para cada mezcla. 70
4.10 Instrucciones por ciclo normalizada para cada mezcla. 72
4.11 Ciclos por instrucción normalizados para cada mezcla. 74
4.12 Bloques insertados en L3 normalizados para cada mezcla. 76
4.13 Overall Hits en L3 normalizado para cada mezcla. 78
4.14 Lecturas a memoria principal normalizado para cada mezcla. 81
4.15 Escrituras a memoria principal normalizado para cada mezcla. 83

Índice de tablas

2.1 Características de aviones comerciales. 10
2.2 Componentes básicos medidos para obtener rendimiento. 12
2.3 Comparación entre el modelo Clásico y el modelo Ruby. 19
2.4 Latencias y consumo de energía de una STT-RAM de 1 MB (1 banco) caché con tecnología de 22 nm [Rodríguez, 2016]. 22
2.5 Componente de operaciones enteras de SPEC CPU 2006. 23

2.6 Componente de operaciones en punto flotante de SPEC CPU 2006. 24

3.1 Cantidad de escrituras en el LLC por cada mil instrucciones simuladas [Rodríguez, 2016]. 42
3.2 Composición de cada una de las mezclas a utilizar. 43
3.3 Lista de parámetros de interés. 46

4.1 Instrucciones simuladas para cada prueba. 51
4.2 Instrucciones simuladas normalizada para cada prueba. 53
4.3 Instrucciones por ciclo normalizada para cada prueba. 54
4.4 Ciclos por instrucción normalizado para cada prueba. 56
4.5 Bloques insertados en L3 normalizados para cada prueba. 58
4.6 Overall Hits en L3 normalizado para cada prueba. 60
4.7 Overall Misses en L3 normalizado para cada prueba. 62
4.8 Lecturas a memoria principal normalizado para cada mezcla. 63
4.9 Escrituras a memoria principal normalizado para cada prueba. 65
4.10 Instrucciones simuladas para cada mezcla. 67
4.11 Instrucciones simuladas normalizadas para cada mezcla. 69
4.12 Instrucciones por ciclo normalizada para cada mezcla. 71
4.13 Ciclos por instrucción normalizados para cada mezcla. 73
4.14 Bloques insertados en L3 normalizados para cada mezcla. 75
4.15 Overall Hits en L3 normalizado para cada mezcla. 77
4.16 Overall Misses en L3 normalizado para cada mezcla. 79
4.17 Lecturas a memoria principal normalizado para cada mezcla. 80
4.18 Escrituras a memoria principal normalizado para cada mezcla. 82

Índice de códigos

3.1 Victimización normal de un paquete en gem5. 31
3.2 Nuevo flujo de victimización en L2. 32
3.3 Envío del paquete al RD. 33
3.4 El paquete continúa el flujo normal después de regresar del RD. 33
3.5 Revisión del estado de reuso en L3. 34
3.6 Flujo de un paquete en el RD. 35
3.7 Función encargada de establecer el reuso según el algoritmo RD0. . . . 36
3.8 Función encargada de establecer el reuso según el algoritmo RD1. . . . 36
3.9 Sobrecarga de evictBlock para el detector de reuso. 37
3.10 Simulación con tres niveles de caché. 44
3.11 Simulación con tres niveles de caché y un detector de reuso con el algoritmo RD1. 44

3.12 Simulación con tres niveles de caché con el uso de bancos y un detector de reuso con el algoritmo RD0. 45
3.13 Ejemplo de comandos utilizados para ejecutar los benchmarks. 45
3.14 Extracto del script encargado de obtener los datos de interés de los archivos con los resultados. 47
3.15 Extracto del script que genera las tablas pivote. 48

Nomenclatura

BSD	Licencia de distribución de software Berkeley (del inglés *Berkeley Software Distribution*)
CMOS	Semiconductor complementario de óxido metálico (del inglés *complementary metal-oxide-semiconductor*)
CMP	Chip Multiprocesador (del inglés *Chip Multiprocessors*)
CPU	Unidad Central de Procesamiento (del inglés *Central Processing Unit*)
CSV	Valores Separados por Comas (del inglés *Comma Separated Values*)
DRAM	Memoria Dinámica de Acceso Aleatorio (del inglés *Dymanic random-access memory*)
DVFS	Soporte de tensión y frecuencia dinámica (del inglés *Dynamic voltage scaling/dynamic frequency scaling*)
EIE	Escuela de Ingeniería Eléctrica
FIFO	Primero en entrar, primero en salir (del inglés *First In First Out*)
GPU	Unidad Gráfica de Procesamiento (del inglés *Graphics Processing Unit*)
HDD	Almacenamiento en Disco Duro (del inglés *Hard Disk Drive*)
IPC	Instrucciones por ciclo (del inglés *Instructions per Cycle*)
ISA	Conjunto de instrucciones por arquitectura (del inglés *Instruction Set Architecture*)
KVM	Mecanismo de virtualización basado en el kérnel (del inglés *Kernel-based Virtual Machine*)
LIFO	Último en entrar, primero en salir (del inglés *Last In First Out*)
LLC	Último Nivel de Caché (del inglés *Last Level Cache*)

LPC	Última Caché Privada (del inglés *Last Private Cache*)
LRU	Menos Usada Recientemente (del inglés *Least Recently Used*)
MESI	Modificado-Exclusivo-Compartido-Inválido (del inglés *Modified-Exclusive-Shared-Invalid*)
MI	Modificado-Inválido (del inglés *Modified-Invalid*)
MOESI	Modificado-Propio-Exclusivo-Compartido-Inválido (del inglés *Modified-Owned-Exclusive-Shared-Invalid*)
MTJ	Unión de Túnel Magnético (del inglés *Magnetic Tunnel Junction*)
NVM	Memorias no-volátiles (del inglés *Non-volatile memory*)
PCM	Memoria de cambio de fase (del inglés *phase-change memory*)
SoC	Sistema en chip (del inglés *system on chip*)
SSD	Almacenamiento en Estado Sólido (del inglés *Solid State Drive*)
SLICC	Lenguaje de programación para la implementación de Coherencia de Caché (del inglés *Specification Language for Implementing Cache Coherence*)
SPEC	Corporación de Evaluación del Desempeño Estándar (del inglés *Standard Performance Evaluation Corporation*)
SRAM	Memoria Estática de Acceso Aleatorio (del inglés *Static random-access memory*)
STT-RAM	Memoria de Acceso Aleatorio por Transferencia de Torsión de Spin (del inglés *Spin-transfer torque random-access memory*)
TFG	Trabajo Final de Graduación
TLB	Búfer de Traducción Anticipada (del inglés *Translation Lookaside Buffer*)
UCR	Universidad de Costa Rica

Glosario

Benchmark Conjunto de pruebas utilizadas para medir el rendimiento de un computador o alguno de sus componentes.

Bypass Ignorar o evitar algo usualmente de manera intencional.

Clúster Conjuntos o conglomerados de ordenadores construidos mediante la utilización de hardware comunes y que se comportan como si fuesen una única computadora.

Crossbar Mecanismo de interconexión, cada controlador (L1/L2/Directorio) está conectado a un interruptor simple. Cada interruptor está conectado a un interruptor central.

Eviction Desalojo, para este contexto hace referencia a que un bloque deja de estar disponible en cierto nivel de memoria y se envía al siguiente inferior en la jerarquía de memoria.

Filtro de Bloom Un filtro de Bloom es una estructura de datos probabilística que es usada para verificar si un elemento es miembro de un conjunto.

gem5 El simulador gem5 es una plataforma modular para la investigación de la arquitectura del sistema informático, que abarca la arquitectura a nivel del sistema, así como la microarquitectura del procesador.

Master Hace referencia al modelo master-slave, donde el *master* es el encargado de dictar las instrucciones recibidas por el *slave*.

Script Información escrita usando algún lenguaje de programación y respetando una determinada sintaxis para formar un algoritmo o función específica que compondrá al programa.

SimObject El diseño modular de gem5 se basa en el tipo SimObject. La mayoría de los componentes en el sistema simulado son SimObjects: CPU, cachés, controladores de memoria, buses, etc.

Slave Hace referencia al modelo master-slave, donde el *slave* obedece a las instrucciones recibidas por el *master*.

Syscall	Llamada al sistema. Mecanismo utilizado para solicitar un servicio al sistema operativo.
Tag	Etiqueta, es un identificador único para un grupo de datos. Debido a que diferentes regiones de memoria pueden mapearse en un bloque, la etiqueta se usa para diferenciar entre ellas.
Writeback	La escritura se pospone hasta que el contenido modificado sea reemplazado por otro bloque de caché.
Writetrough	La escritura se realiza sincrónicamente a través de todos los niveles de caché.

Parte I

Introducción y Marco Teórico

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Las memorias STT-RAM han sido objeto de investigación durante los últimos años debido a su gran escalabilidad, menor costo de producción, y menor consumo de energía que las memorias DRAM convencionales, sin embargo, su consumo de energía durante una escritura es considerablemente mayor al de las memorias SRAM, lo cual ha representado el principal problema para la migración a esta tecnología.

Se han realizado varias investigaciones enfocadas al proceso físico de elaboración de las memorias STT-RAM, así como al diseño de la arquitectura de las mismas, con el fin de reducir el consumo de energía de estas memorias durante una escritura. Algunas de estas investigaciones proponen la utilización de una unión de túnel magnético (MTJ) para mejorar la retención de los datos, además se explican las limitaciones físicas que poseen las memorias STT-RAM y sus implicaciones en la potencia durante una escritura [Sun et al., 2011][Smullen et al., 2011][Eken et al., 2014][Ewais et al., 2016].

Otros trabajos de investigación han enfocado sus esfuerzos en reducir el consumo de energía durante una escritura de manera indirecta, por ejemplo, mediante la implementación de un algoritmo de terminación temprana de escritura, o utilizando políticas de gestión de escritura [Kim et al., 2017][Zhou et al., 2009].

1.2 Justificación

Las memorias digitales son una parte muy importante de cualquier sistema computacional. Estas se utilizan tanto para guardar datos o instrucciones que serán ejecutadas por el procesador principal.

En las celdas STT-RAM, los datos se almacenan como los estados de resistencia de un dispositivo de unión de túnel magnético (MTJ). En comparación con otras tecnologías competidoras como Phase-Change RAM (PCRAM), RAM resistiva (RRAM) y RAM ferromagnética (FeRAM); las STT-RAM ofrecen un tiempo de acceso de lectura más rápido, procesos de fabricación similar a CMOS, así como las propiedades típicas tales como nulo consumo de energía en reposo, tamaño de celda de memoria pequeña, alta escalabilidad, entre otros [Zhang et al., 2012].

Esta novedosa tecnología de memorias puede llegar a ser el futuro de las arquitecturas de los nuevos computadores. Las STT-RAM podrían llegar a remplazar las

memorias tradicionales que se utilizan actualmente como las DRAM y las SRAM [Ofstedahl, 2014].

Actualmente, la jerarquía de memoria es necesaria por los altos precios de las memorias, con latencias de escritura y de lectura bajas, principalmente por el costo de su fabricación. Los procesadores actuales operan a frecuencias mucho más altas que las latencias de acceso a memoria de un disco duro (HDD), de un almacenamiento de estado sólido (SSD), o hasta las memorias volátiles DRAM [Ofstedahl, 2014]. El precio por la cantidad de almacenamiento con una baja latencia, tanto de escritura como de lectura, en las memorias comerciales aún es elevado.

Las memorias STT-RAM son una tecnología bastante adecuada para contener gran cantidad de datos sin comprometer la velocidad de acceso [Zhang et al., 2012]. Especialmente, esta tecnología promete el rendimiento que se logra con tecnologías como las DRAM y SRAM con la ventaja de que el proceso de producción tan barato como la producción en masa de las memorias SSD [Ofstedahl, 2014].

Con estas ventajas se pueden construir memorias de mucha más capacidad que las DRAM pero manteniendo el rendimiento y velocidad de estas. Además, como esta tecnología se basa en un efecto magnético, no son volátiles (pueden guardar información sin necesidad de recibir energía eléctrica) al igual que las memorias HDD y SSD. Más aún, la lectura no es destructiva por lo que no se necesitan ciclos de refrescamiento o de re-escritura de los datos, requiriendo menos potencia que las memorias DRAM [Ofstedahl, 2014]. Por lo tanto, es posible que este tipo de tecnología reemplace las memorias SSD o HDD e incluso a las memorias DRAM. Así, se podría diseñar memorias caché L1, L2 y una memoria STT-RAM como toda la arquitectura de jerarquía memoria.

Consecuentemente, por su bajo consumo de energía, estas memorias son esperadas para su utilización en sistemas móviles al igual que en aplicaciones donde normalmente se consume gran cantidad de potencia, como es el caso de los servidores [Ofstedahl, 2014]. No obstante, las latencias de lectura y escritura son asimétricas, en donde se requiere más potencia y tiempo para hacer una escritura que una lectura, por lo tanto, se deben de crear políticas de manejo de memoria que contrarresten este efecto para reducir el consumo de energía [Zhang et al., 2012].

El trabajo como tal consiste en la implementación de un nuevo algoritmo de manejo de memoria especialmente elaborado para la tecnología STT-RAM, en donde se debe reducir la cantidad de escrituras necesarias para disminuir el consumo de energía del dispositivo. La implementación de un nuevo algoritmo de manejo de memoria puede dar las pautas para futuras investigaciones e implementaciones de este tipo de tecnología. Se podría llegar a alcanzar una arquitectura diferente a las propuestas por varios autores. Así, el trabajo podrá aportar conocimiento y desarrollo en políticas de manejo de memoria para las STT-RAM que se utilizarán en el futuro.

Además, otro objetivo planteado es la posibilidad de probar la arquitectura de manejo de memoria en el simulador gem5. Esto será una contribución importante a la comunidad que busca probar este tipo de memorias en el simulador especificado

y simplificará las investigaciones futuras. Además, los resultados podrán indicar la viabilidad de este tipo de memorias magnéticas en futuras implementaciones.

El simulador gem5 utiliza arquitecturas de memoria bastante conocidas en el área de investigación, sin embargo, no existen muchas aplicaciones prácticas utilizando específicamente arquitecturas para memorias STT-RAM. En especial, el simulador utiliza latencias simétricas, lo cual no caracteriza físicamente este tipo de memorias. Por lo tanto, se tendrá que modificar el simulador en sí para acoplar las características propias de esta tecnología como son sus latencias de escritura y lectura asimétricas, consumo de energía y otras características físicas. Con esto, se podría aportar a la comunidad con un simulador gem5 personalizado para la tecnología STT-RAM.

De esta forma, el aporte de este proyecto podrá sentar bases de arquitecturas de manejo de memoria futuras, viabilidad de la tecnología e información en el proceso de simulación con gem5 especialmente para memorias STT-RAM.

1.3 Planteamiento del Problema

El problema principal que atacará este trabajo es la cantidad de veces que se debe realizar una escritura a memoria en una computadora. Para esto, se plantearán e implementarán algoritmos de gestión de memoria con la intención de reducir la cantidad anteriormente descrita. Se desea que este número sea minimizado ya que el consumo de energía al realizar una escritura a memoria, utilizando tecnología STT-RAM, es alta.

1.4 Alcances

En este proyecto no se busca desarrollar un tutorial detallado sobre el uso del simulador de arquitectura gem5, en cambio, se explicarán únicamente aquellos conceptos base del funcionamiento del simulador que sean necesarios para exponer la implementación del algoritmo de manejo de memoria.

Al modificar el simulador gem5, todos los cambios realizados estarán en un repositorio Git, lo cual permitirá que los resultados que se obtengan sean replicables. Sin embargo, no se elaborará una guía paso a paso de los cambios a introducir en el simulador gem5.

Las métricas a utilizar para cuantificar el rendimiento de la memoria con el algoritmo implementado incluirán al menos la cantidad de instrucciones por ciclo, ciclos por instrucción, relación de escrituras con accesos de memoria, *misses* totales, entre otras. Todas las características anteriores se obtendrán al correr un código estándar en la memoria con el algoritmo implementado, dichas pruebas se detallan en la sección 2.8.

1.5 Objetivos

Objetivo general

Implementar un algoritmo de manejo de memoria para la tecnología STT-RAM con el fin de disminuir la cantidad de escrituras a la memoria caché L3 y comprobar el algoritmo mediante el simulador de arquitectura de código abierto gem5.

Objetivos específicos

1. Introducir el funcionamiento del simulador de arquitectura de sistemas de computadora gem5.

2. Modificar el simulador gem5 para su utilización con la tecnología de memoria STT-RAM.

3. Implementar un algoritmo de manejo de memoria para la tecnología STT-RAM con el propósito de reducir la cantidad de escrituras a la memoria.

4. Utilizar métricas de rendimiento de la memoria con el algoritmo implementado.

1.6 Metodología

La metodología propuesta para llevar a cabo el presente proyecto se divide en cuatro etapas principales, las cuales se detallan a continuación:

- **Primera Etapa:** *Uso del simulador gem5*

  En esta etapa se estudiará el simulador de arquitectura de sistemas de computadoras gem5, tanto la estructura del código fuente como sus funcionalidades, de manera que se pueda identificar dónde y cuáles cambios serán necesarios para el desarrollo del proyecto.

  Una vez que se esté familiarizado con el simulador se procederá a investigar cómo modificar las latencias de memoria del modelo Ruby, o del modelo Clásico en caso de ser necesario, con el fin de contar con latencias de lectura y escritura asimétricas. Seguidamente, se buscará acceder a los datos almacenados en una línea de caché o en un bloque de memoria, ya que estos son requeridos para etapas posteriores del trabajo.

- **Segunda Etapa:** *Planteamiento de un algoritmo*

Para la segunda etapa del proyecto se tomará como base la investigación bibliográfica realizada sobre algoritmos de manejo de memoria y sobre la tecnología STT-RAM para plantear una política de reemplazo con el fin de disminuir las escrituras en una memoria de ese tipo.

- **Tercera Etapa:** *Implementación del algoritmo*

  Durante la tercera etapa se realizarán las modificaciones necesarias al simulador gem5 de manera que sea posible verificar el funcionamiento del algoritmo desarrollado, según lo aprendido en la primera parte del proyecto, para lo cual se utilizarán principalmente los lenguajes de programación *C++* y *Python*. Los cambios estarán a disposición de los interesados en un repositorio Git de libre acceso.

- **Cuarta Etapa:** *Simulaciones y métricas*

  Para la etapa final del proyecto se ejecutarán simulaciones en gem5 sobre una arquitectura de memoria con el algoritmo desarrollado e implementado en las etapas anteriores. Dichas simulaciones se llevarán a cabo en un clúster especializado para reducir el tiempo de simulación y cuyo acceso será suministrado por el profesor guía de este trabajo.

  Se tomará como caso base un sistema normal de tres niveles de caché para comparar el desempeño del algoritmo desarrollado según las métricas consideradas por el simulador gem5, por lo que se ejecutarán las mismas simulaciones en memorias con ambos algoritmos.

1.7 Organización del documento

El presente documento se compone de cuatro partes, la primera abarca el capítulo 1, donde se realiza una introducción al tema, se discuten esfuerzos previos realizados por otros investigadores, así como la importancia y finalidad del proyecto, y el capítulo 2 que brinda un trasfondo teórico sobre conceptos esenciales para comprender de mejor manera el trabajo realizado, tales como la organización de las memorias en un sistema, algunas de las tecnologías utilizadas, mecanismos para mantener la coherencia entre diferentes niveles de memoria y nociones importantes que permiten medir el desempeño de una memoria.

La segunda parte abarca los capítulos 3, 4 y 5. En el primero de ellos se discute la arquitectura del sistema a simular, lo cual incluye una visión macro de los

componentes del mismo y sus interconexiones, además se mencionan los algoritmos propuestos y su implementación, así como las pruebas que se ejecutaron en el sistema desarrollado, la forma en que se ejecutaron y el proceso necesario para procesar los datos obtenidos para su posterior análisis.

En el capítulo 4 se listan los resultados más notorios que arrojó el proyecto, los cuáles abarcan diversas estadísticas sobre el desempeño del sistema bajo una arquitectura regular de tres niveles de caché utilizada como grupo de control y otra con un detector de reuso, el cual puede funcionar con dos tipos de algoritmos. Estos resultados se discuten en el capítulo 5.

En la siguiente parte del documento se incluyen los capítulos 6 y 7, donde se detallan las conclusiones más destacadas del análisis de resultados, así como si se logró, o no, lo propuesto en los objetivos del presente proyecto. Además se brindan algunas recomendaciones para mejorar el trabajo realizado y que otras personas puedan realizar un proyecto posterior que lo complemente.

La tercera sección del documento también incluye la bibliografía consultada para la realización de este trabajo, se recomienda al lector revisarla si se desea indagar más en este tema. Finalmente, la cuarta parte del escrito corresponde a los anexos, donde se adjuntan una mayor cantidad de resultados a los mostrados en el capítulo 4, y que se piensa son importantes para complementar lo expuesto en las secciones posteriores.

2 Marco Teórico

2.1 Jerarquía de Memoria

Para establecer una jerarquía de memoria se utilizan varios niveles de memoria, donde cada nivel puede emplear diferentes tecnologías de fabricación. Los registros físicos constituyen el nivel de memoria más cercano al microprocesador, ofreciendo el tiempo de respuesta más bajo a expensas de una capacidad muy limitada (es usual que solo existan unos pocos registros). Luego, se incluyen varios niveles de memoria caché, generalmente construidos con tecnología SRAM, la cual se introduce en la sección 2.7. Dado que las memorias caché y el procesador se basan en la misma tecnología primaria (CMOS) y generalmente se colocan dentro del mismo circuito integrado, la caché constituye un nivel significativamente rápido entre los niveles de memoria. Sin embargo, dada la baja capacidad de integración de la tecnología SRAM y especialmente su alto costo, las memorias caché también proporcionan una capacidad de almacenamiento reducida. [Rodríguez, 2016]

Más lejos del procesador, en la jerarquía de memorias se encuentra la memoria principal, la cual es tradicionalmente construida mediante tecnología DRAM. Esta memoria otorga un almacenamiento mayor, sin embargo, posee una latencia mayor a los niveles de caché.

Por último, se tiene una memoria secundaria que es administrada por software (la memoria caché y la memoria principal son administradas por hardware) que funciona como apoyo a la memoria principal. Es usualmente fabricada mediante tecnologías magnéticas o flash, e independientemente del tipo de tecnología en la cual se implemente, esta será la que otorgue mayor capacidad de almacenamiento y mayor latencia en la jerarquía de memoria.

La figura 2.1 muestra una jerarquía de memorias típica, donde se incluyen dispositivos de memoria externos, que siguen las mismas tendencias anteriormente descritas, y se ubican en la parte inferior de la pirámide.

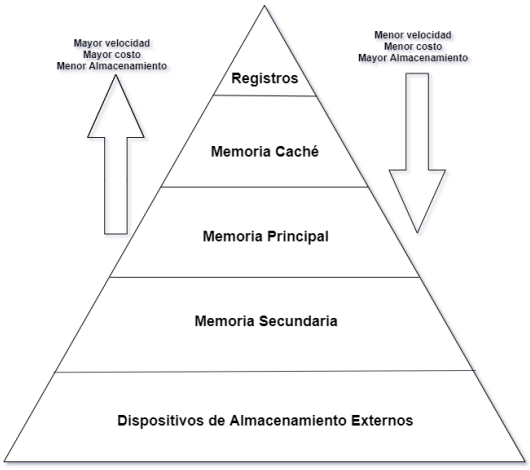

Figura 2.1: Ejemplo de una jerarquía de memoria típica.

2.2 Análisis de una memoria

Rendimiento de una Memoria

Cuando se dice que una computadora tiene mejor rendimiento que otra, ¿qué se quiere decir? Aunque esta pregunta puede parecer simple, una analogía con los aviones de pasajeros muestra cuán sutil puede ser la cuestión del rendimiento. La tabla 2.1 muestra algunos aviones de pasajeros típicos, junto con su velocidad de crucero, alcance y capacidad. Si se quisiera saber cuál de los aviones en esta tabla tuvo el mejor rendimiento, primero se tendría que definir el rendimiento. Por ejemplo, considerando diferentes medidas de rendimiento, se observa que el avión con la velocidad de crucero más alta fue el Concorde (retirado del servicio en 2003), el avión con el rango más largo es el DC-8 y el avión con la mayor capacidad es el 747 [Patterson y Hennessy, 2014].

Tabla 2.1: Características de aviones comerciales.

Airplane	Capacidad de Pasajeros	Alcance Crucero (millas)	Velocidad Crucero (m.p.h.)	Rendimiento de pasajeros (pasajeros x m.p.h.)
Boeing 777	375	4630	610	228750
Boeing 747	470	4150	610	289700
BAC/Sud Concorde	132	4000	1350	178200
Douglas DC-8-50	146	8720	544	79424

Si se define el rendimiento en términos de velocidad habrían dos posibles defi-

niciones. Se podría definir el avión más rápido como el que tiene la velocidad de crucero más alta, llevando a un solo pasajero de un punto a otro en el menor tiempo. Sin embargo, si se estuviera interesado en transportar 450 pasajeros de un punto a otro, el 747 sería claramente el más rápido, como lo muestra la última columna de la tabla anterior.

Del mismo modo, se puede definir el rendimiento de la computadora de varias maneras diferentes. Si se estaba ejecutando un programa en dos computadoras de escritorio diferentes, se diría que la más rápida es la computadora de escritorio que primero hace el trabajo. El usuario individual de una computadora estaría interesado reducir el tiempo de respuesta, el tiempo entre el inicio y la finalización de una tarea, también conocido como tiempo de ejecución. Los administradores de centros de datos a menudo están interesados en aumentar el rendimiento o el ancho de banda, la cantidad total de trabajo realizado en un momento dado. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, serán necesarias diferentes métricas de rendimiento, así como diferentes conjuntos de aplicaciones para comparar dispositivos móviles personales, que están más enfocados en el tiempo de respuesta, en comparación con los servidores, que están más enfocados en el rendimiento.

El tiempo es la medida del rendimiento de la computadora: la computadora que realiza la misma cantidad de trabajo en el menor tiempo es la más rápida. Sin embargo, el tiempo puede definirse de diferentes maneras, según lo que se quiera evaluar. La definición de tiempo más directa se llama tiempo de reloj de pared, tiempo de respuesta o tiempo transcurrido. Estos términos significan el tiempo total para completar una tarea, incluidos los accesos al disco, los accesos a la memoria, las actividades de entrada/salida, la sobrecarga del sistema operativo, entre otros.

Rendimiento de la CPU

Los usuarios y diseñadores a menudo examinan el rendimiento utilizando diferentes métricas. Si fuera posible relacionar estas métricas, se podría determinar el efecto de un cambio de diseño en el rendimiento según lo experimentado por el usuario. La medida de rendimiento final es el tiempo de ejecución de la CPU, una fórmula simple relaciona las métricas más básicas (ciclos de reloj y tiempo de ciclo de reloj) con el tiempo de CPU:

$$Tiempo\ de\ ejecución\ CPU = Ciclos\ de\ Reloj\ CPU\ x\ Periodo\ de\ Ciclo\ de\ Reloj \tag{2.1}$$

O bien,

$$Tiempo\ de\ ejecución\ CPU = \frac{Ciclos\ de\ Reloj\ CPU}{Frecuencia\ de\ Reloj} \tag{2.2}$$

Rendimiento por instrucción

Las ecuaciones de rendimiento anteriores no incluían ninguna referencia al número de instrucciones necesarias para completar el programa. Sin embargo, dado que el compilador generó claramente instrucciones para ejecutar, y la computadora tuvo que procesar las instrucciones para efectuar el programa, el tiempo de ejecución debe depender del número de instrucciones del mismo. Una forma de pensar sobre el tiempo de ejecución es que es igual al número de instrucciones ejecutadas multiplicado por el tiempo promedio por instrucción. Por lo tanto, el número de ciclos de reloj necesarios para un programa se puede escribir como:

$$\begin{aligned} \textit{Ciclos de Reloj CPU} &= \textit{Instrucciones de un programa x Promedio} \\ &\quad \textit{de Ciclos de Reloj por Instrucción} \end{aligned} \tag{2.3}$$

El término ciclos de reloj por instrucción, que es el número promedio de ciclos de reloj que cada instrucción tarda en ejecutarse, a menudo se abrevia como CPI. Dado que diferentes instrucciones pueden tomar diferentes cantidades de tiempo dependiendo de lo que hacen, CPI es un promedio de todas las instrucciones ejecutadas en el programa. El CPI proporciona una forma de comparar dos implementaciones diferentes de una arquitectura, ya que la cantidad de instrucciones ejecutadas para un mismo programa, por supuesto, será idéntica.

En la tabla 2.2 se muestran los distintos valores usualmente empleados para determinar el rendimiento en un computador.

Tabla 2.2: Componentes básicos medidos para obtener rendimiento.

Componentes de Rendimiento
Tiempo de Ejecución del CPU para un programa
Cantidad de Instrucciones
Instrucciones por Ciclo de Reloj (CPI)
Tiempo del Ciclo de Reloj

Dado que el principal componente a evaluar es una memoria, conviene además definir algunos conceptos básicos que se utilizarán para caracterizar el trabajo realizado.

Bloque: La unidad mínima de información que puede estar presente o no en una caché.

Tasa de aciertos: La fracción de accesos a la memoria que se encuentra en un nivel de la jerarquía de memoria. Tradicionalmente conocido por su traducción al inglés, *hit rate*.

Tasa de fallos: La fracción de accesos de memoria que no se encuentra en un nivel de la jerarquía de memoria. Tradicionalmente conocido por su traducción al inglés, *miss rate*.

Tiempo de acceso: El tiempo requerido para acceder a un nivel de la jerarquía de memoria, incluido el tiempo necesario para determinar si el acceso es un éxito o un error. Tradicionalmente conocido por su traducción al inglés, *hit time*.

Penalización por fallo: El tiempo requerido para recuperar un bloque en un nivel de la jerarquía de memoria desde el nivel inferior, incluido el tiempo para acceder al bloque, transmitirlo de un nivel a otro, insertarlo en el nivel que experimentó el fallo y luego pasar el bloque al solicitante. Tradicionalmente conocido por su traducción al inglés, *miss penalty*.

Políticas de Reemplazo de Bloques

Dado que el tamaño de las memorias caché suele ser limitado, se deben utilizar distintas técnicas con el objetivo de optimizar el uso de almacenamiento. Se presentan a continuación las políticas de reemplazo tradicionalmente implementadas [Q. Javaid, 2017].

Algoritmo de tipo cola

Usando este algoritmo, la caché se comporta de la misma manera que una cola FIFO. La caché desaloja los bloques en el orden en que se agregaron, sin tener en cuenta si se ha utilizado últimamente o no.

Algoritmo de tipo pila

Usando este algoritmo, la caché se comporta como una pila LIFO, lo cual es opuesto a una cola FIFO. La caché desaloja el bloque agregado más recientemente sin tener en cuenta si se ha utilizado últimamente o no.

Menos Usado Recientemente

Este algoritmo descarta el elemento menos utilizado recientemente de la caché para dejar espacio para el nuevo elemento de datos. Para lograr esto, se mantiene el historial de todos los elementos de datos mediante una variable conocida como bit de envejecimiento (del inglés, *Aging Bit*), lo cual permite proporcionar un mejor rendimiento, pero el costo de implementación es mucho mayor. Sin embargo, la ventaja clave de esta política es su implementación simple, lo que hace a las variantes de LRU las más populares entre todos los demás algoritmos.

Más Usado Recientemente

Al contrario que con LRU, los bloques descartados son aquellos que fueron usados más recientemente. Los algoritmos MRU son más útiles en situaciones en las que cuanto más antiguo es un elemento, es más probable que se acceda a él.

Algoritmo RR (reemplazo aleatorio)

Este algoritmo selecciona aleatoriamente cualquiera de los elementos de datos de la caché y lo reemplaza con el deseado. Este algoritmo no necesita realizar un seguimiento del historial del contenido de los datos y no necesita ninguna estructura de datos. Debido a esto consume menos recursos, por lo tanto, su costo es menor en comparación con otros algoritmos.

2.3 Mecanismos de Coherencia

Al utilizar diferentes niveles de caché en un sistema se debe asegurar la consistencia de la memoria principal a través de todos ellos, es decir, si un bloque de memoria se modifica en algún nivel de caché, los otros niveles deben ser conscientes que el dato que poseen está obsoleto y que por tanto, si lo utilizan, pueden estar trabajando con valores incorrectos. Este problema se agrava en sistemas de procesadores múltiples, donde al modificar el valor de una posición de memoria localmente (en un nivel de caché privado) los demás procesadores tendrán una percepción diferente del estado de la memoria compartida, lo cual conlleva a un problema de coherencia [Parvathy et al., 2016] [Mallya et al., 2015].

Parvathy et al. [2016] y Mallya et al. [2015] mencionan que para solucionar los problemas de coherencia existen tanto enfoques de hardware como de software. Debido a su dependencia del sistema operativo y del compilador, las soluciones de software no se mencionarán en este trabajo. Por otra parte, las soluciones de hardware se subdividen en protocolos basados en fisgoneo, protocolos basados en directorios o un híbrido entre ambos.

Protocolos basados en fisgoneo

Los protocolos basados en fisgoneo se fundamentan en monitorear los buses de datos para observar las solicitudes y respuestas enviadas por los procesadores y así cada uno puede realizar una acción determinada. Existen dos técnicas basadas en una escritura: invalidar o actualizar. En una escritura-invalidación el procesador que quiere modificar un dato envía un mensaje de invalidación a las copias que tengan los demás y después procede a reemplazar su copia local con el nuevo valor, por otro lado, en una escritura-actualización el procesador envía el nuevo valor a todos con los que comparte el dato, de modo que todas las copias del mismo se actualizan al valor más reciente [Parvathy et al., 2016] [Mallya et al., 2015].

Los autores anteriores concuerdan en que los protocolos basados en fisgoneo no son escalables, ya que requieren una gran cantidad de ancho de banda al estar monitoreando todas las solicitudes que se envían al bus compartido, por lo que para sistemas con un gran número de procesadores recomiendan implementar un protocolo basado en directorios.

Protocolos basados en directorios

Este tipo de protocolos mantienen el estado de un bloque de memoria en un directorio, así como las ubicaciones del mismo. Los requerimientos de difusión de mensajes de este tipo de protocolos son menores a los de un protocolo de fisgoneo pero requieren más recursos de almacenamiento y son más propensos a errores de diseño. Los primeros protocolos basados en directorios resolvieron los problemas de coherencia, pero se convirtieron en un cuello de botella al tener una estructura centralizada que presentaba problemas de contención para los accesos a la misma [Mallya et al., 2015].

Una solución al problema anterior fue distribuir el directorio, para esto se crea una estructura de directorios dividida en bancos, donde cada banco está asociado a una parte de la memoria. Parvathy et al. [2016] mencionan que los protocolos basados en directorios distribuidos se pueden categorizar según su organización en:

- **Esquema Plano:** La información relativa a un bloque de memoria se encuentra en un lugar fijo, pero debido a que los directorios se implementan en bancos presentan un mejor desempeño que los esquemas centralizados al reducir el problema del cuello de botella. Necesita un mayor espacio de almacenamiento, por lo que se suelen combinar con otras técnicas que permitan reducir el área requerida, tales como un directorio sin etiqueta que utiliza filtros de Bloom para revisar si un bloque está o no en cierto nivel de caché o un sistema predictivo que identifica patrones de uso de un bloque para crear grupos de procesadores que podrían estar compartiendo un dato.

- **Esquema Jerárquico:** Se utiliza una estructura jerárquica basada en un árbol lógico, donde las hojas representan a los procesadores y los nodos internos almacenan el estado de los bloques de memoria que sus hijos (subárboles) están usando, así como si otro subárbol externo posee ese dato. Para saber cuáles subárboles tienen el bloque de memoria, se hace un recorrido donde se envían mensajes punto a punto entre hijos y padres hasta que se encuentre la entrada deseada. A diferencia de los esquemas anteriores, un directorio distribuido jerárquico es fácilmente escalable independientemente del número de procesadores.

Protocolos híbridos

Destacan por combinar los beneficios de más de un tipo de protocolo. Un ejemplo es un mecanismo basado en un TLB que reemplaza la estructura del directorio, al no contar con la información requerida en la página actual en vez de hacer un cambio de página (lo cual introduciría un retraso extra al sistema) se utiliza un mecanismo de fisgoneo para obtener información desde las páginas vecinas, además se emplea un sistema de predicción para asociar cada procesador con las páginas que suele usar, y así evitar los fallos [Parvathy et al., 2016].

2.4 Simulador de Arquitectura de Computadoras gem5

El simulador gem5 es una plataforma modular para la investigación de arquitecturas de sistema de computadora, que abarca la arquitectura a nivel de sistema, así como la microarquitectura de procesadores [Gem5, 2015b].

gem5 está escrito principalmente en C++ y Python, la mayoría de los componentes se proporcionan bajo una licencia de estilo BSD. Este simulador puede simular un sistema operativo completo en modo de sistema completo (modo FS), o bien, programas en el espacio de usuario donde los servicios del sistema son proporcionados directamente por el simulador en el modo de emulación de syscall (modo SE) [Gem5, 2015a].

Hay distintos niveles de soporte para ejecutar las arquitecturas Alpha, ARM, MIPS, Power, SPARC y binarios de 64 bits x86 en los modelos de CPU, incluidos dos modelos simples de CPI, un modelo fuera de orden y un modelo en línea ordenado (pipelined). Un sistema de memoria se puede construir de forma flexible desde cachés y crossbars. Recientemente, el simulador Ruby se ha integrado con gem5 para proporcionar un modelo de sistema de memoria aún más flexible [Gem5, 2015a].

Dentro de las características principales se encuentran:

- Múltiples modelos de CPU: gem5 proporciona cuatro modelos de CPU basados en interpretación: una CPU CPI simple; un modelo detallado de una CPU de ejecución en orden y un modelo detallado de una CPU fuera de orden. Además, gem5 presenta una CPU basada en KVM que utiliza la virtualización para acelerar la simulación [Gem5, 2015a].

- Un modelo de GPU NoMali compatible con los controladores de GPU para Linux y Android sin necesidad de renderización por medio de software [Gem5, 2015a].

- Un sistema de memoria controlado por eventos que incluye memorias caché, crossbars, filtros snoop y un modelo de controlador DRAM rápido y preciso, para capturar el impacto de las memorias actuales y emergentes, por ejemplo, las tecnologías LPDDR3/4/5, DDR3/4, GDDR5, HBM1/2/3, HMC, WideIO1/2. Los componentes se pueden acomodar de manera flexible, por ejemplo, para modelar jerarquías complejas de caché multinivel no uniformes con memorias heterogéneas [Gem5, 2015a].

- Un modelo de CPU basado en trazas que reproduce huellas elásticas, la s cuales son rastros dependientes del tiempo generadas por una sonda conectada al modelo de CPU de ejecución fuera de orden. El objetivo de este modelo de CPU es permitir la exploración del rendimiento del sistema de memoria (jerarquía de la caché, interconexiones y memoria principal) de una manera rápida y razonablemente precisa en lugar de utilizar un modelo de CPU detallado [Gem5, 2015a].

- Los modelos de CPU y las memorias caché se pueden combinar en topologías arbitrarias, creando sistemas homogéneos y heterogéneos con múltiples núcleos. Un protocolo de coherencia de caché Snooping de MOESI mantiene las cachés coherentes [Gem5, 2015a].

- gem5 desacopla la semántica de ISA de sus modelos de CPU, lo que permite un soporte efectivo de múltiples ISA. Actualmente gem5 es compatible con Alpha, ARM, SPARC, MIPS, POWER, RISC-V y x86 ISA [Gem5, 2015a].

- Se pueden crear instancias de varios sistemas dentro de un solo proceso de simulación. Esta característica permite la simulación de redes enteras de cliente-servidor [Gem5, 2015a].

- Los objetos de gem5 están configurados en dominios de potencia y dominios de reloj para el sistema operativo, lo que permite una variedad de experimentos de potencia y eficiencia energética. Con soporte de tensión y frecuencia dinámica (DVFS) para el controlador del sistema operativo; gem5 proporciona una plataforma completa para el análisis de eficiencia energética de futuros sistemas [Gem5, 2015a].

- gem5 se puede incluir en una simulación SystemC, ejecutándose como un hilo dentro del kernel de eventos SystemC, y manteniendo los eventos y las líneas de tiempo sincronizados. Esta funcionalidad permite a los componentes gem5 interoperar con una amplia gama de modelos de componentes SoC, como interconexiones, dispositivos y aceleradores [Gem5, 2015a].

El simulador como tal no está diseñado para evaluar tecnologías novedosas, solo están implementadas las tecnologías que trae por defecto [Gem5, 2015b]. Para lo anterior, se debe de agregar nuevas capacidades específicas a los objetivos del proyecto. La modularidad de este simulador permite modificaciones sin tener que entender todas las partes que lo componen [Gem5, 2015b].

2.5 Modelos de Sistemas de Memoria en gem5

Modelo Clásico

El modelo Clásico implementado en el simulador gem5 es rápido, flexible y fácilmente configurable, pero no provee mayor detalle sobre las interacciones de coherencia. La coherencia en este modelo de memoria se mantiene mediante el protocolo MOESI, donde las transiciones entre estados ocurren de forma instantánea [Gem5, 2015c].

A continuación se listan una serie de ventajas y desventajas del uso de este modelo en gem5: [Gem5, 2015c]

Ventajas

- **Reenvío Rápido:** El modelo Clásico soporta accesos atómicos, los cuales son más rápidos que los accesos detallados.

- **Velocidad:** Además de soportar los accesos atómicos, las latencias de acceso en el modelo Clásico son relativamente inferiores a las del modelo Ruby.

- **Fácilmente Configurable:** Este modelo permite crear arbitrariamente una jerarquía de memoria al editar un archivo de configuración en Python. Si la jerarquía de memoria se compone únicamente de memorias caché, *crossbar* y *bridges*, el protocolo de coherencia se extiende automáticamente a través de la misma.

Desventajas

- **Flexibilidad:** Con el modelo Clásico viene por defecto el protocolo de coherencia MOESI, y se requiere de un esfuerzo elevado implementar un protocolo diferente.

- **Fiabilidad:** Debido a que en este modelo las transiciones entre estados son instantáneas, no se modela la contención entre estados.

Modelo Ruby

El modelo Ruby posee el enfoque contrario al modelo Clásico, a cambio de tener una velocidad de simulación inferior al modelo Clásico, el modelo Ruby posee una infraestructura flexible que le permite simular con alta precisión diversos sistemas de memoria [Gem5, 2015c].

El autor anterior menciona que el modelo Ruby cuenta con un lenguaje llamado SLICC que permite definir muchos protocolos de coherencia para la caché fácilmente, ya que este lenguaje define la caché, la memoria principal y los controladores como bloques individuales que conforman el protocolo, lo cual disminuye considerablemente el esfuerzo requerido para implementar un protocolo nuevo.

Seguidamente se describen las ventajas y desventajas de este modelo, además en la tabla 2.3 se muestra un resumen comparativo entre el modelo Ruby y el modelo Clásico.

Ventajas

- **Flexibilidad:** Gracias al lenguaje SLICC, en el modelo Ruby es posible implementar diversos protocolos de coherencia de caché con facilidad, desde protocolos basados en directorios como protocolos de espionaje (*snooping*).

- **Fiabilidad:** Este modelo de memoria simula precisamente tanto la coherencia de la caché como las funcionalidades de red. Mediante SLICC es capaz de modelar estados de temporización transitorios.

Desventajas

- **Reenvío Rápido:** El modelo Ruby no cuenta con soporte para accesos atómicos, por lo cual no posee la capacidad de realizar reenvíos rápidos.
- **Velocidad:** Este modelo es relativamente más lento que el modelo Clásico.
- **Fácilmente Configurable:** Aunque con SLICC se pueden implementar fácilmente protocolos de coherencia de caché, estos son optimizados para una jerarquía de memoria específica, por lo que extender el protocolo a otro nivel de caché es complejo.

Tabla 2.3: Comparación entre el modelo Clásico y el modelo Ruby.

	Modelo Clásico	Modelo Ruby
Reenvío Rápido	Sí	No
Velocidad	Alta	Baja
Fácilmente Configurable	Sí	No
Flexibilidad de la Coherencia de Caché	Baja	Alta
Fiabilidad de la Coherencia de Caché	Baja	Alta

2.6 Protocolos de Coherencia de Caché en gem5

gem5 utiliza un protocolo de fisgoneo que ha ido evolucionando para soportar múltiples cachés en varios niveles al contar con un bus entre cada nivel en vez de un único bus de datos, sin embargo, su funcionamiento no es completamente realista ya que se sacrificaron algunos aspectos (como el manejo de los sondeos o la falta de lógica dedicada para los mismos) para obtener una implementación que funcionara en configuraciones arbitrarias [Gem5, 2007].

El autor anterior menciona que a pesar de las limitaciones en la implementación del protocolo de coherencia, este es adecuado para quienes utilicen gem5 para estudiar el comportamiento de un sistema. Cabe resaltar que si el objetivo es estudiar la coherencia de caché, es recomendable sustituir el protocolo por defecto que usa gem5 por una implementación propia, para lo cual el simulador pone a disposición SLICC, un lenguaje que permite agregar un protocolo de coherencia con relativa facilidad al simplificar la declaración de estados, eventos, las transiciones entre ellos y las acciones a realizar.

Hay tres protocolos principales implementados en gem5: MI, MESI y MOESI, algunos de ellos cuentan con diferentes versiones [Mallya et al., 2015]:

- **MI:** Es el protocolo de coherencia más simple al tener únicamente dos estados: modificado (M) e inválido (I). Solamente un bloque de memoria que se encuentre en estado M puede ser leído o escrito, y si un procesador tiene un dato en ese estado debe invalidar las copias que tenga cualquier otro procesador, lo cual inunda al sistema de señales de invalidación.

- **MESI:** A los estados anteriores se unen dos nuevos: compartido (S) y exclusivo (E). El estado S permite disminuir la cantidad de señales de invalidación, ya que con dicho estado, dos o más procesadores pueden compartir un bloque de memoria para lecturas. Además, la adición del estado E disminuye aún más la cantidad de señales de invalidación al no tener que mandarlas innecesariamente si el dato se encuentra únicamente en el procesador actual, pero presenta una gran cantidad de escrituras hacia atrás de un dato cada vez que el mismo deja de estar en el estado M.

- **MOESI:** La inclusión del estado O habilita la opción de compartir datos sucios (modificados) entre diferentes procesadores, lo cual conlleva a una menor cantidad de escrituras hacia atrás, pero ante un fallo en una lectura se tendrán respuestas redundantes ya que todos los procesadores que tengan un dato en este estado contestarán con la misma información.

2.7 Tecnologías de Memoria

Tecnología DRAM

Las memorias dinámicas de acceso aleatorio (DRAM) son memorias basadas en tecnología CMOS. Para almacenar datos, las DRAM utilizan un pequeño capacitor que guarda un bit de información binaria. Este capacitor se descarga cada cierto tiempo y es necesario volverlo a cargar para no perder información. La carga del capacitor requiere potencia y tiempo, por lo tanto, las DRAM tienen tiempos de acceso y consumo de energía elevados. Además, al solo necesitar un capacitor por bit, el área necesaria del semiconductor es menor que tecnologías como la SRAM [Mathivanan, 2006].

Este tipo de almacenamiento se caracteriza por la necesidad de un refrescamiento periódico de los datos. La interfaz para las DRAM requieren un controlador para leer, escribir y refrescar la memoria. Un ejemplo del controlador de estas memorias es el modelo Intel 82C08. Este puede controlar dos bancos de 256k por 16k y contiene un contador, un temporizador y un multiplexor para seleccionar la columna y fila de la memoria [Mathivanan, 2006].

Tecnología SRAM

Al igual que la tecnología DRAM, las memorias SRAM se construyen a base de la tecnología CMOS. No obstante, no es necesario que se refresquen los datos en la memoria periódicamente, por lo tanto se conocen como memorias estáticas de acceso aleatorio (SRAM). Este tipo de tecnología utiliza un flip-flop para almacenar un bit de información, por lo tanto, no es necesario refrescar los bits cada periodo [Mathivanan, 2006].

Las SRAM tienen como ventaja la velocidad, los tiempos de acceso son menores a las DRAM. Sin embargo, al tener circuitería más compleja, es necesario más área del semiconductor. Por lo tanto, la producción de grandes capacidades de almacenamiento con memorias estáticas tiene un coste elevado [Mathivanan, 2006].

Tecnología STT-RAM

La alta potencia de fuga y la baja densidad de celdas son los inconvenientes de las celdas de caché convencionales fabricadas utilizando SRAM. Con cada generación de procesadores, la demanda se ha cumplido debido al empleo de una gran cantidad de transistores y al aumento del número de núcleos. En los microprocesadores actuales, la baja densidad de celdas ocupa el 60 % del área total. La alta potencia de fuga aumenta el consumo de energía de SRAM, lo que conducirá a una reducción continua de esta tecnología. Para superar estos inconvenientes, la SRAM puede ser reemplazada por una NVM (memoria no volátil) debido a su gran densidad de células y menos pérdida de potencia [Priya et al., 2018].

Los principios de NVM se utilizan en las tecnologías emergentes de memoria, como la memoria de acceso aleatorio de par de transferencia de espín (STT-RAM), PRAM (memoria de acceso aleatorio de cambio de fase) y RAM resistiva (ReRAM), las cuales han llamado mucho la atención de los investigadores. Estas tecnologías reemplazan SRAM, debido a sus ventajas tales como una gran densidad de celdas, menor consumo de energía y alta escalabilidad [Priya et al., 2018].

Recientemente, existe un interés creciente en el uso de tecnologías de memoria no volátil en disco, memoria principal o incluso en memoria caché en el chip debido a su alta densidad de celdas, además de corrientes de fuga cercanas a cero. Entre varias nuevas tecnologías de memoria, tanto la memoria PCM como la memoria STT-RAM son candidatas prometedores para la jerarquía de memoria de próxima generación [Zhou et al., 2009].

A pesar de estas ventajas, un desafío importante de STT-RAM es su alto consumo de energía por escritura. Estudios recientes han demostrado que la caché STT-RAM consume de 6 a 14 veces más energía por acceso de escritura que SRAM [Zhou et al., 2009]. La escritura en esta tecnología se efectúa cuando una corriente de electrones polarizada por espín fluye a través de una capa magnética, lo que resulta que se transfiera el momento angular de espín a esa capa. Si el par en la magnetización

es lo suficientemente fuerte, se establece la dirección magnética de esa capa, lo cual simboliza un uno o un cero binario [Rodríguez, 2016].

Los datos tanto de consumo de energía como las latencias asociadas a una STT-RAM específica son dependientes de su estructura física que la componen, en la tabla 2.4 se muestra un ejemplo de dichos datos para una configuración particular.

Tabla 2.4: Latencias y consumo de energía de una STT-RAM de 1 MB (1 banco) caché con tecnología de 22 nm [Rodríguez, 2016].

Parámetro	Valor
Latencia de acierto (ns)	5.61
Latencia de fallo (ns)	1.75
Latencia de escritura (ns)	16.5
Energía dinámica de acierto (nJ)	0.32
Energía dinámica de fallo (nJ)	0.19
Energía dinámica de escritura (nJ)	1.31
Potencia de fuga (mW)	3.09

2.8 Benchmarks

SPEC es una corporación sin fines de lucro que busca brindar mecanismos para la evaluación del desempeño y la eficiencia de energía de los nuevos sistemas computacionales [SPEC, 2020]. Esta entidad cuenta con benchmarks para una gran variedad de áreas, entre ellas están: la nube, CPU, computación de alto rendimiento, almacenamiento, potencia y virtualización. De estas categorías, la más relevante para el presente proyecto es la de CPU.

El autor anterior menciona que el benchmark SPEC CPU 2006 es un conjunto de pruebas que busca estresar al procesador de un sistema, su subsistema de memoria y al compilador, y se separa en dos categorías: 12 pruebas con operaciones sobre números enteros y 19 con cálculos en punto flotante. De esta forma SPEC permite realizar una comparativa entre una gran gama de sistemas a partir de su desempeño ante distintas cargas de trabajo basadas en aplicaciones reales de usuarios.

SPEC [2020] menciona que hay diversas formas de medir el desempeño de un procesador, ellos se centran en las siguientes dos:

- **Velocidad:** Las métricas de velocidad hacen referencia a la habilidad de un procesador para resolver una tarea, es decir, qué tan rápido es capaz de llevar a cabo una función en particular.

- **Capacidad:** Este tipo de métricas indican cuántas tareas es capaz de resolver un procesador en un lapso de tiempo determinado, a este valor también se le llama rendimiento.

Las pruebas que componen el benchmark SPEC CPU 2006 se detallan en las tablas 2.5 y 2.6.

Tabla 2.5: Componente de operaciones enteras de SPEC CPU 2006.

Prueba	**Lenguaje**	**Área de aplicación**	**Descripción**
400.perlbench	C	Lenguaje de programación	Derivado de la versión 5.8.7 de Perl. Incluye SpamAssassin, MHonArc y specdiff.
401.bzip2	C	Compresión	Modificación de la versión 1.0.3 de bzip2 para ejercitar más la memoria y menos las entradas y salidas.
403.gcc	C	Compilador de C	Basado en la versión 3.2 de gcc.
429.mcf	C	Optimización combinacional	Algoritmo para generar horarios de transporte público.
445.gobmk	C	Inteligencia artificial	Juega Go.
456.hmmer	C	Búsqueda de secuencia de genes	Análisis de secuencias de proteínas usando el perfil de modelos ocultos de Markov.
458.sjeng	C	Inteligencia artificial	Programa que juega ajedrez, incluye algunas variantes del mismo.
462.libquantum	C	Computación cuántica	Simula una computadora cuántica ejecutando el algoritmo de Shor.
464.h264ref	C	Compresión de video	Implementación del códec de video avanzado H.264.
471.omnetpp	C++	Simulación de eventos discretos	Simula la red ethernet de un campus con ayuda del simulador OMNet++.
473.astar	C++	Algoritmos de búsqueda de caminos	Biblioteca de búsqueda de caminos para mapas de dos dimensiones.

Continúa en la próxima página

Tabla 2.5 – *Continuación de la página anterior*

Prueba	**Lenguaje**	**Área de aplicación**	**Descripción**
483.xalancbmk	C++	Procesamiento XML	Versión modificada de Xalan-C++ que transforma los archivos XML a otro tipo de documentos.

Tabla 2.6: Componente de operaciones en punto flotante de SPEC CPU 2006.

Prueba	**Lenguaje**	**Área de aplicación**	**Descripción**
410.bwaves	Fortran	Dinámica de fluidos	Calcula el transitorio transónico 3D de un fluido viscoso laminar.
416.gamess	Fortran	Química cuántica	Implementa una amplia gama de cálculos de química cuántica.
433.milc	C	Cromodinámica cuántica	Genera campos de gauge para la teoría de campo de gauge de enrejado con quarks dinámicos.
434.zeusmp	Fortran	Dinámica de fluidos computacional	Simulación de fenómenos astrofísicos.
435.gromacs	C, Fortran	Dinámicas moleculares	Simula ecuaciones newtonianas de cientos de millones de partículas.
436.cactusADM	C, Fortran	Relatividad general	Resuelve las ecuaciones de evolución de Einstein usando un método numérico de salto escalonado.
437.leslie3d	Fortran	Dinámica de fluidos	Uttiliza simulaciones de grandes remolinos con el modelo linear de remolinos en 3D.
444.namd	C++	Dinámicas moleculares	Simula grandes sistemas biomoleculares.

Continúa en la próxima página

Tabla 2.6 – *Continuación de la página anterior*

Prueba	**Lenguaje**	**Área de aplicación**	**Descripción**
447.dealII	C++	Análisis de elementos finitos	Resuelve una ecuación de Helmhotz con coeficientes no constantes.
450.soplex	C++	Programación lineal	Resuelve un programa lineal usando un algoritmo simplex y álgebra lineal dispersa.
453.povray	C++	Trazado de rayos de imagen	Renderizado de imágenes utilizando una función de ruido de Perlin.
454.calculix	C, Fortran	Mecánica estructural	Código de elemento finito para aplicaciones estructurales lineales y no lineales en 3D.
459.GemsFDTD	Fortran	Electromagnética computacional	Resuelve las ecuaciones de Maxell en 3D con el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo.
465.tonto	Fortran	Química cuántica	Restringe el cálculo de una función de onda molecular Hartree-Fock.
470.lbm	C	Dinámica de fluidos	Se implementa el método Lattic-Boltzmann para simular fluidos incompresibles en 3D.
481.wrf	C, Fortran	Clima	Modela el clima en un área de 30 km durante dos años.
482.sphinx3	C	Reconocimiento de voz	Sistema de reconocimiento de voz de la Universidad Carnegie Mellon.

Parte II

Desarrollo, Resultados y Análisis

3 Desarrollo del Proyecto

3.1 Arquitectura del Sistema

La arquitectura utilizada se basa en la implementación de la arquitectura x86 de gem5. La estructura original de gem5 implementa dos niveles de caché, a esta se agregó un tercer nivel, el nivel más próximo al procesador se divide en datos e instrucciones (L1_DCache y L1_ICache respectivamente). El primer y segundo nivel en la jerarquía son propios de cada procesador, es decir, no son compartidos por otros núcleos. El tercer nivel de jerarquía, L3, sí es compartido por varios núcleos, por lo que existe una sola memoria L3 para todo el sistema.

A este modelo clásico se agrega el detector de reuso que actualiza la bandera de reuso según la utilización que le da el procesador. Con esta bandera es posible conocer qué tanto se utiliza un paquete por el procesador y determina si se debe almacenar en L3 o no. El detector de reuso se conecta en L2, todos los datos pasan primero por L2 y luego por el detector de reuso. Un ejemplo gráfico de lo mencionado anteriormente se observa en la figura 3.1.

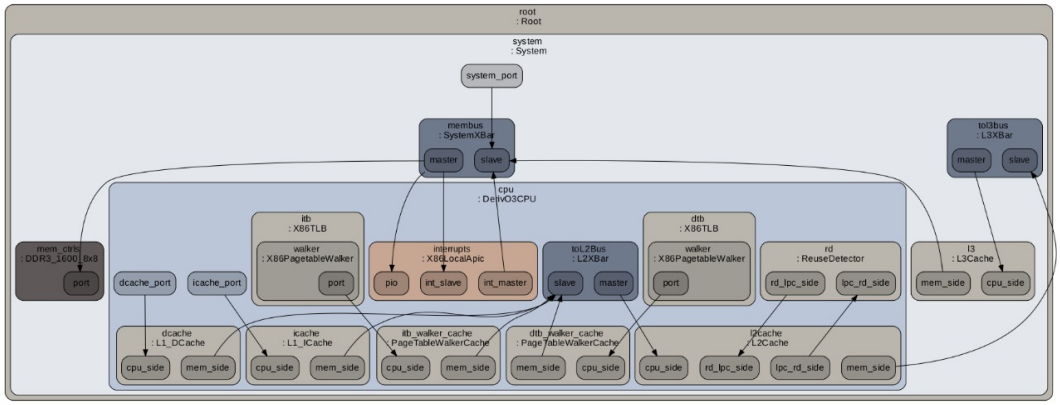

Figura 3.1: Arquitectura utilizada.

La figura 3.1 es generada por gem5 y representa a la arquitectura implementada, en donde cada cuadro simboliza un SimObject o un objeto de simulación. Se puede observar que cada objeto puede contener otro dentro de este, por ejemplo todo el CPU contiene los objetos de L1, L2 y RD. La mayoría de los objetos de gem5 se heredan de un SimObject básico. Estos se utilizan para exportar todas las interfaces a todos los objetos de gem5. Los objetos de gem5 son accesibles desde *scripts* de

Python, en donde se configura todas las conexiones y parámetros del sistema que se desea simular, conectando así todos los objetos individuales del sistema, por ejemplo, CPU, caché de instrucciones, caché de datos, LPC, L3, los crossbar (Xbar) o buses de datos que conectan cada caché y la memoria principal.

Los objetos de memoria se comunican con otros objetos por medio de puertos y paquetes. Los puertos se dividen en Master y Slave, los cuales proporcionan una interfaz de comunicación estándar. Para implementar estos puertos dentro del objeto de memoria se hace herencia sobre los objetos MasterPort y SlavePort. Los objetos conectados entre sí tendrán un puntero de referencia hacia el puerto de destino, con esto se pueden llamar las funciones que procesan la solicitud desde el objeto enlazado. Como se ilustra en la figura 3.2 el objeto MasterPort tiene dos funciones sendTimingReq y recvTimingResp. Estas funciones llaman a las funciones recvTimingReq y sendTimingResp del objeto SlavePort. Por medio de estos puertos se envían paquetes para ser procesados por el objeto de memoria al cual está conectado.

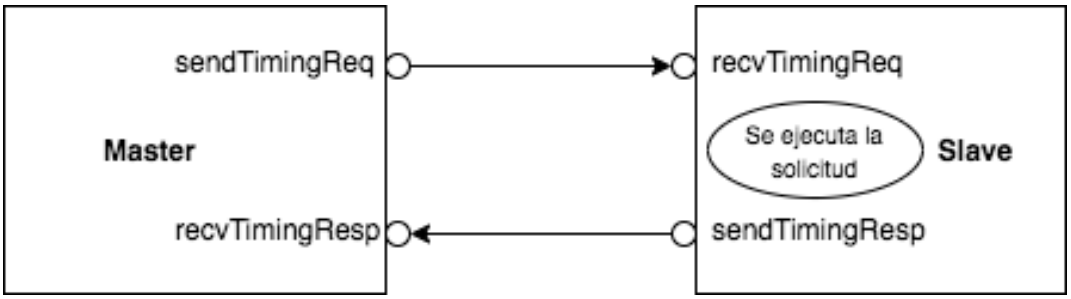

Figura 3.2: Interacción entre los puertos Master y Slave.

Un paquete es un objeto en C++ en donde se definen parámetros como la dirección de memoria de los datos, el tamaño de los datos, si es una lectura, escritura, la instancia del objeto que hizo la solicitud, el tipo de solicitud, entre otros. Es en este objeto paquete que se introduce una nueva bandera que modifica el detector de reuso. Los paquetes son enviados por medio de los puertos, las funciones sendTimingReq y recvTimingReq tienen como parámetro de entrada un puntero del paquete que se desea mandar al objeto de memoria. Además, los paquetes tienen un atributo de comandos llamado MemCmd, el cual es el comando actual del paquete. Un ejemplo de un MemCmd son los ReadReq (solicitud de lectura), WriteReq (solicitud de escritura), ReadResp y WriteResp (respuesta de lectura y escritura respectivamente). Además, existen otros comandos como WritebackDirty, WritebackClean, CleanEvict, entre otros. Los paquetes son de suma importancia puesto que son el medio principal para mantener y rastrear la coherencia en el modelo clásico de caché.

Con lo visto anteriormente, se puede comprender la comunicación entre LPC (L2) y el detector de reuso (RD). LPC aplica herencia sobre un objeto Cache al que se agregan dos puertos uno de Master y otro de Slave extras, es decir existen los

puertos hacia el CPU (L1) y hacia la siguiente jerarquía de memoria (L3) y además dos puertos adicionales hacia y desde el RD. Como se observa en la figura 3.1 estos dos puertos conectados a RD se llaman rd_lpc_side y lpc_rd_side. Las funciones de recvTimingReq que atienden la solicitud de L1 son sobreescritas para poder agregar la lógica de reenviar el paquete al RD.

El flujo del paquete entonces será el siguiente: el paquete entra por el puerto cpu_side a LPC, en donde se realiza el flujo de caché clásico. Si al terminar el flujo del paquete se produce una victimización y existe un detector de reuso asociado entonces se redirecciona al RD por medio del puerto lpc_rd_side para que rastree el paquete y modifique la bandera de reuso si es necesario. Si el tag del paquete no existe en RD, este se guarda en una caché con política de reemplazo FIFO y se establece la bandera de reuso en 0. Si por el contrario el tag del paquete se encuentra en esta caché FIFO el paquete tendrá reuso y se cambia la bandera a 1. El paquete es nuevamente enviado desde el RD hacia LPC por medio del puerto rd_lpc_side. En este momento el paquete va a ser enviado a L3 por medio del puerto mem_side, el paquete tendrá la bandera de reuso actualizada y L3 decide por medio de esta si reenvía el paquete a la memoria principal si no tiene reuso o bien si se debe escribir en L3 y continuar con el flujo clásico de gem5. Es importante mencionar que si el bloque de memoria existe en L3, entonces no se debe de hacer bypass del paquete a memoria principal puesto a que se puede irrespetar la coherencia. El diagrama de la figura 3.3 ilustra el flujo del paquete de manera gráfica.

La clase base Cache, de la que se derivan los objetos de memoria LPC (L2) y STT (L3) contiene todos los métodos necesarios para mantener la coherencia en el sistema. Por lo tanto, solo es necesario sobrescribir las funciones que procesan la solicitud, agregar la lógica deseada y luego llamar estas desde la clase base Cache.

De esta manera, al victimizar un bloque en L2 no se envía al siguiente nivel en la jerarquía (L3), como se muestra en el código 3.1, más bien si el sistema tiene un detector de reuso llama a la función getReuse para obtener la información de reuso del paquete en cuestión, y posteriormente cuando el RD responde con lo solicitado, el paquete sigue su flujo normal en la jerarquía de memoria, como lo muestran los códigos 3.2, 3.3 y 3.4.

```
1 void
2 BaseCache::evictBlock(CacheBlk *blk, PacketList &writebacks,
3   bool reuse=false)
4 {
5     PacketPtr pkt = evictBlock(blk, reuse);
6     if (pkt) {
7         writebacks.push_back(pkt);
8     }
9 }
```

Código 3.1: Victimización normal de un paquete en gem5.

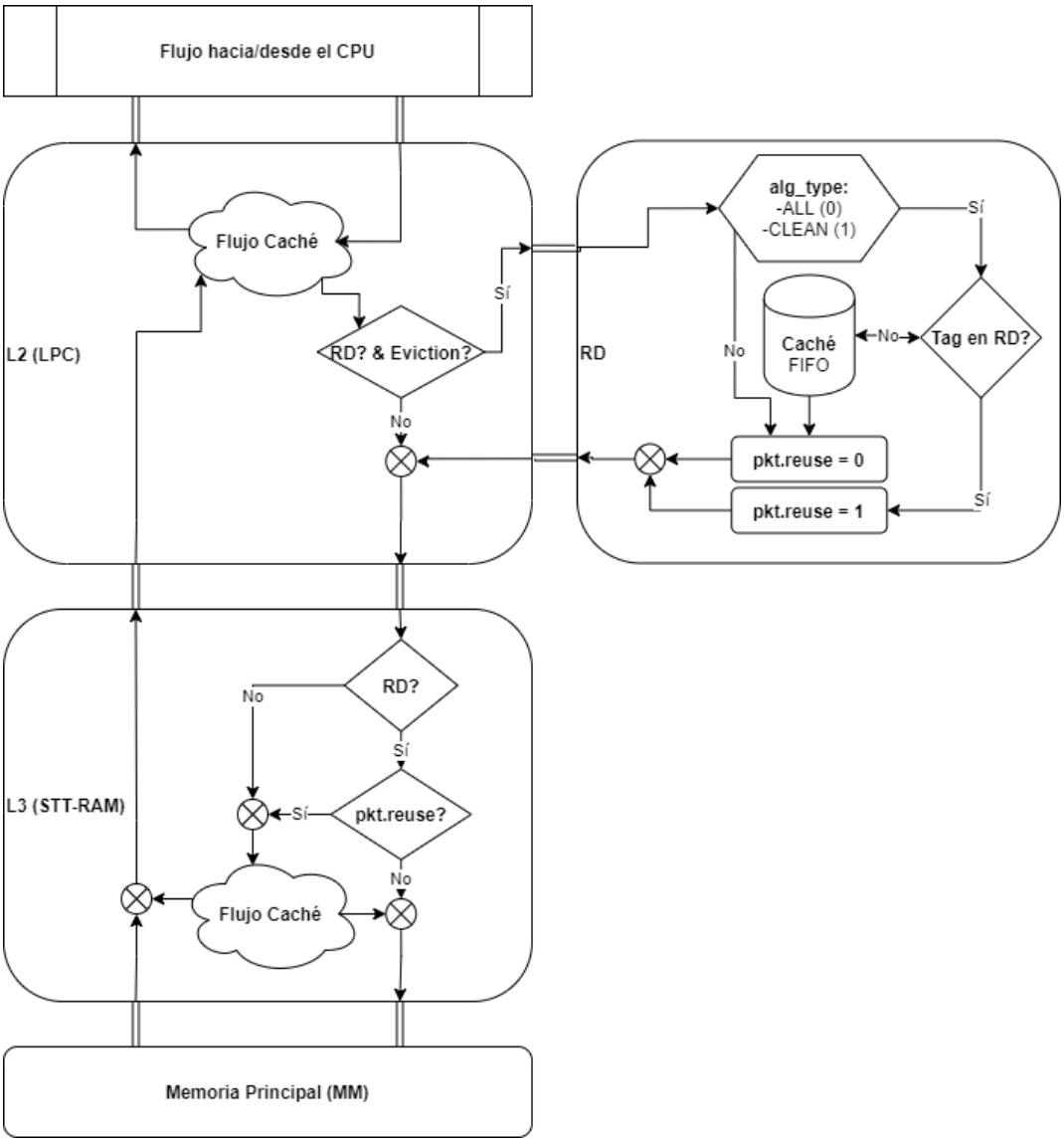

Figura 3.3: Diagrama de flujo del paquete.

```
1 void
2 LPCache::evictBlock(CacheBlk *blk, PacketList &writebacks,
3   bool reuse=false)
4 {
5     PacketPtr pkt = Cache::evictBlock(blk, reuse);
6     if (pkt) {
7         // Sends packet to reuse detector
```

```
8           if (this->hasRD) {
9               getReuse(pkt);
10          } else {
11              writebacks.push_back(pkt);
12          }
13      }
14  }
```

Código 3.2: Nuevo flujo de victimización en L2.

```
1  void
2  LPCache::getReuse(PacketPtr pkt)
3  {
4    DPRINTF(LPCache, "Sent request to RD for addr %#x\n",
5      pkt->getAddr());
6    lpcrdSidePort.sendTimingReq(pkt);
7  }
```

Código 3.3: Envío del paquete al RD.

```
1  void LPCache::recvRDTimingReq(PacketPtr pkt)
2  {
3    DPRINTF(LPCache, "Received response from RD for addr %#x\n",
4      pkt->getAddr());
5    PacketList writebacks;
6    writebacks.push_back(pkt);
7    doWritebacks(writebacks, 0);
8  }
```

Código 3.4: El paquete continúa el flujo normal después de regresar del RD.

Una vez que el paquete llega a L3 proveniente de L2 se deben presentar tres condiciones simultáneas para que este ignore el flujo normal de procesamiento y brinque al siguiente nivel de la jerarquía (MM). Estas condiciones se muestran en el código 3.5 y son las siguientes:

- El sistema cuenta con un detector de reuso.
- El paquete no posee reuso.
- El bloque asociado no existe en L3.

De los términos anteriores, cabe destacar que el tercero es necesario por un problema de coherencia, si el paquete no cuenta con reuso pero existe un bloque asociado en L3, el no procesarlo en L3 y redirigirlo hacia MM puede producir un error en el estado del dato, lo cual conlleva a un fallo en la simulación.

```
if (!blk and !pkt->getReuse() and this->hasRD) {
  DPRINTF(STTCache, "Packet %#x does not have reuse, bypassing\n",
    pkt->getAddr());
  lat = calculateTagOnlyLatency(pkt->headerDelay, tag_latency);
  return false;
 } else {
  DPRINTF(STTCache, "Packet %#x is being accessed in L3 because "
    "!blk->%d, !reuse-> %d, rd->%d\n", pkt->getAddr(), !blk,
    !pkt->getReuse(), this->hasRD);
}
```

Código 3.5: Revisión del estado de reuso en L3.

También es necesario mencionar que debido a las limitaciones de gem5 en cuanto a clusividad, fue necesario modificar el comportamiento de los datos que van desde MM hacia L3, de manera que L3 no sufra escrituras no deseadas, y así se escriba únicamente los datos indicados por el RD.

3.2 Detector de Reuso

La tecnología que actualmente se utiliza en mayor medida para la construcción del último nivel de caché es SRAM, con alguna presencia menor de DRAM para este mismo fin, esto se discutió de manera amplia en la sección 2.7. Sin embargo, ambos poseen un alto consumo de energía, especialmente para grandes tamaños. Una forma de mitigar este problema es utilizar tecnologías emergentes de memoria no volátil. Spin-Transfer Torque RAM (STT-RAM) es el principal candidato, el uso de STT-RAM elimina casi todo el consumo de energía estática y, en comparación con SRAM, proporciona una mayor densidad y, por lo tanto, una capacidad mucho mayor dentro del mismo presupuesto [Rodríguez, 2016].

Una STT-RAM ofrece mayor eficiencia de lectura en términos de latencia y energía. A pesar de ello, algunos obstáculos restringen la adopción de STT-RAM como caché de último nivel para la próxima generación de CMPs: Su operación de escritura es más lenta y requiere más energía que en una caché SRAM. Estas limitaciones pueden conducir a una caída del rendimiento e incluso a cancelar casi el ahorro de energía derivado del consumo mínimo de energía estática de STT-RAM.

Ahn et al. [2014] y Khan et al. [2010] han demostrado que un porcentaje notable de los bloques insertados y/o actualizados en el LLC son de hecho inútiles, ya que son bloques que no se vuelven a utilizar. Estos bloques inútiles son dañinos, ya que pueden desalojar otros bloques que podrían ser útiles en el futuro y, además, aumentan la cantidad de escrituras en el LLC, que en el contexto de NVM está lejos de ser conveniente.

Para minimizar el efecto de los bloques escritos en el LLC que no se vuelven a utilizar, se implementa un detector de reuso. La intención será solamente escribir bloques en el LLC si se cumple una serie de requisitos, esto con el objetivo de

aumentar la posibilidad de uso de los bloques que finalmente se escriban en el LLC [Díaz et al., 2015].

A este concepto de no escribir en una caché específico basado en cierto criterio, se le denomina *saltar de*, del inglés *bypass from*. De esta manera, y basado en la arquitectura mostrada en la sección 3.1, si se cumple el criterio definido para no escribir cierto bloque en el LLC, se almacenará de manera directa a memoria principal.

Podríamos diseñar diversos detectores de reuso, tantos como ideas se nos vengan a la mente, sin embargo, estas implementaciones deben ir acompañadas de un discernimiento basado en experiencia en el campo para optimizar el tiempo invertido en la creación de estos. En el presente trabajo se han desarrollado dos maneras de utilizar un detector de reuso dentro de la arquitectura planteada, estos son:

- RD0: Se realiza el envío hacia el LLC si el bloque victimizado desde el último caché privado posee reuso.
- RD1: Se realiza el envío hacia el LLC si el bloque victimizado desde el último caché privado posee reuso y además no ha sido modificado.

Ambos algoritmos de detección de reuso han sido implementados utilizando un modelo de caché para el almacenamiento de la información en estos, el cómo utilizarlos se menciona en la sección 3.3.

Algunas funciones se sobrecargaron para transmitir correctamente la información requerida por los algoritmos: estado de reuso e indicación de si el bloque presenta alguna modificación, entre ellas destacan evictBlock, writebackBlk y writecleanBlk. De esta manera al crear nuevos paquetes durante la ejecución normal de dichas funciones, no se pierde la información que el paquete original poseía.

En el código 3.6 se muestra el comportamiento macro que sigue un paquete en el detector de reuso, primero se averigua si el paquete ya se había utilizado, luego se actualiza su información de reuso y finalmente se envía nuevamente a L2 para que el paquete siga su flujo hacia L3 o MM. Entonces, cuando el detector de reuso recibe un paquete se utiliza la función del código 3.7 o del código 3.8, según corresponda al algoritmo seleccionado, para establecer si cuenta o no con reuso. La función isInRD busca si existe un bloque válido en RD con la dirección del paquete, en caso de encontrarlo se dice que el paquete tiene reuso, por el contrario si no existe un bloque válido asociado se dice que el paquete no posee reuso y se procede a escribirlo en el RD para que la próxima vez pueda detectarse que el paquete fue utilizado previamente.

```
1 void
2 ReuseDetector::recvTimingReq(PacketPtr pkt)
3 {
4     pkt->setReuse(getReuse(pkt));
5     memSidePort.sendTimingReq(pkt);
6     DPRINTF(ReuseDetector, "%#x pkt->getReuse: %d\n", pkt->getAddr(),
7         pkt->getReuse());
```

```
}
\end{minted}
```

Código 3.6: Flujo de un paquete en el RD.

```
bool
ReuseDetector::getReuse_default(PacketPtr pkt)
{
    DPRINTF(ReuseDetectorTags,
            "Using default reuse algorithm.\n");

    // First check if the packet was allocated
    if (isInRD(pkt)) return true;
    // Else store pkt, the packet has no reuse
    else
    {
        writeInRD(pkt);
        return false;
    }
}
```

Código 3.7: Función encargada de establecer el reuso según el algoritmo RD0.

```
bool
ReuseDetector::getReuse_only_clean_blk(PacketPtr pkt)
{
    DPRINTF(ReuseDetectorTags,
            "Using only clean block reuse algorithm.\n");
    // First check if the packet was allocated
    if (isInRD(pkt)) return true;
    // Else store pkt, the packet has no reuse
    else if (!pkt->getisDirtyBlk()) {
        writeInRD(pkt);
        return false;
    } else return false;
}
```

Código 3.8: Función encargada de establecer el reuso según el algoritmo RD1.

Cabe resaltar que el detector de reuso no pertenece a una jerarquía de memoria, por lo cual se deben tomar ciertas consideraciones especiales, por ejemplo, cuando un bloque se victimiza de RD no se debe enviar a ningún otro nivel de memoria, más bien únicamente se debe invalidar el bloque localmente, como se muestra en el código 3.9. Esto es de suma importancia porque el RD es un objeto que hereda las funciones de la clase Cache, y si no se realizan estas modificaciones se produciría un problema de coherencia.

```
void
ReuseDetector::evictBlock(CacheBlk *blk, PacketList &writebacks,
  bool reuse)
{
    DPRINTF(ReuseDetectorTags,
            "Invalidating block %#llx.\n", regenerateBlkAddr(blk));
    invalidateBlock(blk);
}
```

Código 3.9: Sobrecarga de evictBlock para el detector de reuso.

Con la intención de explicar de manera detallada lo que implica agregar un detector de reuso en la implementación del último nivel de caché, se proporciona el siguiente ejemplo, donde son utilizados cinco bloques de memoria (A, B, C, D y E) a través de los diferentes niveles de caché bajo un patrón de acceso dado. La notación $X_{d,r}$ nos indicará si el bloque X ha sido modificado y si tiene reuso basado en los subíndices d y r, respectivamente. Además se posee un subíndice en los bloques almacenados en el LLC para denotar si han sido o no modificados [Rodríguez, 2016].

Consideraciones tomadas:

- Consideramos un sistema de dos núcleos ($Núcleo_0$ y $Núcleo_1$).
- Primer nivel de caché privado para cada núcleo ($L1_0$ y $L1_1$).
- Segundo nivel de caché compartido (LLC).
- Un detector de reuso para cada núcleo, ubicado entre el último caché privado y el compartido (RD_0 y RD_1)
- Mapeo directo en los cachés privados.
- Asociatividad de dos posibles posiciones en los detectores de reuso.
- Asociatividad de cuatro posibles posiciones en la caché compartida.
- Inicialmente todas las cachés y los detectores de reuso están vacíos.

El siguiente flujo esperado se detalla de manera gráfica en la figura 3.4:

1. El núcleo 0 solicita leer una palabra dentro del bloque A: El acceso falla en la caché privado ($L1_0$), esta solicitud es reenviada a la caché compartida y dado que también falla y el bloque no está presente en alguna otra caché privada, se reenvía la solicitud a memoria principal. Por lo tanto, el bloque A se copia a la caché privada de núcleo 0 con el bit de reuso desactivado, y la palabra solicitada es dada al núcleo 0.

2. El núcleo 1 solicita leer una palabra dentro del bloque A: El acceso falla en la caché privada ($L1_1$) y en el LLC, sin embargo, el mecanismo de coherencia detecta que el bloque está en la caché privada del núcleo 0, entonces la solicitud es reenviada a esa caché. El bloque se copia en la caché privada del núcleo 1 y ambos bits de reuso son activados, ya que se entenderá este acceso como un reuso en el LLC.

3. El núcleo 1 solicita leer una palabra dentro del bloque B: El acceso falla en la caché privada ($L1_1$) y en el LLC, y el bloque no está presente en alguna otra caché privada, por lo que la solicitud es reenviada hacia la memoria principal. El bloque B se copia a $L1_1$ (reemplazando el bloque A) con su bit de reuso desactivado y la palabra es dada al núcleo 1. Además, como el bloque A tiene su bit de reuso activado, es ingresado en el LLC.

4. El núcleo 1 solicita leer una palabra dentro del bloque C: El bloque C es ingresado en ($L1_1$) y el bloque B reemplazado. Como el bit de reuso del bloque B estaba desactivado y su etiqueta no estaba en el respectivo detector de reuso, se almacena dicha etiqueta en RD_1; además, dado que el bloque está limpio, este no es ingresado en el LLC, sino que es descartado.

5. El núcleo 1 solicita leer una palabra dentro del bloque B. Este acceso es manejado de manera análoga al acceso anterior.

6. El núcleo 1 solicita leer una palabra dentro del bloque D: El bloque D es insertado en ($L1_1$) y el bloque B es reemplazado. Como el bit de reuso del bloque B fue desactivado pero su etiqueta está presente en el detector de reuso RD_1, el bloque B es ingresado en el LLC.

7. El núcleo 0 escribe una palabra dentro del bloque A: El acceso tiene éxito en $L1_0$. El bit de modificado para este bloque es activado.

8. El núcleo 0 solicita leer una palabra dentro del bloque E: El bloque E es ingresado en $L1_0$ y el bloque A es reemplazado. Como el bit de modificado está activado y el bloque A ya está en el LLC, el bloque es actualizado en este nivel.

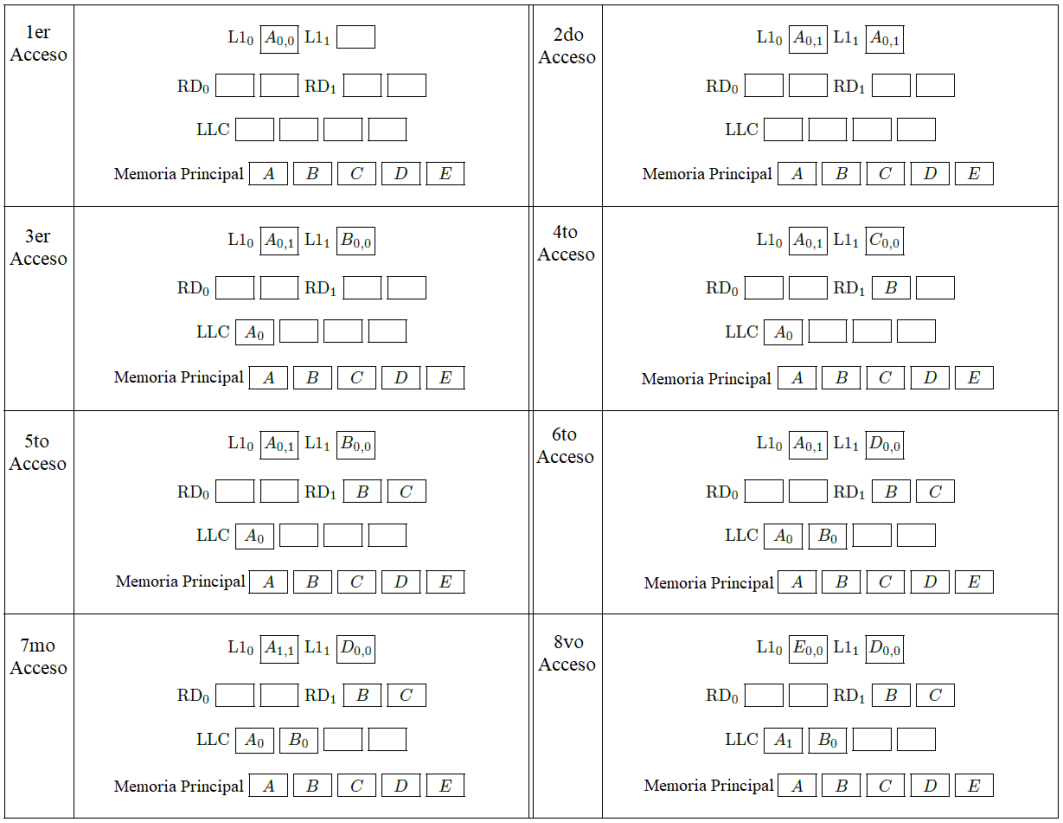

Figura 3.4: Flujo en las memorias caché al utilizar un detector de reuso [Rodríguez, 2016].

3.3 Personalización del sistema

Opciones Pre-existentes

gem5 cuenta con algunos programas de ejemplo que se pueden utilizar como base para construir el sistema de interés, estos cuentan con el flujo básico necesario para ejecutar una simulación y mediante un conjunto de opciones se instancian los elementos deseados y se configuran los parámetros de la simulación.

Algunas opciones que ya eran parte de gem5 previo al inicio de esta proyecto y que fueron necesarias para la implementación del sistema requerido son:

-*n:* Número de procesadores a instanciar.

-*c:* Programa a simular.

–*caches:* Instancia una jerarquía de memorias caché.

–l1d_size: Tamaño de la caché L1 de datos.

–l1i_size: Tamaño de la caché L1 de instrucciones.

–l2_size: Tamaño de la caché L2.

–l1d_assoc: Asociatividad de la caché L1 de datos.

–l1i_assoc: Asociatividad de la caché L1 de instrucciones.

–l2_assoc: Asociatividad de la caché L2.

–mem_size: Tamaño de la memoria principal.

–mem_type: Tipo de la memoria principal.

–cpu_type: Tipo de procesador a simular.

–cpu_clock: Frecuencia del reloj del CPU.

–sys_clock: Frecuencia del reloj del sistema.

–maxinsts: Máximo número de instrucciones a simular.

Opciones Agregadas

Para implementar el sistema deseado se decidió añadir algunas nuevas opciones al simulador gem5, de forma que el sistema fuera fácilmente configurable. Estas nuevas opciones permiten modificar la arquitectura mencionada en 3.1 y personalizar el detector de reuso descrito en 3.2.

Las opciones agregadas son:

–l3cache: Habilita el nivel de caché L3.

–l3_size: Tamaño de la caché L3.

–l3_assoc: Asociatividad de la caché L3.

–l2_repl: Algoritmo de reemplazo para el nivel caché L2.

–l3_repl: Algoritmo de reemplazo para el nivel de caché L3.

–l1d_lat: Latencia de lectura/escritura para la caché de datos L1.

–l1i_lat: Latencia de lectura/escritura para la caché de instrucciones L1.

–l2_lat: Latencia de lectura/escritura para el nivel de caché L2.

–l3_lat_rd: Latencia de lectura para el nivel de caché L3.

–l3_lat_wr: Latencia de escritura para el nivel de caché L3.

–reuse_detector: Instancia un detector de reuso.

–rd_assoc: Asociatividad del detector de reuso.

–rd_size: Tamaño del detector de reuso.

–alg_type: Tipo de algoritmo a ser usado en el detector de reuso.

–l1i_enable_bank: Habilita la segmentación en bancos para la caché de instrucciones L1.

–l1d_enable_bank: Habilita la segmentación en bancos para la caché de datos L1.

–l2_enable_bank: Habilita la segmentación en bancos para el nivel de caché L2.

–l3_enable_bank: Habilita la segmentación en bancos para el nivel de caché L3.

–l1i_num_banks: Número de bancos para la caché de instrucciones L1.

–l1d_num_banks: Número de bancos para la caché de datos L1.

–l2_num_banks: Número de bancos para el nivel de caché L2.

–l3_num_banks: Número de bancos para el nivel de caché L3.

–l1i_intlv_bit: Intercalar el MSB de los bancos para la caché de instrucciones L1.

–l1d_intlv_bit: Intercalar el MSB de los bancos para la caché de datos L1.

–l2_intlv_bit: Intercalar el MSB de los bancos para el nivel de caché L2.

–l3_intlv_bit: Intercalar el MSB de los bancos para el nivel de caché L3.

Estadísticas

gem5 cuenta con un gran número de estadísticas que se calculan al ejecutar una simulación y que permiten al usuario tener una idea de cómo se comportó el sistema, y dada la naturaleza de este proyecto de modificar la arquitectura de gem5, se decidió agregar nuevas estadísticas que mostraran el efecto de los cambios realizados y ayudaran en el proceso de depuración. Algunas de estas estadísticas son:

- **overallReads:** Indica la cantidad total de solicitudes de lectura.
- **overallWrites:** Denota el monto final de peticiones de escritura.
- **inserted_blocks:** Muestra cuántos bloques se escriben en el objeto.

3.4 Mezclas

En la sección 2.8 se discutió el benchmark SPEC CPU 2006, el cual se adapta a las necesidades de este proyecto para evaluar el desempeño de los algoritmos desarrollados, sin embargo, dado que la caché L3 es una memoria compartida, es necesario ejecutar pruebas con múltiples núcleos para medir el impacto de dichos algoritmos.

Para cumplir lo anterior, se procedió a realizar mezclas con las pruebas del benchmark mencionado teniendo en cuenta el efecto de esas pruebas sobre el LLC. En [Rodríguez, 2016] el autor realizó un análisis de la cantidad de escrituras al LLC por cada 1000 instrucciones y categorizó las pruebas en tres tipos: alta, media y baja. Una prueba se considera *alta* si realiza más de ocho escrituras al último nivel de caché, en el caso de que realice entre una y ocho escrituras se cataloga como *media*, y finalmente se le asigna la etiqueta *baja* si realiza menos de una escritura por cada mil instrucciones simuladas. En la tabla 3.1 se listan algunas pruebas del benchmark SPEC CPU 2006 junto a su categoría.

Tabla 3.1: Cantidad de escrituras en el LLC por cada mil instrucciones simuladas [Rodríguez, 2016].

Cantidad de escrituras	**Pruebas de operaciones enteras**	**Pruebas de operaciones en punto flotantes**
Alta (H)	429.mcf, 462.libquantum	410.bwaves, 433.milc, 434.zeusmp, 436.cactusAMD, 437.leslie3d, 470.lbm
Media (M)	400.perlbench, 401.bzip2, 403.gcc, 445.gobmk, 456.hmmer, 473.astar, 483xalancbmk	450.soplex, 481.wrf
Baja (L)	464.h264ref, 471.omnetpp	435.gromacs, 444.namd, 454.calculix, 459.GemsFDTD, 465.tonto, 482.sphinx3

Con base en la table 3.1 se definieron los siguientes siete tipos de mezclas:

- **mix.L:** Compuesta de pruebas tipo L.
- **mix.M:** Compuesta de pruebas tipo M.
- **mix.H:** Compuesta de pruebas tipo H.
- **mix.ML:** Compuesta de pruebas tipo M y L.
- **mix.HL:** Compuesta de pruebas tipo H y L.

- **mix.HM:** Compuesta de pruebas tipo H y M
- **mix.HML:** Compuesta de pruebas tipo H, M y L.

Para cada tipo de mezcla se generaron cuatro versiones, lo cual permitió ejecutar simulaciones bajo 28 escenarios diferentes, los cuales se listan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Composición de cada una de las mezclas a utilizar.

Mezcla	**Códigos de las Pruebas (uno por núcleo)**
mix.L0	459, 482, 444, 454, 464, 465, 435, 471
mix.L1	459, 471, 444, 464, 471, 435, 465, 464
mix.L2	471, 435, 465, 464, 465, 444, 435, 464
mix.L3	471, 459, 465, 454, 465, 444, 435, 459
mix.M0	483, 445, 450, 473, 403, 400, 456, 481
mix.M1	483, 400, 450, 401, 481, 483, 403, 400
mix.M2	450, 483, 403, 400, 445, 450, 456, 445
mix.M3	400, 445, 481, 473, 481, 450, 403, 481
mix.H0	429, 433, 434, 436, 437, 470, 410, 462
mix.H1	436, 462, 429, 437, 436, 410, 437, 433
mix.H2	436, 410, 437, 433, 429, 433, 434, 462
mix.H3	429, 433, 434, 462, 470, 437, 410, 436
mix.ML0	483, 445, 450, 401, 459, 482, 444, 454
mix.ML1	473, 400, 456, 481, 464, 465, 435, 471
mix.ML2	483, 445, 403, 400, 459, 482, 435, 471
mix.ML3	450, 401, 456, 481, 464, 465, 444, 454
mix.HL0	436, 437, 462, 429, 459, 482, 444, 454
mix.HL1	434, 433, 470, 429, 464, 465, 435, 471
mix.HL2	462, 410, 433, 470, 459, 482, 464, 465
mix.HL3	437, 470, 436, 434, 444, 454, 435, 471
mix.HM0	436, 437, 462, 429, 483, 445, 450, 401
mix.HM1	434, 433, 470, 429, 481, 456, 400, 403
mix.HM2	462, 410, 433, 436, 450, 473, 445, 400
mix.HM3	437, 470, 436, 434, 445, 450, 403, 481
mix.HML0	436, 437, 410, 483, 445, 450, 459, 482
mix.HML1	462, 429, 470, 464, 473, 400, 444, 454
mix.HML2	433, 434, 436, 456, 481, 483, 464, 465
mix.HML3	429, 433, 437, 444, 450, 400, 435, 471

3.5 Scripts

Scripts de desarrollo

A partir de las opciones anteriores se crearon un grupo de archivos con las secuencias de comandos utilizadas, con el fin facilitar la ejecución de las simulaciones y la reproducción de resultados, estos se dividen principalmente en una versión base, otra que instancia el detector de reuso y una más que habilita la segmentación en bancos en el nivel de caché L3.

La versión base, que se muestra en el código 3.10 se utilizó como referencia para el desarrollo del proyecto, dado que permitió comparar las estadísticas y los mensajes de depuración obtenidos durante el flujo normal de una simulación.

```
# Runs a simple simulation with three levels of cache
./build/X86/gem5.opt ./configs/example/se.py --caches --l3cache
--l1d_size='64kB' --l1i_size='16kB' --l2_size='256kB'
--l3_size='1MB' -c ./tests/test-progs/hello/bin/x86/linux/hello32
```

Código 3.10: Simulación con tres niveles de caché.

La secuencia de comandos que se observa en el código 3.11 difiere del anterior principalmente en el uso de la opción *–reuse_detector*, la cual habilita al detector de reuso, además cuenta con opciones adicionales como *–mem-type* que permite indicar el tipo de MM a simular, *–cpu-clock* y *–sys-clock* que permiten definir la frecuencia del reloj del CPU y de la simulación, además el tipo de CPU se cambió *DerivO3CPU*, el cual cuenta con un modelo más preciso en cuanto a los ciclos de reloj que el modelo *TimingSimpleCPU*.

```
# Runs a simple simulation with three levels of cache and a
# reuse detector connected to L3.
# Bypass writes to L3 directly to MM
# Uses alg_type=1 (isClean) for RD
./build/X86/gem5.opt --debug-flags=LPCache,STTCache,ReuseDetector
./configs/example/se.py -n 1 --caches --l3cache --reuse_detector
--alg_type=1 --mem-type=DDR3_2133_8x8 --mem-size=1024MB
--l1d_size='256B' --l1i_size='256B' --l2_size='512B' --rd_size='32kB'
--l3_size='1MB' --l3_assoc=16 --l1d_assoc=4 --l1i_assoc=4 --l2_assoc=8
--rd_assoc=4 --cpu-type=DerivO3CPU --cpu-clock=2GHz --sys-clock=2GHz
--maxinsts=100000000 -c ./tests/test-progs/hello/bin/x86/linux/BM
```

Código 3.11: Simulación con tres niveles de caché y un detector de reuso con el algoritmo RD1.

En el código 3.12 se muestra el uso de las opciones para habilitar y configurar la segmentación en bancos para el nivel de caché L3. Cabe resaltar que aunque los resultados utilizando bancos fueron positivos con los diferentes programas utilizados en las simulaciones locales, esta funcionalidad no fue compatible con los distintos

benchmarks empleados para validar el proyecto (ver sección 2.8), y al no ser parte de los objetivos del mismo, se decidió prescindir de dichas opciones.

```
# Runs a simple simulation with three levels of cache
# Instances a Reuse Detector connected to L2 cache
# L3 cache is divided into banks
./build/X86/gem5.opt --debug-flags=LPCache,ReuseDetector,CacheBank
./configs/example/se.py --caches --l3cache --reuse_detector
--l1d_size='64kB' --l1i_size='16kB' --l2_size='256kB'
--l3_size='1MB' --l3_enable_bank --l3_num_banks='8'
--l3_intlv_bit='0' --cpu-type=TimingSimpleCPU -c
./tests/test-progs/hello/bin/x86/linux/hello
```

Código 3.12: Simulación con tres niveles de caché con el uso de bancos y un detector de reuso con el algoritmo RD0.

Scripts de ejecución

Las pruebas del benchmark SPEC CPU 2006 se ejecutaron en un clúster de la Universidad Complutense de Madrid, se utilizó la misma configuración para todas, descrita en el código 3.13, con la distinción de la opción *–cmd* entre una prueba y otra.

```
/scratch/rrodriguez/gem5/build/X86/gem5.opt --redirect-stdout
--stdout-file=/home/rrodriguez/resultsRDLic/nodet/logSim/gem5.stdout.
429.mcf.nodet.input.1.txt --redirect-stderr --stderr-file=/home/
rrodriguez/resultsRDLic/nodet/logSim/gem5.stderr.429.mcf.nodet.input.
1.txt  --outdir=/home/rrodriguez/resultsRDLic/nodet/ --stats-file=
stats.429.mcf.nodet.input.1.txt --dump-config=config.429.mcf.nodet.
input.1.ini --json-config=config.429.mcf.nodet.input.1.json --dot-
config=config.429.mcf.nodet.input.1.dot /scratch/rrodriguez/gem5/
configs/example/se.py --caches --l1d_size=64kB --l1d_assoc=4
--l1i_size=32kB --l1i_assoc=4 --l2_size=256kB --l2_assoc=8 --l3cache
--l3_size='1MB' --l3_assoc=16 --reuse_detector --rd_size=2048
--mem-type=DDR3_2133_8x8 --mem-size=8192MB --cpu-clock=2GHz
--sys-clock=2GHz --maxinsts=100000000 --cpu-type=DerivO3CPU
--cmd=/scratch/rrodriguez/spec2006All/mcf_base.rarr-static-gcc44-
64bit --options=/scratch/rrodriguez/spec2006All/inp.in --output=/home
/rrodriguez/resultsRDLic/nodet/logBench/429.mcf.input.1.nodet.out
--errout=/home/rrodriguez/resultsRDLic/nodet/logBench/429.mcf.input.
1.nodet.err
```

Código 3.13: Ejemplo de comandos utilizados para ejecutar los benchmarks.

Scripts de procesamiento

Dada la gran cantidad de datos obtenidos se tuvo la necesidad de desarrollar dos scripts para extraer e interpretar los resultados.

El primer script se encarga de buscar los parámetros de interés en cada uno de los archivos de resultados, además de asignarles un formato que permita su procesamiento posterior. Para esto se definió la lista de estadísticas de la tabla 3.3, donde aquellas que tienen un $*$ en el nombre son dependientes del número de núcleos que se haya utilizado, es decir, existe un valor diferente para cada uno de los procesadores.

Tabla 3.3: Lista de parámetros de interés.

Estadística a buscar	**Nombre asignado**
sim_insts	Sim Instr
sim_seconds	Sim seconds
system.cpu*.committedInsts	NumInstr CPU*
system.cpu*.ipc_total	IPC CPU*
system.cpu*.cpi_total	CPI CPU*
system.cpu*.dcache.ReadReq_hits::total	dL1 ReadReq Hits CPU*
system.cpu*.dcache.ReadReq_misses::total	dL1 ReadReq Misses CPU*
system.cpu*.dcache.WriteReq_hits::total	dL1 WriteReq Hits CPU*
system.cpu*.dcache.WriteReq_misses::total	dL1 WriteReq Misses CPU*
system.cpu*.dcache.inserted_blocks	dL1 Inserted Blocks CPU*
system.cpu*.dcache.overall_hits::total	dL1 Overall Hits CPU*
system.cpu*.dcache.overall_misses::total	dL1 Overall Misses CPU*
system.cpu*.dcache.overall_miss_rate::total	dL1 Overall Miss Rate CPU*
system.cpu*.dcache.writebacks::total	dL1 Writebacks CPU*
system.cpu*.icache.ReadReq_hits::total	iL1 ReadReq Hits CPU*
system.cpu*.icache.ReadReq_misses::total	iL1 ReadReq Misses CPU*
system.cpu*.icache.inserted_blocks	iL1 Inserted Blocks CPU*
system.cpu*.icache.overall_hits::total	iL1 Overall Hits CPU*
system.cpu*.icache.overall_misses::total	iL1 Overall Misses CPU*
system.cpu*.icache.overall_miss_rate::total	iL1 Overall Miss Rate CPU*
system.cpu*.icache.writebacks::total	iL1 Writebacks CPU*
system.cpu*.l2cache.inserted_blocks	L2 Inserted Blocks CPU*
system.cpu*.l2cache.overall_hits::total	L2 Overall Hits CPU*
system.cpu*.l2cache.overall_misses::total	L2 Overall Misses CPU*
system.cpu*.l2cache.overall_miss_rate::total	L2 Overall Miss Rate CPU*
system.cpu*.l2cache.writebacks::total	L2 Writebacks CPU*
system.l3.inserted_blocks	L3 Inserted Blocks
system.l3.overall_hits::total	L3 Overall Hits
system.l3.overall_misses::total	L3 Overall Misses
system.l3.overall_miss_rate::total	L3 Overall Miss Rate
system.l3.writebacks::total	L3 Writebacks
system.mem_ctrls.num_reads::total	MM Reads

Tabla 3.3 – *Continuación de la página anterior*

system.mem_ctrls.num_writes::total	MM Writes

En el extracto del script mostrado en el código 3.14 se ilustra cómo se busca cada uno de los parámetros de la tabla 3.3 para cada algoritmo (No RD, RD0 y RD1) y para cada mezcla o prueba que se ejecutó.

Cabe mencionar que para el caso de las pruebas individuales (un único núcleo) no se ejecutaron todas las pruebas del benchmark SPEC CPU 2006 descritas en las tablas 2.5 y 2.6, de ellas únicamente se ejecutaron las siguientes por disponibilidad de las mismas: 400.perlbench, 401.bzip2, 403.gcc, 410.bwaves, 429.mcf, 433.milc, 434.zeusmp, 435.gromacs, 436.cactusADM, 437.leslie3d, 444.namd, 445.gobmk, 450.soplex, 454.calculix, 456.hmmer, 459.GemsFDTD, 462.libquantum, 464.h264ref, 465.tonto, 470.lbm, 471.omnetpp, 473.astar, 481.wrf, 482.sphinx3 y 483.xalancbmk.

```
for fOut in range(len(pathArray)):
  path=pathArray[fOut]
  for i in range(len(benchmark)): #for each bechmark in the spec
    sectionCounter=0
    # Initialize data2Graph in case file or param doesn't exist
    for pOut in range(len(parameterArray)):
      data2Graph.append([])
      data2Graph[fOut*len(benchmark)*len(parameterArray)+
        i*len(parameterArray)+pOut].extend(
          [benchmark[i], reppolArrayName[fOut],
          parameterNameArray[pOut], 0])
      data_file = path+fileSearch+'.'+benchmark[i]+'.'
        +reppolArray[fOut]+'.txt'
      if os.path.exists(data_file):
        # Read the file and split it in a list of lines
        file = open(data_file, "r")
        spec_results = file.read().split('\n')
        file.close()
        for data in spec_results:
          if re.search(sectionSeparator, data):
            sectionCounter += 1
          if (sectionCounter == sectionToAnalyze):
            for pOut in range(len(parameterArray)):
              #find the parameter to graph
              if re.search(parameterArray[pOut], data):
                #eparate each token in the list
                data_line = re.compile(r"\s+").split(data)
                for o in range(len(data_line)):
                  reg_exp = re.compile(r"%")
                  result2graph = reg_exp.split(data_line[o])
                  for n in range(len(result2graph)):
                    if is_number(result2graph[n]):
                      # Removes init value then adds the real value
                      data2Graph[fOut*len(benchmark)*
```

```
                        len(parameterArray)+
                        i*len(parameterArray)+pOut].pop()
                    data2Graph[fOut*len(benchmark)*
                        len(parameterArray)+
                        i*len(parameterArray)+pOut]
                        .append(float(result2graph[n]))
            break
```

Código 3.14: Extracto del script encargado de obtener los datos de interés de los archivos con los resultados.

El segundo script tiene como entrada un archivo CSV generado por el programa anterior, y mediante la librería Pandas, de Python, crea una tabla pivote por parámetro que muestra su valor para cada una de las mezclas/pruebas y de los algoritmos simulados, además de generar una tabla adicional con los valores normalizados con base en el algoritmo No RD y finalmente calcula tanto la media aritmética como la media geométrica por parámetro y por algoritmo.

Lo anterior se ejemplifica en el capítulo 4, mientras que un extracto del script se muestra en el código 3.15.

```
# The parameters will be obtained from 'parameter' column of CSV
parameters = df.parameter.unique()
if (unify_cpu):
  unify_parameters = []
  for i_param in parameters:
    if("CPU" not in i_param):
      unify_parameters.append(i_param)
    else:
      i_param_split = i_param.split(" ").pop()
      i_param_joined = " ".i_param_joined.join(i_param_split)

    if (not i_param_joined in unify_parameters):
      unify_parameters.append(i_param_joined)
  parameters = unify_parameters

# We are gonna create a sheet per parameter
for param in parameters:
  df_per_param = df[(df.parameter.str.contains(param))]
  pivot_table = pd.pivot_table(df_per_param, index=['benchmark'],
    columns=['policy'])
  # Write the pivot table generated to the excel file
  pivot_table.to_excel(writer, sheet_name=param)

  # Create pivot_table_norm which will be pivot_table normalized
  pivot_table_norm = deepcopy(pivot_table)
  col_base = pivot_table['value', policy_base]

  mean_l = []
  gmean_l = []
```

```
for policy in pivot_table_norm['value']:
  # Divide each column by col_base previously defined
  pivot_table_norm['value', policy] =
    pivot_table_norm['value', policy].div(col_base)
  # Store the mean and gmean for each policy
  mean_l.append(pivot_table_norm['value', policy].mean())
  gmean_l.append(gmean(pivot_table_norm['value', policy].values))

# Add mean and gmean lists to the table as new rows
pivot_table_norm.loc['mean'] = mean_l
pivot_table_norm.loc['gmean'] = gmean_l
```

Código 3.15: Extracto del script que genera las tablas pivote.

4 Resultados

4.1 Resultados de las simulaciones de pruebas

Tabla 4.1: Instrucciones simuladas para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Benchmark			
401.bzip2	1000000006	1000000006	1000000006
410.bwaves	1000000000	1000000000	1000000000
429.mcf	1000000000	1000000003	1000000000
433.milc	1000000003	1000000003	1000000003
434.zeusmp	269195790	269195790	269195790
435.gromacs	1000000000	1000000000	1000000000
437.leslie3d	1000000002	1000000002	1000000002
444.namd	1000000000	1000000000	1000000000
454.calculix	1000000000	1000000001	1000000005
456.hmmer	51179	51179	51179
459.GemsFDTD	1000000001	1000000001	1000000001
462.libquantum	38025007	38025007	38025007
464.h264ref	277697	277697	277697
465.tonto	227301	227301	227301
470.lbm	1000000001	1000000001	1000000001
481.wrf	375186532	375186532	375186532
482.sphinx3	1000000000	1000000000	1000000000
483.xalancbmk	71253917	71253917	71253917

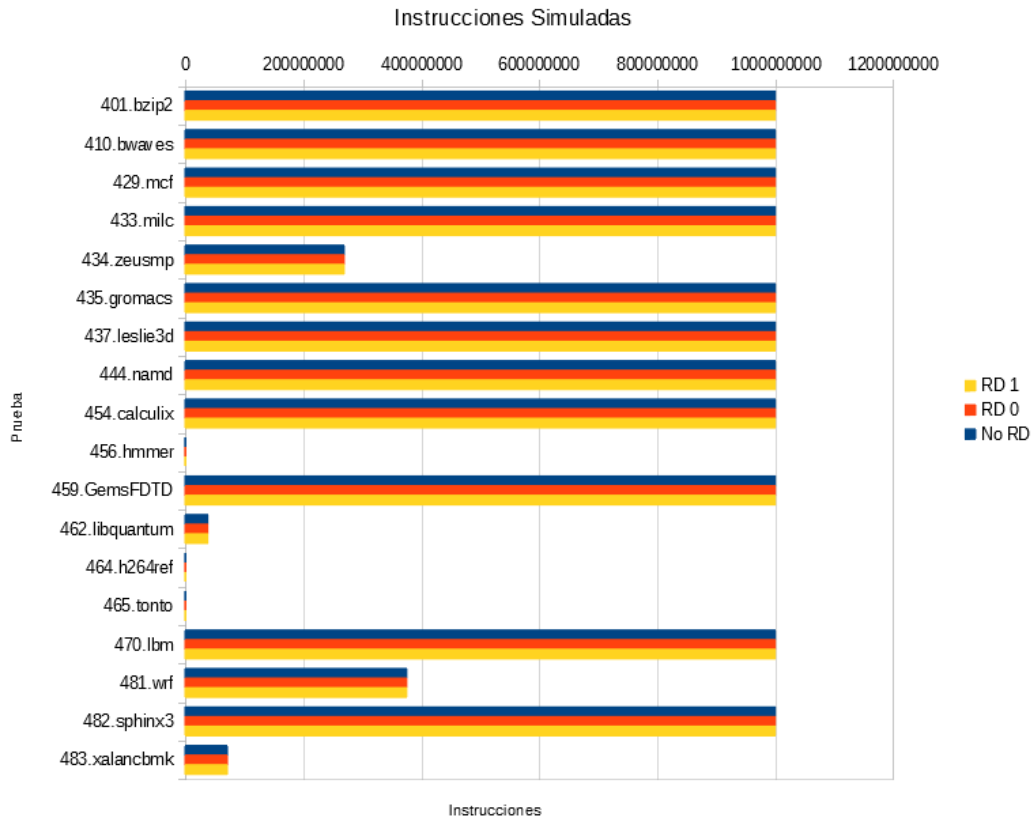

Figura 4.1: Instrucciones simuladas para cada prueba.

Tabla 4.2: Instrucciones simuladas normalizada para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1	1
410.bwaves	1	1	1
429.mcf	1	1.000000003	1
433.milc	1	1	1
434.zeusmp	1	1	1
435.gromacs	1	1	1
437.leslie3d	1	1	1
444.namd	1	1	1
454.calculix	1	1.000000001	1.000000005
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1	1
462.libquantum	1	1	1
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1	1
481.wrf	1	1	1
482.sphinx3	1	1	1
483.xalancbmk	1	1	1
Promedio	1	1.00000000022222	1.00000000027778
Media Geométrica	1	1.00000000022222	1.00000000027778

Tabla 4.3: Instrucciones por ciclo normalizada para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1.00274565067281	0.996459220537249
410.bwaves	1	0.999567600416038	0.999567600416038
429.mcf	1	1.06694939328761	1.06152347713161
433.milc	1	0.998858124409797	1.00857877820713
434.zeusmp	1	0.959302440232169	0.959376937757318
435.gromacs	1	1.00357962512434	0.970373527402596
437.leslie3d	1	0.979820031668754	0.985749060572401
444.namd	1	0.998830735696729	1.00333149262234
454.calculix	1	0.994630630380643	0.991974850446176
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0.999518349995379	1.00029029469804
462.libquantum	1	0.971290783363839	0.514459447062986
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	0.999808582707528	0.999808582707528
470.lbm	1	0.997762964636764	0.997770496742364
481.wrf	1	0.986364778697962	1.0075207041455
482.sphinx3	1	0.994104464185897	0.998232005585322
483.xalancbmk	1	0.996079378620606	0.95913087307826
Promedio	1	0.997178529672048	0.969674852728493
Media Geométrica	1	0.996973596252613	0.960301739870631

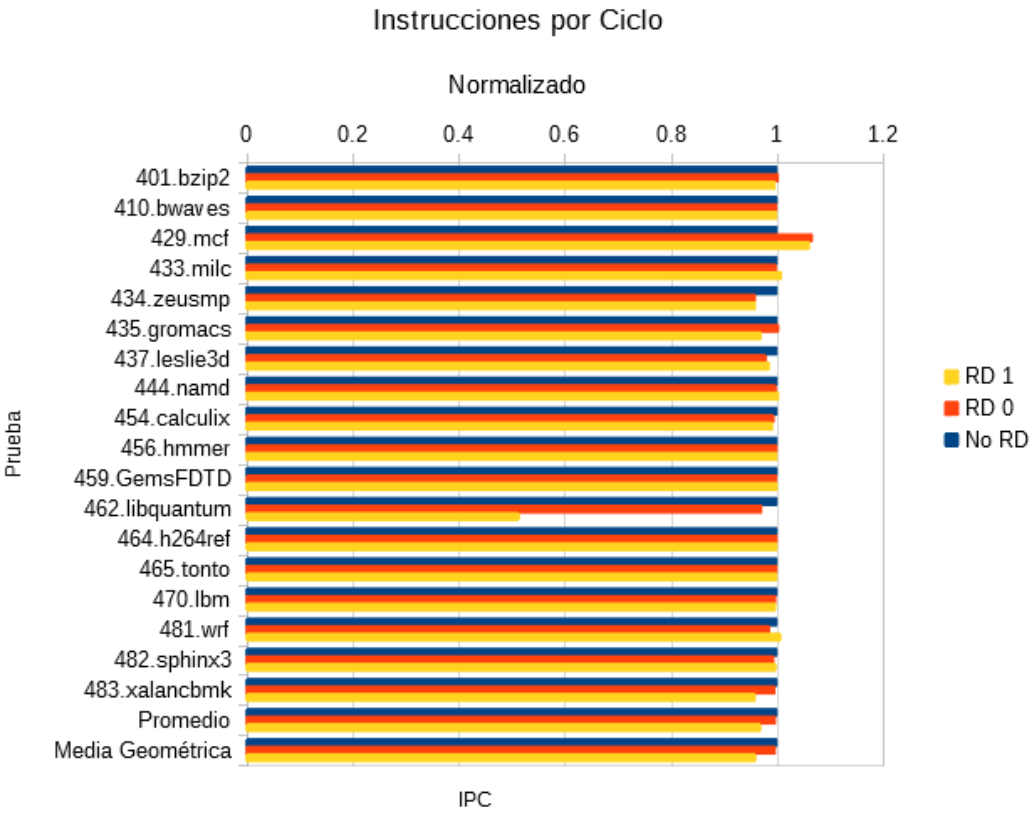

Figura 4.2: Instrucciones por ciclo normalizada para cada prueba.

Tabla 4.4: Ciclos por instrucción normalizado para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0.997261909211021	1.00355369230059
410.bwaves	1	1.00043383480187	1.00043203785298
429.mcf	1	0.937252665910352	0.942043123730372
433.milc	1	1.00114269400282	0.991492960762272
434.zeusmp	1	1.04242286772069	1.04234299938022
435.gromacs	1	0.99643272917579	1.03053140586784
437.leslie3d	1	1.02059595020332	1.01445785334847
444.namd	1	1.00117087821357	0.99668091029261
454.calculix	1	1.00539787838557	1.0080903307833
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1.00048195164664	0.999709357403936
462.libquantum	1	1.02955854478193	1.94378908861154
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1.00019032740278	1.00019032740278
470.lbm	1	1.00224053428697	1.00222911653699
481.wrf	1	1.01382324080482	0.992534868222373
482.sphinx3	1	1.00593085041723	1.00177074582031
483.xalancbmk	1	1.00393630857909	1.04261182955268
Promedio	1	1.0032373980858	1.05624781377052
Media Geométrica	1	1.00303552236451	1.04133913684939

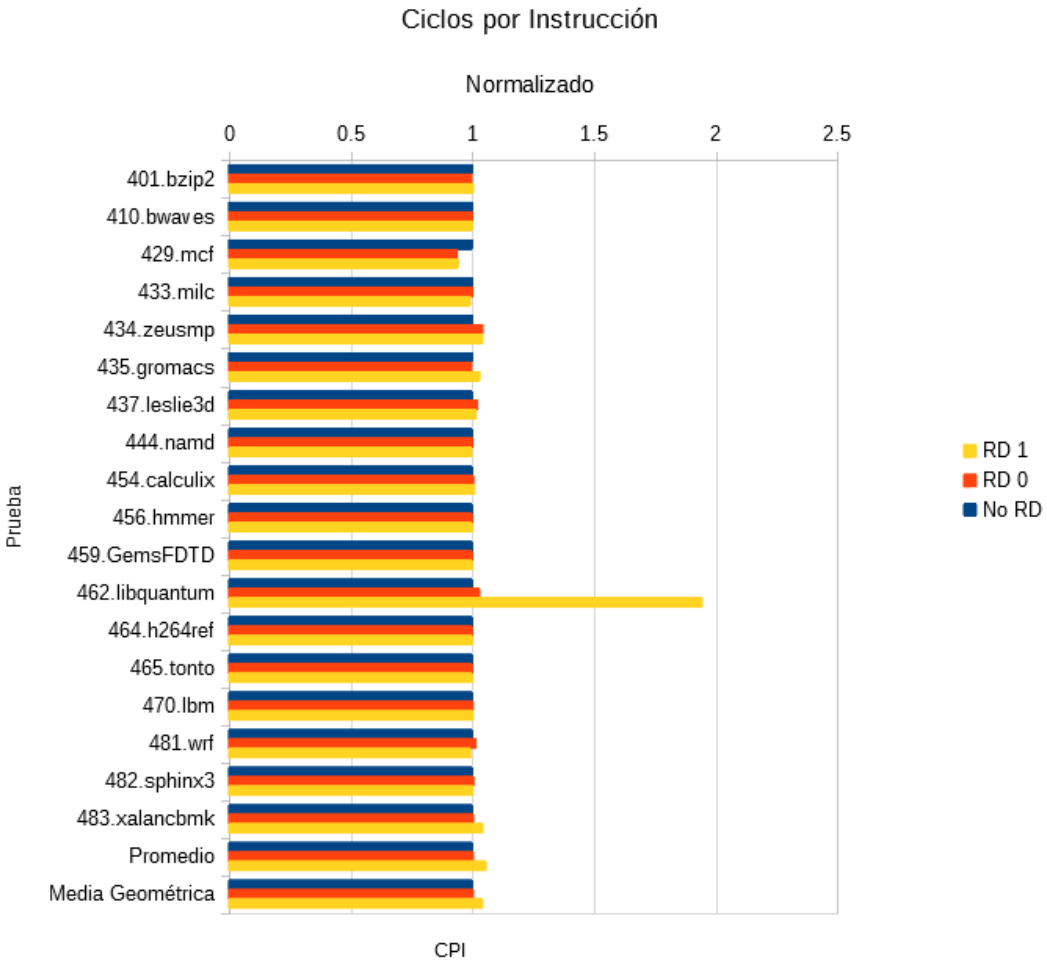

Figura 4.3: Ciclos por instrucción normalizados para cada prueba.

Tabla 4.5: Bloques insertados en L3 normalizados para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0.094958110633833	0.073658884480441
410.bwaves	1	7.92093481288475E-07	1.38616359225483E-06
429.mcf	1	0.021720217635372	0.030176435140338
433.milc	1	0.001477518964624	0.039157498837718
434.zeusmp	1	0.000152877076287	2.81153243746976E-05
435.gromacs	1	0.246049904221296	0.119795782427194
437.leslie3d	1	0.000693853561071	0.011004773224049
444.namd	1	0.000551047367428	0.000475561426684
454.calculix	1	0.158587070627418	0.102388061966547
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	1	0.061018658598084	0.01285930408472
462.libquantum	1	0.978001182732111	0.002720283855707
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	-	-	-
470.lbm	1	6.44880684014623E-08	5.77168212193088E-06
481.wrf	1	0.005101564872935	0.006549346595213
482.sphinx3	1	0.000472316471314	0.000481955582973
483.xalancbmk	1	0.682666286853724	0.461045435123202
Promedio	1	0.140715716637315	0.05377178724468
Media Geométrica	1	0.003182840046409	0.003314376177451

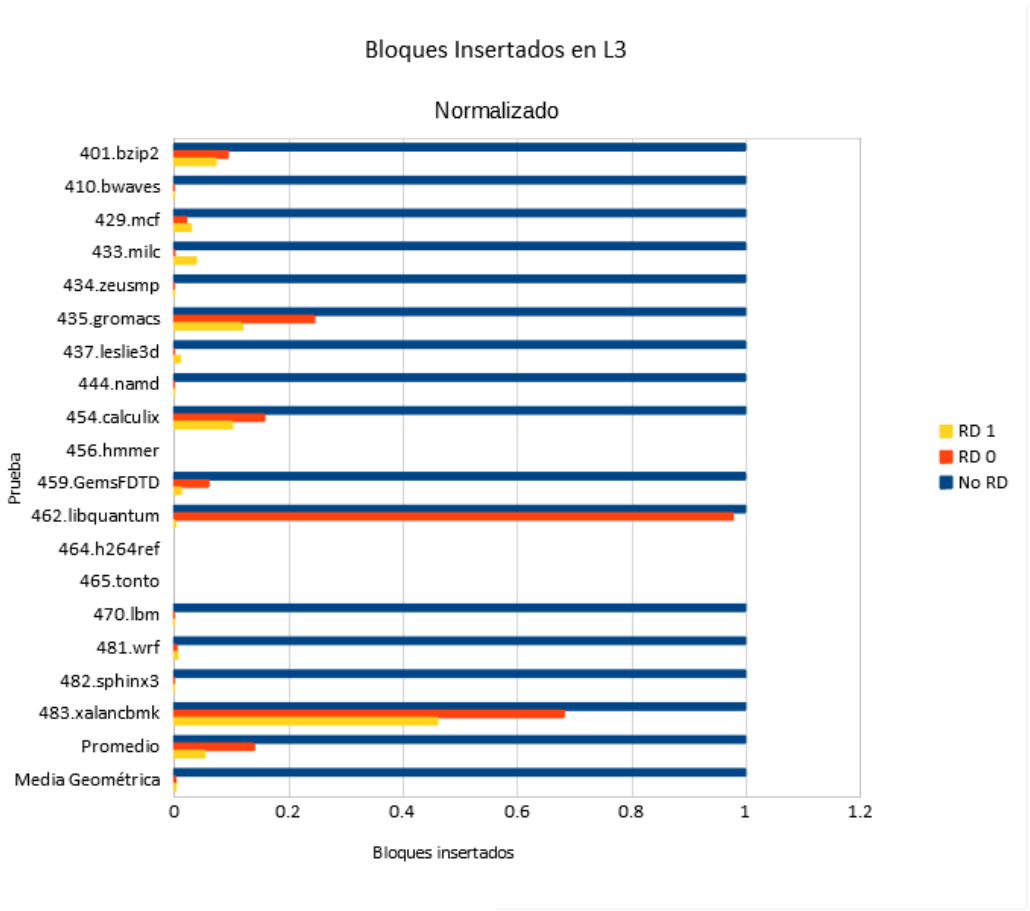

Figura 4.4: Bloques insertados en L3 normalizados para cada prueba.

Tabla 4.6: Overall Hits en L3 normalizado para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1.0399520512966	0.932972535890598
410.bwaves	1	0.18694409787902	0.077232663903087
429.mcf	1	1.2754211966435	1.25393674105988
433.milc	1	0.730707103706124	1.99749537188283
434.zeusmp	1	0.001636718205878	0.000752193898872
435.gromacs	1	0.864006423545982	0.571923312338342
437.leslie3d	1	0.350252675623091	0.625824817936626
444.namd	1	0.036468330134357	0.050863723608445
454.calculix	1	0.494983785479884	0.299677165679795
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	1	0.006846556584776	0.006846556584776
462.libquantum	1	0.963473053892216	0.000774674427369
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	-	-	-
470.lbm	1	0.361413043478261	1.57065217391304
481.wrf	1	0.321727954211619	0.759528693714228
482.sphinx3	1	0.094235033259424	0.002217294900222
483.xalancbmk	1	0.55566311713456	0.049796708615683
Promedio	1	0.455233196317206	0.512530914272112
Media Geométrica	1	0.219772181583659	0.106285330897432

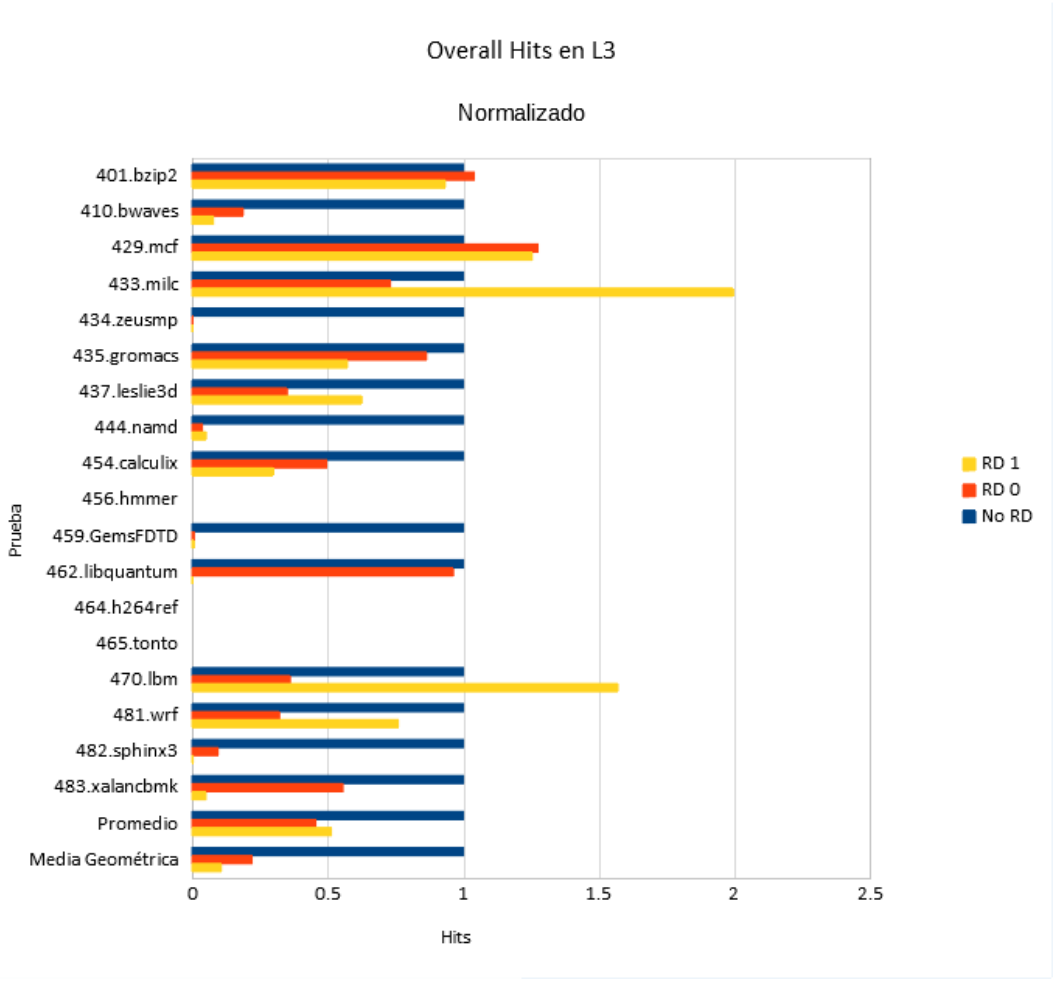

Figura 4.5: Overall Hits en L3 normalizado para cada prueba.

Tabla 4.7: Overall Misses en L3 normalizado para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0	0
410.bwaves	1	0	0
429.mcf	1	0	0
433.milc	1	0	0
434.zeusmp	1	0	0
435.gromacs	1	0	0
437.leslie3d	1	0	0
444.namd	1	0	0
454.calculix	1	0	0
456.hmmer	1	0	0
459.GemsFDTD	1	0	0
462.libquantum	1	0	0
464.h264ref	1	0	0
465.tonto	1	0	0
470.lbm	1	0	0
481.wrf	1	0	0
482.sphinx3	1	0	0
483.xalancbmk	1	0	0
Promedio	1	0	0
Media Geométrica	1	0	0

Tabla 4.8: Lecturas a memoria principal normalizado para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0.988820561917737	1.01952146571582
410.bwaves	1	1.00109664598694	1.00124500871034
429.mcf	1	0.922898896751368	0.928886058327419
433.milc	1	1.00539552841389	0.980009256699741
434.zeusmp	1	1.10413801035078	1.10422880663418
435.gromacs	1	1.11493746716887	1.36428084450058
437.leslie3d	1	1.04150456089489	1.02384682803782
444.namd	1	1.00727694123744	1.0071473814528
454.calculix	1	1.27118854592193	1.37575055434296
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1.2891608803107	1.2891608803107
462.libquantum	1	1.89070480081716	25.3750766087845
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1.00098007187194	1.00098007187194
470.lbm	1	1.00001758769366	0.999996458853626
481.wrf	1	1.07560909820137	1.02683110764642
482.sphinx3	1	1.00763085242404	1.00840452476159
483.xalancbmk	1	1.10996744542321	1.23494829567216
Promedio	1	1.10174043863255	2.43001745290681
Media Geométrica	1	1.08614889453702	1.27838023936095

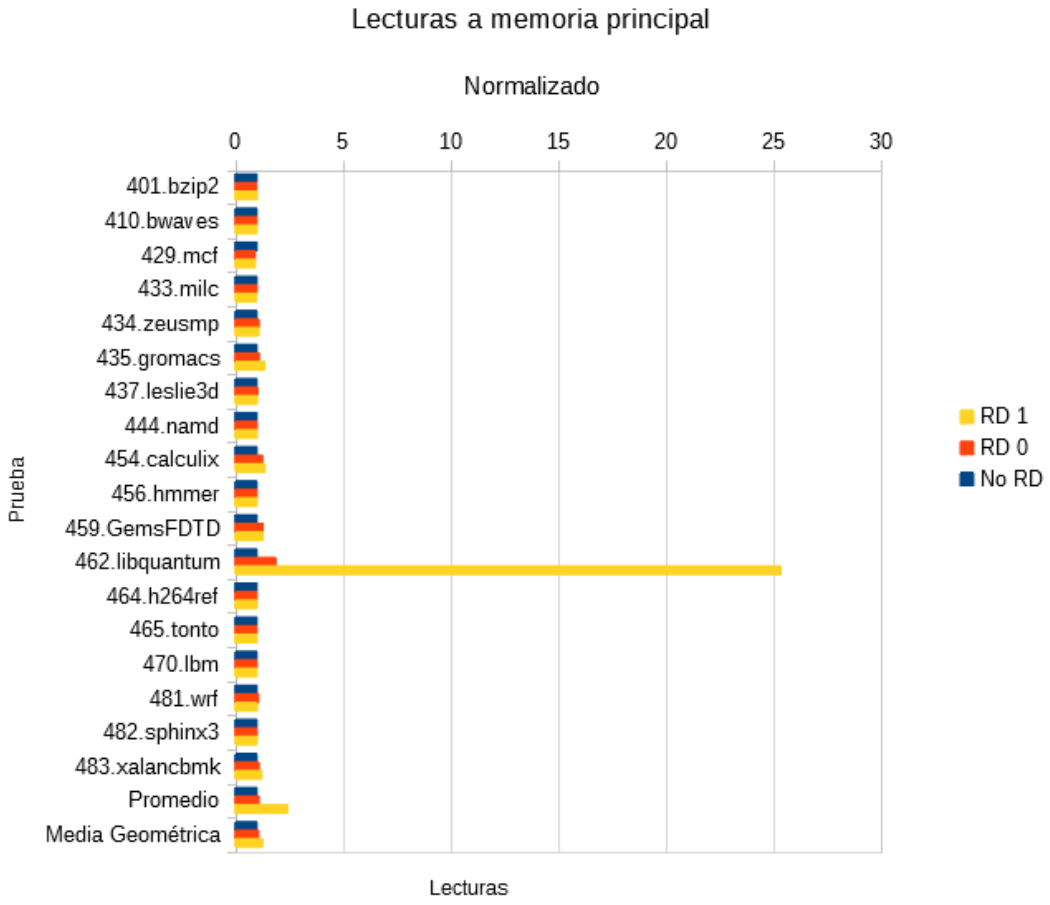

Figura 4.6: Lecturas a memoria principal normalizado para cada prueba.

Tabla 4.9: Escrituras a memoria principal normalizado para cada prueba.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0.973153978005566	1.15482231348856
410.bwaves	1	1.00162514273428	1.00189816512688
429.mcf	1	0.597355734065845	0.596169404389252
433.milc	1	0.984846954261315	0.956892691083722
434.zeusmp	1	1.01068153403412	1.01082997902845
435.gromacs	1	1.29213897050339	2.23183645934119
437.leslie3d	1	1.01067735687457	1.00196678432667
444.namd	1	1.14121650728009	1.14132850865857
454.calculix	1	1.2026093424835	1.24209189988942
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	-	-	-
462.libquantum	-	-	-
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	-	-	-
470.lbm	1	1.00052869482449	1.0005055313583
481.wrf	1	1.00226048734626	0.974285917262082
482.sphinx3	1	1.18874714896446	1.18969844926589
483.xalancbmk	-	-	-
Promedio	1	1.03382015428149	1.12519384193492
Media Geométrica	1	1.01796944660137	1.07763756967995

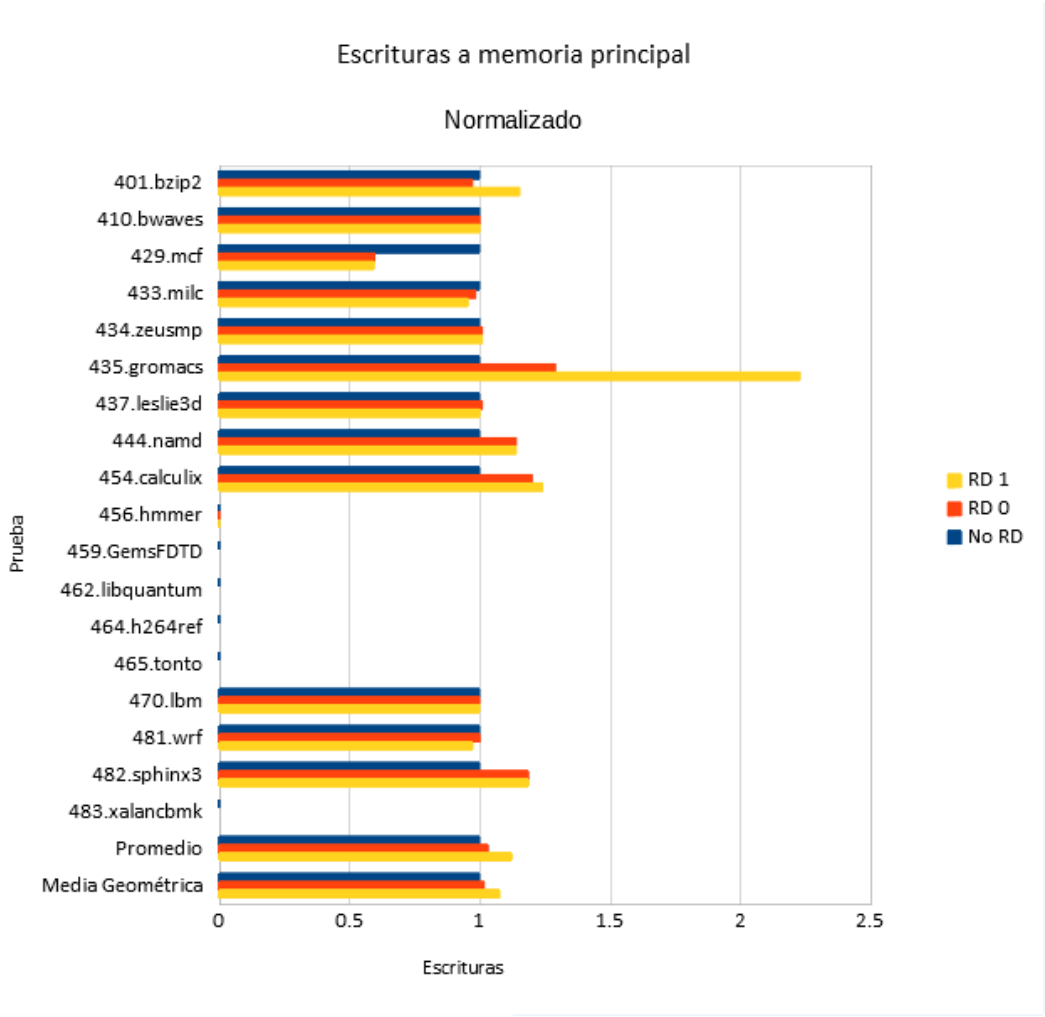

Figura 4.7: Escrituras a memoria principal normalizado para cada prueba.

4.2 Resultados de las simulaciones de mezclas

Tabla 4.10: Instrucciones simuladas para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	3120968737	3145318027	3140097742
mix.H1	3814516921	3843829279	3839855036
mix.H2	4080012654	4090954906	4086417225
mix.H3	3120255783	3144106653	3139391098
mix.HL0	4323825822	4312155720	4344169662
mix.HL1	3890077238	3930612021	3899705864
mix.HL2	3031078878	3050577145	2392218071
mix.HL3	4320632417	4396425445	4319867939
mix.HM0	3711972465	3702433039	3714055049
mix.HM1	2358527730	2379269114	2372890548
mix.HM2	3721745312	3714153574	3722011577
mix.HM3	2786212293	2777299028	2789270488
mix.HML0	3360785681	3422704609	3391677022
mix.HML1	2841745402	2890055776	2872664154
mix.HML2	3023119687	3036446716	3038750558
mix.HML3	4731148288	4813873518	4778112693
mix.L0	5191770030	5186036400	5167395241
mix.L1	5177377141	5184832749	5175403833
mix.L2	4498449648	4460313705	4387818819
mix.L3	4886023962	4258487571	4854919393
mix.M0	1964238243	1964238243	1964238243
mix.M1	2660109167	2660171431	2660168251
mix.M2	2892952034	2892878131	2892873801
mix.M3	2643307195	2643307195	2643307195
mix.ML0	5052574667	5103801214	5076693459
mix.ML1	3753490532	3738077590	3711284201
mix.ML2	4153393543	4141267770	4127587439
mix.ML3	3363079298	3414048476	2789945267

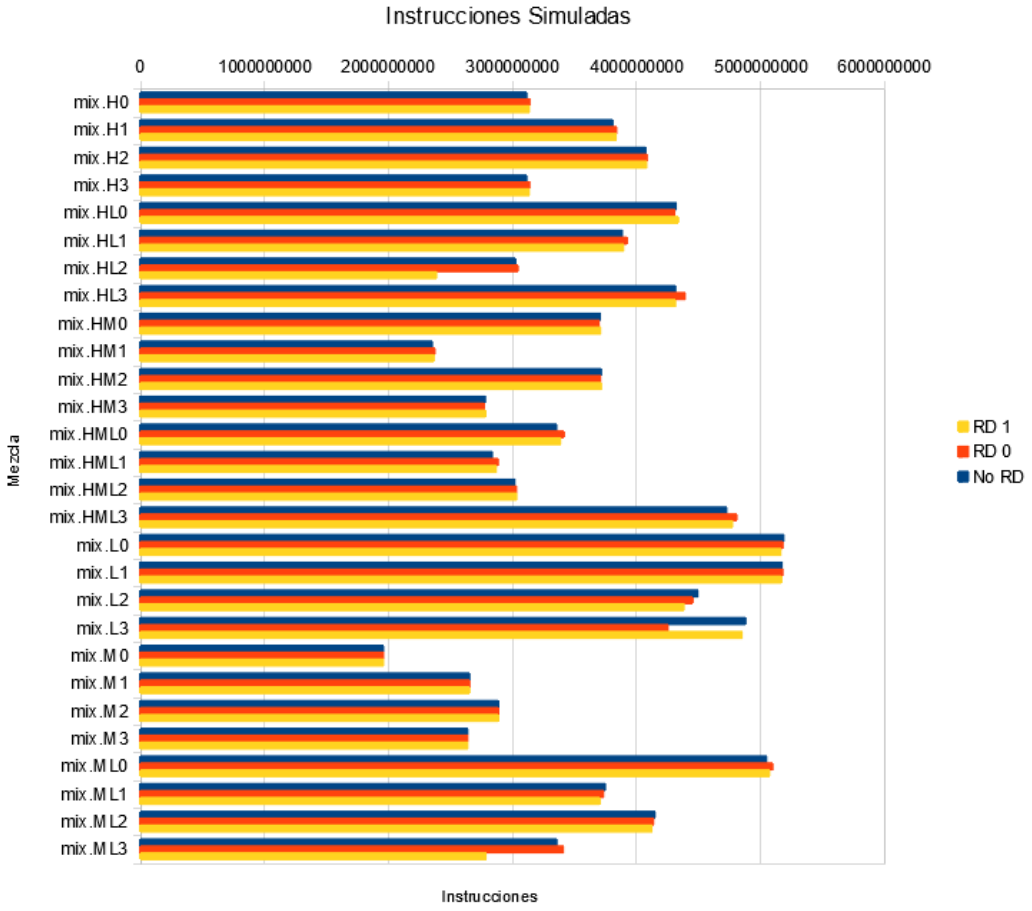

Figura 4.8: Instrucciones simuladas para cada mezcla.

Tabla 4.11: Instrucciones simuladas normalizadas para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1.00780183720245	1.00612918827838
mix.H1	1	1.0076844220663	1.00664254885344
mix.H2	1	1.00268191619192	1.00156974292561
mix.H3	1	1.00764388295663	1.00613261101999
mix.HL0	1	0.997300977772828	1.00470505539249
mix.HL1	1	1.01042004580373	1.00247517604688
mix.HL2	1	1.00643278112672	0.789229897104644
mix.HL3	1	1.01754211436774	0.999823063402248
mix.HM0	1	0.997430092467025	1.00056104511002
mix.HM1	1	1.00879420824109	1.00608973887282
mix.HM2	1	0.997960167243169	1.00007154304706
mix.HM3	1	0.99680093831242	1.00109761736666
mix.HML0	1	1.01842394424317	1.009191702159
mix.HML1	1	1.01700024708969	1.01088019777502
mix.HML2	1	1.0044083696247	1.00517044398448
mix.HML3	1	1.01748523296339	1.00992663982212
mix.L0	1	0.998895630976166	0.99530511003778
mix.L1	1	1.00144003571634	0.999618859521673
mix.L2	1	0.991522425283352	0.975406898452407
mix.L3	1	0.871565019762382	0.993633971253127
mix.M0	1	1	1
mix.M1	1	1.00002340655819	1.00002221111853
mix.M2	1	0.999974454121903	0.999972957380876
mix.M3	1	1	1
mix.ML0	1	1.01013870162762	1.00477356468525
mix.ML1	1	0.995893704308404	0.988755444927815
mix.ML2	1	0.997080514313305	0.993786742399238
mix.ML3	1	1.01515550883094	0.829580577733972
Promedio	1	0.999910734970413	0.987162591023982
Media Geométrica	1	0.999550551715012	0.985728497832349

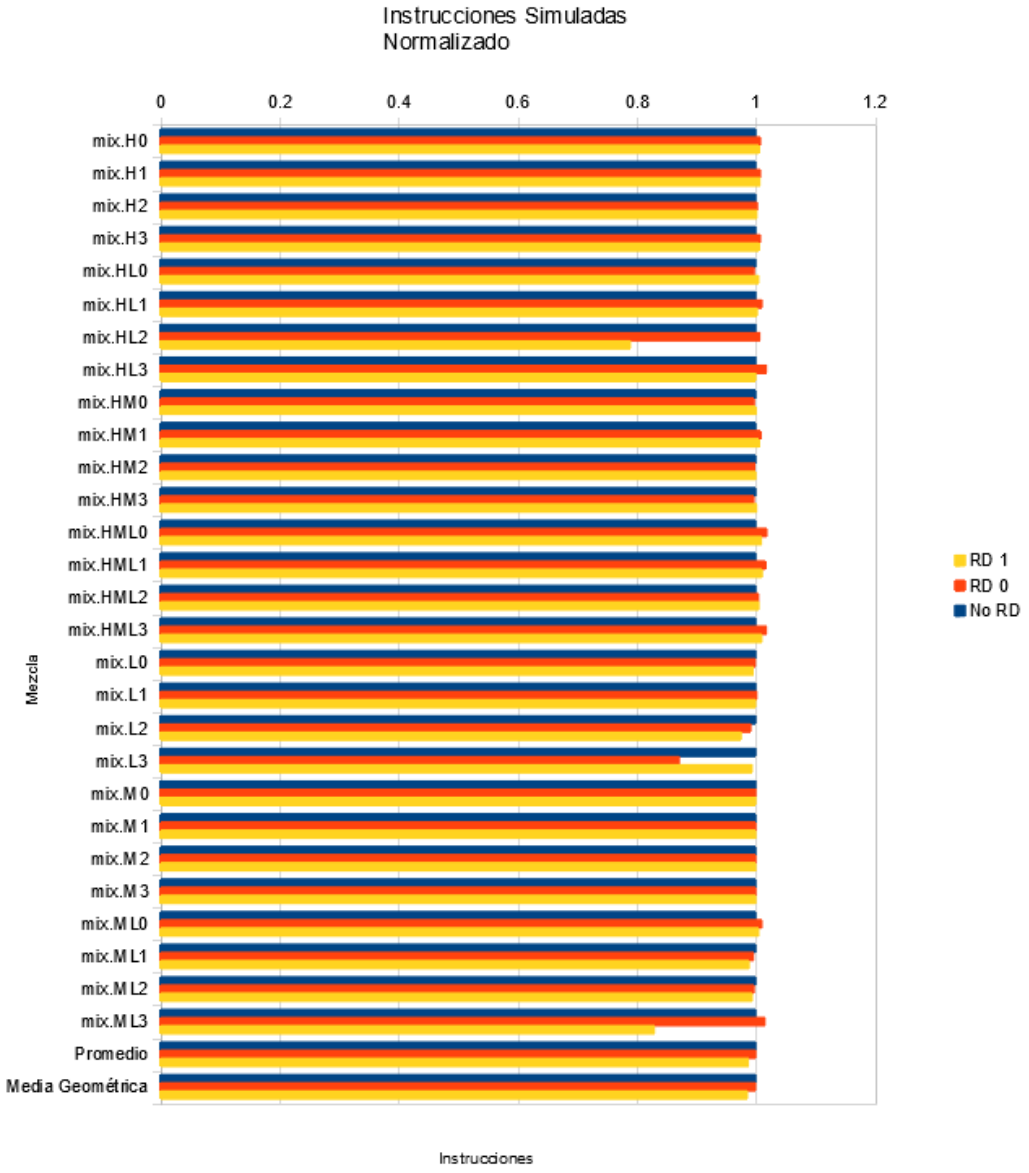

Figura 4.9: Instrucciones simuladas normalizadas para cada mezcla.

Tabla 4.12: Instrucciones por ciclo normalizada para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1.28848744951707	1.01677237392795
mix.H1	1	1.19890956564208	0.957543736342176
mix.H2	1	1.13684347057993	0.934850280918247
mix.H3	1	1.2940952290735	1.02373863425557
mix.HL0	1	1.00765939990454	0.919857517151222
mix.HL1	1	1.01664902085833	1.00598500626597
mix.HL2	1	0.999074799958328	0.769661715413001
mix.HL3	1	1.01094174347637	1.0062994572595
mix.HM0	1	1.09015433846242	0.962563337179551
mix.HM1	1	1.02776004770555	1.01424540751252
mix.HM2	1	1.03728875008746	0.918822755117652
mix.HM3	1	1.03296892924998	1.03105118718687
mix.HML0	1	1.01728865948607	1.00573314825519
mix.HML1	1	1.02725591546411	0.919318143609526
mix.HML2	1	1.01367815703569	0.999680898985135
mix.HML3	1	1.0195458587918	1.00267130320058
mix.L0	1	0.996097175820933	0.99258552396714
mix.L1	1	0.998316102810239	0.996004815522419
mix.L2	1	1.00017435569753	0.989138567909605
mix.L3	1	0.901860166589121	0.994849229541129
mix.M0	1	1.01989366268791	0.9928535612544
mix.M1	1	1.01273062240722	0.987593347681821
mix.M2	1	1.01673183128345	0.993886269082864
mix.M3	1	1.02299972068965	0.998895584859418
mix.ML0	1	1.01003953826496	0.998919275598913
mix.ML1	1	1.00819853574038	0.993370452901558
mix.ML2	1	1.00885410458134	0.989919899241147
mix.ML3	1	1.00905200604605	0.880043451600254
Promedio	1	1.04369818421114	0.974887674347905
Media Geométrica	1	1.04057720721355	0.973292562797685

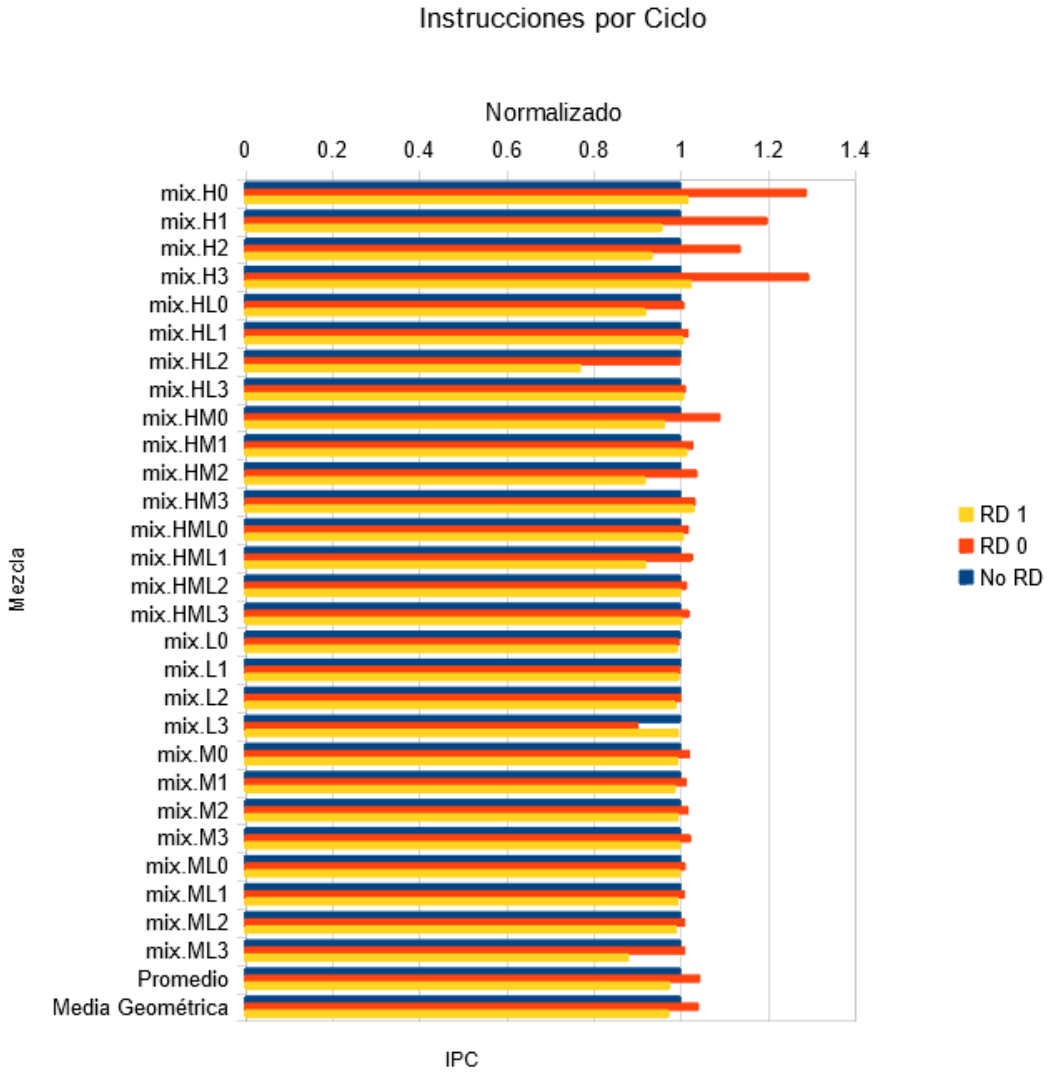

Figura 4.10: Instrucciones por ciclo normalizada para cada mezcla.

Tabla 4.13: Ciclos por instrucción normalizados para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0.968339826803167	0.993893266950203
mix.H1	1	0.961881695846354	1.00178442071038
mix.H2	1	0.976932656209329	1.02143607835392
mix.H3	1	0.967338915325547	0.991756838768421
mix.HL0	1	0.990718716080489	1.07580373894316
mix.HL1	1	0.989481729373178	0.993753854933538
mix.HL2	1	1.00562301216204	1.12337033173034
mix.HL3	1	0.994950548123886	0.997692667714374
mix.HM0	1	0.951808784979036	1.04164532999334
mix.HM1	1	0.988736291975609	0.991817865067584
mix.HM2	1	0.985993993955463	1.01939185555982
mix.HM3	1	0.990121481310958	0.987414237464852
mix.HML0	1	0.993360977699441	0.99499467445699
mix.HML1	1	0.989587319340608	1.02829951427349
mix.HML2	1	0.99044896652093	0.9946398993038
mix.HML3	1	0.98751178186056	0.997789528834747
mix.L0	1	1.0009777758617	1.00198897995798
mix.L1	1	1.00262799588746	1.00247410660386
mix.L2	1	0.999921562258172	1.00320585024881
mix.L3	1	1.20699709028586	1.00129122782289
mix.M0	1	0.997258235662211	1.00364560830274
mix.M1	1	0.992815224664661	1.00344071035886
mix.M2	1	1.00054028824479	1.00591663149314
mix.M3	1	0.991344633956596	1.00177496736499
mix.ML0	1	0.988185978167851	0.998555812105874
mix.ML1	1	1.0022933045469	1.00666114907878
mix.ML2	1	0.996142249836963	1.00377067513974
mix.ML3	1	1.00914584223026	1.30055990782314
Promedio	1	0.997181674256072	1.02102749033428
Media Geométrica	1	0.996371529292052	1.01944705663108

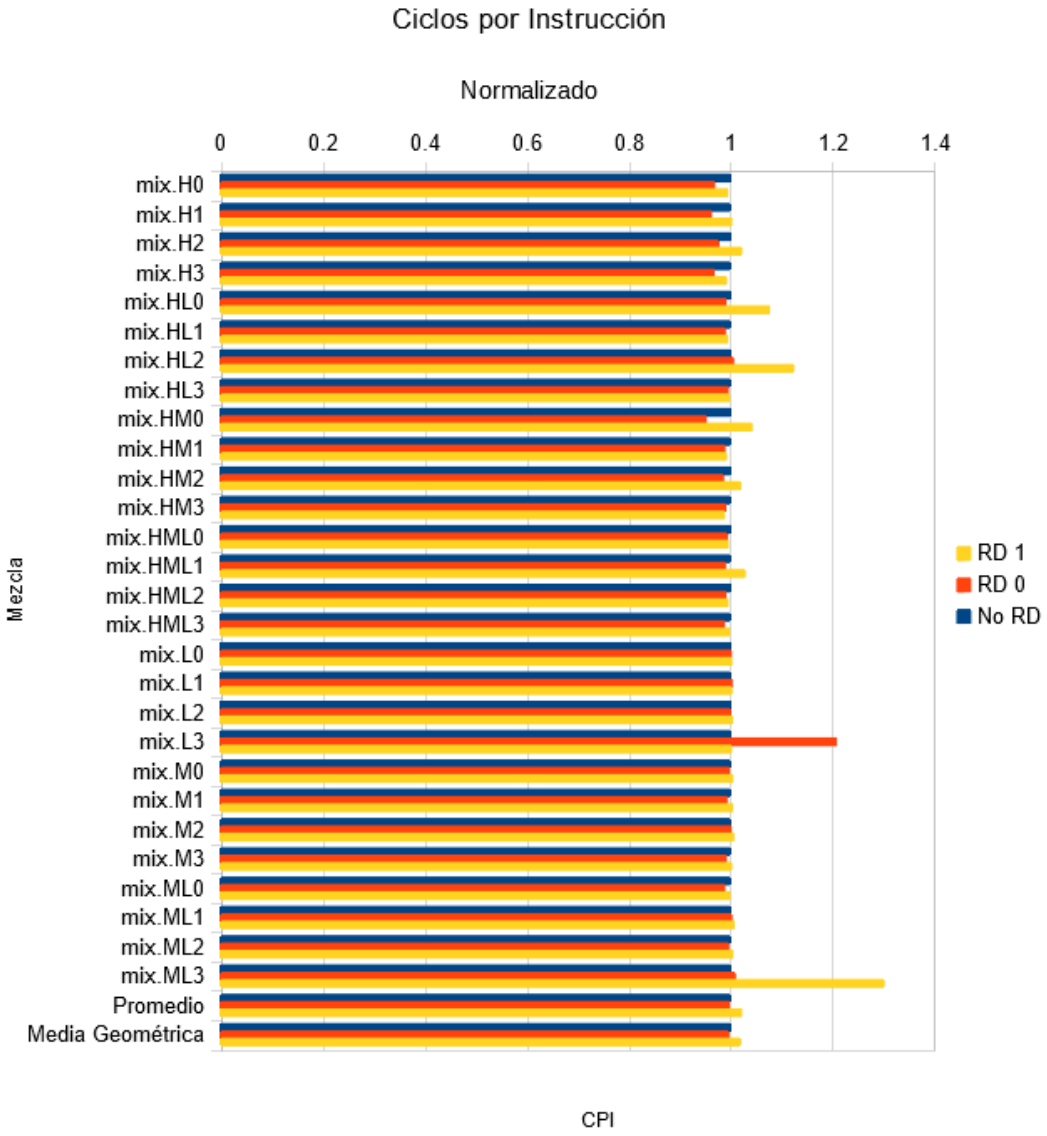

Figura 4.11: Ciclos por instrucción normalizados para cada mezcla.

Tabla 4.14: Bloques insertados en L3 normalizados para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0.037173719171249	0.0585676559318
mix.H1	1	0.063356724490426	0.0856169894416
mix.H2	1	0.041971068892536	0.083838977002906
mix.H3	1	0.036615921124085	0.059196861528516
mix.HL0	1	0.069312844459926	0.062963557240919
mix.HL1	1	0.045293598946306	0.048701562151948
mix.HL2	1	0.006566642952887	0.026852593017155
mix.HL3	1	0.04381637232184	0.031791102471901
mix.HM0	1	0.113235114413823	0.110926197000411
mix.HM1	1	0.01868360815867	0.054139909651105
mix.HM2	1	0.072526321366623	0.088475302653963
mix.HM3	1	0.043883538030725	0.044313794531961
mix.HML0	1	0.044173145842598	0.042214064130278
mix.HML1	1	0.054075663675886	0.043262307102385
mix.HML2	1	0.039769014705157	0.065842442674144
mix.HML3	1	0.075428381925857	0.083268665569753
mix.L0	1	0.169884490540389	0.058990371491593
mix.L1	1	0.170057808309375	0.059033005848708
mix.L2	1	0.239734597549765	0.081781299269717
mix.L3	1	0.160682175994219	0.068800184721298
mix.M0	1	0.05000618292419	0.040655699110372
mix.M1	1	0.148745140683625	0.128762881117811
mix.M2	1	0.108284279933759	0.096227250695108
mix.M3	1	0.046162469179973	0.046987091237649
mix.ML0	1	0.110421571584832	0.08642356866755
mix.ML1	1	0.115769968555756	0.062465412013675
mix.ML2	1	0.057862830527454	0.027669905908211
mix.ML3	1	0.112675054053139	0.101623302981952
Promedio	1	0.082006008939824	0.066049712684443
Media Geométrica	1	0.064861336535439	0.061224639531856

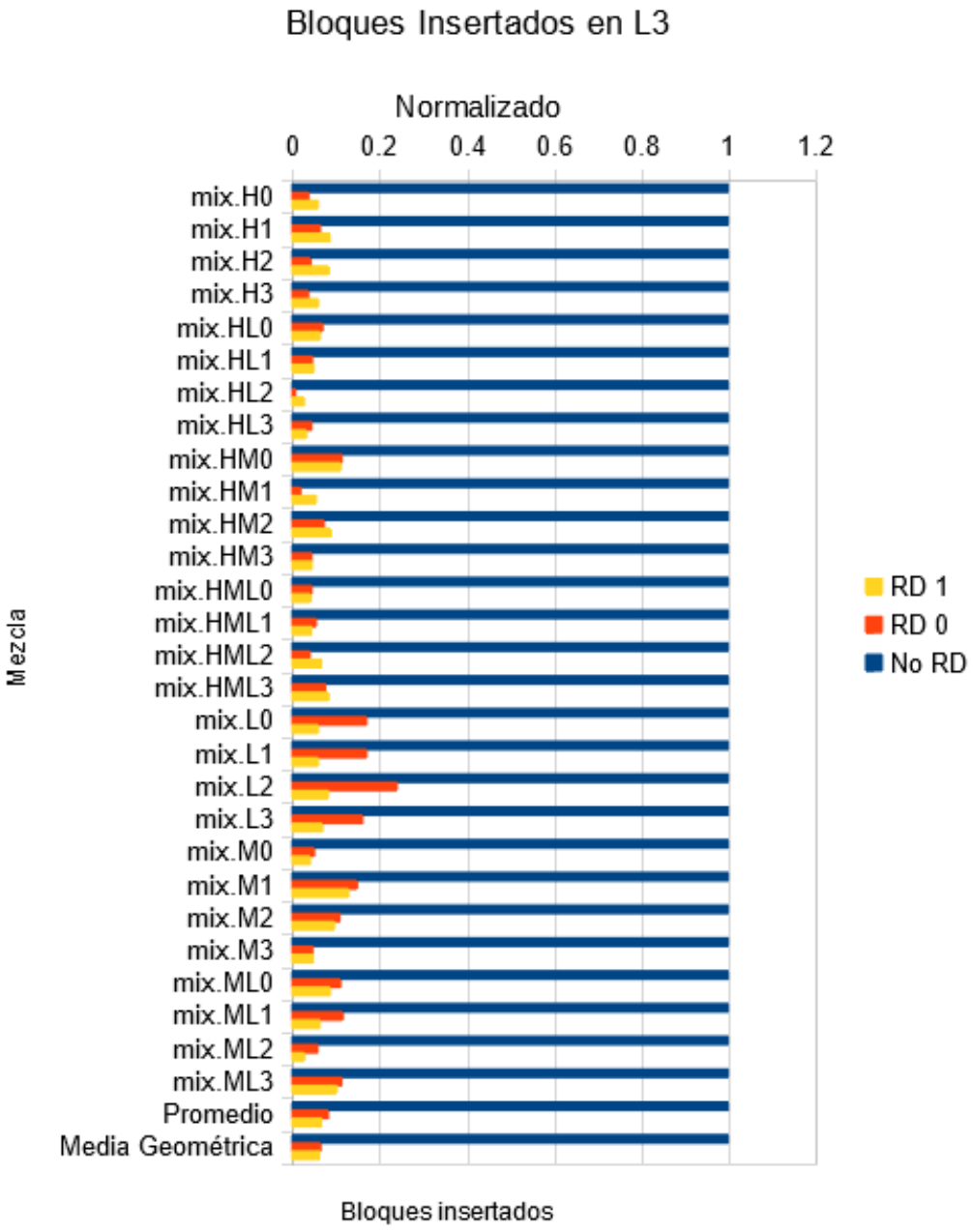

Figura 4.12: Bloques insertados en L3 normalizados para cada mezcla.

Tabla 4.15: Overall Hits en L3 normalizado para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	8.42810811257817	6.7204744318487
mix.H1	1	2.92409769499241	2.49044706391028
mix.H2	1	4.42523740489963	3.53357073065589
mix.H3	1	7.91613725989213	6.61620709394624
mix.HL0	1	1.37356115543675	1.30257404965753
mix.HL1	1	3.46400558674648	3.15441576964002
mix.HL2	1	1.4433832535895	0.417984041490129
mix.HL3	1	3.89364553221963	3.90371441151119
mix.HM0	1	1.47625306327449	1.23738590252314
mix.HM1	1	7.10652562842955	5.68491740105155
mix.HM2	1	1.78473151253972	1.44494673786582
mix.HM3	1	3.61737338549797	3.83398749470771
mix.HML0	1	2.49750170788082	2.44509898290433
mix.HML1	1	1.82790245478372	1.56634622961739
mix.HML2	1	2.06948145480002	1.94108561242305
mix.HML3	1	1.59322423461525	1.34338289774135
mix.L0	1	0.87978300498292	0.689097054635907
mix.L1	1	0.868670612050557	0.680351410732367
mix.L2	1	0.961696909090926	0.469646140840811
mix.L3	1	0.734018327419354	0.622894366685619
mix.M0	1	1.39774489492097	1.21451256730268
mix.M1	1	1.12304318187891	0.895919186927166
mix.M2	1	1.26487736926571	1.04728507564876
mix.M3	1	1.57603095363325	1.37204600094273
mix.ML0	1	1.24390550345071	0.913723959231939
mix.ML1	1	1.08111420209966	0.726761829756837
mix.ML2	1	1.04465764208725	0.568296304193749
mix.ML3	1	1.20130410400971	1.03264044592743
Promedio	1	2.47207200525236	2.06677547122573
Media Geométrica	1	1.903333570283	1.50006154293326

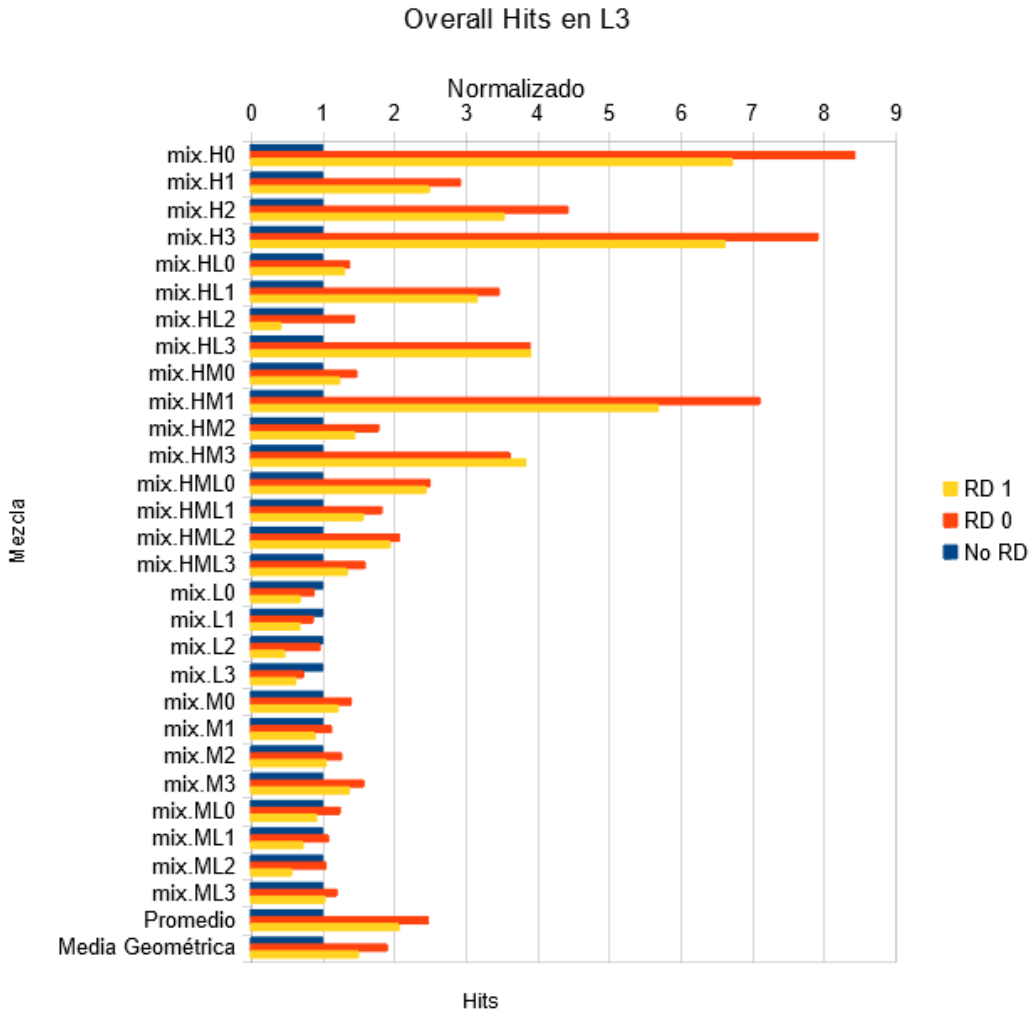

Figura 4.13: Overall Hits en L3 normalizado para cada mezcla.

Tabla 4.16: Overall Misses en L3 normalizado para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0	0
mix.H1	1	0	0
mix.H2	1	0	0
mix.H3	1	0	0
mix.HL0	1	0	0
mix.HL1	1	0	0
mix.HL2	1	0	0
mix.HL3	1	0	0
mix.HM0	1	0	0
mix.HM1	1	0	0
mix.HM2	1	0	0
mix.HM3	1	0	0
mix.HML0	1	0	0
mix.HML1	1	0	0
mix.HML2	1	0	0
mix.HML3	1	0	0
mix.L0	1	0	0
mix.L1	1	0	0
mix.L2	1	0	0
mix.L3	1	0	0
mix.M0	1	0	0
mix.M1	1	0	0
mix.M2	1	0	0
mix.M3	1	0	0
mix.ML0	1	0	0
mix.ML1	1	0	1.87262026973503E-07
mix.ML2	1	0	0
mix.ML3	1	0	0
Promedio	1	0	6.68792953476797E-09
Media Geométrica	1	0	0

Tabla 4.17: Lecturas a memoria principal normalizado para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0.968052823732637	0.973515613037981
mix.H1	1	0.979129691277427	0.982449532720435
mix.H2	1	0.977114459616949	0.98251997352538
mix.H3	1	0.970423369796121	0.975138561222855
mix.HL0	1	0.997444808207315	1.01307565509031
mix.HL1	1	0.966029619737569	0.979552989397393
mix.HL2	1	0.989154145427063	1.24279338778717
mix.HL3	1	0.972288115541455	0.976856518825636
mix.HM0	1	0.968803336443637	0.99281854430777
mix.HM1	1	0.948575041100289	0.95799986173956
mix.HM2	1	0.960953564341272	0.988039876090334
mix.HM3	1	0.958714015915268	0.965054218406544
mix.HML0	1	0.973154696298771	0.974256491253835
mix.HML1	1	0.961962217276427	0.990503470875088
mix.HML2	1	0.978918436348132	0.983470738264019
mix.HML3	1	0.977391545768191	0.995648072044342
mix.L0	1	1.03599843441711	1.09354612711094
mix.L1	1	1.03575836118554	1.09679145160888
mix.L2	1	1.01345674400959	1.14063790206424
mix.L3	1	1.14844777939008	1.15869719123911
mix.M0	1	0.957606324409228	0.977139018045811
mix.M1	1	0.984541418817473	1.0134255740468
mix.M2	1	0.97502307169486	0.995300299995421
mix.M3	1	0.965592890405767	0.977802336778885
mix.ML0	1	0.971084914820022	1.00435680785504
mix.ML1	1	0.988487555529727	1.03855164864894
mix.ML2	1	0.986592037526732	1.05783576018368
mix.ML3	1	0.971707137026941	1.18496766351226
Promedio	1	0.985085948430771	1.02545518877424
Media Geométrica	1	0.984424160574666	1.02298940033788

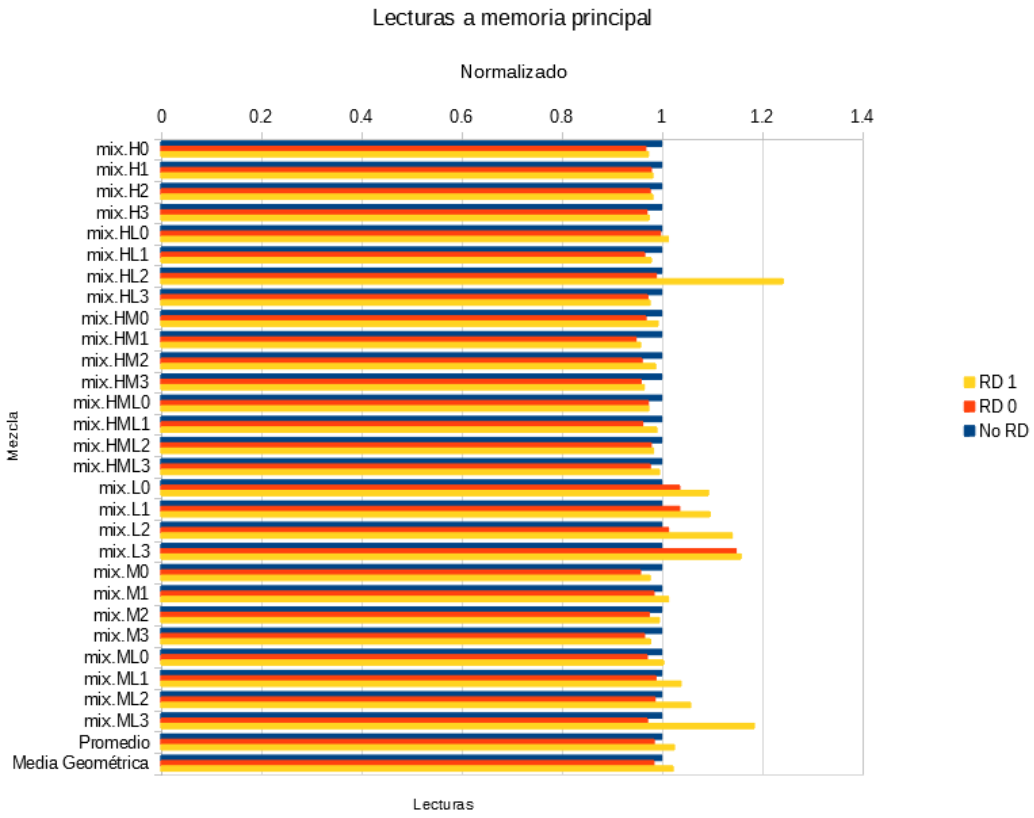

Figura 4.14: Lecturas a memoria principal normalizado para cada mezcla.

Tabla 4.18: Escrituras a memoria principal normalizado para cada mezcla.

	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0.957291528522526	0.975602963714496
mix.H1	1	0.975347726908464	0.990742506184094
mix.H2	1	0.967601642810211	0.988009605021423
mix.H3	1	0.95853497380022	0.975906436782491
mix.HL0	1	0.954616505420267	1.01439859938043
mix.HL1	1	0.95113509400729	0.984585721659711
mix.HL2	1	0.993471825427208	1.26891390885799
mix.HL3	1	0.955881676430982	0.979304431890879
mix.HM0	1	0.944251051247352	1.00061536963585
mix.HM1	1	0.931512007381848	0.951814670960614
mix.HM2	1	0.939763751189046	0.99594998170296
mix.HM3	1	0.957848604481242	0.969615248899583
mix.HML0	1	0.952235109338192	0.970268253164176
mix.HML1	1	0.931887206707383	0.99823909900464
mix.HML2	1	0.932503612641786	0.948644712209442
mix.HML3	1	0.942200501276647	0.997849130665853
mix.L0	1	1.04151898647231	1.35412260655119
mix.L1	1	1.04216411039406	1.35430330011551
mix.L2	1	1.01314663922026	1.43356222609889
mix.L3	1	0.995872687259118	1.42023151152839
mix.M0	1	0.951279227263409	0.988443158447192
mix.M1	1	0.946973938456887	1.03130832508597
mix.M2	1	0.953848170288668	1.00296390487885
mix.M3	1	0.970531538910719	0.99065983993002
mix.ML0	1	0.942029468781092	1.00445809265804
mix.ML1	1	0.966559950000773	1.07868082985421
mix.ML2	1	0.969865196520556	1.0911975115071
mix.ML3	1	0.941125901287938	1.16011216134292
Promedio	1	0.963607094015945	1.06858943241903
Media Geométrica	1	0.963187126422894	1.05961045218819

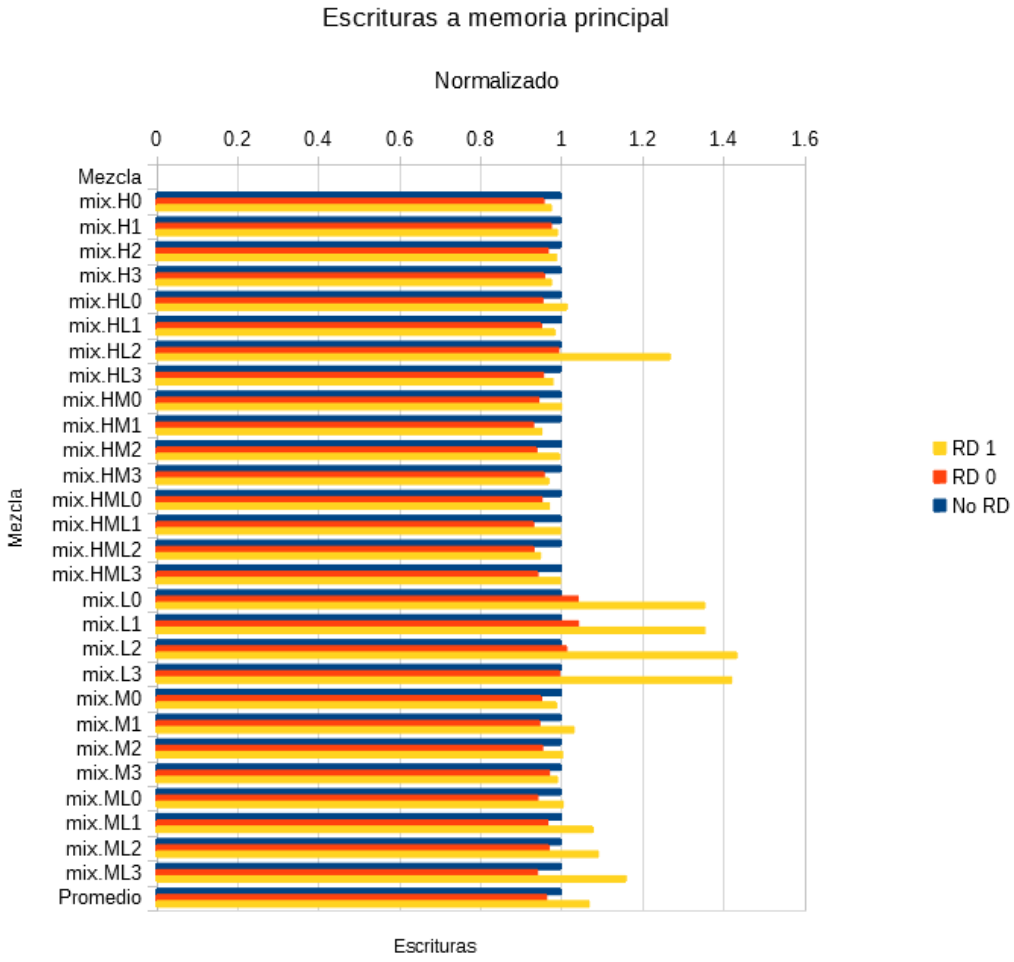

Figura 4.15: Escrituras a memoria principal normalizado para cada mezcla.

5 Análisis de Resultados

Al estudiar los resultados mostrados en el capítulo 4, se debe ser consciente que el objetivo primordial de este trabajo fue implementar y comprobar algoritmos de gestión de memoria que nos permitieran reducir la cantidad de escrituras realizadas en la memoria caché L3, esto debido a su consumo de energía, tal y como se explicó en el marco teórico. Dicho esto, es claro que al haber realizado modificaciones para obtener esto, se vieran afectados distintos parámetros que de manera implícita están relacionados en el flujo del simulador.

Cabe recalcar que las simulaciones y los resultados obtenidos se pueden agrupar en dos grandes subconjuntos; lo referente a pruebas sobre un único núcleo, y las alusivas a un sistema de varios núcleos, en este caso de ocho núcleos. Siendo posible mediante los datos sobre un único núcleo, analizar el efecto propio de cada prueba sobre el núcleo, ya que en los resultados de varios núcleos los datos obtenidos representan el sistema completo, por lo tanto no es posible descomponer el análisis de manera granular.

Las ejecuciones han sido desarrolladas sobre un clúster de la Universidad Complutense de Madrid, esto por el grado de complejidad que poseen, además de la duración de las mismas. Se muestra en las tablas 4.1 y 4.10 la cantidad de instrucciones que han sido ejecutadas. Cabe resaltar que las instrucciones simuladas para cada algoritmo no se desvían en gran medida de las simulaciones sin detector de reuso. Lo anterior se demuestra en las tablas 4.2 y 4.11, por lo tanto los resultados de cada medición entre algoritmos son comparables. Sin embargo, basado en que no existe necesariamente una relación directa en la cantidad de instrucciones ejecutadas en cada prueba y mezcla, se muestran algunos parámetros de manera estándar, con el objetivo de analizar los resultados obtenidos bajo un mismo marco de referencia, en este caso, se han implementado normalizaciones que nos permiten visualizar algunos de los parámetros respecto a su aparición cada mil instrucciones de ejecución.

Al haber implementado un algoritmo distinto a los ya existentes en el simulador, se debe verificar si ciertos parámetros esenciales empeoran drásticamente, ya que esto nos haría concluir la no viabilidad para utilizarse en casos reales, uno de ellos es la cantidad de instrucciones resueltas por ciclo de instrucción. Se debe recordar que un sistema con mayor instrucciones por ciclo tiene un rendimiento alto que uno con menor IPC. Los resultados de IPC de las simulaciones son mostrados en las tablas 4.3 y 4.12, donde de manera gráfica en las figuras 4.2 y 4.10 se aprecia que, si bien en algunos casos puntuales se mejora considerablemente esta métrica, en otros se ve empeorado levemente. Además, se debe considerar que al analizar todo como benchmark, sea mediante el promedio o la media geométrica, se demuestra en los

resultados que para el caso de un único núcleo, el IPC se ve disminuido tanto para el RD0 como RD1, y en el caso del sistema de varios núcleos, se nota una mejora al utilizar el RD0 y un leve decremento para el modo RD1. Por lo tanto, se logra obtener un rendimiento similar o mejor a un sistema sin detector de reuso.

Tenemos dos parámetros que mantienen cierta relación, el IPC anteriormente mencionado y el CPI, del cual se muestran los resultados obtenidos en las tablas 4.4 y 4.13, o bien de manera gráfica en las figuras 4.3 y 4.11. Conviene hacer la aclaración en este punto sobre el vínculo entre dichos parámetros; dado que se podría prestar para confusión una interpretación burda de los valores obtenidos. La relación entre ellos es dada por:

$$IPC_{total} = IPC_1 + IPC_2 + ... + IPC_8 = \frac{1}{CPI_1} + \frac{1}{CPI_2} + ... + \frac{1}{CPI_8} \tag{5.1}$$

$$CPI_{total} = CPI_1 + CPI_2 + ... + CPI_8 = \frac{1}{IPC_1} + \frac{1}{IPC_2} + ... + \frac{1}{IPC_8} \tag{5.2}$$

Única y exclusivamente para el caso de un núcleo podemos valernos, de manera general, del hecho de la reciprocidad de estos parámetros, es decir, $IPC = \frac{1}{CPI}$, ya que, en el caso del sistema de ocho núcleos, la formación tanto del IPC como del CPI se produce de manera agregada tal y como se muestra en las ecuaciones 5.1 y 5.2.

Aclarado esto, se puede concluir que el parámetro CPI para simulaciones de un núcleo, en ambos casos del detector de reuso implementado se presenta una degradación de este parámetro, para el primer detector de reuso un $0,3\,\%$ y en el caso del RD1 un $5,6\,\%$. Por otra parte, el sistema de ocho núcleos nos muestra que para el caso del RD0, en promedio se mejora dicho parámetro un $0,281\,\%$ aproximadamente, y en el RD1 se deteriora un $2,1\,\%$.

Para mejorar la viabilidad del uso de memorias STT-RAM se han implementado algoritmos que permitan analizar la reducción de las escrituras en la L3, ya que es esta la limitante primordial. En las tablas 4.5 y 4.14 se observa que efectivamente se está logrando el objetivo principal. En el caso de un solo núcleo, se observa una reducción del $85,93\,\%$ y $94,62\,\%$ de los bloques insertados en L3 para RD0 y RD1 respectivamente, como se ilustra en la figura 4.4. Cuantificando estas mejoras para el sistema con ocho núcleos que sería el candidato a recibir dicha implementación, vemos que se logra una reducción del $91,8\,\%$ de la cantidad de bloques insertados en la memoria para el caso del primer detector de reuso implementado; para el RD1 se tiene una reducción de un $93,396\,\%$ en promedio. Se muestra de manera gráfica dichos valores en la figura 4.12, donde se percibe la reducción de un modo más claro.

De igual manera, el contar con un detector de reuso nos indica que aquellos datos que fueron escritos en L3 no son bloques inútiles, más bien son muy probablemente bloques que se volvieron a utilizar posteriormente en la simulación. Esto se aprecia

en la tabla 4.15, donde para sistemas de múltiple núcleos se nota una mejora en la cantidad total de aciertos de casi 150 % con el algoritmo RD0, y de poco más del 100 % para el algoritmo RD1, e incluso en una de las mezclas que ejercitan L3 con una mayor cantidad de escrituras se observa que la mejora fue de $8,43$ veces, comportamiento que se ejemplifica en la figura 4.13.

De los resultados anteriores, se puede recalcar que la mayor cantidad de bloques que se insertan en L3 para una arquitectura clásica no se reutilizan o tiene la propiedad de poca localidad temporal, lo que hace hincapié en la necesidad de un detector de reuso para una arquitectura con tecnología STT-RAM. Reducir la cantidad de bloques insertados en L3 se traduce en una reducción de consumo de energía y del deterioro de la memoria debido a su uso.

Por otro lado, en un sistema de un único núcleo se observa en la tabla 4.6 que en promedio la cantidad total de aciertos decrece en casi un 50 % para ambos algoritmos, esto se debe a que al ser L3 una memoria compartida, se obtiene un mayor provecho de ella en sistemas de múltiples núcleos. Además, el comportamiento de esta estadística depende directamente de la cantidad de accesos a L3 que realice cada una de las pruebas, diversidad que se muestra en la figura 4.5.

A pesar de lo anterior, no se debe malinterpretar una disminución en la cantidad total de aciertos como una baja en el rendimiento de un sistema con detector de reuso, porque como ya se mencionó, la cantidad de bloques insertados en L3 se redujo en un rango desde $85,93$ % hasta $94,62$ % según la cantidad de núcleos y el algoritmo utilizado, y dado que el mismo fenómeno sucede con la cantidad de accesos a L3, esto produce que haya una menor cantidad de aciertos para ciertas pruebas en sistemas de un único núcleo comparado con una arquitectura sin detector de reuso.

Cabe resaltar que lo descrito en los párrafos previos se complementa con las tablas 4.7 y 4.16, donde se ilustra que prácticamente ningún acceso a L3, sin importar el algoritmo del detector de reuso ni la cantidad de núcleos del sistema, fue un miss, por lo que podemos hablar de que al utilizar un RD se obtuvo un hit rate del 100 % y un miss rate del 0 % en L3.

Al contar con un detector de reuso se van a producir saltos de L3, lo cual podría inducir a un incremento de solicitudes a MM, comportamiento que se ejemplifica en las tablas 4.8 y 4.9 donde en general hay un incremento desde un $8,61$ % hasta un $27,84$ % en la cantidad de lecturas a memoria principal. Es importante mencionar que en este caso se considera la media geométrica sobre el promedio porque el dato para la prueba 462.libquantum esconde el comportamiento de las otras pruebas al estar en un rango superior, lo cual se observa en la figura 4.6. En cuanto a las escrituras se da un aumento desde un $1,80$ % hasta un $7,76$ % según la media geométrica, como se muestra en la figura 4.7.

De lo anterior, se puede notar que se da un incremento de escrituras y lecturas a memoria principal con el algoritmo RD1 en comparación a RD0, lo cual se debe a que el algoritmo RD1 es más estricto, por lo que produce más saltos de L3 y se refleja en un aumento en los accesos a MM. Además, es importante mencionar que

en la tabla 4.9 no existen datos para varias pruebas, lo cual se debe a que en dichas simulaciones no se produjeron solicitudes a memoria principal.

En el caso de un sistema con múltiples núcleos se disminuye el efecto de los saltos de L3 sobre las solicitudes a MM, ya que al ser L3 una memoria compartida, eventualmente se compensa las accesos extra a MM con los hits en L3 producto de que otro núcleo, que ya escribió el dato necesario en ese nivel de la jerarquía. Esto se percibe en las tablas 4.17 y 4.18, donde se denota una reducción de $1,50\,\%$ en lecturas y de $3,64\,\%$ en escrituras a memoria principal para el algoritmo RD0, y un incremento de $2,55\,\%$ en lecturas y de $6,86\,\%$ en escrituras a memoria principal para RD1. Este último valor es un poco más elevado que los demás por el efecto de las mezclas con pruebas tipo L, las cuales sí presentan un incremento significativo en escrituras a MM para el algoritmo en RD1. Sin embargo, en las figuras 4.6 y 4.7 se aprecia que la mayoría de mezclas presentan una cantidad similar de escrituras y lecturas a MM en una arquitectura con o sin detector de reuso. Lo anterior evidencia la necesidad de implementar algoritmos de detección de reuso especialmente para arquitecturas con varios núcleos y con un tercer nivel de caché compartido.

Parte III

Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía

6 Conclusiones

- Se describió parte del funcionamiento de gem5, así como algunas opciones para personalizar el sistema a simular con base a las necesidades del usuario y una forma de ejecutar la simulación.

- Se logró de manera exitosa la modificación del simulador gem5 para el soporte adecuado de los algoritmos que se han implementado. Esto sin duda ha sido el grueso del trabajo, no necesariamente por la cantidad de código realizado, sino por la complejidad que este conlleva, máxime que fue la primera experiencia con un proyecto de código libre de tal magnitud, donde la información existente es escasa y encontrar respuestas a algunas interrogantes es una ardua misión.

- Se pudo implementar e incorporar un módulo de detector de reuso en gem5 que disminuye la cantidad de escrituras a L3, mejora la localidad temporal de los datos en dicho nivel de caché y no compromete el rendimiento del sistema, demostrado con las métricas IPC y CPI.

- Se demostró la necesidad de implementar un detector de reuso especialmente para sistemas con múltiples núcleos. Métricas como lecturas y escrituras a MM, IPC y CPI y bloques insertados en L3 (reutilización de bloques) son mejores para una mayor cantidad de núcleos puesto a la propiedad de recursos compartidos, en este caso L3.

- Se observó que al utilizar el algoritmo RD1 se logró una mayor reducción en cuanto a bloques insertados en L3, sin embargo, de igual forma se obtuvo una mayor degradación en otras métricas como IPC, CPI, y cantidad de lecturas y escrituras a MM, mientras que el algoritmo RD0 presenta una degradación menor en dichas estadísticas e incluso se consiguió una leve mejora en algunas de ellas, además de que también se reduce de forma considerable la cantidad de bloques insertados en L3, por lo que el uso de cada algoritmo queda a discreción del usuario según las necesidades de la aplicación.

- El realizar este tipo de implementaciones conlleva además una gran responsabilidad al analizar los datos obtenidos, dado que se debe lograr un nivel de discernimiento que permita tomar la información relevante y desechar la que no. Se utilizó un benchmark amplio, el cual está compuesto por distintas pruebas individuales, esto produjo diversos parámetros, unos más notables que otros, la mayoría de los mismos que poseen cierta relevancia para este proyecto se anexan a este trabajo a modo de registro. Se alcanzó mediante el desarrollo de

este trabajo ese nivel para lograr extraer la información relativa a las pruebas ejecutadas y con esto poder definir si sería o no viable una implementación con los algoritmos realizados.

7 Recomendaciones

- Dado que lo referente al análisis de los datos obtenidos no es una tarea trivial, se han implementado diversos scripts que agilizan la interpretación de los resultados, por lo que se recomienda que estos sean utilizados y, en caso de continuarse realizando la implementación de otros algoritmos, sea menor el esfuerzo necesario post-implementación del algoritmo para analizar lo obtenido.
- Se recomienda llevar a cabo el tutorial disponible en `http://learning.gem5.org/book/` con el objetivo de familiarizarse con el simulador y sus distintas maneras de uso.
- Se aconseja ejecutar diversas simulaciones con diferentes configuraciones, en cuanto a los tamaños de las memorias se refiere, para exponer con mayor facilidad cualquier error con la implementación realizada.
- Se recomienda revisar arduamente las modificaciones futuras al código fuente puesto a que podría romper la coherencia de las cachés.
- Actualmente se ha cuantificado la reducción referente a la cantidad de escrituras en L3 sin llegar a comprometer el rendimiento del sistema completo, conviene por tanto, en investigaciones futuras, calcular el ahorro relacionado al consumo de energía en una STT-RAM, el cual es el factor motivante de muchas investigaciones sobre este tipo de memoria.
- Se han presentado pruebas para un sistema de ocho núcleos. Aprovechándose de la infraestructura realizada para el procesado de datos que incluye este trabajo, se recomienda ejecutar pruebas y comparar los resultados actuales contra simulaciones con una cantidad distinta de núcleos.

Bibliografía

Ahn, J., Yoo, S., y Choi, K. (2014). Dasca: Dead write prediction assisted stt-ram cache architecture. En *2014 IEEE 20th International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA)*, páginas 25–36.

Díaz, J., Monreal, T., Viñals, V., Ibáñez, P., y Llaberia, J. (2015). Selección de contenidos basada en reuso para caches compartidas en exclusión. *Jornadas de Paralelismo. "XXVI edición de las Jornadas de Paralelismo (JP2015)*, páginas 433–442.

Eken, E., Zhang, Y., Wen, W., Joshi, R., Li, H., y Chen, Y. (2014). A novel self-reference technique for stt-ram read and write reliability enhancement. *IEEE Transactions on Magnetics*, 50(11):1–4.

Ewais, M. A., Omran, M. A., Raafat, A., y Alkabani, Y. (2016). A virtual memory architecture to enhance stt-ram performance as main memory. En *2016 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, páginas 1–6.

Gem5 (2007). Coherence protocol. http://gem5.org/Coherence_Protocol.

Gem5 (2015a). The gem5 documentation. http://gem5.org/Introduction.

Gem5 (2015b). The gem5 simulator. http://gem5.org/Main_Page.

Gem5 (2015c). General memory system. http://gem5.org/General_Memory_System.

Khan, S. M., Tian, Y., y Jimenez, D. A. (2010). Sampling dead block prediction for last-level caches. En *2010 43rd Annual IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture*, páginas 175–186.

Kim, H., Kim, S., y Lee, J. (2017). Write-amount-aware management policies for stt-ram caches. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 25(4):1588–1592.

Mallya, N. B., Patil, G., y Raveendran, B. (2015). Simulation based performance study of cache coherence protocols. En *2015 IEEE International Symposium on Nanoelectronic and Information Systems*, páginas 125–130.

Mathivanan, N. (2006). *MICROPROCESSORS, PC HARDWARE AND INTERFACING*. PHI Learning, New Delhi, fourth edición.

Ofstedahl, M. (2014). *What is STT-MRAM?* https://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1323466.

Parvathy, N., Upadhyay, B. R., y Sudarshan, T. S. B. (2016). Cache coherence: A walkthrough of mechanisms and challenges. En *2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)*, páginas 2251–2256.

Patterson, D. y Hennessy, J. (2014). *Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface*. Morgan Kaufmann, Estados Unidos, 5th. edición.

Priya, B. K., Kumar, S., Begum, S., y Ramasubramaniam, N. (2018). Enhancing the lifetime of stt-ram with mru replacement algorithm. En *2018 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)*, páginas 1–6.

Q. Javaid, A. Zafar, M. A. M. S. (2017). Cache memory: An analysis on replacement algorithms and optimization techniques. En *2017 IEEE 20th International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA)*, páginas 831–840.

Rodríguez, R. (2016). *Mecanismos de gestión de escrituras en sistemas con tecnologías de memoria no volátiles*. PhD thesis, Departamento de Arquitetura de Computadores y automática. Universidad Complutense de Madrid.

Smullen, C. W., Mohan, V., Nigam, A., Gurumurthi, S., y Stan, M. R. (2011). Relaxing non-volatility for fast and energy-efficient stt-ram caches. En *2011 IEEE 17th International Symposium on High Performance Computer Architecture*, páginas 50–61.

SPEC (2020). Standard performance evaluation corporation. https://www.spec.org/.

Sun, Z., Bi, X., Li, H., Wong, W. F., Ong, Z. L., Zhu, X., y Wu, W. (2011). Multi retention level stt-ram cache designs with a dynamic refresh scheme. En *2011 44th Annual IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)*, páginas 329–338.

Zhang, Y., Wang, X., Li, Y., Jones, A. K., y Chen, Y. (2012). Asymmetry of mtj switching and its implication to stt-ram designs. En *2012 Design, Automation Test in Europe Conference Exhibition (DATE)*, páginas 1313–1318.

Zhou, P., Zhao, B., Yang, J., y Zhang, Y. (2009). Energy reduction for stt-ram using early write termination. En *2009 IEEE/ACM International Conference on Computer-Aided Design - Digest of Technical Papers*, páginas 264–268.

Parte IV

Anexos

A Resultados obtenidos, un núcleo

Sim Instr	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1000000006	1000000006	1000000006
410.bwaves	1000000000	1000000000	1000000000
429.mcf	1000000000	1000000003	1000000000
433.milc	1000000003	1000000003	1000000003
434.zeusmp	269195790	269195790	269195790
435.gromacs	1000000000	1000000000	1000000000
437.leslie3d	1000000002	1000000002	1000000002
444.namd	1000000000	1000000000	1000000000
454.calculix	1000000000	1000000001	1000000005
456.hmmer	51179	51179	51179
459.GemsFDTD	1000000001	1000000001	1000000001
462.libquantum	38025007	38025007	38025007
464.h264ref	277697	277697	277697
465.tonto	227301	227301	227301
470.lbm	1000000001	1000000001	1000000001
481.wrf	375186532	375186532	375186532
482.sphinx3	1000000000	1000000000	1000000000
483.xalancbmk	71253917	71253917	71253917

Sim Instr	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1	1
410.bwaves	1	1	1
429.mcf	1	1,000000003	1
433.milc	1	1	1
434.zeusmp	1	1	1
435.gromacs	1	1	1
437.leslie3d	1	1	1
444.namd	1	1	1
454.calculix	1	1,000000001	1,000000005
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1	1
462.libquantum	1	1	1
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1	1
481.wrf	1	1	1
482.sphinx3	1	1	1
483.xalancbmk	1	1	1
Promedio	1	1	1
Media Geométrica	1	1	1

Sim seconds	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	4,54879E-07	4,53634E-07	4,56496E-07
410.bwaves	1,94775E-06	1,94859E-06	1,94859E-06
429.mcf	2,02914E-06	1,90181E-06	1,91154E-06
433.milc	7,00538E-07	7,01338E-07	6,94578E-07
434.zeusmp	1,09555E-06	1,14203E-06	1,14194E-06
435.gromacs	3,74516E-07	3,7318E-07	3,8595E-07
437.leslie3d	1,47709E-06	1,50751E-06	1,49844E-06
444.namd	3,64257E-07	3,64683E-07	3,63047E-07
454.calculix	5,78098E-07	5,81218E-07	5,82775E-07
456.hmmer	2,61826E-06	2,61826E-06	2,61826E-06
459.GemsFDTD	5,43623E-07	5,43885E-07	5,43465E-07
462.libquantum	4,36818E-07	4,4973E-07	8,49099E-07
464.h264ref	9,32671E-07	9,32671E-07	9,32671E-07
465.tonto	1,38583E-06	1,38583E-06	1,38583E-06
470.lbm	3,76607E-06	3,7745E-06	3,77446E-06
481.wrf	5,84451E-07	5,92529E-07	5,80087E-07
482.sphinx3	3,70183E-07	3,72379E-07	3,70839E-07
483.xalancbmk	3,49062E-07	3,50437E-07	3,63938E-07

Sim seconds	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0,997263008	1,003554791
410.bwaves	1	1,000433835	1,000431781
429.mcf	1	0,937252663	0,94204337
433.milc	1	1,001141979	0,991492253
434.zeusmp	1	1,042425352	1,042343974
435.gromacs	1	0,996432729	1,030530071
437.leslie3d	1	1,020595266	1,01445751
444.namd	1	1,001169504	0,99667817
454.calculix	1	1,005397008	1,008090319
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000481952	0,999709357
462.libquantum	1	1,029560506	1,943829019
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,002240534	1,002229117
481.wrf	1	1,013822636	0,992534591
482.sphinx3	1	1,005932201	1,001772097
483.xalancbmk	1	1,003940174	1,042618205
Promedio	1	1,003227186	1,056239701
Media Geométrica	1	1,003025272	1,041329553

NumInstr	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1000000006	1000000006	1000000006
410.bwaves	1000000000	1000000000	1000000000
429.mcf	1000000000	1000000003	1000000000
433.milc	1000000003	1000000003	1000000003
434.zeusmp	269195790	269195790	269195790
435.gromacs	1000000000	1000000000	1000000000
437.leslie3d	1000000002	1000000002	1000000002
444.namd	1000000000	1000000000	1000000000
454.calculix	1000000000	1000000001	1000000005
456.hmmer	51179	51179	51179
459.GemsFDTD	1000000001	1000000001	1000000001
462.libquantum	38025007	38025007	38025007
464.h264ref	277697	277697	277697
465.tonto	227301	227301	227301
470.lbm	1000000001	1000000001	1000000001
481.wrf	375186532	375186532	375186532
482.sphinx3	1000000000	1000000000	1000000000
483.xalancbmk	71253917	71253917	71253917

NumInstr	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1	1
410.bwaves	1	1	1
429.mcf	1	1,000000003	1
433.milc	1	1	1
434.zeusmp	1	1	1
435.gromacs	1	1	1
437.leslie3d	1	1	1
444.namd	1	1	1
454.calculix	1	1,000000001	1,000000005
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1	1
462.libquantum	1	1	1
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1	1
481.wrf	1	1	1
482.sphinx3	1	1	1
483.xalancbmk	1	1	1
Promedio	1	1	1
Media Geométrica	1	1	1

IPC	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1,099193	1,102211	1,095301
410.bwaves	0,256707	0,256596	0,256596
429.mcf	0,24641	0,262907	0,26157
433.milc	0,713738	0,712923	0,719861
434.zeusmp	0,456391	0,437817	0,437851
435.gromacs	1,335056	1,339835	1,295503
437.leslie3d	0,338504	0,331673	0,33368
444.namd	1,372658	1,371053	1,377231
454.calculix	0,864906	0,860262	0,857965
456.hmmer	0,191231	0,191231	0,191231
459.GemsFDTD	0,919755	0,919312	0,920022
462.libquantum	1,144615	1,111754	0,588858
464.h264ref	0,536009	0,536009	0,536009
465.tonto	0,360469	0,3604	0,3604
470.lbm	0,132765	0,132468	0,132469
481.wrf	0,855505	0,84384	0,861939
482.sphinx3	1,350683	1,34272	1,348295
483.xalancbmk	1,432426	1,42681	1,373884

IPC	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,002745651	0,996459221
410.bwaves	1	0,9995676	0,9995676
429.mcf	1	1,066949393	1,061523477
433.milc	1	0,998858124	1,008578778
434.zeusmp	1	0,95930244	0,959376938
435.gromacs	1	1,003579625	0,970373527
437.leslie3d	1	0,979820032	0,985749061
444.namd	1	0,998830736	1,003331493
454.calculix	1	0,99463063	0,99197485
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,99951835	1,000290295
462.libquantum	1	0,971290783	0,514459447
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	0,999808583	0,999808583
470.lbm	1	0,997762965	0,997770497
481.wrf	1	0,986364779	1,007520704
482.sphinx3	1	0,994104464	0,998232006
483.xalancbmk	1	0,996079379	0,959130873
Promedio	1	0,99717853	0,969674853
Media Geométrica	1	0,996973596	0,96030174

CPI	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,909758	0,907267	0,912991
410.bwaves	3,895492	3,897182	3,897175
429.mcf	4,058276	3,80363	3,823071
433.milc	1,401075	1,402676	1,389156
434.zeusmp	2,191106	2,284059	2,283884
435.gromacs	0,749032	0,74636	0,771901
437.leslie3d	2,954173	3,015017	2,996884
444.namd	0,728513	0,729366	0,726095
454.calculix	1,156195	1,162436	1,165549
456.hmmer	5,229274	5,229274	5,229274
459.GemsFDTD	1,087246	1,08777	1,08693
462.libquantum	0,873656	0,89948	1,698203
464.h264ref	1,865641	1,865641	1,865641
465.tonto	2,774167	2,774695	2,774695
470.lbm	7,532132	7,549008	7,548922
481.wrf	1,168901	1,185059	1,160175
482.sphinx3	0,740366	0,744757	0,741677
483.xalancbmk	0,698116	0,700864	0,727864

CPI	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0,997261909	1,003553692
410.bwaves	1	1,000433835	1,000432038
429.mcf	1	0,937252666	0,942043124
433.milc	1	1,001142694	0,991492961
434.zeusmp	1	1,042422868	1,042342999
435.gromacs	1	0,996432729	1,030531406
437.leslie3d	1	1,02059595	1,014457853
444.namd	1	1,001170878	0,99668091
454.calculix	1	1,005397878	1,008090331
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000481952	0,999709357
462.libquantum	1	1,029558545	1,943789089
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1,000190327	1,000190327
470.lbm	1	1,002240534	1,002229117
481.wrf	1	1,013823241	0,992534868
482.sphinx3	1	1,00593085	1,001770746
483.xalancbmk	1	1,003936309	1,04261183
Promedio	1	1,003237398	1,056247814
Media Geométrica	1	1,003035522	1,041339137

dL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	344,0598019	344,2784929	344,5553519
410.bwaves	230,65378	230,681554	230,689388
429.mcf	325,218492	325,627021	326,041381
433.milc	203,6850424	203,4141124	203,7964684
434.zeusmp	163,1633615	163,2329391	163,1910402
435.gromacs	263,545204	263,775146	264,004221
437.leslie3d	239,8560195	239,9092175	240,6608915
444.namd	241,292062	241,032519	240,313626
454.calculix	250,669227	250,6633887	250,7480357
456.hmmer	322,5346333	322,5346333	322,5346333
459.GemsFDTD	279,8644937	279,8872307	279,8604987
462.libquantum	244,4960497	244,0147348	244,1196132
464.h264ref	280,8060584	280,8060584	280,8060584
465.tonto	271,5474195	271,551819	271,551819
470.lbm	101,5044679	101,5697989	101,5240129
481.wrf	249,4000318	248,298649	248,107552
482.sphinx3	238,478921	239,293042	238,964949
483.xalancbmk	154,5636291	154,0940269	154,8019739

dL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000635619	1,001440302
410.bwaves	1	1,000120414	1,000154379
429.mcf	1	1,001256168	1,002530265
433.milc	1	0,998669858	1,00054705
434.zeusmp	1	1,000426429	1,000169638
435.gromacs	1	1,000872495	1,001741701
437.leslie3d	1	1,000221791	1,003355646
444.namd	1	0,998924362	0,995945014
454.calculix	1	0,999976709	1,000314393
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000081243	0,999985725
462.libquantum	1	0,9980314	0,998460358
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1,000016201	1,000016201
470.lbm	1	1,000643627	1,000192553
481.wrf	1	0,995583871	0,994817644
482.sphinx3	1	1,003413807	1,002038033
483.xalancbmk	1	0,996961754	1,00154205
Promedio	1	0,999768653	1,000180609
Media Geométrica	1	0,999767273	1,000178526

dL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	39,81955976	39,84271876	39,81232776
410.bwaves	25,896848	25,926885	25,927201
429.mcf	142,835868	141,7027206	141,876451
433.milc	42,87830787	43,03484887	42,77165887
434.zeusmp	47,73464696	47,71936812	47,71082044
435.gromacs	25,375357	25,424708	25,424108
437.leslie3d	96,10472281	96,05133081	95,28251981
444.namd	0,089936	0,089972	0,090111
454.calculix	3,979314	4,005124996	3,892289981
456.hmmer	9,925946189	9,925946189	9,925946189
459.GemsFDTD	0,037324	0,036935	0,03736
462.libquantum	0,096594328	0,1005391	0,097672566
464.h264ref	9,193473462	9,193473462	9,193473462
465.tonto	5,873269365	5,873269365	5,873269365
470.lbm	63,72611094	63,73114694	63,76593794
481.wrf	1,619008009	2,971679165	2,973856748
482.sphinx3	0,38751	0,386375	0,388178
483.xalancbmk	3,219654577	3,316631702	3,296099497

dL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000581599	0,999818381
410.bwaves	1	1,001159871	1,001172073
429.mcf	1	0,992066787	0,993283081
433.milc	1	1,00365082	0,997512752
434.zeusmp	1	0,999679921	0,999500855
435.gromacs	1	1,00194484	1,001921195
437.leslie3d	1	0,999444439	0,991444718
444.namd	1	1,000400285	1,001945828
454.calculix	1	1,006486293	0,978130899
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,989577752	1,000964527
462.libquantum	1	1,040838552	1,011162537
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,000079026	1,000624971
481.wrf	1	1,835493802	1,836838813
482.sphinx3	1	0,997071043	1,001723826
483.xalancbmk	1	1,030120351	1,023743205
Promedio	1	1,049921965	1,04665487
Media Geométrica	1	1,037868136	1,034489408

dL1 WriteReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	65,05921661	65,05985461	65,09843161
410.bwaves	72,500683	72,501757	72,504289
429.mcf	100,864914	98,5545127	98,537025
433.milc	80,61112876	80,61107676	80,60632076
434.zeusmp	79,1773378	79,17735638	79,17742696
435.gromacs	134,172941	134,197251	134,411513
437.leslie3d	99,4871958	99,4849708	99,4884948
444.namd	149,235177	149,235181	149,235161
454.calculix	105,557228	105,5847259	105,5873355
456.hmmer	171,9455245	171,9455245	171,9455245
459.GemsFDTD	174,3469808	174,3470638	174,3469438
462.libquantum	120,7309179	120,7328903	120,743436
464.h264ref	67,36839073	67,36839073	67,36839073
465.tonto	144,6012116	144,61441	144,61441
470.lbm	111,4385789	111,4385759	111,4385749
481.wrf	102,3701272	102,369794	102,3691543
482.sphinx3	189,911581	189,911529	189,911551
483.xalancbmk	103,4305946	103,4561651	103,6067814

dL1 WriteReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000009806	1,000602759
410.bwaves	1	1,000014814	1,000049737
429.mcf	1	0,977094103	0,976920726
433.milc	1	0,999999355	0,999940356
434.zeusmp	1	1,000000235	1,000001126
435.gromacs	1	1,000181184	1,001778093
437.leslie3d	1	0,999977635	1,000013057
444.namd	1	1,000000027	0,999999893
454.calculix	1	1,000260502	1,000285224
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000000476	0,999999788
462.libquantum	1	1,000016337	1,000103686
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1,000091274	1,000091274
470.lbm	1	0,999999973	0,999999964
481.wrf	1	0,999996745	0,999990497
482.sphinx3	1	0,999999726	0,999999842
483.xalancbmk	1	1,000247224	1,00170343
Promedio	1	0,998771634	0,998971081
Media Geométrica	1	0,998757601	0,998956417

dL1 WriteReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1,114681993	1,114043993	1,075466994
410.bwaves	51,986174	51,9851	51,982568
429.mcf	4,313538	6,62393998	6,641427
433.milc	2,893115991	2,893167991	2,897923991
434.zeusmp	5,82266164	5,822643066	5,822572485
435.gromacs	0,788672	0,764362	0,5501
437.leslie3d	15,58861797	15,59084297	15,58731897
444.namd	0,162749	0,162745	0,162765
454.calculix	0,356525	0,329027	0,326416998
456.hmmer	4,005549151	4,005549151	4,005549151
459.GemsFDTD	0,028389	0,028306	0,028426
462.libquantum	6,489702947	6,487730561	6,477184869
464.h264ref	1,245962326	1,245962326	1,245962326
465.tonto	3,585553957	3,572355599	3,572355599
470.lbm	50,19580795	50,19581095	50,19581195
481.wrf	3,758834286	3,759167453	3,759807135
482.sphinx3	0,132455	0,132507	0,132485
483.xalancbmk	0,337749853	0,312179329	0,161563048

dL1 WriteReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0,999427639	0,964819563
410.bwaves	1	0,999979341	0,999930635
429.mcf	1	1,535616466	1,539670451
433.milc	1	1,000017974	1,001661876
434.zeusmp	1	0,99999681	0,999984688
435.gromacs	1	0,969176033	0,697501623
437.leslie3d	1	1,000142732	0,99991667
444.namd	1	0,999975422	1,000098311
454.calculix	1	0,922872168	0,9155515
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,997076332	1,001303322
462.libquantum	1	0,999696074	0,998071086
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	0,996319018	0,996319018
470.lbm	1	1,00000006	1,00000008
481.wrf	1	1,000088636	1,000258817
482.sphinx3	1	1,000392586	1,000226492
483.xalancbmk	1	0,924291532	0,478351201
Promedio	1	1,01917049	0,977425852
Media Geométrica	1	1,012957218	0,956934025

dL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	10,60735694	10,61306894	10,61366294
410.bwaves	73,408266	73,415766	73,415985
429.mcf	61,91977	61,92472081	61,924987
433.milc	11,27923397	11,27921497	11,27926097
434.zeusmp	17,9023565	17,90516115	17,90251623
435.gromacs	10,5194	10,520504	10,523632
437.leslie3d	52,1662769	51,9418129	51,9515059
444.namd	0,212381	0,212321	0,212522
454.calculix	3,153516	3,155635997	3,156240984
456.hmmer	8,831747396	8,831747396	8,831747396
459.GemsFDTD	0,041949	0,042012	0,042161
462.libquantum	6,523549095	6,523575393	6,523575393
464.h264ref	3,759493261	3,759493261	3,759493261
465.tonto	5,820475933	5,820475933	5,820475933
470.lbm	62,54526394	62,54551594	62,54552894
481.wrf	4,601460481	4,601521784	4,601113987
482.sphinx3	0,289379	0,289551	0,289317
483.xalancbmk	1,987539857	1,988087195	1,987525823

dL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000538494	1,000594493
410.bwaves	1	1,000102168	1,000105152
429.mcf	1	1,000079955	1,000084254
433.milc	1	0,999998315	1,000002394
434.zeusmp	1	1,000156664	1,000008923
435.gromacs	1	1,000104949	1,000402304
437.leslie3d	1	0,995697144	0,995882953
444.namd	1	0,999717489	1,000663901
454.calculix	1	1,000672264	1,00086411
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,001501824	1,005053756
462.libquantum	1	1,000004031	1,000004031
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,000004029	1,000004237
481.wrf	1	1,000013322	0,999924699
482.sphinx3	1	1,000594376	0,999785748
483.xalancbmk	1	1,000275385	0,999992939
Promedio	1	0,999970023	1,000187439
Media Geométrica	1	0,999969409	1,000186227

dL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	409,1287045	409,3480195	409,6634305
410.bwaves	303,154463	303,183311	303,193677
429.mcf	426,083406	424,1815337	424,578406
433.milc	284,2961711	284,0251891	284,4027891
434.zeusmp	242,3407402	242,4103364	242,3685081
435.gromacs	397,727627	397,98177	398,425113
437.leslie3d	339,3432243	339,3941953	340,1493943
444.namd	390,527292	390,267752	389,548839
454.calculix	356,226455	356,2481146	356,3353712
456.hmmer	494,5583149	494,5583149	494,5583149
459.GemsFDTD	454,2114995	454,2343195	454,2074675
462.libquantum	365,227704	364,7483615	364,8637856
464.h264ref	348,1924544	348,1924544	348,1924544
465.tonto	417,6488445	417,6664423	417,6664423
470.lbm	212,9430468	213,0083748	212,9625878
481.wrf	352,3217966	351,219838	351,0280374
482.sphinx3	428,390502	429,204571	428,8765
483.xalancbmk	257,9942658	257,550234	258,4087974

dL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000536054	1,001306987
410.bwaves	1	1,000095159	1,000129353
429.mcf	1	0,995536385	0,996467828
433.milc	1	0,999046832	1,000375024
434.zeusmp	1	1,000287183	1,000114582
435.gromacs	1	1,000638988	1,001753678
437.leslie3d	1	1,000150205	1,002375677
444.namd	1	0,999335411	0,997494534
454.calculix	1	1,000060803	1,00030575
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000050241	0,999991123
462.libquantum	1	0,998687552	0,999003585
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1,000042135	1,000042135
470.lbm	1	1,000306786	1,000091766
481.wrf	1	0,996872295	0,996327905
482.sphinx3	1	1,001900297	1,001134474
483.xalancbmk	1	0,998278909	1,001606747
Promedio	1	0,999545846	0,999917842
Media Geométrica	1	0,999544829	0,999916516

dL1 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	42,04480375	42,06734375	41,99839975
410.bwaves	77,883022	77,911985	77,909769
429.mcf	147,149406	148,3266606	148,517878
433.milc	45,77142386	45,92801686	45,66958286
434.zeusmp	53,55731232	53,5420149	53,53339664
435.gromacs	26,222237	26,247302	26,032458
437.leslie3d	111,6933778	111,6422128	110,8698768
444.namd	0,252924	0,252957	0,253116
454.calculix	4,335839	4,334151996	4,218706979
456.hmmer	13,93149534	13,93149534	13,93149534
459.GemsFDTD	0,065714	0,065242	0,065787
462.libquantum	6,586875842	6,588848228	6,575436002
464.h264ref	11,09842742	11,09842742	11,09842742
465.tonto	9,652399242	9,639200883	9,639200883
470.lbm	113,9219189	113,9269579	113,9617499
481.wrf	5,425056142	6,778263032	6,781149596
482.sphinx3	0,519965	0,518882	0,520663
483.xalancbmk	3,557418464	3,628825065	3,457676579

dL1 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000536095	0,99889632
410.bwaves	1	1,000371878	1,000343425
429.mcf	1	1,008000403	1,009299881
433.milc	1	1,003421196	0,997775009
434.zeusmp	1	0,999714373	0,999553456
435.gromacs	1	1,000955868	0,992762669
437.leslie3d	1	0,999541916	0,992627128
444.namd	1	1,000130474	1,000759121
454.calculix	1	0,999610916	0,972985154
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,99281736	1,001110874
462.libquantum	1	1,000299442	0,998263237
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	0,998632634	0,998632634
470.lbm	1	1,000044232	1,000349634
481.wrf	1	1,249436477	1,249968557
482.sphinx3	1	0,997917168	1,001342398
483.xalancbmk	1	1,02007259	0,971962285
Promedio	1	1,015083501	1,010368433
Media Geométrica	1	1,013675597	1,008867154

dL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	9,319E-08	9,319E-08	9,2986E-08
410.bwaves	2,04397E-07	2,04442E-07	2,04432E-07
429.mcf	2,56701E-07	2,59082E-07	2,5915E-07
433.milc	1,38673E-07	1,39196E-07	1,38362E-07
434.zeusmp	6,72369E-07	6,72054E-07	6,72061E-07
435.gromacs	6,1852E-08	6,1871E-08	6,1331E-08
437.leslie3d	2,47637E-07	2,47524E-07	2,45821E-07
444.namd	6,47E-10	6,48E-10	6,49E-10
454.calculix	1,2025E-08	1,202E-08	1,1701E-08
456.hmmer	0,000535337	0,000535337	0,000535337
459.GemsFDTD	1,45E-10	1,44E-10	1,45E-10
462.libquantum	4,65878E-07	4,6664E-07	4,65562E-07
464.h264ref	0,000111236	0,000111236	0,000111236
465.tonto	9,93792E-05	9,92429E-05	9,92429E-05
470.lbm	3,48529E-07	3,48469E-07	3,48588E-07
481.wrf	4,04199E-08	5,04656E-08	5,05135E-08
482.sphinx3	1,212E-09	1,207E-09	1,213E-09
483.xalancbmk	1,90881E-07	1,94993E-07	1,85309E-07

dL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1	0,997810924
410.bwaves	1	1,00022016	1,000171235
429.mcf	1	1,00927538	1,009540282
433.milc	1	1,003771462	0,997757314
434.zeusmp	1	0,999530384	0,999541434
435.gromacs	1	1,000307185	0,991576667
437.leslie3d	1	0,999543687	0,992666686
444.namd	1	1,001545595	1,00309119
454.calculix	1	0,999584199	0,973056128
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,993103448	1
462.libquantum	1	1,001637031	0,999322608
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	0,998627651	0,998627651
470.lbm	1	0,999827848	1,000169283
481.wrf	1	1,248532806	1,249719749
482.sphinx3	1	0,995874587	1,000825083
483.xalancbmk	1	1,021542534	0,97081097
Promedio	1	1,015162442	1,0102604
Media Geométrica	1	1,013763037	1,008758321

dL1 Writebacks	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	3,135860981	3,35491998	3,39383798
410.bwaves	52,089808	52,090028	52,088258
429.mcf	22,070441	23,32838293	23,842789
433.milc	4,359786987	4,359732987	4,359752987
434.zeusmp	6,36988045	6,370144199	6,368008207
435.gromacs	5,326156	2,716332	2,73454
437.leslie3d	19,13942496	18,49081196	18,93695696
444.namd	0,184565	0,18383	0,184769
454.calculix	2,536682	2,449952998	2,379465988
456.hmmer	0,46894234	0,46894234	0,46894234
459.GemsFDTD	0,034593	0,032643	0,032774
462.libquantum	6,484443251	6,484443251	6,484127669
464.h264ref	0,936272268	0,936272268	0,936272268
465.tonto	2,516486949	2,516486949	2,516486949
470.lbm	51,14999195	51,14952995	51,14969495
481.wrf	3,898340892	3,902504155	3,902101688
482.sphinx3	0,225585	0,206087	0,20607
483.xalancbmk	0,397662349	0,397325525	0,397044839

dL1 Writebacks	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	1	1,069856094	1,08226672
410.bwaves	1	1,000004223	0,999970244
429.mcf	1	1,056996683	1,08030415
433.milc	1	0,999987614	0,999992201
434.zeusmp	1	1,000041406	0,999706079
435.gromacs	1	0,509998581	0,513417181
437.leslie3d	1	0,966111155	0,989421417
444.namd	1	0,996017663	1,001105302
454.calculix	1	0,965810061	0,938022972
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,943630214	0,947417108
462.libquantum	1	1	0,999951332
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	0,999990968	0,999994194
481.wrf	1	1,001067958	1,000964717
482.sphinx3	1	0,913566948	0,913491589
483.xalancbmk	1	0,999152991	0,99844715
Promedio	1	0,967901809	0,970248464
Media Geométrica	1	0,958027321	0,960290487

iL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,001424	0,001446	0,001445
410.bwaves	0,002133	0,002128	0,002136
429.mcf	0,001161	0,001166	0,001166
433.milc	0,003344	0,003374	0,003362
434.zeusmp	0,033410627	0,03352207	0,033362335
435.gromacs	0,008016	0,008028	0,008024
437.leslie3d	0,032506	0,032903	0,032753
444.namd	0,623133	0,627444	0,613859
454.calculix	7,631889	7,624138992	7,600021962
456.hmmer	42,9473026	42,9473026	42,9473026
459.GemsFDTD	13,48966699	13,49153699	13,45351299
462.libquantum	0,034687699	0,034976982	0,035239967
464.h264ref	6,402661894	6,402661894	6,402661894
465.tonto	21,97966573	21,97966573	21,97966573
470.lbm	0,001534	0,001549	0,001546
481.wrf	0,169425058	0,172244989	0,170784382
482.sphinx3	2,146928	2,226755	2,147621
483.xalancbmk	0,121340698	0,12160735	0,121495075

iL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,015449438	1,014747191
410.bwaves	1	0,997655884	1,00140647
429.mcf	1	1,004306629	1,004306632
433.milc	1	1,008971292	1,005382775
434.zeusmp	1	1,003335557	0,998554592
435.gromacs	1	1,001497006	1,000998004
437.leslie3d	1	1,01221313	1,007598597
444.namd	1	1,006918266	0,985117142
454.calculix	1	0,998984523	0,995824489
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000138625	0,997319875
462.libquantum	1	1,008339651	1,015921152
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,009778357	1,007822686
481.wrf	1	1,016644118	1,008023157
482.sphinx3	1	1,037181964	1,000322787
483.xalancbmk	1	1,002197548	1,001272265
Promedio	1	1,006867333	1,002478767
Media Geométrica	1	1,006825454	1,002455358

iL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	97,32982242	97,36808742	97,52628741
410.bwaves	118,955957	118,988901	118,990048
429.mcf	316,907164	317,112166	317,721114
433.milc	112,9009297	112,9987457	112,8811697
434.zeusmp	138,250197	138,2783587	138,2535403
435.gromacs	167,965682	168,459868	168,501988
437.leslie3d	113,7869258	113,7523118	113,7345248
444.namd	199,578416	199,812911	199,096592
454.calculix	140,583047	140,9649979	141,0756073
456.hmmer	276,8322945	276,8322945	276,8322945
459.GemsFDTD	240,6869488	240,7265268	240,5749868
462.libquantum	237,0733028	236,4674647	236,5997198
464.h264ref	267,3633493	267,3633493	267,3633493
465.tonto	216,9722087	216,9722087	216,9722087
470.lbm	95,8683969	95,9226209	95,9129299
481.wrf	139,7960815	139,803166	139,7881894
482.sphinx3	193,262979	194,065726	193,540354
483.xalancbmk	151,8922953	150,1035796	152,010394

iL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000393148	1,002018549
410.bwaves	1	1,000276943	1,000286585
429.mcf	1	1,000646884	1,002568418
433.milc	1	1,000866388	0,999824979
434.zeusmp	1	1,000203701	1,000024183
435.gromacs	1	1,002942184	1,00319295
437.leslie3d	1	0,9996958	0,999539481
444.namd	1	1,001174952	0,997585791
454.calculix	1	1,002716906	1,003503696
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000164438	0,999534823
462.libquantum	1	0,997444511	0,998002377
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,000565609	1,000464522
481.wrf	1	1,000050677	0,999943546
482.sphinx3	1	1,004153651	1,001435221
483.xalancbmk	1	0,988223789	1,000777517
Promedio	1	0,99997331	1,00048348
Media Geométrica	1	0,999968233	1,000482309

iL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,000906	0,000906	0,000913
410.bwaves	0,001673	0,00167	0,001676
429.mcf	0,000882	0,000883	0,000884
433.milc	0,002582	0,002607	0,002612
434.zeusmp	0,026504872	0,026471439	0,026389714
435.gromacs	0,006113	0,006131	0,006133
437.leslie3d	0,020367	0,020355	0,020387
444.namd	0,531575	0,536484	0,526012
454.calculix	6,843667	6,822175993	6,790497966
456.hmmer	31,39959749	31,39959749	31,39959749
459.GemsFDTD	12,16347299	12,15660299	12,12516799
462.libquantum	0,025220245	0,025299141	0,025509529
464.h264ref	4,764185425	4,764185425	4,764185425
465.tonto	17,91017197	17,91017197	17,91017197
470.lbm	0,001137	0,001146	0,001136
481.wrf	0,131302688	0,132773956	0,131606536
482.sphinx3	1,989502	2,061631	1,990566
483.xalancbmk	0,078465862	0,07891496	0,078830754

iL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1	1,007726269
410.bwaves	1	0,998206814	1,001793186
429.mcf	1	1,001133784	1,002267574
433.milc	1	1,009682417	1,0116189
434.zeusmp	1	0,998738612	0,995655221
435.gromacs	1	1,002944544	1,003271716
437.leslie3d	1	0,999410812	1,000981981
444.namd	1	1,009234821	0,989534873
454.calculix	1	0,996859723	0,992230915
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,999435194	0,996850817
462.libquantum	1	1,003128259	1,011470282
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,007915567	0,999120493
481.wrf	1	1,011205164	1,00231411
482.sphinx3	1	1,036254801	1,000534807
483.xalancbmk	1	1,005723484	1,004650331
Promedio	1	1,004437444	1,001112304
Media Geométrica	1	1,004399426	1,001097025

iL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	97,32982242	97,36808742	97,52628741
410.bwaves	118,955957	118,988901	118,990048
429.mcf	316,907164	317,112166	317,721114
433.milc	112,9009297	112,9987457	112,8811697
434.zeusmp	138,250197	138,2783587	138,2535403
435.gromacs	167,965682	168,459868	168,501988
437.leslie3d	113,7869258	113,7523118	113,7345248
444.namd	199,578416	199,812911	199,096592
454.calculix	140,583047	140,9649979	141,0756073
456.hmmer	276,8322945	276,8322945	276,8322945
459.GemsFDTD	240,6869488	240,7265268	240,5749868
462.libquantum	237,0733028	236,4674647	236,5997198
464.h264ref	267,3633493	267,3633493	267,3633493
465.tonto	216,9722087	216,9722087	216,9722087
470.lbm	95,8683969	95,9226209	95,9129299
481.wrf	139,7960815	139,803166	139,7881894
482.sphinx3	193,262979	194,065726	193,540354
483.xalancbmk	151,8922953	150,1035796	152,010394

iL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000393148	1,002018549
410.bwaves	1	1,000276943	1,000286585
429.mcf	1	1,000646884	1,002568418
433.milc	1	1,000866388	0,999824979
434.zeusmp	1	1,000203701	1,000024183
435.gromacs	1	1,002942184	1,00319295
437.leslie3d	1	0,9996958	0,999539481
444.namd	1	1,001174952	0,997585791
454.calculix	1	1,002716906	1,003503696
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000164438	0,999534823
462.libquantum	1	0,997444511	0,998002377
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,000565609	1,000464522
481.wrf	1	1,000050677	0,999943546
482.sphinx3	1	1,004153651	1,001435221
483.xalancbmk	1	0,988223789	1,000777517
Promedio	1	0,99997331	1,00048348
Media Geométrica	1	0,999968233	1,000482309

iL1 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,001424	0,001446	0,001445
410.bwaves	0,002133	0,002128	0,002136
429.mcf	0,001161	0,001166	0,001166
433.milc	0,003344	0,003374	0,003362
434.zeusmp	0,033410627	0,03352207	0,033362335
435.gromacs	0,008016	0,008028	0,008024
437.leslie3d	0,032506	0,032903	0,032753
444.namd	0,623133	0,627444	0,613859
454.calculix	7,631889	7,624138992	7,600021962
456.hmmer	42,9473026	42,9473026	42,9473026
459.GemsFDTD	13,48966699	13,49153699	13,45351299
462.libquantum	0,034687699	0,034976982	0,035239967
464.h264ref	6,402661894	6,402661894	6,402661894
465.tonto	21,97966573	21,97966573	21,97966573
470.lbm	0,001534	0,001549	0,001546
481.wrf	0,169425058	0,172244989	0,170784382
482.sphinx3	2,146928	2,226755	2,147621
483.xalancbmk	0,121340698	0,12160735	0,121495075

iL1 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,015449438	1,014747191
410.bwaves	1	0,997655884	1,00140647
429.mcf	1	1,004306629	1,004306632
433.milc	1	1,008971292	1,005382775
434.zeusmp	1	1,003335557	0,998554592
435.gromacs	1	1,001497006	1,000998004
437.leslie3d	1	1,01221313	1,007598597
444.namd	1	1,006918266	0,985117142
454.calculix	1	0,998984523	0,995824489
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,000138625	0,997319875
462.libquantum	1	1,008339651	1,015921152
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,009778357	1,007822686
481.wrf	1	1,016644118	1,008023157
482.sphinx3	1	1,037181964	1,000322787
483.xalancbmk	1	1,002197548	1,001272265
Promedio	1	1,006867333	1,002478767
Media Geométrica	1	1,006825454	1,002455358

iL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1,5E-11	1,5E-11	1,5E-11
410.bwaves	1,8E-11	1,8E-11	1,8E-11
429.mcf	4E-12	4E-12	4E-12
433.milc	3E-11	3E-11	3E-11
434.zeusmp	8,98974E-10	8,98974E-10	8,95259E-10
435.gromacs	4,8E-11	4,8E-11	4,8E-11
437.leslie3d	2,86E-10	2,89E-10	2,88E-10
444.namd	3,113E-09	3,13E-09	3,074E-09
454.calculix	5,1492E-08	5,131E-08	5,1118E-08
456.hmmer	0,002624182	0,002624182	0,002624182
459.GemsFDTD	5,3072E-08	5,3071E-08	5,2961E-08
462.libquantum	3,83958E-09	3,89218E-09	3,91847E-09
464.h264ref	8,42177E-05	8,42177E-05	8,42177E-05
465.tonto	0,000404679	0,000404679	0,000404679
470.lbm	1,6E-11	1,6E-11	1,6E-11
481.wrf	3,22506E-09	3,28103E-09	3,25172E-09
482.sphinx3	1,0987E-08	1,1344E-08	1,0975E-08
483.xalancbmk	1,11994E-08	1,13678E-08	1,12134E-08

iL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1	1
410.bwaves	1	1	1
429.mcf	1	0,999999997	1
433.milc	1	1	1
434.zeusmp	1	1	0,995867769
435.gromacs	1	1	1
437.leslie3d	1	1,01048951	1,006993007
444.namd	1	1,00546097	0,987471892
454.calculix	1	0,996465469	0,992736731
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,999981158	0,997908502
462.libquantum	1	1,01369863	1,020547945
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1	1
481.wrf	1	1,017355372	1,008264463
482.sphinx3	1	1,032492946	0,9989078
483.xalancbmk	1	1,015037594	1,001253133
Promedio	1	1,005054536	1,000552847
Media Geométrica	1	1,005014495	1,000531636

iL1 Writebacks	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	0,000403	0,000403	0,000409
410.bwaves	0,001159	0,001156	0,001162
429.mcf	0,000375	0,000376	0,000377
433.milc	0,00207	0,002095	0,0021
434.zeusmp	0,024595481	0,024562048	0,024480323
435.gromacs	0,005595	0,005613	0,005615
437.leslie3d	0,019853	0,019841	0,019873
444.namd	0,530949	0,535867	0,525378
454.calculix	6,842039	6,820550993	6,788876966
456.hmmer	21,39549425	21,39549425	21,39549425
459.GemsFDTD	12,16295499	12,15608599	12,12465099
462.libquantum	0,012149899	0,012202496	0,012412884
464.h264ref	2,920449267	2,920449267	2,920449267
465.tonto	15,65765219	15,65765219	15,65765219
470.lbm	0,000631	0,00064	0,00063
481.wrf	0,12991138	0,131377317	0,130215229
482.sphinx3	1,988951	2,060982	1,989925
483.xalancbmk	0,070578576	0,070943468	0,070901365

iL1 Writebacks	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	1	1	1,014888337
410.bwaves	1	0,997411562	1,002588438
429.mcf	1	1,002666664	1,005333333
433.milc	1	1,012077295	1,014492754
434.zeusmp	1	0,998640689	0,995317928
435.gromacs	1	1,003217158	1,00357462
437.leslie3d	1	0,999395557	1,001007404
444.namd	1	1,00926266	0,989507467
454.calculix	1	0,996859415	0,992230089
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,999435252	0,996850765
462.libquantum	1	1,004329004	1,021645022
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,014263074	0,998415214
481.wrf	1	1,011284135	1,002338893
482.sphinx3	1	1,036215573	1,000489705
483.xalancbmk	1	1,005170014	1,004573474
Promedio	1	1,00501267	1,002402969
Media Geométrica	1	1,00497164	1,002373261

L2 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	3,150530981	3,151341981	3,150993981
410.bwaves	18,441595	18,441579	18,441599
429.mcf	38,823326	38,82415388	38,823709
433.milc	11,21904697	11,21905597	11,21904597
434.zeusmp	16,94912836	16,94940697	16,94936982
435.gromacs	1,659307	1,658742	1,660031
437.leslie3d	26,15089395	26,14986695	26,14892195
444.namd	0,140979	0,141019	0,140986
454.calculix	0,396931	0,396974	0,396907998
456.hmmer	35,38560738	35,38560738	35,38560738
459.GemsFDTD	0,011426	0,011416	0,011413
462.libquantum	6,547296625	6,547244028	6,547743699
464.h264ref	7,475773955	7,475773955	7,475773955
465.tonto	13,49752091	13,49752091	13,49752091
470.lbm	42,36165396	42,36193096	42,36191396
481.wrf	4,21941585	4,219405189	4,219631743
482.sphinx3	0,124794	0,124754	0,12479
483.xalancbmk	1,837667394	1,837835806	1,837709497

L2 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000257417	1,000146959
410.bwaves	1	0,999999132	1,000000217
429.mcf	1	1,000021324	1,000009865
433.milc	1	1,000000802	0,999999911
434.zeusmp	1	1,000016438	1,000014246
435.gromacs	1	0,999659496	1,000436327
437.leslie3d	1	0,999960728	0,999924591
444.namd	1	1,00028373	1,000049653
454.calculix	1	1,00010833	0,99994205
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,999124803	0,998862244
462.libquantum	1	0,999991967	1,000068284
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,000006539	1,000006138
481.wrf	1	0,999997473	1,000051166
482.sphinx3	1	0,999679472	0,999967947
483.xalancbmk	1	1,000091644	1,000022911
Promedio	1	0,999955516	0,999972362
Media Geométrica	1	0,999955485	0,99997232

L2 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	7,459209955	7,464083955	7,465060955
410.bwaves	54,970763	54,978268	54,978487
429.mcf	23,119922	23,12288393	23,124129
433.milc	0,063982	0,064001	0,064046
434.zeusmp	0,98628957	0,988808183	0,986103832
435.gromacs	8,871072	8,872671	8,874603
437.leslie3d	26,05710195	25,83354095	25,84422595
444.namd	0,603865	0,608717	0,598431
454.calculix	9,600444	9,58101699	9,550007952
456.hmmer	4,84573751	4,84573751	4,84573751
459.GemsFDTD	12,19443199	12,18763699	12,15635099
462.libquantum	0,010887572	0,011071661	0,011019064
464.h264ref	1,044303684	1,044303684	1,044303684
465.tonto	10,24632536	10,24632536	10,24632536
470.lbm	20,18650398	20,18648998	20,18649798
481.wrf	0,537127489	0,538795993	0,537039533
482.sphinx3	2,155146	2,227229	2,155926
483.xalancbmk	0,236871188	0,237671144	0,237179943

L2 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,00065342	1,000784399
410.bwaves	1	1,000136527	1,000140511
429.mcf	1	1,000128112	1,000181964
433.milc	1	1,000296959	1,001000281
434.zeusmp	1	1,002553624	0,99981168
435.gromacs	1	1,000180249	1,000398035
437.leslie3d	1	0,991420343	0,991830404
444.namd	1	1,008034908	0,9910013
454.calculix	1	0,997976447	0,994746488
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,999442778	0,996877181
462.libquantum	1	1,016908213	1,012077295
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	0,999999306	0,999999703
481.wrf	1	1,003106345	0,999836247
482.sphinx3	1	1,033446922	1,000361924
483.xalancbmk	1	1,003377177	1,001303472
Promedio	1	1,003203407	0,999463938
Media Geométrica	1	1,003165411	0,999454796

L2 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	3,149052981	3,149891981	3,149516981
410.bwaves	18,439176	18,439168	18,439174
429.mcf	38,800727	38,80271888	38,801739
433.milc	11,21783497	11,21782197	11,21782797
434.zeusmp	16,94255694	16,94280954	16,94278726
435.gromacs	1,654436	1,653959	1,655157
437.leslie3d	26,12952395	26,12861895	26,12765895
444.namd	0,139975	0,139982	0,139979
454.calculix	0,395626	0,395681	0,395620998
456.hmmer	35,40514664	35,40514664	35,40514664
459.GemsFDTD	0,01098	0,010971	0,010971
462.libquantum	6,53785547	6,537776574	6,538039559
464.h264ref	7,482976049	7,482976049	7,482976049
465.tonto	13,488722	13,488722	13,488722
470.lbm	42,35989996	42,36017496	42,36016996
481.wrf	4,195609026	4,195470428	4,195654337
482.sphinx3	0,123694	0,123814	0,123826
483.xalancbmk	1,8282223	1,828362643	1,828208265

L2 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,000266429	1,000147346
410.bwaves	1	0,999999566	0,999999892
429.mcf	1	1,000051336	1,000026082
433.milc	1	0,999998841	0,999999376
434.zeusmp	1	1,000014909	1,000013594
435.gromacs	1	0,999711684	1,000435798
437.leslie3d	1	0,999965365	0,999928625
444.namd	1	1,000050009	1,000028577
454.calculix	1	1,000139019	0,999987357
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,999180328	0,999180328
462.libquantum	1	0,999987933	1,000028157
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,000006492	1,000006374
481.wrf	1	0,999966966	1,0000108
482.sphinx3	1	1,000970136	1,00106715
483.xalancbmk	1	1,000076765	0,999992324
Promedio	1	1,000021432	1,000047321
Media Geométrica	1	1,000021382	1,000047266

L2 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	2,96849E-07	2,96768E-07	2,96716E-07
410.bwaves	2,51181E-07	2,51155E-07	2,51154E-07
429.mcf	6,2662E-07	6,26602E-07	6,26584E-07
433.milc	9,94329E-07	9,94327E-07	9,94323E-07
434.zeusmp	3,51042E-06	3,50992E-06	3,51045E-06
435.gromacs	1,57183E-07	1,57121E-07	1,57188E-07
437.leslie3d	5,00694E-07	5,02839E-07	5,02727E-07
444.namd	1,88179E-07	1,86967E-07	1,89568E-07
454.calculix	3,9578E-08	3,9661E-08	3,9778E-08
456.hmmer	0,017186971	0,017186971	0,017186971
459.GemsFDTD	9E-10	8,99E-10	9,02E-10
462.libquantum	2,62547E-05	2,6254E-05	2,62542E-05
464.h264ref	0,003160041	0,003160041	0,003160041
465.tonto	0,002500227	0,002500227	0,002500227
470.lbm	6,77256E-07	6,77257E-07	6,77257E-07
481.wrf	2,36285E-06	2,362E-06	2,36289E-06
482.sphinx3	5,4279E-08	5,2663E-08	5,4316E-08
483.xalancbmk	1,24246E-05	1,24199E-05	1,24227E-05

L2 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0,999727134	0,999551961
410.bwaves	1	0,999896489	0,999892508
429.mcf	1	0,999971271	0,999942549
433.milc	1	0,999997989	0,999993966
434.zeusmp	1	0,999860316	1,000010582
435.gromacs	1	0,999605555	1,00003181
437.leslie3d	1	1,004284054	1,004060364
444.namd	1	0,993559324	1,00738127
454.calculix	1	1,002097124	1,005053307
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	0,998888889	1,002222222
462.libquantum	1	0,999971953	0,999979967
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	1,000001477	1,000001477
481.wrf	1	0,999643545	1,000020304
482.sphinx3	1	0,970227897	1,000681663
483.xalancbmk	1	0,999621596	0,999848639
Promedio	1	0,998186367	1,001037366
Media Geométrica	1	0,998161102	1,001035075

L2 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1,192000993	1,207199993	1,217471993
410.bwaves	10,124653	10,104462	10,104495
429.mcf	14,809402	14,61033396	14,42054
433.milc	4,532836986	4,398394987	4,567130986
434.zeusmp	7,937664998	6,351793243	6,350507933
435.gromacs	0,999149	0,962187	0,952731
437.leslie3d	10,24963898	9,311810981	9,672608981
444.namd	0,133496	0,132562	0,132559
454.calculix	0,352945	0,323579	0,304440998
456.hmmer	0	0	0
459.GemsFDTD	0,00418	0,004158	0,004154
462.libquantum	6,401261149	6,390268383	6,388480086
464.h264ref	0	0	0
465.tonto	0,030796169	0,030796169	0,030796169
470.lbm	31,01420997	31,01374697	31,01409597
481.wrf	3,990996137	3,687885577	3,777816843
482.sphinx3	0,104529	0,103845	0,10385
483.xalancbmk	0,43847414	0,365607971	0,334746509

L2 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,012750828	1,021368271
410.bwaves	1	0,998005759	0,998009018
429.mcf	1	0,986557996	0,973742221
433.milc	1	0,970340429	1,007565681
434.zeusmp	1	0,800209286	0,800047361
435.gromacs	1	0,963006519	0,953542465
437.leslie3d	1	0,908501363	0,943702407
444.namd	1	0,993003536	0,992981063
454.calculix	1	0,916797234	0,862573484
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	1	0,994736842	0,993779904
462.libquantum	1	0,998282719	0,998003352
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	1	1	1
470.lbm	1	0,999985071	0,999996324
481.wrf	1	0,924051402	0,946584941
482.sphinx3	1	0,993456361	0,993504195
483.xalancbmk	1	0,833818775	0,763435009
Promedio	1	0,955844008	0,953052231
Media Geométrica	1	0,953747796	0,949864164

L3 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,487951997	0,046335	0,035942
410.bwaves	10,099818	0,000008	0,000014
429.mcf	6,320793	0,137289	0,190739
433.milc	4,312634987	0,006372	0,168871999
434.zeusmp	6,342053121	0,000969555	0,000178309
435.gromacs	0,241703	0,059471	0,028955
437.leslie3d	8,680505983	0,006023	0,095527
444.namd	0,132475	0,000073	0,000063
454.calculix	0,214986	0,034094	0,022012
456.hmmer	0	0	0
459.GemsFDTD	0,003966	0,000242	5,1E-05
462.libquantum	0,222353674	0,217462156	0,000604865
464.h264ref	0	0	0
465.tonto	0,030796169	0	0
470.lbm	31,01348897	2E-06	0,000179
481.wrf	3,571506133	0,01822027	0,023391032
482.sphinx3	0,103744	0,000049	0,00005
483.xalancbmk	0,098534934	0,067266477	0,045429081

L3 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0,094958111	0,073658884
410.bwaves	1	7,92093E-07	1,38616E-06
429.mcf	1	0,021720218	0,030176435
433.milc	1	0,001477519	0,039157499
434.zeusmp	1	0,000152877	2,81153E-05
435.gromacs	1	0,246049904	0,119795782
437.leslie3d	1	0,000693854	0,011004773
444.namd	1	0,000551047	0,000475561
454.calculix	1	0,158587071	0,102388062
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	1	0,061018659	0,012859304
462.libquantum	1	0,978001183	0,002720284
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	-	-	-
470.lbm	1	6,44881E-08	5,77168E-06
481.wrf	1	0,005101565	0,006549347
482.sphinx3	1	0,000472316	0,000481956
483.xalancbmk	1	0,682666287	0,461045435
Promedio	1	0,150096764	0,057356573
Media Geométrica	1	0,00318284	0,003314376

L3 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,704919996	0,733082996	0,657670996
410.bwaves	0,024847	0,004645	0,001919
429.mcf	8,491859	10,83069697	10,648254
433.milc	0,220391999	0,161042	0,440231999
434.zeusmp	1,600099318	0,002618912	0,001203585
435.gromacs	0,759705	0,65639	0,434493
437.leslie3d	1,570194997	0,549964999	0,982666998
444.namd	0,001042	0,000038	0,000053
454.calculix	0,138152	0,068383	0,041401
456.hmmer	0	0	0
459.GemsFDTD	0,002483	1,7E-05	1,7E-05
462.libquantum	6,280340724	6,050939057	0,004865219
464.h264ref	0	0	0
465.tonto	0,013198358	0	0
470.lbm	0,000736	0,000266	0,001156
481.wrf	0,420974599	0,135439297	0,319742288
482.sphinx3	0,000902	0,000085	0,000002
483.xalancbmk	0,362436215	0,201392437	0,018048131

L3 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	1,039952051	0,932972536
410.bwaves	1	0,186944098	0,077232664
429.mcf	1	1,275421197	1,253936741
433.milc	1	0,730707104	1,997495372
434.zeusmp	1	0,001636718	0,000752194
435.gromacs	1	0,864006424	0,571923312
437.leslie3d	1	0,350252676	0,625824818
444.namd	1	0,03646833	0,050863724
454.calculix	1	0,494983785	0,299677166
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	1	0,006846557	0,006846557
462.libquantum	1	0,963473054	0,000774674
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	-	-	-
470.lbm	1	0,361413043	1,570652174
481.wrf	1	0,321727954	0,759528694
482.sphinx3	1	0,094235033	0,002217295
483.xalancbmk	1	0,555663117	0,049796709
Promedio	1	0,485582076	0,546699642
Media Geométrica	1	0,209357556	0,095702558

L3 Overall Misses	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	2,444129985	0	0
410.bwaves	18,414329	0	0
429.mcf	30,308867	0	0
433.milc	10,99744097	0	0
434.zeusmp	15,34245762	0	0
435.gromacs	0,89473	0	0
437.leslie3d	24,55932495	0	0
444.namd	0,138932	0	0
454.calculix	0,257474	0	0
456.hmmer	35,38560738	0	0
459.GemsFDTD	0,008497	0	0
462.libquantum	0,257462149	0	0
464.h264ref	7,475773955	0	0
465.tonto	13,46672474	0	0
470.lbm	42,35916396	0	0
481.wrf	3,774634426	0	0
482.sphinx3	0,122791	0	0
483.xalancbmk	1,465743981	0	0

L3 Overall Misses	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	1	0	0
410.bwaves	1	0	0
429.mcf	1	0	0
433.milc	1	0	0
434.zeusmp	1	0	0
435.gromacs	1	0	0
437.leslie3d	1	0	0
444.namd	1	0	0
454.calculix	1	0	0
456.hmmer	1	0	0
459.GemsFDTD	1	0	0
462.libquantum	1	0	0
464.h264ref	1	0	0
465.tonto	1	0	0
470.lbm	1	0	0
481.wrf	1	0	0
482.sphinx3	1	0	0
483.xalancbmk	1	0	0
Promedio	1	0	0
Media Geométrica	1	0	0

L3 Overall Miss Rate	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	7,76148E-07	0	0
410.bwaves	9,98652E-07	0	0
429.mcf	7,81142E-07	0	0
433.milc	9,80353E-07	0	0
434.zeusmp	3,36393E-06	0	0
435.gromacs	5,40807E-07	0	0
437.leslie3d	9,39907E-07	0	0
444.namd	9,92556E-07	0	0
454.calculix	6,50802E-07	0	0
456.hmmer	0,019539264	0	0
459.GemsFDTD	7,73862E-07	0	0
462.libquantum	1,03566E-06	0	0
464.h264ref	0,003601047	0	0
465.tonto	0,004395146	0	0
470.lbm	9,99983E-07	0	0
481.wrf	2,39791E-06	0	0
482.sphinx3	9,92708E-07	0	0
483.xalancbmk	1,1252E-05	0	0

L3 Overall Miss Rate	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	1	0	0
410.bwaves	1	0	0
429.mcf	1	0	0
433.milc	1	0	0
434.zeusmp	1	0	0
435.gromacs	1	0	0
437.leslie3d	1	0	0
444.namd	1	0	0
454.calculix	1	0	0
456.hmmer	1	0	0
459.GemsFDTD	1	0	0
462.libquantum	1	0	0
464.h264ref	1	0	0
465.tonto	1	0	0
470.lbm	1	0	0
481.wrf	1	0	0
482.sphinx3	1	0	0
483.xalancbmk	1	0	0
Promedio	1	0	0
Media Geométrica	1	0	0

L3 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,471391997	0,029915	0,019555
410.bwaves	10,083422	0	0
429.mcf	6,302623	0,120812	0,174228
433.milc	4,296231987	0	0,152487
434.zeusmp	6,281160638	0	0
435.gromacs	0,225314	0,043087	0,012571
437.leslie3d	8,663379983	5,8E-05	0,085985
444.namd	0,11607	0	0
454.calculix	0,198594	0,017694	0,005624
456.hmmer	0	0	0
459.GemsFDTD	0	0	0
462.libquantum	0	0	0
464.h264ref	0	0	0
465.tonto	0	0	0
470.lbm	30,99708797	0	0
481.wrf	3,526688426	0	0
482.sphinx3	0,087249	0	0
483.xalancbmk	0	0	0

L3 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0,063460984	0,041483521
410.bwaves	-	0	0
429.mcf	1	0,019168527	0,027643729
433.milc	-	0	0,035493195
434.zeusmp	-	0	0
435.gromacs	1	0,191230904	0,055793249
437.leslie3d	1	6,69485E-06	0,00992511
444.namd	1	0	0
454.calculix	1	0,089096347	0,028319083
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	-	-	-
462.libquantum	-	-	-
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	-	-	-
470.lbm	1	0	0
481.wrf	1	0	0
482.sphinx3	1	0	0
483.xalancbmk	-	-	-
Promedio	1	0,072592691	0,032632938
Media Geométrica	1	0,010677039	0,028247088

MM Reads	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	2,444129985	2,416805985	2,491842985
410.bwaves	18,414329	18,434523	18,437255
429.mcf	30,308867	27,97201992	28,153484
433.milc	10,99743997	11,05677697	10,77759297
434.zeusmp	15,34245762	16,94019063	16,94158367
435.gromacs	0,89473	0,997568	1,220663
437.leslie3d	24,55932495	25,57864895	25,14498695
444.namd	0,138932	0,139943	0,139925
454.calculix	0,257474	0,327298	0,354219998
456.hmmer	35,38560738	35,38560738	35,38560738
459.GemsFDTD	0,008497	0,010954	0,010954
462.libquantum	0,257462149	0,48678492	6,533121743
464.h264ref	7,475773955	7,475773955	7,475773955
465.tonto	13,46672474	13,4799231	13,4799231
470.lbm	42,35916396	42,35990896	42,35901396
481.wrf	3,774634426	4,060031131	3,875912049
482.sphinx3	0,122791	0,123728	0,123823
483.xalancbmk	1,465743981	1,626928103	1,810118032

MM Reads	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Prueba			
401.bzip2	1	0,988820562	1,019521466
410.bwaves	1	1,001096646	1,001245009
429.mcf	1	0,922898897	0,928886058
433.milc	1	1,005395528	0,980009257
434.zeusmp	1	1,10413801	1,104228807
435.gromacs	1	1,114937467	1,364280845
437.leslie3d	1	1,041504561	1,023846828
444.namd	1	1,007276941	1,007147381
454.calculix	1	1,271188546	1,375750554
456.hmmer	1	1	1
459.GemsFDTD	1	1,28916088	1,28916088
462.libquantum	1	1,890704801	25,37507661
464.h264ref	1	1	1
465.tonto	1	1,000980072	1,000980072
470.lbm	1	1,000017588	0,999996459
481.wrf	1	1,075609098	1,026831108
482.sphinx3	1	1,007630852	1,008404525
483.xalancbmk	1	1,109967445	1,234948296
Promedio	1	1,101740439	2,430017453
Media Geométrica	1	1,086148895	1,278380239

MM Writes	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	0,471391997	0,458736997	0,544373997
410.bwaves	10,083422	10,099809	10,102562
429.mcf	6,302623	3,764907989	3,757431
433.milc	4,296231987	4,231130987	4,111032988
434.zeusmp	6,281160638	6,348253069	6,349185476
435.gromacs	0,225314	0,291137	0,502864
437.leslie3d	8,663379983	8,755881982	8,680418983
444.namd	0,11607	0,132461	0,132474
454.calculix	0,198594	0,238831	0,246671999
456.hmmer	0	0	0
459.GemsFDTD	0	0,003908	0,004095
462.libquantum	0	0,222353674	6,383167793
464.h264ref	0	0	0
465.tonto	0	0,030796169	0,030796169
470.lbm	30,99708797	31,01347597	31,01275797
481.wrf	3,526688426	3,534660461	3,436002868
482.sphinx3	0,087249	0,103717	0,1038
483.xalancbmk	0	0,099096307	0,27316393

MM Writes	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Prueba			
401.bzip2	1	0,973153978	1,154822313
410.bwaves	1	1,001625143	1,001898165
429.mcf	1	0,597355734	0,596169404
433.milc	1	0,984846954	0,956892691
434.zeusmp	1	1,010681534	1,010829979
435.gromacs	1	1,292138971	2,231836459
437.leslie3d	1	1,010677357	1,001966784
444.namd	1	1,141216507	1,141328509
454.calculix	1	1,202609342	1,2420919
456.hmmer	-	-	-
459.GemsFDTD	-	-	-
462.libquantum	-	-	-
464.h264ref	-	-	-
465.tonto	-	-	-
470.lbm	1	1,000528695	1,000505531
481.wrf	1	1,002260487	0,974285917
482.sphinx3	1	1,188747149	1,189698449
483.xalancbmk	-	-	-
Promedio	1	1,033820154	1,125193842
Media Geométrica	1	1,017969447	1,07763757

B Resultados obtenidos, ocho núcleos

Sim Instr	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	3120968737	3145318027	3140097742
mix.H1	3814516921	3843829279	3839855036
mix.H2	4080012654	4090954906	4086417225
mix.H3	3120255783	3144106653	3139391098
mix.HL0	4323825822	4312155720	4344169662
mix.HL1	3890077238	3930612021	3899705864
mix.HL2	3031078878	3050577145	2392218071
mix.HL3	4320632417	4396425445	4319867939
mix.HM0	3711972465	3702433039	3714055049
mix.HM1	2358527730	2379269114	2372890548
mix.HM2	3721745312	3714153574	3722011577
mix.HM3	2786212293	2777299028	2789270488
mix.HML0	3360785681	3422704609	3391677022
mix.HML1	2841745402	2890055776	2872664154
mix.HML2	3023119687	3036446716	3038750558
mix.HML3	4731148288	4813873518	4778112693
mix.L0	5191770030	5186036400	5167395241
mix.L1	5177377141	5184832749	5175403833
mix.L2	4498449648	4460313705	4387818819
mix.L3	4886023962	4258487571	4854919393
mix.M0	1964238243	1964238243	1964238243
mix.M1	2660109167	2660171431	2660168251
mix.M2	2892952034	2892878131	2892873801
mix.M3	2643307195	2643307195	2643307195
mix.ML0	5052574667	5103801214	5076693459
mix.ML1	3753490532	3738077590	3711284201
mix.ML2	4153393543	4141267770	4127587439
mix.ML3	3363079298	3414048476	2789945267

Sim Instr	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,007801837	1,006129188
mix.H1	1	1,007684422	1,006642549
mix.H2	1	1,002681916	1,001569743
mix.H3	1	1,007643883	1,006132611
mix.HL0	1	0,997300978	1,004705055
mix.HL1	1	1,010420046	1,002475176
mix.HL2	1	1,006432781	0,789229897
mix.HL3	1	1,017542114	0,999823063
mix.HM0	1	0,997430092	1,000561045
mix.HM1	1	1,008794208	1,006089739
mix.HM2	1	0,997960167	1,000071543
mix.HM3	1	0,996800938	1,001097617
mix.HML0	1	1,018423944	1,009191702
mix.HML1	1	1,017000247	1,010880198
mix.HML2	1	1,00440837	1,005170444
mix.HML3	1	1,017485233	1,00992664
mix.L0	1	0,998895631	0,99530511
mix.L1	1	1,001440036	0,99961886
mix.L2	1	0,991522425	0,975406898
mix.L3	1	0,87156502	0,993633971
mix.M0	1	1	1
mix.M1	1	1,000023407	1,000022211
mix.M2	1	0,999974454	0,999972957
mix.M3	1	1	1
mix.ML0	1	1,010138702	1,004773565
mix.ML1	1	0,995893704	0,988755445
mix.ML2	1	0,997080514	0,993786742
mix.ML3	1	1,015155509	0,829580578
Promedio	1	0,999910735	0,987162591
Media Geométrica	1	0,999550552	0,985728498

Sim seconds	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	2,98659E-07	2,91392E-07	2,92849E-07
mix.H1	2,53183E-07	2,48297E-07	2,49078E-07
mix.H2	2,30142E-07	2,2527E-07	2,25968E-07
mix.H3	2,99485E-07	2,92205E-07	2,92966E-07
mix.HL0	8,47791E-08	8,42022E-08	8,48406E-08
mix.HL1	9,77628E-08	9,61336E-08	9,72604E-08
mix.HL2	1,23527E-07	1,23702E-07	1,55265E-07
mix.HL3	8,48961E-08	8,40929E-08	8,43982E-08
mix.HM0	1,46154E-07	1,42716E-07	1,44566E-07
mix.HM1	3,50874E-07	3,41173E-07	3,42245E-07
mix.HM2	1,43476E-07	1,39503E-07	1,41704E-07
mix.HM3	1,97399E-07	1,90346E-07	1,91977E-07
mix.HML0	1,10801E-07	1,09579E-07	1,09959E-07
mix.HML1	1,28398E-07	1,25908E-07	1,27206E-07
mix.HML2	1,95149E-07	1,92841E-07	1,93572E-07
mix.HML3	7,74527E-08	7,61788E-08	7,71949E-08
mix.L0	6,99813E-08	7,02764E-08	7,05464E-08
mix.L1	7,00675E-08	7,01608E-08	7,03765E-08
mix.L2	8,13929E-08	8,13761E-08	8,24455E-08
mix.L3	7,46163E-08	8,56236E-08	7,50173E-08
mix.M0	2,43629E-07	2,37505E-07	2,3947E-07
mix.M1	1,8389E-07	1,81788E-07	1,83412E-07
mix.M2	1,71279E-07	1,68722E-07	1,70071E-07
mix.M3	1,85501E-07	1,80393E-07	1,82318E-07
mix.ML0	7,17668E-08	7,12081E-08	7,17193E-08
mix.ML1	9,96678E-08	9,88786E-08	1,0012E-07
mix.ML2	8,9782E-08	8,9348E-08	9,02593E-08
mix.ML3	1,08048E-07	1,06901E-07	1,31313E-07

Sim seconds	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,975668826	0,980546268
mix.H1	1	0,980704313	0,983787879
mix.H2	1	0,978830288	0,981865204
mix.H3	1	0,975692795	0,978232584
mix.HL0	1	0,993195429	1,00072569
mix.HL1	1	0,983335071	0,994860746
mix.HL2	1	1,001418232	1,256926096
mix.HL3	1	0,990538153	0,994134542
mix.HM0	1	0,97647534	0,989135734
mix.HM1	1	0,972353883	0,975407262
mix.HM2	1	0,972311886	0,98765175
mix.HM3	1	0,964271684	0,972532292
mix.HML0	1	0,988968236	0,992398133
mix.HML1	1	0,980607943	0,990714493
mix.HML2	1	0,988172067	0,991916907
mix.HML3	1	0,983552814	0,99667227
mix.L0	1	1,004216419	1,00807414
mix.L1	1	1,001331185	1,004410211
mix.L2	1	0,999793399	1,012932185
mix.L3	1	1,147518685	1,005374396
mix.M0	1	0,974865478	0,982929505
mix.M1	1	0,988569737	0,997397956
mix.M2	1	0,985066627	0,992945159
mix.M3	1	0,972463836	0,982840373
mix.ML0	1	0,992215414	0,999338724
mix.ML1	1	0,992082402	1,004532661
mix.ML2	1	0,995166033	1,005315741
mix.ML3	1	0,989386517	1,215324011
Promedio	1	0,991027596	1,009961533
Media Geométrica	1	0,990560162	1,008181966

NumInstr	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	3120968737	3145318027	3140097742
mix.H1	3814516921	3843829279	3839855036
mix.H2	4080012654	4090954906	4086417225
mix.H3	3120255783	3144106653	3139391098
mix.HL0	4323825822	4312155720	4344169662
mix.HL1	3890077238	3930612021	3899705864
mix.HL2	3031078878	3050577145	2392218071
mix.HL3	4320632417	4396425445	4319867939
mix.HM0	3711972465	3702433039	3714055049
mix.HM1	2358527730	2379269114	2372890548
mix.HM2	3721745312	3714153574	3722011577
mix.HM3	2786212293	2777299028	2789270488
mix.HML0	3360785681	3422704609	3391677022
mix.HML1	2841745402	2890055776	2872664154
mix.HML2	3023119687	3036446716	3038750558
mix.HML3	4731148288	4813873518	4778112693
mix.L0	5191770030	5186036400	5167395241
mix.L1	5177377141	5184832749	5175403833
mix.L2	4498449648	4460313705	4387818819
mix.L3	4886023962	4258487571	4854919393
mix.M0	1964238243	1964238243	1964238243
mix.M1	2660109167	2660171431	2660168251
mix.M2	2892952034	2892878131	2892873801
mix.M3	2643307195	2643307195	2643307195
mix.ML0	5052574667	5103801214	5076693459
mix.ML1	3753490532	3738077590	3711284201
mix.ML2	4153393543	4141267770	4127587439
mix.ML3	3363079298	3414048476	2789945267

NumInstr	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,007801837	1,006129188
mix.H1	1	1,007684422	1,006642549
mix.H2	1	1,002681916	1,001569743
mix.H3	1	1,007643883	1,006132611
mix.HL0	1	0,997300978	1,004705055
mix.HL1	1	1,010420046	1,002475176
mix.HL2	1	1,006432781	0,789229897
mix.HL3	1	1,017542114	0,999823063
mix.HM0	1	0,997430092	1,000561045
mix.HM1	1	1,008794208	1,006089739
mix.HM2	1	0,997960167	1,000071543
mix.HM3	1	0,996800938	1,001097617
mix.HML0	1	1,018423944	1,009191702
mix.HML1	1	1,017000247	1,010880198
mix.HML2	1	1,00440837	1,005170444
mix.HML3	1	1,017485233	1,00992664
mix.L0	1	0,998895631	0,99530511
mix.L1	1	1,001440036	0,99961886
mix.L2	1	0,991522425	0,975406898
mix.L3	1	0,87156502	0,993633971
mix.M0	1	1	1
mix.M1	1	1,000023407	1,000022211
mix.M2	1	0,999974454	0,999972957
mix.M3	1	1	1
mix.ML0	1	1,010138702	1,004773565
mix.ML1	1	0,995893704	0,988755445
mix.ML2	1	0,997080514	0,993786742
mix.ML3	1	1,015155509	0,829580578
Promedio	1	0,999910735	0,987162591
Media Geométrica	1	0,999550552	0,985728498

IPC	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	2,291864	2,953038	2,330304
mix.H1	2,555312	3,063588	2,446823
mix.H2	3,04537	3,462109	2,846965
mix.H3	2,280207	2,950805	2,334336
mix.HL0	6,918166	6,971155	6,363727
mix.HL1	5,605675	5,699004	5,639225
mix.HL2	5,557717	5,552575	4,277562
mix.HL3	5,889555	5,953997	5,926656
mix.HM0	5,58124	6,084413	5,372297
mix.HM1	3,62222	3,722773	3,67382
mix.HM2	5,974322	6,197097	5,489343
mix.HM3	3,424861	3,537775	3,531207
mix.HML0	5,895888	5,99782	5,92969
mix.HML1	6,54302	6,721356	6,015117
mix.HML2	5,001551	5,069963	4,999955
mix.HML3	7,628112	7,77721	7,648489
mix.L0	7,753616	7,723355	7,696127
mix.L1	8,074721	8,061124	8,042461
mix.L2	7,220871	7,22213	7,142442
mix.L3	6,955076	6,272506	6,919252
mix.M0	6,790655	6,925746	6,742126
mix.M1	8,059386	8,161987	7,959396
mix.M2	6,403782	6,510929	6,364631
mix.M3	6,627037	6,779457	6,619718
mix.ML0	8,456365	8,541263	8,447226
mix.ML1	7,191894	7,250857	7,144215
mix.ML2	8,539994	8,615608	8,45391
mix.ML3	5,681724	5,733155	5,000164

IPC	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	1	1,28848745	1,016772374
mix.H1	1	1,198909566	0,957543736
mix.H2	1	1,136843471	0,934850281
mix.H3	1	1,294095229	1,023738634
mix.HL0	1	1,0076594	0,919857517
mix.HL1	1	1,016649021	1,005985006
mix.HL2	1	0,9990748	0,769661715
mix.HL3	1	1,010941743	1,006299457
mix.HM0	1	1,090154338	0,962563337
mix.HM1	1	1,027760048	1,014245408
mix.HM2	1	1,03728875	0,918822755
mix.HM3	1	1,032968929	1,031051187
mix.HML0	1	1,017288659	1,005733148
mix.HML1	1	1,027255915	0,919318144
mix.HML2	1	1,013678157	0,999680899
mix.HML3	1	1,019545859	1,002671303
mix.L0	1	0,996097176	0,992585524
mix.L1	1	0,998316103	0,996004816
mix.L2	1	1,000174356	0,989138568
mix.L3	1	0,901860167	0,99484923
mix.M0	1	1,019893663	0,992853561
mix.M1	1	1,012730622	0,987593348
mix.M2	1	1,016731831	0,993886269
mix.M3	1	1,022999721	0,998895585
mix.ML0	1	1,010039538	0,998919276
mix.ML1	1	1,008198536	0,993370453
mix.ML2	1	1,008854105	0,989919899
mix.ML3	1	1,009052006	0,880043452
Promedio	1	1,043698184	0,974887674
Media Geométrica	1	1,040577207	0,973292563

CPI	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	64,416767	62,377321	64,023391
mix.H1	34,700337	33,377619	34,762257
mix.H2	30,915263	30,20213	31,577965
mix.H3	64,616715	62,506263	64,084069
mix.HL0	13,030848	12,909905	14,018635
mix.HL1	40,881055	40,451057	40,625706
mix.HL2	65,48572	65,853947	73,564715
mix.HL3	44,161823	43,93883	44,059927
mix.HM0	14,780889	14,06858	15,396444
mix.HM1	52,232089	51,643762	51,804719
mix.HM2	42,397954	41,804128	43,220129
mix.HM3	52,544214	52,025155	51,882905
mix.HML0	45,26299	44,962488	45,036434
mix.HML1	36,12115	35,745032	37,143361
mix.HML2	18,205255	18,031376	18,107673
mix.HML3	12,182923	12,03078	12,155993
mix.L0	15,077075	15,091817	15,107063
mix.L1	9,513333	9,538334	9,53687
mix.L2	16,242181	16,240907	16,294251
mix.L3	21,340928	25,758438	21,368484
mix.M0	18,853918	18,802225	18,922652
mix.M1	13,004582	12,911147	13,049327
mix.M2	19,254537	19,26494	19,368459
mix.M3	14,530408	14,404642	14,556199
mix.ML0	7,895787	7,802506	7,884384
mix.ML1	14,234481	14,267125	14,329299
mix.ML2	12,552394	12,50397	12,599725
mix.ML3	21,435314	21,631358	27,87791

CPI	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	1	0,968339827	0,993893267
mix.H1	1	0,961881696	1,001784421
mix.H2	1	0,976932656	1,021436078
mix.H3	1	0,967338915	0,991756839
mix.HL0	1	0,990718716	1,075803739
mix.HL1	1	0,989481729	0,993753855
mix.HL2	1	1,005623012	1,123370332
mix.HL3	1	0,994950548	0,997692668
mix.HM0	1	0,951808785	1,04164533
mix.HM1	1	0,988736292	0,991817865
mix.HM2	1	0,985993994	1,019391856
mix.HM3	1	0,990121481	0,987414237
mix.HML0	1	0,993360978	0,994994674
mix.HML1	1	0,989587319	1,028299514
mix.HML2	1	0,990448967	0,994639899
mix.HML3	1	0,987511782	0,997789529
mix.L0	1	1,000977776	1,00198898
mix.L1	1	1,002627996	1,002474107
mix.L2	1	0,999921562	1,00320585
mix.L3	1	1,20699709	1,001291228
mix.M0	1	0,997258236	1,003645608
mix.M1	1	0,992815225	1,00344071
mix.M2	1	1,000540288	1,005916631
mix.M3	1	0,991344634	1,001774967
mix.ML0	1	0,988185978	0,998555812
mix.ML1	1	1,002293305	1,006661149
mix.ML2	1	0,99614225	1,003770675
mix.ML3	1	1,009145842	1,300559908
Promedio	1	0,997181674	1,02102749
Media Geométrica	1	0,996371529	1,019447057

dL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	213,2715715	214,0846964	214,0112733
mix.H1	225,5972509	226,2156297	226,0562456
mix.H2	213,7145078	214,4383085	213,93912
mix.H3	212,74793	213,7569533	213,6062052
mix.HL0	234,8647336	234,5397348	235,0326459
mix.HL1	227,4096204	228,2742052	227,9199924
mix.HL2	240,0347379	240,8728808	239,1236091
mix.HL3	230,2113693	231,7809629	230,2609939
mix.HM0	284,8275783	285,1025323	285,2592439
mix.HM1	209,1207535	210,3942888	209,815361
mix.HM2	282,8234363	283,2053683	283,0799543
mix.HM3	261,2577716	261,2385975	261,3366241
mix.HML0	255,2545888	255,8438069	255,8321819
mix.HML1	250,5620833	251,3600578	251,4112027
mix.HML2	222,7213497	223,041192	223,1263587
mix.HML3	245,2727806	245,3978399	245,5762807
mix.L0	249,0266315	248,4653291	248,7108746
mix.L1	249,2951755	249,1118035	249,0358514
mix.L2	248,7732643	248,2952712	247,4294377
mix.L3	255,9641616	257,5198649	255,6383321
mix.M0	286,9167577	286,5783792	286,8296308
mix.M1	310,4334639	310,4257084	310,4898574
mix.M2	310,0192297	309,9074798	309,86968
mix.M3	279,5033473	279,2682853	279,3374026
mix.ML0	270,1798924	270,4834419	270,5167574
mix.ML1	261,9828076	261,4923889	261,4364596
mix.ML2	248,9273911	248,5515739	248,3661049
mix.ML3	279,912503	279,8203212	287,8222643

dL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,003812627	1,003468356
mix.H1	1	1,002741074	1,002034576
mix.H2	1	1,003386764	1,001050992
mix.H3	1	1,004742811	1,004034235
mix.HL0	1	0,99861623	1,000714932
mix.HL1	1	1,003801883	1,002244285
mix.HL2	1	1,003491757	0,99620418
mix.HL3	1	1,006818054	1,000215561
mix.HM0	1	1,000965335	1,001515533
mix.HM1	1	1,006089952	1,003321562
mix.HM2	1	1,001350426	1,00090699
mix.HM3	1	0,999926608	1,000301819
mix.HML0	1	1,002308355	1,002262812
mix.HML1	1	1,003184738	1,003388859
mix.HML2	1	1,001436065	1,001818456
mix.HML3	1	1,000509879	1,001237398
mix.L0	1	0,997746015	0,998732036
mix.L1	1	0,999264438	0,998959771
mix.L2	1	0,9980786	0,994598187
mix.L3	1	1,006077817	0,99872705
mix.M0	1	0,998820639	0,999696334
mix.M1	1	0,999975017	1,000181661
mix.M2	1	0,999639539	0,999517612
mix.M3	1	0,999159001	0,999406287
mix.ML0	1	1,001123509	1,001246817
mix.ML1	1	0,99812805	0,997914565
mix.ML2	1	0,998490253	0,997745181
mix.ML3	1	0,999670676	1,028257978
Promedio	1	1,001405575	1,001418001
Media Geométrica	1	1,001402207	1,001402587

dL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	60,81065944	62,2649714	61,89672487
mix.H1	69,7166505	70,30697734	70,19073597
mix.H2	57,22898819	58,13571268	57,89007019
mix.H3	60,82864265	62,19154456	61,94462905
mix.HL0	10,65330286	10,82371997	11,13505751
mix.HL1	17,63790737	18,05096016	17,95663659
mix.HL2	6,369875143	6,42557066	6,782010468
mix.HL3	13,99528684	14,65692886	14,31555151
mix.HM0	41,74415125	41,51121097	41,94332285
mix.HM1	43,97412152	45,80932369	45,24374758
mix.HM2	35,03844569	34,92588753	35,22047938
mix.HM3	36,74505681	36,76427312	37,11441807
mix.HML0	16,04472856	16,17666621	16,24934734
mix.HML1	15,52639936	15,6403324	15,92479996
mix.HML2	26,11791797	26,86680901	26,86185899
mix.HML3	18,68890629	18,84558883	18,76978187
mix.L0	5,100853437	5,377337691	5,307400483
mix.L1	5,100040866	5,080630422	5,038820127
mix.L2	10,87384895	10,70559632	10,20546605
mix.L3	5,644213212	5,638747701	5,477088464
mix.M0	21,80743459	21,90962586	21,91260462
mix.M1	30,56277427	30,69056793	30,71441288
mix.M2	28,48693654	28,58340699	28,59578353
mix.M3	16,95880452	17,09415277	16,98161458
mix.ML0	10,5821785	10,59753245	10,63596284
mix.ML1	13,97447777	13,92689497	13,70361289
mix.ML2	6,209196584	6,208224734	5,966403465
mix.ML3	15,70066636	15,65245935	18,3465531

dL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,023915412	1,017859787
mix.H1	1	1,008467516	1,006800176
mix.H2	1	1,015843797	1,011551524
mix.H3	1	1,022405595	1,018346397
mix.HL0	1	1,015996646	1,045221154
mix.HL1	1	1,023418469	1,018070693
mix.HL2	1	1,008743581	1,064700691
mix.HL3	1	1,04727606	1,022883752
mix.HM0	1	0,994419811	1,004771246
mix.HM1	1	1,041733686	1,028872119
mix.HM2	1	0,996787581	1,005195256
mix.HM3	1	1,000522963	1,010051999
mix.HML0	1	1,008223115	1,012753022
mix.HML1	1	1,007338021	1,025659561
mix.HML2	1	1,028673459	1,028483933
mix.HML3	1	1,008383719	1,004327465
mix.L0	1	1,054203528	1,040492645
mix.L1	1	0,996194061	0,98799603
mix.L2	1	0,984526856	0,938532997
mix.L3	1	0,999031661	0,970390072
mix.M0	1	1,004686075	1,004822669
mix.M1	1	1,00418135	1,004961546
mix.M2	1	1,003386481	1,003820944
mix.M3	1	1,007981002	1,001345028
mix.ML0	1	1,001450926	1,00508254
mix.ML1	1	0,996595022	0,980617173
mix.ML2	1	0,999843482	0,960897821
mix.ML3	1	0,99692962	1,168520666
Promedio	1	1,010755696	1,014036747
Media Geométrica	1	1,010626433	1,013331309

dL1 WriteReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	113,328149	112,6982305	112,8269723
mix.H1	107,0880815	106,764506	106,8635254
mix.H2	96,64879142	96,34806226	96,45370732
mix.H3	113,3264769	112,706025	112,8102425
mix.HL0	157,9718273	157,7539004	157,4889473
mix.HL1	143,3136524	142,7219774	143,1973099
mix.HL2	158,2174646	157,5671511	163,4664882
mix.HL3	152,7165182	151,6485204	152,3947214
mix.HM0	91,26103768	91,21924136	91,22907672
mix.HM1	111,2948746	110,3851109	110,5891602
mix.HM2	83,93907906	83,889186	83,9291476
mix.HM3	100,9111024	100,564052	100,6481993
mix.HML0	142,156825	141,9620051	142,0008683
mix.HML1	131,9439478	131,6389708	131,5958054
mix.HML2	101,6239017	101,3165821	101,3190363
mix.HML3	134,4942782	134,2948749	134,5318094
mix.L0	164,2295843	164,267773	164,4452592
mix.L1	164,2126777	164,2997094	164,4566821
mix.L2	151,3297056	151,6183542	152,5874277
mix.L3	160,1348307	163,403234	160,6408317
mix.M0	83,36111548	83,34573038	83,38317085
mix.M1	74,4725816	74,45304114	74,50046399
mix.M2	76,54164791	76,52380431	76,56039193
mix.M3	88,21103254	88,06855535	88,17386433
mix.ML0	134,7138128	134,5521636	134,5803477
mix.ML1	135,2224541	135,5365296	135,8374888
mix.ML2	163,9283595	163,9786688	164,4443664
mix.ML3	111,5020473	111,7764928	105,5176205

dL1 WriteReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,994441641	0,995577651
mix.H1	1	0,996978417	0,99790307
mix.H2	1	0,996888433	0,997981515
mix.H3	1	0,994525093	0,995444715
mix.HL0	1	0,99862047	0,996943253
mix.HL1	1	0,995871468	0,999188197
mix.HL2	1	0,995889749	1,033176006
mix.HL3	1	0,993006665	0,997892849
mix.HM0	1	0,999542014	0,999649785
mix.HM1	1	0,991825646	0,993659058
mix.HM2	1	0,999405604	0,999881682
mix.HM3	1	0,996560831	0,997394706
mix.HML0	1	0,998629542	0,998902925
mix.HML1	1	0,997688587	0,997361437
mix.HML2	1	0,996975912	0,997000061
mix.HML3	1	0,998517385	1,000279054
mix.L0	1	1,000232532	1,001313252
mix.L1	1	1,000529994	1,001485905
mix.L2	1	1,001907415	1,008311138
mix.L3	1	1,020410321	1,003159843
mix.M0	1	0,99981544	1,000264576
mix.M1	1	0,999737615	1,000374398
mix.M2	1	0,999766877	1,000244887
mix.M3	1	0,998384814	0,999578644
mix.ML0	1	0,998800055	0,999009269
mix.ML1	1	1,002322658	1,004548318
mix.ML2	1	1,000306898	1,003147758
mix.ML3	1	1,00246135	0,946328996
Promedio	1	0,998930122	0,99878582
Media Geométrica	1	0,998918316	0,998709735

dL1 WriteReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	14,61719384	14,75234892	14,66005513
mix.H1	12,43833151	12,49635832	12,43954799
mix.H2	10,46470259	10,60449846	10,53705768
mix.H3	14,61478647	14,74767784	14,66012375
mix.HL0	1,381562358	1,438516928	1,514951881
mix.HL1	1,695510551	1,763717702	1,730217672
mix.HL2	5,671991621	5,676728756	6,928759213
mix.HL3	2,23399495	2,271111185	2,254878885
mix.HM0	2,84314151	2,888912477	2,867040165
mix.HM1	5,476063239	5,823013428	5,687133362
mix.HM2	6,166481335	6,138702007	6,186387797
mix.HM3	5,571909233	5,629146103	5,630652197
mix.HML0	5,553124112	5,594729954	5,585000245
mix.HML1	1,653978571	1,722152922	1,717433273
mix.HML2	2,041423641	2,215111816	2,175713299
mix.HML3	1,491226563	1,539761477	1,511946968
mix.L0	0,253157977	0,330700918	0,289961369
mix.L1	0,264811692	0,263207912	0,209115662
mix.L2	0,414800908	0,411612976	0,320689176
mix.L3	0,260428318	0,240506984	0,2342043
mix.M0	2,176091426	2,191476525	2,154036057
mix.M1	1,365845449	1,385821965	1,338370984
mix.M2	1,853032797	1,870140308	1,833520355
mix.M3	2,680551475	2,823028672	2,717719686
mix.ML0	0,666216973	0,67672424	0,663203329
mix.ML1	0,89660037	0,885683328	0,823124243
mix.ML2	0,589192181	0,593813329	0,53741684
mix.ML3	0,964369173	0,96548922	1,098267065

dL1 WriteReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,009246308	1,002932251
mix.H1	1	1,004665161	1,000097801
mix.H2	1	1,0133588	1,006914204
mix.H3	1	1,009092939	1,003102151
mix.HL0	1	1,041224755	1,096549766
mix.HL1	1	1,04022809	1,020470012
mix.HL2	1	1,00083518	1,221574303
mix.HL3	1	1,016614288	1,009348246
mix.HM0	1	1,01609873	1,008405721
mix.HM1	1	1,063357594	1,038544135
mix.HM2	1	0,995495109	1,003228172
mix.HM3	1	1,010272398	1,010542699
mix.HML0	1	1,007492331	1,005740216
mix.HML1	1	1,0412184	1,038364887
mix.HML2	1	1,085081887	1,065782356
mix.HML3	1	1,032546976	1,013894874
mix.L0	1	1,306302577	1,145377176
mix.L1	1	0,993943696	0,789676849
mix.L2	1	0,992314549	0,773115895
mix.L3	1	0,9235055	0,899304279
mix.M0	1	1,007070061	0,989864686
mix.M1	1	1,014625751	0,979884646
mix.M2	1	1,009232169	0,989469997
mix.M3	1	1,053152196	1,013865882
mix.ML0	1	1,01577154	0,995476482
mix.ML1	1	0,98782396	0,918050305
mix.ML2	1	1,007843193	0,912124868
mix.ML3	1	1,00116143	1,138845057
Promedio	1	1,024984842	1,003233854
Media Geométrica	1	1,023366072	0,999017991

dL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	36,3681791	36,8063296	36,67131072
mix.H1	39,71724838	39,33552508	39,2931344
mix.H2	29,28222953	29,57172317	29,48927076
mix.H3	36,34820697	36,7679951	36,69205569
mix.HL0	6,249899074	6,345021093	6,600963643
mix.HL1	7,856837829	8,016814896	7,981100905
mix.HL2	7,326902035	7,356500404	8,333216876
mix.HL3	7,710686257	7,923588705	7,814671531
mix.HM0	16,67232707	16,54929106	16,71926861
mix.HM1	19,16876	19,8176174	19,61185485
mix.HM2	15,89161698	15,78432955	15,95523651
mix.HM3	17,55690481	17,57023191	17,73050775
mix.HML0	11,16342771	11,23440536	11,24331997
mix.HML1	7,088730745	7,157038342	7,24270847
mix.HML2	10,79450249	11,05969317	11,04797329
mix.HML3	7,764037135	7,841318817	7,832184882
mix.L0	2,287190675	2,513793964	2,485392234
mix.L1	2,314266215	2,309321936	2,268903911
mix.L2	4,685208605	4,611545591	4,43982849
mix.L3	2,530815669	2,407322748	2,495118666
mix.M0	7,69099627	7,693457784	7,694790107
mix.M1	8,819790665	8,825506404	8,826345473
mix.M2	8,853345544	8,854871115	8,854971479
mix.M3	6,976438469	7,232785896	7,03199917
mix.ML0	3,489613546	3,495082832	3,511226775
mix.ML1	5,522845422	5,446866072	5,35675306
mix.ML2	3,002651174	2,961810895	2,869291366
mix.ML3	5,123093889	5,082977914	5,704986111

dL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,012047634	1,008335078
mix.H1	1	0,990388979	0,989321668
mix.H2	1	1,009886325	1,007070542
mix.H3	1	1,011549074	1,009459854
mix.HL0	1	1,015219769	1,056171238
mix.HL1	1	1,020361508	1,015815915
mix.HL2	1	1,004039684	1,137345202
mix.HL3	1	1,027611349	1,013485865
mix.HM0	1	0,992620346	1,002815536
mix.HM1	1	1,033849733	1,023115468
mix.HM2	1	0,993248803	1,004003339
mix.HM3	1	1,00075908	1,009888015
mix.HML0	1	1,006358051	1,007156607
mix.HML1	1	1,009636083	1,02172148
mix.HML2	1	1,024567197	1,023481471
mix.HML3	1	1,009953801	1,00877736
mix.L0	1	1,099074944	1,086657208
mix.L1	1	0,997863565	0,980398839
mix.L2	1	0,984277538	0,94762664
mix.L3	1	0,9512043	0,98589506
mix.M0	1	1,000320051	1,000493283
mix.M1	1	1,000648058	1,000743193
mix.M2	1	1,000172316	1,000183652
mix.M3	1	1,036744741	1,007964049
mix.ML0	1	1,001567304	1,006193588
mix.ML1	1	0,986242717	0,969926306
mix.ML2	1	0,986398593	0,95558598
mix.ML3	1	0,99216958	1,11358219
Promedio	1	1,007099326	1,01404338
Media Geométrica	1	1,00680803	1,013265141

dL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	326,5997352	326,7829416	326,8382609
mix.H1	332,6853437	332,9801474	332,9197819
mix.H2	310,3633112	310,7863822	310,3928386
mix.H3	326,0744223	326,4629923	326,4164626
mix.HL0	392,8365861	392,2936603	392,5216204
mix.HL1	370,7257064	370,9986214	371,1197507
mix.HL2	398,2522203	398,4400503	402,5901216
mix.HL3	382,9300802	383,431666	382,657948
mix.HM0	376,1497137	376,3830088	376,5493978
mix.HM1	320,5034286	320,8664289	320,4917958
mix.HM2	366,8234472	367,1556019	367,0700305
mix.HM3	362,3211887	361,9553901	362,1368843
mix.HML0	397,4749882	397,8687937	397,8963331
mix.HML1	382,5087449	383,0021341	383,0099117
mix.HML2	324,4138184	324,4260572	324,5136319
mix.HML3	379,770414	379,6962831	380,1116218
mix.L0	413,2580277	412,7349097	413,1579592
mix.L1	413,5096891	413,4133502	413,4943496
mix.L2	400,1071382	399,9178912	400,0211769
mix.L3	416,1009354	420,9253321	416,28111
mix.M0	370,4938261	370,1399652	370,4286492
mix.M1	384,9911352	384,963829	385,0753995
mix.M2	386,7105689	386,5810105	386,5798845
mix.M3	368,0316094	367,6543361	367,8288111
mix.ML0	404,9381626	405,0799822	405,1415341
mix.ML1	397,2655957	397,0895168	397,3349483
mix.ML2	412,9078365	412,5825032	412,8629097
mix.ML3	391,4815002	391,6632061	393,421181

dL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,000560951	1,00073033
mix.H1	1	1,000886134	1,000704684
mix.H2	1	1,001363148	1,000095138
mix.H3	1	1,00119166	1,001048964
mix.HL0	1	0,998617935	0,999198227
mix.HL1	1	1,000736164	1,0010629
mix.HL2	1	1,000471636	1,010892347
mix.HL3	1	1,001309863	0,999289342
mix.HM0	1	1,000620219	1,001062566
mix.HM1	1	1,001132594	0,999963705
mix.HM2	1	1,000905489	1,000672212
mix.HM3	1	0,998990402	0,999491323
mix.HML0	1	1,000990768	1,001060054
mix.HML1	1	1,001289877	1,00131021
mix.HML2	1	1,000037726	1,000307674
mix.HML3	1	0,999804801	1,000898458
mix.L0	1	0,998734161	0,999757855
mix.L1	1	0,999767021	0,999962904
mix.L2	1	0,999527009	0,999785154
mix.L3	1	1,011594294	1,000433007
mix.M0	1	0,999044894	0,999824081
mix.M1	1	0,999929073	1,000218873
mix.M2	1	0,999664973	0,999662061
mix.M3	1	0,998974889	0,999448965
mix.ML0	1	1,000350225	1,000502228
mix.ML1	1	0,999556773	1,000174575
mix.ML2	1	0,999212092	0,999891194
mix.ML3	1	1,000464149	1,004954719
Promedio	1	1,000561747	1,000800134
Media Geométrica	1	1,000559163	1,000797714

dL1 Overall Misses	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	75,42787315	77,01734003	76,5567991
mix.H1	82,15500848	82,80336141	82,63031001
mix.H2	67,69370623	68,74022654	68,42714305
mix.H3	75,44344899	76,93924275	76,60477223
mix.HL0	12,03493576	12,26230833	12,65007844
mix.HL1	19,34735775	19,82949973	19,70074095
mix.HL2	12,04193605	12,10236826	13,71085747
mix.HL3	16,24186166	16,9413147	16,58298495
mix.HM0	45,19030693	45,00471291	45,41302963
mix.HM1	49,45765297	51,63974948	50,93830185
mix.HM2	41,80635561	41,66726063	42,00825569
mix.HM3	42,72800328	42,80583898	43,15575077
mix.HML0	21,91484075	22,09366733	22,15427752
mix.HML1	17,55635954	17,74151123	18,01899917
mix.HML2	28,16516209	29,08769995	29,04334144
mix.HML3	20,41185503	20,61996034	20,5153263
mix.L0	5,365311799	5,719355151	5,60872038
mix.L1	5,376221442	5,355183155	5,259305917
mix.L2	11,31467683	11,1434032	10,55094431
mix.L3	5,916600333	5,892977866	5,723333335
mix.M0	24,56666505	24,6843351	24,64988612
mix.M1	32,77025285	32,91800746	32,89440244
mix.M2	31,12006212	31,23364204	31,20930473
mix.M3	20,08591816	20,36348371	20,14559454
mix.ML0	11,68313422	11,71196869	11,73540543
mix.ML1	15,18711943	15,12991735	14,84638309
mix.ML2	6,816667312	6,820359264	6,522201746
mix.ML3	17,32154339	17,27375941	20,2471144

dL1 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,021072673	1,01496696
mix.H1	1	1,007891825	1,005785424
mix.H2	1	1,01545964	1,010834638
mix.H3	1	1,019826688	1,015393295
mix.HL0	1	1,018892712	1,051113084
mix.HL1	1	1,024920301	1,018265192
mix.HL2	1	1,005018479	1,13859245
mix.HL3	1	1,043064832	1,021002721
mix.HM0	1	0,995893057	1,00492855
mix.HM1	1	1,044120503	1,02993771
mix.HM2	1	0,996672875	1,004829411
mix.HM3	1	1,001821655	1,01001094
mix.HML0	1	1,008160067	1,010925782
mix.HML1	1	1,010546132	1,026351683
mix.HML2	1	1,032754573	1,031179631
mix.HML3	1	1,010195315	1,005069175
mix.L0	1	1,06598747	1,04536709
mix.L1	1	0,996086789	0,978253216
mix.L2	1	0,984862702	0,932500722
mix.L3	1	0,996007426	0,967334789
mix.M0	1	1,004789826	1,003387561
mix.M1	1	1,004508803	1,003788484
mix.M2	1	1,003649733	1,002867687
mix.M3	1	1,013818912	1,002971056
mix.ML0	1	1,002468042	1,004474074
mix.ML1	1	0,996233514	0,977564123
mix.ML2	1	1,000541607	0,956802121
mix.ML3	1	0,997241355	1,168897825
Promedio	1	1,011518125	1,01583555
Media Geométrica	1	1,011370194	1,014858951

dL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	4,72872E-07	4,75847E-07	4,74594E-07
mix.H1	4,20409E-07	4,18318E-07	4,1857E-07
mix.H2	3,63486E-07	3,67602E-07	3,67435E-07
mix.H3	4,73074E-07	4,75264E-07	4,75486E-07
mix.HL0	1,11979E-07	1,13195E-07	1,14362E-07
mix.HL1	1,52539E-07	1,52523E-07	1,53598E-07
mix.HL2	3,46338E-07	3,44381E-07	4,53053E-07
mix.HL3	1,67285E-07	1,65753E-07	1,68013E-07
mix.HM0	2,0661E-07	2,06403E-07	2,07115E-07
mix.HM1	3,03724E-07	3,06701E-07	3,05595E-07
mix.HM2	3,38588E-07	3,3923E-07	3,39408E-07
mix.HM3	3,08613E-07	3,11662E-07	3,10228E-07
mix.HML0	3,74476E-07	3,68723E-07	3,71908E-07
mix.HML1	1,39304E-07	1,37485E-07	1,39633E-07
mix.HML2	1,84515E-07	1,87254E-07	1,86544E-07
mix.HML3	1,26531E-07	1,24922E-07	1,25879E-07
mix.L0	2,92172E-08	3,09755E-08	3,09251E-08
mix.L1	2,68505E-08	2,67671E-08	2,66783E-08
mix.L2	5,43585E-08	5,44991E-08	5,43537E-08
mix.L3	3,49523E-08	4,57627E-08	3,50545E-08
mix.M0	1,17309E-07	1,19034E-07	1,17813E-07
mix.M1	1,06873E-07	1,08405E-07	1,07415E-07
mix.M2	1,07279E-07	1,08256E-07	1,07719E-07
mix.M3	8,58398E-08	8,82156E-08	8,60596E-08
mix.ML0	4,31635E-08	4,2371E-08	4,29244E-08
mix.ML1	6,63681E-08	6,64523E-08	6,64703E-08
mix.ML2	3,23995E-08	3,30993E-08	3,25008E-08
mix.ML3	9,18248E-08	9,07658E-08	1,2489E-07

dL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,006291069	1,003642377
mix.H1	1	0,995025818	0,995625143
mix.H2	1	1,011325898	1,010865444
mix.H3	1	1,004629425	1,00509815
mix.HL0	1	1,010859673	1,021284486
mix.HL1	1	0,999894708	1,006941605
mix.HL2	1	0,99434944	1,308124117
mix.HL3	1	0,990843726	1,004350501
mix.HM0	1	0,998999862	1,002446987
mix.HM1	1	1,009803418	1,006160191
mix.HM2	1	1,001896097	1,002422457
mix.HM3	1	1,00988059	1,005234878
mix.HML0	1	0,984638504	0,993144594
mix.HML1	1	0,98693771	1,002363693
mix.HML2	1	1,014844561	1,010996831
mix.HML3	1	0,987284111	0,994846915
mix.L0	1	1,060179723	1,058453756
mix.L1	1	0,99689555	0,993588063
mix.L2	1	1,002586089	0,999910809
mix.L3	1	1,309289112	1,00292401
mix.M0	1	1,014707797	1,004296465
mix.M1	1	1,014331066	1,005063942
mix.M2	1	1,009112235	1,004106393
mix.M3	1	1,027677269	1,002560588
mix.ML0	1	0,981637977	0,994459621
mix.ML1	1	1,001269413	1,00153933
mix.ML2	1	1,021597664	1,003126447
mix.ML3	1	0,988467943	1,360093326
Promedio	1	1,015544873	1,02870254
Media Geométrica	1	1,014094474	1,025659161

dL1 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	17,66353291	18,66632611	18,43713915
mix.H1	16,08493638	16,88827528	16,66055526
mix.H2	13,19304168	13,95063532	13,74971397
mix.H3	17,66411276	18,68338625	18,41116261
mix.HL0	2,364256892	2,578958118	2,698443411
mix.HL1	2,807940134	3,011255737	3,018848193
mix.HL2	6,242248309	6,264732899	7,15653109
mix.HL3	3,128027033	3,286192426	3,29687972
mix.HM0	4,681962262	4,972516128	4,994666949
mix.HM1	7,694793141	8,957459194	8,592538336
mix.HM2	7,489363635	7,77175322	7,848582788
mix.HM3	6,935099687	7,386866446	7,431271757
mix.HML0	6,257587956	6,522910549	6,520904513
mix.HML1	2,734710152	3,079417731	3,129688511
mix.HML2	4,052297715	4,504903356	4,424234482
mix.HML3	2,363129481	2,518771205	2,52852994
mix.L0	0,799282514	0,886779931	0,971957005
mix.L1	0,828137469	0,753945631	0,82925954
mix.L2	1,298368206	1,204002085	1,166042677
mix.L3	1,264975376	0,564762949	0,93194503
mix.M0	3,072761169	3,42157629	3,459591536
mix.M1	2,43927508	2,596234182	2,646538991
mix.M2	2,828760347	2,980835559	3,020983839
mix.M3	3,360603344	3,755495774	3,682669581
mix.ML0	1,156626549	1,23221198	1,244047341
mix.ML1	1,805345436	1,782385689	1,80167501
mix.ML2	0,971657022	0,933897351	0,915187638
mix.ML3	1,674556114	1,76767408	1,755225473

dL1 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,056771949	1,043796801
mix.H1	1	1,049943555	1,035786208
mix.H2	1	1,057423728	1,042194386
mix.H3	1	1,057703067	1,042291954
mix.HL0	1	1,090811293	1,141349495
mix.HL1	1	1,072407385	1,075111309
mix.HL2	1	1,003602002	1,146466904
mix.HL3	1	1,050563947	1,053980571
mix.HM0	1	1,062058139	1,066789237
mix.HM1	1	1,164093567	1,116669179
mix.HM2	1	1,037705418	1,047963909
mix.HM3	1	1,065142071	1,071545052
mix.HML0	1	1,042400138	1,042079561
mix.HML1	1	1,126049036	1,144431526
mix.HML2	1	1,111691113	1,091784166
mix.HML3	1	1,065862546	1,069992127
mix.L0	1	1,10946995	1,216036868
mix.L1	1	0,910411206	1,001354933
mix.L2	1	0,927319445	0,898083202
mix.L3	1	0,446461615	0,73672978
mix.M0	1	1,113518462	1,125890151
mix.M1	1	1,064346618	1,08496947
mix.M2	1	1,053760373	1,067953261
mix.M3	1	1,117506409	1,095835838
mix.ML0	1	1,065349902	1,075582557
mix.ML1	1	0,987282352	0,997966912
mix.ML2	1	0,96113889	0,94188342
mix.ML3	1	1,055607552	1,048173578
Promedio	1	1,033085776	1,05438187
Media Geométrica	1	1,021452564	1,050390286

iL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	160,9948969	162,4638376	162,2690868
mix.H1	168,6388086	169,3099747	168,7874172
mix.H2	150,1401478	151,2758481	150,6750268
mix.H3	160,7488533	162,2540859	161,6643302
mix.HL0	191,5036725	191,219652	191,36913
mix.HL1	163,5596414	163,924822	164,2428389
mix.HL2	181,9530537	181,9084195	187,7996093
mix.HL3	175,8262122	175,6704984	175,9593468
mix.HM0	129,882628	130,0666821	130,4257101
mix.HM1	148,6570145	150,7600014	149,9798789
mix.HM2	121,6235645	121,8147914	121,9648786
mix.HM3	130,1991844	130,4695819	130,7294124
mix.HML0	171,5381106	170,4717157	171,2498868
mix.HML1	162,045959	160,8456283	162,1139228
mix.HML2	145,3651114	146,1818614	146,2197372
mix.HML3	162,6327456	161,8049752	162,3574436
mix.L0	192,3789579	192,5350773	192,868588
mix.L1	192,6263382	192,5902644	192,7382951
mix.L2	179,5346049	179,3635387	179,733547
mix.L3	199,5925891	204,8964529	199,9566004
mix.M0	119,5276692	119,4479065	119,666995
mix.M1	109,1389822	109,4384661	109,2174361
mix.M2	111,0645034	111,185514	111,2485522
mix.M3	124,4278314	124,4439669	124,4662235
mix.ML0	165,9891806	165,2203914	165,7872966
mix.ML1	155,6688714	155,7164021	155,5949776
mix.ML2	189,6404138	189,2899331	189,6029488
mix.ML3	142,6228151	141,6901513	137,7703396

iL1 ReadReq Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,009124144	1,007914474
mix.H1	1	1,003979903	1,000881224
mix.H2	1	1,007564268	1,003562531
mix.H3	1	1,009363878	1,005695076
mix.HL0	1	0,998516893	0,999297442
mix.HL1	1	1,002232706	1,004177054
mix.HL2	1	0,999754694	1,03213222
mix.HL3	1	0,999114388	1,000757195
mix.HM0	1	1,00141708	1,004181329
mix.HM1	1	1,01414657	1,008898769
mix.HM2	1	1,001572285	1,002806315
mix.HM3	1	1,002076799	1,004072438
mix.HML0	1	0,993783335	0,998319768
mix.HML1	1	0,992592652	1,000419411
mix.HML2	1	1,005618611	1,005879167
mix.HML3	1	0,994910186	0,998307216
mix.L0	1	1,00081152	1,002545134
mix.L1	1	0,999812727	1,000581213
mix.L2	1	0,999047169	1,001108099
mix.L3	1	1,026573451	1,001823772
mix.M0	1	0,999332684	1,001165636
mix.M1	1	1,00274406	1,000718844
mix.M2	1	1,001089553	1,001657134
mix.M3	1	1,000129677	1,000308549
mix.ML0	1	0,995368438	0,998783752
mix.ML1	1	1,000305332	0,999525314
mix.ML2	1	0,998151867	0,999802442
mix.ML3	1	0,993460626	0,965976864
Promedio	1	1,001878411	1,001832085
Media Geométrica	1	1,001855456	1,00178903

iL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	0,011291045	0,011265951	0,011237867
mix.H1	0,011032328	0,011005692	0,01102802
mix.H2	0,009274726	0,009227919	0,009221525
mix.H3	0,011318303	0,011200002	0,011270657
mix.HL0	4,514658963	4,502607573	4,525104802
mix.HL1	2,56642822	2,491526751	2,575891195
mix.HL2	6,322927173	6,324436027	4,73993744
mix.HL3	2,390839582	2,385978139	2,41621877
mix.HM0	0,024161278	0,024381535	0,024267007
mix.HM1	0,038741542	0,038564784	0,038694579
mix.HM2	0,0223414	0,022414797	0,02246151
mix.HM3	0,055043544	0,055378985	0,054975665
mix.HML0	3,402363639	3,381013357	3,39974736
mix.HML1	2,914252626	2,830684815	2,869519567
mix.HML2	2,549386329	2,537703349	2,546721704
mix.HML3	0,583538463	0,568271059	0,586082451
mix.L0	4,147345872	4,171049783	4,191038036
mix.L1	4,166964548	4,148665163	4,143927642
mix.L2	2,318457428	2,336175814	2,361621896
mix.L3	5,799031732	4,890079084	5,85357834
mix.M0	0,081784376	0,081488078	0,081357239
mix.M1	0,039268689	0,039153116	0,03945991
mix.M2	0,052725727	0,052773395	0,053020633
mix.M3	0,104265218	0,105104318	0,105214407
mix.ML0	3,839751073	3,823664986	3,834741285
mix.ML1	2,657246079	2,650820311	2,697247761
mix.ML2	3,332934348	3,278653242	3,300971863
mix.ML3	2,485898565	2,455599579	0,245322375

iL1 ReadReq Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,997777522	0,995290184
mix.H1	1	0,997585658	0,999609599
mix.H2	1	0,994953246	0,994263896
mix.H3	1	0,989547803	0,995790362
mix.HL0	1	0,997330609	1,002313761
mix.HL1	1	0,970814898	1,003687216
mix.HL2	1	1,000238632	0,749642897
mix.HL3	1	0,997966638	1,010615178
mix.HM0	1	1,009116092	1,004375955
mix.HM1	1	0,995437525	0,998787791
mix.HM2	1	1,003285274	1,005376123
mix.HM3	1	1,006094088	0,998766806
mix.HML0	1	0,993724868	0,999231041
mix.HML1	1	0,971324445	0,984650247
mix.HML2	1	0,995417336	0,998954798
mix.HML3	1	0,973836507	1,00435959
mix.L0	1	1,005715441	1,01053497
mix.L1	1	0,995608461	0,994471538
mix.L2	1	1,007642317	1,018617753
mix.L3	1	0,843257859	1,009406158
mix.M0	1	0,996377082	0,994777271
mix.M1	1	0,997056856	1,004869552
mix.M2	1	1,000904067	1,005593203
mix.M3	1	1,008047749	1,009103608
mix.ML0	1	0,995810643	0,998695283
mix.ML1	1	0,997581794	1,015053811
mix.ML2	1	0,983713719	0,990410107
mix.ML3	1	0,987811656	0,098685594
Promedio	1	0,989784957	0,960569082
Media Geométrica	1	0,989291059	0,912719307

iL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	0,008060638	0,008032892	0,00801854
mix.H1	0,007494003	0,007496691	0,00747997
mix.H2	0,006687724	0,006654437	0,00663711
mix.H3	0,00807594	0,007997184	0,008024167
mix.HL0	4,055207291	4,040298433	4,061767236
mix.HL1	2,315351971	2,246056836	2,322479006
mix.HL2	5,688344875	5,68725955	4,280391125
mix.HL3	2,146078654	2,144817902	2,168761206
mix.HM0	0,017931167	0,018034897	0,017929998
mix.HM1	0,029295818	0,029114823	0,029198987
mix.HM2	0,01670426	0,016777443	0,016829609
mix.HM3	0,042073966	0,042100256	0,04172202
mix.HML0	3,066671302	3,052606402	3,066574716
mix.HML1	2,596910334	2,522077622	2,560688478
mix.HML2	2,273093265	2,270437338	2,275147587
mix.HML3	0,52895869	0,515914469	0,531661382
mix.L0	3,738580463	3,761491531	3,77588961
mix.L1	3,752858923	3,733123118	3,730091336
mix.L2	2,080828004	2,096958111	2,119098209
mix.L3	5,200717229	4,396641222	5,253761996
mix.M0	0,061105113	0,060926418	0,060701903
mix.M1	0,028288313	0,028130518	0,028447449
mix.M2	0,039640477	0,039711663	0,039907029
mix.M3	0,079467116	0,080019076	0,080044045
mix.ML0	3,446901857	3,431475535	3,440797468
mix.ML1	2,39702403	2,386046781	2,431161159
mix.ML2	3,02070942	2,97139878	2,989842658
mix.ML3	2,211850016	2,187190678	0,204836993

iL1 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,996557808	0,994777331
mix.H1	1	1,000358718	0,998127463
mix.H2	1	0,995022557	0,992431729
mix.H3	1	0,990248034	0,993589231
mix.HL0	1	0,996323528	1,001617659
mix.HL1	1	0,970071447	1,003078165
mix.HL2	1	0,999809202	0,752484461
mix.HL3	1	0,999412533	1,010569301
mix.HM0	1	1,005784894	0,999934785
mix.HM1	1	0,993821814	0,9966947
mix.HM2	1	1,004381122	1,007504043
mix.HM3	1	1,000624862	0,991635083
mix.HML0	1	0,995413626	0,999968505
mix.HML1	1	0,971183945	0,986051942
mix.HML2	1	0,99883158	1,000903756
mix.HML3	1	0,975339812	1,005109459
mix.L0	1	1,00612828	1,009979496
mix.L1	1	0,994741128	0,993933269
mix.L2	1	1,007751773	1,018391816
mix.L3	1	0,845391324	1,01019951
mix.M0	1	0,997075609	0,993401375
mix.M1	1	0,994421907	1,005625504
mix.M2	1	1,001795766	1,006724237
mix.M3	1	1,006945767	1,007259969
mix.ML0	1	0,995524583	0,998229022
mix.ML1	1	0,995420468	1,014241463
mix.ML2	1	0,983675808	0,989781618
mix.ML3	1	0,988851261	0,092608898
Promedio	1	0,989675327	0,959816207
Media Geométrica	1	0,989198641	0,910191126

iL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	160,9948969	162,4638376	162,2690868
mix.H1	168,6388086	169,3099747	168,7874172
mix.H2	150,1401478	151,2758481	150,6750268
mix.H3	160,7488533	162,2540859	161,6643302
mix.HL0	191,5036725	191,219652	191,36913
mix.HL1	163,5596414	163,924822	164,2428389
mix.HL2	181,9530537	181,9084195	187,7996093
mix.HL3	175,8262122	175,6704984	175,9593468
mix.HM0	129,882628	130,0666821	130,4257101
mix.HM1	148,6570145	150,7600014	149,9798789
mix.HM2	121,6235645	121,8147914	121,9648786
mix.HM3	130,1991844	130,4695819	130,7294124
mix.HML0	171,5381106	170,4717157	171,2498868
mix.HML1	162,045959	160,8456283	162,1139228
mix.HML2	145,3651114	146,1818614	146,2197372
mix.HML3	162,6327456	161,8049752	162,3574436
mix.L0	192,3789579	192,5350773	192,868588
mix.L1	192,6263382	192,5902644	192,7382951
mix.L2	179,5346049	179,3635387	179,733547
mix.L3	199,5925891	204,8964529	199,9566004
mix.M0	119,5276692	119,4479065	119,666995
mix.M1	109,1389822	109,4384661	109,2174361
mix.M2	111,0645034	111,185514	111,2485522
mix.M3	124,4278314	124,4439669	124,4662235
mix.ML0	165,9891806	165,2203914	165,7872966
mix.ML1	155,6688714	155,7164021	155,5949776
mix.ML2	189,6404138	189,2899331	189,6029488
mix.ML3	142,6228151	141,6901513	137,7703396

iL1 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,009124144	1,007914474
mix.H1	1	1,003979903	1,000881224
mix.H2	1	1,007564268	1,003562531
mix.H3	1	1,009363878	1,005695076
mix.HL0	1	0,998516893	0,999297442
mix.HL1	1	1,002232706	1,004177054
mix.HL2	1	0,999754694	1,03213222
mix.HL3	1	0,999114388	1,000757195
mix.HM0	1	1,00141708	1,004181329
mix.HM1	1	1,01414657	1,008898769
mix.HM2	1	1,001572285	1,002806315
mix.HM3	1	1,002076799	1,004072438
mix.HML0	1	0,993783335	0,998319768
mix.HML1	1	0,992592652	1,000419411
mix.HML2	1	1,005618611	1,005879167
mix.HML3	1	0,994910186	0,998307216
mix.L0	1	1,00081152	1,002545134
mix.L1	1	0,999812727	1,000581213
mix.L2	1	0,999047169	1,001108099
mix.L3	1	1,026573451	1,001823772
mix.M0	1	0,999332684	1,001165636
mix.M1	1	1,00274406	1,000718844
mix.M2	1	1,001089553	1,001657134
mix.M3	1	1,000129677	1,000308549
mix.ML0	1	0,995368438	0,998783752
mix.ML1	1	1,000305332	0,999525314
mix.ML2	1	0,998151867	0,999802442
mix.ML3	1	0,993460626	0,965976864
Promedio	1	1,001878411	1,001832085
Media Geométrica	1	1,001855456	1,00178903

iL1 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	0,011291045	0,011265951	0,011237867
mix.H1	0,011032328	0,011005692	0,01102802
mix.H2	0,009274726	0,009227919	0,009221525
mix.H3	0,011318303	0,011200002	0,011270657
mix.HL0	4,514658963	4,502607573	4,525104802
mix.HL1	2,56642822	2,491526751	2,575891195
mix.HL2	6,322927173	6,324436027	4,73993744
mix.HL3	2,390839582	2,385978139	2,41621877
mix.HM0	0,024161278	0,024381535	0,024267007
mix.HM1	0,038741542	0,038564784	0,038694579
mix.HM2	0,0223414	0,022414797	0,02246151
mix.HM3	0,055043544	0,055378985	0,054975665
mix.HML0	3,402363639	3,381013357	3,39974736
mix.HML1	2,914252626	2,830684815	2,869519567
mix.HML2	2,549386329	2,537703349	2,546721704
mix.HML3	0,583538463	0,568271059	0,586082451
mix.L0	4,147345872	4,171049783	4,191038036
mix.L1	4,166964548	4,148665163	4,143927642
mix.L2	2,318457428	2,336175814	2,361621896
mix.L3	5,799031732	4,890079084	5,85357834
mix.M0	0,081784376	0,081488078	0,081357239
mix.M1	0,039268689	0,039153116	0,03945991
mix.M2	0,052725727	0,052773395	0,053020633
mix.M3	0,104265218	0,105104318	0,105214407
mix.ML0	3,839751073	3,823664986	3,834741285
mix.ML1	2,657246079	2,650820311	2,697247761
mix.ML2	3,332934348	3,278653242	3,300971863
mix.ML3	2,485898565	2,455599579	0,245322375

iL1 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,997777522	0,995290184
mix.H1	1	0,997585658	0,999609599
mix.H2	1	0,994953246	0,994263896
mix.H3	1	0,989547803	0,995790362
mix.HL0	1	0,997330609	1,002313761
mix.HL1	1	0,970814898	1,003687216
mix.HL2	1	1,000238632	0,749642897
mix.HL3	1	0,997966638	1,010615178
mix.HM0	1	1,009116092	1,004375955
mix.HM1	1	0,995437525	0,998787791
mix.HM2	1	1,003285274	1,005376123
mix.HM3	1	1,006094088	0,998766806
mix.HML0	1	0,993724868	0,999231041
mix.HML1	1	0,971324445	0,984650247
mix.HML2	1	0,995417336	0,998954798
mix.HML3	1	0,973836507	1,00435959
mix.L0	1	1,005715441	1,01053497
mix.L1	1	0,995608461	0,994471538
mix.L2	1	1,007642317	1,018617753
mix.L3	1	0,843257859	1,009406158
mix.M0	1	0,996377082	0,994777271
mix.M1	1	0,997056856	1,004869552
mix.M2	1	1,000904067	1,005593203
mix.M3	1	1,008047749	1,009103608
mix.ML0	1	0,995810643	0,998695283
mix.ML1	1	0,997581794	1,015053811
mix.ML2	1	0,983713719	0,990410107
mix.ML3	1	0,987811656	0,098685594
Promedio	1	0,989784957	0,960569082
Media Geométrica	1	0,989291059	0,912719307

iL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	3,40279E-10	3,39234E-10	3,38206E-10
mix.H1	2,54292E-10	2,50271E-10	2,50791E-10
mix.H2	2,19607E-10	2,19509E-10	2,19018E-10
mix.H3	3,41639E-10	3,39365E-10	3,41149E-10
mix.HL0	3,22136E-08	3,22365E-08	3,21426E-08
mix.HL1	2,74447E-08	2,68144E-08	2,74234E-08
mix.HL2	5,28069E-08	5,2278E-08	9,23039E-08
mix.HL3	1,98999E-08	1,97231E-08	2,0093E-08
mix.HM0	7,08249E-10	7,13585E-10	7,10813E-10
mix.HM1	1,16602E-07	1,15534E-07	1,15854E-07
mix.HM2	6,91342E-10	6,96256E-10	7,00696E-10
mix.HM3	5,02489E-08	5,01502E-08	4,99249E-08
mix.HML0	1,98704E-08	1,96143E-08	1,98194E-08
mix.HML1	3,49109E-08	3,40388E-08	3,43834E-08
mix.HML2	7,13528E-08	7,05199E-08	7,05573E-08
mix.HML3	3,29709E-09	3,20719E-09	3,29649E-09
mix.L0	5,93247E-08	5,92929E-08	5,95368E-08
mix.L1	3,80177E-08	3,7736E-08	3,78173E-08
mix.L2	5,89065E-08	5,94844E-08	6,03986E-08
mix.L3	9,36694E-08	1,13846E-07	9,44891E-08
mix.M0	1,42029E-07	1,42432E-07	1,42419E-07
mix.M1	5,29309E-08	5,32094E-08	5,32301E-08
mix.M2	9,58699E-08	9,54752E-08	9,5468E-08
mix.M3	5,35352E-08	5,45502E-08	5,45457E-08
mix.ML0	2,76918E-08	2,7504E-08	2,7614E-08
mix.ML1	6,49196E-08	6,46375E-08	6,55628E-08
mix.ML2	5,14143E-08	5,13512E-08	5,14678E-08
mix.ML3	1,1033E-07	1,09688E-07	1,53925E-07

iL1 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,996930211	0,99390815
mix.H1	1	0,984189649	0,986232408
mix.H2	1	0,99955143	0,997318395
mix.H3	1	0,993345073	0,998566611
mix.HL0	1	1,000712231	0,997796589
mix.HL1	1	0,977033815	0,999222109
mix.HL2	1	0,989983069	1,747949724
mix.HL3	1	0,991115712	1,009704125
mix.HM0	1	1,007534115	1,003621024
mix.HM1	1	0,9908427	0,993585697
mix.HM2	1	1,007106797	1,013530287
mix.HM3	1	0,998035783	0,99355247
mix.HML0	1	0,987114447	0,997435642
mix.HML1	1	0,975017875	0,984889402
mix.HML2	1	0,988327641	0,988851262
mix.HML3	1	0,972734444	0,999819368
mix.L0	1	0,999464167	1,003575312
mix.L1	1	0,992590915	0,994729644
mix.L2	1	1,009809852	1,025329239
mix.L3	1	1,215400132	1,008750921
mix.M0	1	1,002835339	1,002745726
mix.M1	1	1,005260486	1,005652299
mix.M2	1	0,995882616	0,995808387
mix.M3	1	1,018959791	1,018874991
mix.ML0	1	0,993217772	0,997191029
mix.ML1	1	0,99565509	1,009907307
mix.ML2	1	0,998771554	1,001040462
mix.ML3	1	0,994187475	1,395134265
Promedio	1	1,002914649	1,041597244
Media Geométrica	1	1,002127126	1,033105951

iL1 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	0,00676777	0,006750351	0,00673323
mix.H1	0,006425191	0,00643681	0,006418471
mix.H2	0,005687237	0,00565687	0,005637946
mix.H3	0,006783418	0,006714785	0,006739205
mix.HL0	4,054196381	4,039139152	4,060742414
mix.HL1	2,313904442	2,244748897	2,321167882
mix.HL2	5,686507245	5,68548677	4,278683923
mix.HL3	2,144787176	2,14362284	2,167553993
mix.HM0	0,016817743	0,016922116	0,016818544
mix.HM1	0,027553206	0,027385721	0,027463972
mix.HM2	0,015598327	0,015668711	0,015721606
mix.HM3	0,040613919	0,040634803	0,04026465
mix.HML0	3,065425165	3,051381055	3,065342582
mix.HML1	2,595283517	2,520170047	2,558803468
mix.HML2	2,271688425	2,269020551	2,273737468
mix.HML3	0,528055738	0,515025372	0,530767724
mix.L0	3,737736049	3,760648691	3,775047793
mix.L1	3,751772852	3,731970911	3,729185707
mix.L2	2,079865894	2,095979032	2,118114121
mix.L3	5,199828572	4,395623255	5,252868263
mix.M0	0,058938879	0,058754584	0,058526505
mix.M1	0,02667259	0,026517464	0,026833265
mix.M2	0,038184525	0,038253599	0,038453458
mix.M3	0,077865335	0,078415403	0,078436967
mix.ML0	3,445864762	3,43037557	3,439706207
mix.ML1	2,395537147	2,384784367	2,429974508
mix.ML2	3,019686401	2,970352482	2,988784655
mix.ML3	2,21012719	2,185624209	0,203332304

iL1 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,997426084	0,994896317
mix.H1	1	1,001808393	0,998954181
mix.H2	1	0,994660451	0,991333019
mix.H3	1	0,989882195	0,99348215
mix.HL0	1	0,996286014	1,001614631
mix.HL1	1	0,970113051	1,003139041
mix.HL2	1	0,999820545	0,752427411
mix.HL3	1	0,999457132	1,010614954
mix.HM0	1	1,006206085	1,000047639
mix.HM1	1	0,993921401	0,996761406
mix.HM2	1	1,004512303	1,007903362
mix.HM3	1	1,000514221	0,991400267
mix.HML0	1	0,995418544	0,99997306
mix.HML1	1	0,971057702	0,985943714
mix.HML2	1	0,998825599	1,000901991
mix.HML3	1	0,975323882	1,005135796
mix.L0	1	1,006130086	1,009982445
mix.L1	1	0,994721978	0,993979608
mix.L2	1	1,0077472	1,018389756
mix.L3	1	0,845340033	1,010200277
mix.M0	1	0,99687311	0,993003369
mix.M1	1	0,994184081	1,006023996
mix.M2	1	1,001808946	1,007042966
mix.M3	1	1,007064357	1,007341295
mix.ML0	1	0,995504992	0,998212769
mix.ML1	1	0,995511328	1,014375632
mix.ML2	1	0,983662569	0,989766571
mix.ML3	1	0,988913316	0,092000273
Promedio	1	0,989739128	0,959815996
Media Geométrica	1	0,989261001	0,909994989

L2 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	20,86429391	21,12882686	21,02895847
mix.H1	21,04690362	21,12027359	21,07481148
mix.H2	17,3376852	17,52321882	17,46535243
mix.H3	20,84709861	21,1067611	21,04043457
mix.HL0	3,596423547	3,652944843	3,69403344
mix.HL1	4,687799723	4,716852719	4,755830734
mix.HL2	3,144764417	3,146691444	3,842379636
mix.HL3	4,172979615	4,217742398	4,237085776
mix.HM0	8,444299707	8,342656214	8,461581367
mix.HM1	15,72247828	16,08242118	15,95894679
mix.HM2	6,805677949	6,757367863	6,844890585
mix.HM3	10,55487052	10,49885292	10,59564862
mix.HML0	4,632756289	4,674685031	4,673942683
mix.HML1	4,086403374	4,128495408	4,178989731
mix.HML2	7,981369412	8,149503454	8,144744535
mix.HML3	3,672657871	3,673048312	3,70372763
mix.L0	0,420434262	0,418064748	0,414516192
mix.L1	0,420941519	0,4170906	0,414609965
mix.L2	0,797190873	0,79761049	0,775149599
mix.L3	0,426135241	0,432014646	0,419588429
mix.M0	3,418263046	3,418420868	3,418356212
mix.M1	3,15948462	3,159897855	3,160079441
mix.M2	3,363600186	3,36305802	3,362801376
mix.M3	3,68726723	3,687848699	3,687929658
mix.ML0	1,422487043	1,413244109	1,418143336
mix.ML1	1,656655304	1,657265225	1,653836426
mix.ML2	0,890947116	0,886671957	0,878172311
mix.ML3	2,063334636	2,045753905	2,417561405

L2 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,01267874	1,00789217
mix.H1	1	1,003486022	1,001325984
mix.H2	1	1,010701176	1,007363568
mix.H3	1	1,01245557	1,009273999
mix.HL0	1	1,015715973	1,027140822
mix.HL1	1	1,006197576	1,014512354
mix.HL2	1	1,000612773	1,221833857
mix.HL3	1	1,010726816	1,015362203
mix.HM0	1	0,987963064	1,002046547
mix.HM1	1	1,022893522	1,015040155
mix.HM2	1	0,992901503	1,005761753
mix.HM3	1	0,994692724	1,003863439
mix.HML0	1	1,009050496	1,008890257
mix.HML1	1	1,010300509	1,022657175
mix.HML2	1	1,021065814	1,02046956
mix.HML3	1	1,00010631	1,008459748
mix.L0	1	0,994364127	0,985923913
mix.L1	1	0,990851651	0,984958588
mix.L2	1	1,00052637	0,972351323
mix.L3	1	1,013797039	0,984636773
mix.M0	1	1,00004617	1,000027255
mix.M1	1	1,000130792	1,000188265
mix.M2	1	0,999838814	0,999762514
mix.M3	1	1,000157696	1,000179653
mix.ML0	1	0,993502272	0,9969464
mix.ML1	1	1,000368164	0,998298452
mix.ML2	1	0,995201557	0,985661545
mix.ML3	1	0,991479457	1,171676839
Promedio	1	1,003279025	1,016875183
Media Geométrica	1	1,003237007	1,015678546

L2 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	15,51999526	15,69394687	15,65864984
mix.H1	18,68839894	18,23327492	18,23615849
mix.H2	11,95786904	12,0620342	12,03727698
mix.H3	15,51726473	15,67770258	15,66799977
mix.HL0	6,710917644	6,734521869	6,971000296
mix.HL1	5,486631677	5,548453748	5,550146281
mix.HL2	9,87127693	9,897906385	8,772336542
mix.HL3	5,686398802	5,853529264	5,749207233
mix.HM0	8,252570645	8,23127081	8,282224575
mix.HM1	3,483849223	3,772931337	3,690506504
mix.HM2	9,107286007	9,048384869	9,131879979
mix.HM3	7,05513433	7,124489585	7,187539569
mix.HML0	9,602290673	9,617334757	9,64095425
mix.HML1	5,601087272	5,552200803	5,626078488
mix.HML2	5,092273411	5,186661079	5,184343268
mix.HML3	4,623078937	4,686962571	4,662851304
mix.L0	5,607023391	5,858873648	5,848436706
mix.L1	5,647594758	5,626679666	5,58598168
mix.L2	5,971399505	5,913482267	5,786300676
mix.L3	7,307087374	6,373615409	7,330914505
mix.M0	4,344859912	4,34708673	4,348206757
mix.M1	5,693995265	5,699098871	5,700123289
mix.M2	5,537067954	5,539222627	5,539797483
mix.M3	3,383363847	3,63973019	3,439067172
mix.ML0	5,516823568	5,516074945	5,536641758
mix.ML1	6,26750775	6,180063266	6,138613689
mix.ML2	5,136517592	5,050638636	4,985021954
mix.ML3	5,275231842	5,228105906	3,496730246

L2 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,011208226	1,008933932
mix.H1	1	0,975646709	0,975801006
mix.H2	1	1,008711014	1,006640643
mix.H3	1	1,010339313	1,009714021
mix.HL0	1	1,003517287	1,038755155
mix.HL1	1	1,011267764	1,011576247
mix.HL2	1	1,002697671	0,888672925
mix.HL3	1	1,029391266	1,011045379
mix.HM0	1	0,997419006	1,003593296
mix.HM1	1	1,082977791	1,059318664
mix.HM2	1	0,993532526	1,002700472
mix.HM3	1	1,009830466	1,018767217
mix.HML0	1	1,001566718	1,004026495
mix.HML1	1	0,991271968	1,004461851
mix.HML2	1	1,018535467	1,018080305
mix.HML3	1	1,013818417	1,008603004
mix.L0	1	1,044916926	1,043055521
mix.L1	1	0,996296637	0,989090386
mix.L2	1	0,990300894	0,969002438
mix.L3	1	0,872251156	1,003260825
mix.M0	1	1,000512518	1,0007703
mix.M1	1	1,000896314	1,001076226
mix.M2	1	1,000389136	1,000492956
mix.M3	1	1,07577262	1,016463888
mix.ML0	1	0,999864302	1,003592319
mix.ML1	1	0,986047966	0,979434559
mix.ML2	1	0,983280704	0,970506158
mix.ML3	1	0,991066566	0,662858117
Promedio	1	1,003690262	0,989653368
Media Geométrica	1	1,003067558	0,986658654

L2 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	20,85623839	21,12040958	21,02067274
mix.H1	21,03633636	21,10974164	21,06444989
mix.H2	17,33104453	17,51633852	17,45862771
mix.H3	20,83901402	21,09828652	21,03207531
mix.HL0	3,594115637	3,650578973	3,691639657
mix.HL1	4,685150419	4,714137621	4,753160019
mix.HL2	3,14346191	3,145401851	3,841248468
mix.HL3	4,170009679	4,214602802	4,233954662
mix.HM0	8,437659303	8,336034622	8,454949263
mix.HM1	15,71417437	16,0737639	15,95051067
mix.HM2	6,801015082	6,752699236	6,840164914
mix.HM3	10,5438326	10,48782638	10,5846755
mix.HML0	4,627765789	4,669634346	4,668903288
mix.HML1	4,08433352	4,126391296	4,176827278
mix.HML2	7,975265453	8,14339401	8,138706527
mix.HML3	3,669871867	3,670227091	3,700950801
mix.L0	0,418689577	0,416356121	0,412792694
mix.L1	0,419234284	0,415401249	0,412897055
mix.L2	0,794584641	0,794959331	0,772574744
mix.L3	0,424391901	0,430287977	0,417913633
mix.M0	3,407126923	3,407180887	3,407164596
mix.M1	3,153975071	3,154432418	3,154565504
mix.M2	3,355862415	3,355297583	3,355021569
mix.M3	3,67246948	3,673002903	3,672901136
mix.ML0	1,419455322	1,410175808	1,41508741
mix.ML1	1,651956212	1,652673828	1,649208648
mix.ML2	0,886797016	0,882504152	0,874036481
mix.ML3	2,059195572	2,0416863	2,413043754

L2 Overall Misses	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,012666291	1,00788418
mix.H1	1	1,003489452	1,001336427
mix.H2	1	1,010691449	1,00736154
mix.H3	1	1,012441687	1,009264416
mix.HL0	1	1,015709939	1,027134358
mix.HL1	1	1,006187038	1,014515991
mix.HL2	1	1,000617135	1,221980281
mix.HL3	1	1,01069377	1,015334493
mix.HM0	1	0,987955821	1,002049142
mix.HM1	1	1,022883133	1,015039689
mix.HM2	1	0,992895789	1,005756469
mix.HM3	1	0,994688248	1,00387363
mix.HML0	1	1,009047251	1,008889278
mix.HML1	1	1,010297341	1,022645986
mix.HML2	1	1,021081249	1,020493496
mix.HML3	1	1,000096795	1,00846867
mix.L0	1	0,994426763	0,985915857
mix.L1	1	0,990857057	0,9848838
mix.L2	1	1,000471554	0,972300122
mix.L3	1	1,013892996	0,984735173
mix.M0	1	1,000015839	1,000011057
mix.M1	1	1,000145006	1,000187203
mix.M2	1	0,999831688	0,99974944
mix.M3	1	1,000145249	1,000117538
mix.ML0	1	0,993462623	0,996922826
mix.ML1	1	1,000434404	0,998336782
mix.ML2	1	0,995159135	0,985610535
mix.ML3	1	0,991497033	1,171838064
Promedio	1	1,003277919	1,016879873
Media Geométrica	1	1,00323588	1,015681431

L2 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1,88262E-06	1,86694E-06	1,86985E-06
mix.H1	1,31117E-06	1,30907E-06	1,30987E-06
mix.H2	1,43832E-06	1,4342E-06	1,43565E-06
mix.H3	1,88282E-06	1,86788E-06	1,87011E-06
mix.HL0	7,09118E-07	7,10487E-07	7,01514E-07
mix.HL1	1,20871E-06	1,19423E-06	1,20373E-06
mix.HL2	1,34463E-06	1,33757E-06	2,07924E-06
mix.HL3	8,16757E-07	8,01003E-07	8,1672E-07
mix.HM0	1,39111E-06	1,3927E-06	1,38929E-06
mix.HM1	3,02139E-06	2,99516E-06	3,0032E-06
mix.HM2	1,38884E-06	1,39148E-06	1,38814E-06
mix.HM3	2,10472E-06	2,07695E-06	2,06785E-06
mix.HML0	1,03385E-06	1,01647E-06	1,0259E-06
mix.HML1	1,75803E-06	1,72916E-06	1,73905E-06
mix.HML2	2,03786E-06	2,0278E-06	2,02633E-06
mix.HML3	7,9723E-07	7,81918E-07	7,87324E-07
mix.L0	4,37929E-07	4,31092E-07	4,31945E-07
mix.L1	4,28204E-07	4,28093E-07	4,28456E-07
mix.L2	7,14881E-07	7,21121E-07	7,34785E-07
mix.L3	4,58314E-07	7,12215E-07	4,60121E-07
mix.M0	3,16365E-06	3,16275E-06	3,16273E-06
mix.M1	2,21742E-06	2,21964E-06	2,21958E-06
mix.M2	1,9389E-06	1,9403E-06	1,94006E-06
mix.M3	2,35266E-06	2,24546E-06	2,32638E-06
mix.ML0	5,48171E-07	5,41704E-07	5,44059E-07
mix.ML1	1,09698E-06	1,10346E-06	1,11165E-06
mix.ML2	9,16692E-07	9,20676E-07	9,2448E-07
mix.ML3	1,32621E-06	1,30549E-06	1,90289E-06

L2 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,99167323	0,993217645
mix.H1	1	0,998398667	0,999008151
mix.H2	1	0,997138653	0,99814093
mix.H3	1	0,992065103	0,993251907
mix.HL0	1	1,001929632	0,989277109
mix.HL1	1	0,988018696	0,995886121
mix.HL2	1	0,994749274	1,546335459
mix.HL3	1	0,980711465	0,999955047
mix.HM0	1	1,00114288	0,998690623
mix.HM1	1	0,991320849	0,993980458
mix.HM2	1	1,001902678	0,999496294
mix.HM3	1	0,9868095	0,982485058
mix.HML0	1	0,983189532	0,992304535
mix.HML1	1	0,983574041	0,989203839
mix.HML2	1	0,995063292	0,994342792
mix.HML3	1	0,980793496	0,987574883
mix.L0	1	0,984387833	0,986334431
mix.L1	1	0,999741676	1,000587952
mix.L2	1	1,008729134	1,027842948
mix.L3	1	1,553990663	1,00394218
mix.M0	1	0,999717902	0,999709534
mix.M1	1	1,001002071	1,000972922
mix.M2	1	1,000723176	1,000599339
mix.M3	1	0,954434545	0,988828734
mix.ML0	1	0,98820272	0,992498382
mix.ML1	1	1,005904675	1,013369139
mix.ML2	1	1,004346533	1,008496452
mix.ML3	1	0,98437659	1,434827227
Promedio	1	1,012644232	1,032541432
Media Geométrica	1	1,008553025	1,026258822

L2 Writebacks	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	8,487026379	9,056385636	8,996275059
mix.H1	6,951017534	7,29305283	7,282101469
mix.H2	6,155510566	6,539238788	6,511120264
mix.H3	8,484874588	9,009784376	8,99132224
mix.HL0	1,370539019	1,381428545	1,440208483
mix.HL1	2,030237581	2,120386839	2,162260769
mix.HL2	2,200316214	2,221610429	2,724459396
mix.HL3	2,006169274	2,078617075	2,124726526
mix.HM0	2,853536253	2,864069894	2,930747352
mix.HM1	7,002136032	7,693380245	7,562242184
mix.HM2	2,837390019	2,889455911	2,944282889
mix.HM3	5,005857965	5,174418691	5,262590725
mix.HML0	2,257021637	2,317564005	2,350486484
mix.HML1	2,007022162	2,074568958	2,132627649
mix.HML2	3,068918852	3,212284592	3,217525036
mix.HML3	1,349460768	1,359743869	1,393290495
mix.L0	0,246884009	0,239068704	0,259260408
mix.L1	0,248194204	0,239037412	0,259146347
mix.L2	0,405779578	0,401057217	0,388472512
mix.L3	0,261134004	0,224268354	0,259971155
mix.M0	2,029953349	2,077744904	2,080483879
mix.M1	1,372421871	1,362327991	1,366944741
mix.M2	1,698631689	1,709679003	1,71630024
mix.M3	2,5111527	2,56299798	2,566791712
mix.ML0	0,662111739	0,659025863	0,654467327
mix.ML1	0,865987265	0,861804476	0,859269953
mix.ML2	0,585455959	0,577682761	0,57002572
mix.ML3	0,961725464	0,951138809	1,093307828

L2 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	1,067085836	1,060003193
mix.H1	1	1,049206507	1,047631003
mix.H2	1	1,062338975	1,057770951
mix.H3	1	1,061864178	1,05968829
mix.HL0	1	1,007945433	1,050833623
mix.HL1	1	1,044403305	1,065028443
mix.HL2	1	1,009677798	1,238212662
mix.HL3	1	1,036112507	1,059096335
mix.HM0	1	1,003691434	1,02705804
mix.HM1	1	1,09871905	1,079990756
mix.HM2	1	1,018349925	1,037672956
mix.HM3	1	1,033672694	1,051286465
mix.HML0	1	1,026824008	1,041410701
mix.HML1	1	1,033655232	1,062583009
mix.HML2	1	1,04671539	1,048422976
mix.HML3	1	1,007620156	1,032479438
mix.L0	1	0,968344222	1,05013042
mix.L1	1	0,96310634	1,044127312
mix.L2	1	0,98836225	0,957348603
mix.L3	1	0,858824784	0,995546925
mix.M0	1	1,023543179	1,024892459
mix.M1	1	0,992645206	0,99600915
mix.M2	1	1,006503655	1,010401638
mix.M3	1	1,020646008	1,022156762
mix.ML0	1	0,995339342	0,988454499
mix.ML1	1	0,995169919	0,992243174
mix.ML2	1	0,986722831	0,973644065
mix.ML3	1	0,988992019	1,136819049
Promedio	1	1,014145792	1,043247961
Media Geométrica	1	1,013196523	1,042031067

L3 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	8,376517743	0,311386318	0,490593009
mix.H1	6,737225849	0,426848562	0,576820994
mix.H2	6,001540455	0,251891068	0,503163012
mix.H3	8,373570892	0,306606011	0,495689117
mix.HL0	1,203347964	0,08340747	0,075767068
mix.HL1	1,96279239	0,088901931	0,095591056
mix.HL2	2,124794919	0,01395277	0,057056253
mix.HL3	1,959836937	0,085872945	0,062305377
mix.HM0	2,567558108	0,290737736	0,284809457
mix.HM1	6,822480735	0,127468557	0,369368491
mix.HM2	2,604142462	0,188868873	0,230402292
mix.HM3	4,893790769	0,214756853	0,216862439
mix.HML0	2,161654056	0,09548706	0,091252203
mix.HML1	1,789985829	0,096794672	0,077438917
mix.HML2	2,769449399	0,110138274	0,182347313
mix.HML3	1,223954027	0,092320872	0,101917019
mix.L0	0,136133148	0,023126911	0,008030545
mix.L1	0,13617455	0,023157545	0,008038793
mix.L2	0,208072352	0,049882142	0,017016427
mix.L3	0,12462751	0,020025419	0,008574396
mix.M0	1,712676154	0,085644397	0,069630046
mix.M1	1,029034084	0,15306382	0,132501393
mix.M2	1,43056468	0,154907666	0,137659306
mix.M3	2,334693452	0,107775215	0,109700454
mix.ML0	0,551881998	0,060939677	0,047695612
mix.ML1	0,657611356	0,076131646	0,041077964
mix.ML2	0,456291218	0,026402301	0,012625535
mix.ML3	0,792558772	0,089301603	0,08054244

L3 Inserted Blocks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,037173719	0,058567656
mix.H1	1	0,063356724	0,085616989
mix.H2	1	0,041971069	0,083838977
mix.H3	1	0,036615921	0,059196862
mix.HL0	1	0,069312844	0,062963557
mix.HL1	1	0,045293599	0,048701562
mix.HL2	1	0,006566643	0,026852593
mix.HL3	1	0,043816372	0,031791102
mix.HM0	1	0,113235114	0,110926197
mix.HM1	1	0,018683608	0,05413991
mix.HM2	1	0,072526321	0,088475303
mix.HM3	1	0,043883538	0,044313795
mix.HML0	1	0,044173146	0,042214064
mix.HML1	1	0,054075664	0,043262307
mix.HML2	1	0,039769015	0,065842443
mix.HML3	1	0,075428382	0,083268666
mix.L0	1	0,169884491	0,058990371
mix.L1	1	0,170057808	0,059033006
mix.L2	1	0,239734598	0,081781299
mix.L3	1	0,160682176	0,068800185
mix.M0	1	0,050006183	0,040655699
mix.M1	1	0,148745141	0,128762881
mix.M2	1	0,10828428	0,096227251
mix.M3	1	0,046162469	0,046987091
mix.ML0	1	0,110421572	0,086423569
mix.ML1	1	0,115769969	0,062465412
mix.ML2	1	0,057862831	0,027669906
mix.ML3	1	0,112675054	0,101623303
Promedio	1	0,082006009	0,066049713
Media Geométrica	1	0,064861337	0,06122464

L3 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	0,124726658	1,051209757	0,838222315
mix.H1	0,263469797	0,770411427	0,656157583
mix.H2	0,168765653	0,746828081	0,596345372
mix.H3	0,126066267	0,997957877	0,834080533
mix.HL0	0,174537789	0,239738327	0,227348395
mix.HL1	0,07531907	0,260905679	0,237587662
mix.HL2	0,07932522	0,114496695	0,033156676
mix.HL3	0,054821141	0,213454092	0,214006079
mix.HM0	0,318456565	0,470122479	0,394053664
mix.HM1	0,18962338	1,34756341	1,077993253
mix.HM2	0,26371149	0,470654206	0,381049057
mix.HM3	0,142668597	0,516085587	0,546989618
mix.HML0	0,108966782	0,272144724	0,266434567
mix.HML1	0,227979607	0,416724483	0,357094998
mix.HML2	0,30833546	0,638094517	0,598505526
mix.HML3	0,135304151	0,215569852	0,181765282
mix.L0	0,111419034	0,098024572	0,076778528
mix.L1	0,112657623	0,097862366	0,076646772
mix.L2	0,199344679	0,191709161	0,093621459
mix.L3	0,137789337	0,101139898	0,085828202
mix.M0	0,328294188	0,458871526	0,398717418
mix.M1	0,355326019	0,399046463	0,318343398
mix.M2	0,287232554	0,363313957	0,300814367
mix.M3	0,207871034	0,327611184	0,285208621
mix.ML0	0,116427968	0,14482539	0,106383024
mix.ML1	0,213069407	0,230352361	0,154850712
mix.ML2	0,1308347	0,13667747	0,074352877
mix.ML3	0,177489124	0,213218414	0,183282449

L3 Overall Hits	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	8,428108113	6,720474432
mix.H1	1	2,924097695	2,490447064
mix.H2	1	4,425237405	3,533570731
mix.H3	1	7,91613726	6,616207094
mix.HL0	1	1,373561155	1,30257405
mix.HL1	1	3,464005587	3,15441577
mix.HL2	1	1,443383254	0,417984041
mix.HL3	1	3,893645532	3,903714412
mix.HM0	1	1,476253063	1,237385903
mix.HM1	1	7,106525628	5,684917401
mix.HM2	1	1,784731513	1,444946738
mix.HM3	1	3,617373385	3,833987495
mix.HML0	1	2,497501708	2,445098983
mix.HML1	1	1,827902455	1,56634623
mix.HML2	1	2,069481455	1,941085612
mix.HML3	1	1,593224235	1,343382898
mix.L0	1	0,879783005	0,689097055
mix.L1	1	0,868670612	0,680351411
mix.L2	1	0,961696909	0,469646141
mix.L3	1	0,734018327	0,622894367
mix.M0	1	1,397744895	1,214512567
mix.M1	1	1,123043182	0,895919187
mix.M2	1	1,264877369	1,047285076
mix.M3	1	1,576030954	1,372046001
mix.ML0	1	1,243905503	0,913723959
mix.ML1	1	1,081114202	0,72676183
mix.ML2	1	1,044657642	0,568296304
mix.ML3	1	1,201304104	1,032640446
Promedio	1	2,472072005	2,066775471
Media Geométrica	1	1,90333357	1,500061543

L3 Overall Misses	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	20,73150885	0	0
mix.H1	20,77286315	0	0
mix.H2	17,16227667	0	0
mix.H3	20,71294519	0	0
mix.HL0	3,419575998	0	0
mix.HL1	4,609829292	0	0
mix.HL2	3,06413471	0	0
mix.HL3	4,115186918	0	0
mix.HM0	8,119200582	0	0
mix.HM1	15,52454887	0	0
mix.HM2	6,537301443	0	0
mix.HM3	10,40116221	0	0
mix.HML0	4,518797222	0	0
mix.HML1	3,856352153	0	0
mix.HML2	7,666928339	0	0
mix.HML3	3,534565814	0	0
mix.L0	0,30726881	0	0
mix.L1	0,30657473	0	0
mix.L2	0,595238184	0	0
mix.L3	0,286601542	0	0
mix.M0	3,078828661	0	0
mix.M1	2,798647173	0	0
mix.M2	3,068627788	0	0
mix.M3	3,464595798	0	0
mix.ML0	1,30302676	0	0
mix.ML1	1,43888494	0	2,69449E-07
mix.ML2	0,755959908	0	0
mix.ML3	1,881705853	0	0

L3 Overall Misses	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	1	0	0
mix.H1	1	0	0
mix.H2	1	0	0
mix.H3	1	0	0
mix.HL0	1	0	0
mix.HL1	1	0	0
mix.HL2	1	0	0
mix.HL3	1	0	0
mix.HM0	1	0	0
mix.HM1	1	0	0
mix.HM2	1	0	0
mix.HM3	1	0	0
mix.HML0	1	0	0
mix.HML1	1	0	0
mix.HML2	1	0	0
mix.HML3	1	0	0
mix.L0	1	0	0
mix.L1	1	0	0
mix.L2	1	0	0
mix.L3	1	0	0
mix.M0	1	0	0
mix.M1	1	0	0
mix.M2	1	0	0
mix.M3	1	0	0
mix.ML0	1	0	0
mix.ML1	1	0	1,87262E-07
mix.ML2	1	0	0
mix.ML3	1	0	0
Promedio	1	0	6,68793E-09
Media Geométrica	1	0	0

L3 Overall Miss Rate	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	3,18497E-07	0	0
mix.H1	2,58873E-07	0	0
mix.H2	2,42711E-07	0	0
mix.H3	3,18548E-07	0	0
mix.HL0	2,20045E-07	0	0
mix.HL1	2,52932E-07	0	0
mix.HL2	3,2159E-07	0	0
mix.HL3	2,28405E-07	0	0
mix.HM0	2,59231E-07	0	0
mix.HM1	4,18877E-07	0	0
mix.HM2	2,58273E-07	0	0
mix.HM3	3,54054E-07	0	0
mix.HML0	2,90543E-07	0	0
mix.HML1	3,32254E-07	0	0
mix.HML2	3,17996E-07	0	0
mix.HML3	2,03572E-07	0	0
mix.L0	1,41355E-07	0	0
mix.L1	1,41244E-07	0	0
mix.L2	1,66528E-07	0	0
mix.L3	1,38215E-07	0	0
mix.M0	4,60049E-07	0	0
mix.M1	3,33573E-07	0	0
mix.M2	3,16082E-07	0	0
mix.M3	3,569E-07	0	0
mix.ML0	1,81685E-07	0	0
mix.ML1	2,32056E-07	0	5,38897E-13
mix.ML2	2,05245E-07	0	0
mix.ML3	2,71717E-07	0	0

L3 Overall Miss Rate	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	1	0	0
mix.H1	1	0	0
mix.H2	1	0	0
mix.H3	1	0	0
mix.HL0	1	0	0
mix.HL1	1	0	0
mix.HL2	1	0	0
mix.HL3	1	0	0
mix.HM0	1	0	0
mix.HM1	1	0	0
mix.HM2	1	0	0
mix.HM3	1	0	0
mix.HML0	1	0	0
mix.HML1	1	0	0
mix.HML2	1	0	0
mix.HML3	1	0	0
mix.L0	1	0	0
mix.L1	1	0	0
mix.L2	1	0	0
mix.L3	1	0	0
mix.M0	1	0	0
mix.M1	1	0	0
mix.M2	1	0	0
mix.M3	1	0	0
mix.ML0	1	0	0
mix.ML1	1	0	2,32227E-06
mix.ML2	1	0	0
mix.ML3	1	0	0
Promedio	1	0	8,29383E-08
Media Geométrica	1	0	0

L3 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	8,357052633	0,304080539	0,484054041
mix.H1	6,683599399	0,420456238	0,571645799
mix.H2	5,982764533	0,246329775	0,497590649
mix.H3	8,353561635	0,299661908	0,489247103
mix.HL0	1,192212224	0,078345269	0,071877027
mix.HL1	1,950892884	0,08376609	0,090923268
mix.HL2	2,115585657	0,007285179	0,050202363
mix.HL3	1,947628076	0,08124373	0,058269374
mix.HM0	2,530848245	0,282031029	0,27723364
mix.HM1	6,805584177	0,120289461	0,360815209
mix.HM2	2,569363081	0,181973897	0,22388458
mix.HM3	4,85736282	0,206320599	0,208914124
mix.HML0	2,143242885	0,089814061	0,085580378
mix.HML1	1,773415379	0,089076482	0,071273212
mix.HML2	2,755213773	0,104135205	0,175810416
mix.HML3	1,210909202	0,088171199	0,097992038
mix.L0	0,132480637	0,019923501	0,004855251
mix.L1	0,132534482	0,019971522	0,004868992
mix.L2	0,203197784	0,046016943	0,013276072
mix.L3	0,120301498	0,016173582	0,005192259
mix.M0	1,693671331	0,075774922	0,059697952
mix.M1	1,011176546	0,14572745	0,125299969
mix.M2	1,405960746	0,146561653	0,129600538
mix.M3	2,297347055	0,093444682	0,093557041
mix.ML0	0,542446412	0,056373669	0,044008566
mix.ML1	0,64921384	0,070732347	0,03630684
mix.ML2	0,450781988	0,022348712	0,008576681
mix.ML3	0,779364912	0,082641474	0,073996075

L3 Writebacks	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,036386098	0,057921622
mix.H1	1	0,062908653	0,085529632
mix.H2	1	0,041173236	0,083170689
mix.H3	1	0,035872353	0,058567486
mix.HL0	1	0,065714197	0,060288785
mix.HL1	1	0,042937309	0,046605976
mix.HL2	1	0,003443575	0,023729771
mix.HL3	1	0,041714191	0,029918122
mix.HM0	1	0,111437353	0,109541787
mix.HM1	1	0,017675112	0,053017522
mix.HM2	1	0,070824516	0,087136218
mix.HM3	1	0,042475847	0,043009784
mix.HML0	1	0,041905685	0,039930322
mix.HML1	1	0,050228775	0,040189801
mix.HML2	1	0,03779569	0,063810082
mix.HML3	1	0,072814047	0,080924348
mix.L0	1	0,15038802	0,036648758
mix.L1	1	0,15068925	0,036737549
mix.L2	1	0,226463802	0,065335714
mix.L3	1	0,134442071	0,043160387
mix.M0	1	0,044740039	0,03524766
mix.M1	1	0,144116723	0,123915027
mix.M2	1	0,104243062	0,092179343
mix.M3	1	0,040675039	0,040723948
mix.ML0	1	0,103924863	0,081129795
mix.ML1	1	0,108950768	0,055924315
mix.ML2	1	0,04957765	0,019026228
mix.ML3	1	0,106036945	0,094944068
Promedio	1	0,076412674	0,060295169
Media Geométrica	1	0,059677601	0,054622425

MM Reads	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	20,73150853	20,06919537	20,18244724
mix.H1	20,77286263	20,33932657	20,40828918
mix.H2	17,1622752	16,76950726	16,86227818
mix.H3	20,7129439	20,10032482	20,19799032
mix.HL0	3,419575767	3,410838095	3,46428896
mix.HL1	4,609827236	4,453229651	4,515570049
mix.HL2	3,06413471	3,030901551	3,808086357
mix.HL3	4,115185761	4,001146208	4,019946037
mix.HM0	8,119200044	7,865908092	8,060892368
mix.HM1	15,52454717	14,72619797	14,87251404
mix.HM2	6,537300906	6,282042607	6,459113977
mix.HM3	10,40116041	9,971738268	10,03768373
mix.HML0	4,51879633	4,39748787	4,402466657
mix.HML1	3,856351449	3,709664391	3,819729496
mix.HML2	7,666927346	7,50529653	7,540198698
mix.HML3	3,534565391	3,454654331	3,519183217
mix.L0	0,30726881	0,318330006	0,336012617
mix.L1	0,30657473	0,31753734	0,336248543
mix.L2	0,595238184	0,603248152	0,678951234
mix.L3	0,286601542	0,329146904	0,332084401
mix.M0	3,078828661	2,948305798	3,008443615
mix.M1	2,798646045	2,755382948	2,836219475
mix.M2	3,068626059	2,991981206	3,054204437
mix.M3	3,464595798	3,34538907	3,387689867
mix.ML0	1,303026562	1,265349438	1,308703599
mix.ML1	1,438884674	1,422319594	1,49435605
mix.ML2	0,755959908	0,745824026	0,799681424
mix.ML3	1,881705853	1,828467007	2,229760588

MM Reads	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,968052824	0,973515613
mix.H1	1	0,979129691	0,982449533
mix.H2	1	0,97711446	0,982519974
mix.H3	1	0,97042337	0,975138561
mix.HL0	1	0,997444808	1,013075655
mix.HL1	1	0,96602962	0,979552989
mix.HL2	1	0,989154145	1,242793388
mix.HL3	1	0,972288116	0,976856519
mix.HM0	1	0,968803336	0,992818544
mix.HM1	1	0,948575041	0,957999862
mix.HM2	1	0,960953564	0,988039876
mix.HM3	1	0,958714016	0,965054218
mix.HML0	1	0,973154696	0,974256491
mix.HML1	1	0,961962217	0,990503471
mix.HML2	1	0,978918436	0,983470738
mix.HML3	1	0,977391546	0,995648072
mix.L0	1	1,035998434	1,093546127
mix.L1	1	1,035758361	1,096791452
mix.L2	1	1,013456744	1,140637902
mix.L3	1	1,148447779	1,158697191
mix.M0	1	0,957606324	0,977139018
mix.M1	1	0,984541419	1,013425574
mix.M2	1	0,975023072	0,9953003
mix.M3	1	0,96559289	0,977802337
mix.ML0	1	0,971084915	1,004356808
mix.ML1	1	0,988487556	1,038551649
mix.ML2	1	0,986592038	1,05783576
mix.ML3	1	0,971707137	1,184967664
Promedio	1	0,985085948	1,025455189
Media Geométrica	1	0,984424161	1,0229894

MM Writes	Valor		
Política	No RD	RD 0	RD 1
Mezcla			
mix.H0	8,357052633	8,000135689	8,153165316
mix.H1	6,683599399	6,518833481	6,621726019
mix.H2	5,982764533	5,788932791	5,911028823
mix.H3	8,353561635	8,007180983	8,15229457
mix.HL0	1,192212224	1,138105467	1,20937841
mix.HL1	1,950892884	1,855562686	1,920821278
mix.HL2	2,115585657	2,101774745	2,684496066
mix.HL3	1,947628076	1,86170199	1,907320806
mix.HM0	2,530848245	2,389756116	2,532405653
mix.HM1	6,805584177	6,339483378	6,477654864
mix.HM2	2,569363081	2,414594287	2,558957113
mix.HM3	4,85736282	4,652618198	4,709773059
mix.HML0	2,143242885	2,040871123	2,07952053
mix.HML1	1,773415027	1,652622776	1,770292219
mix.HML2	2,755213773	2,569246797	2,613718977
mix.HML3	1,210909202	1,140919258	1,208304695
mix.L0	0,132480637	0,137981099	0,179395025
mix.L1	0,132534482	0,138122681	0,179491887
mix.L2	0,203197784	0,205869152	0,291296668
mix.L3	0,120301498	0,119804976	0,170855978
mix.M0	1,693671331	1,611154355	1,67409784
mix.M1	1,011176546	0,957557836	1,04283479
mix.M2	1,405960746	1,341073085	1,41012788
mix.M3	2,297347055	2,229647773	2,275889466
mix.ML0	0,542446412	0,511000505	0,544864688
mix.ML1	0,64921384	0,627504096	0,700294523
mix.ML2	0,450781988	0,437197762	0,491892184
mix.ML3	0,779364912	0,733480505	0,904150712

MM Writes	Valor		
Política	**No RD**	**RD 0**	**RD 1**
Mezcla			
mix.H0	1	0,957291529	0,975602964
mix.H1	1	0,975347727	0,990742506
mix.H2	1	0,967601643	0,988009605
mix.H3	1	0,958534974	0,975906437
mix.HL0	1	0,954616505	1,014398599
mix.HL1	1	0,951135094	0,984585722
mix.HL2	1	0,993471825	1,268913909
mix.HL3	1	0,955881676	0,979304432
mix.HM0	1	0,944251051	1,00061537
mix.HM1	1	0,931512007	0,951814671
mix.HM2	1	0,939763751	0,995949982
mix.HM3	1	0,957848604	0,969615249
mix.HML0	1	0,952235109	0,970268253
mix.HML1	1	0,931887207	0,998239099
mix.HML2	1	0,932503613	0,948644712
mix.HML3	1	0,942200501	0,997849131
mix.L0	1	1,041518986	1,354122607
mix.L1	1	1,04216411	1,3543033
mix.L2	1	1,013146639	1,433562226
mix.L3	1	0,995872687	1,420231512
mix.M0	1	0,951279227	0,988443158
mix.M1	1	0,946973938	1,031308325
mix.M2	1	0,95384817	1,002963905
mix.M3	1	0,970531539	0,99065984
mix.ML0	1	0,942029469	1,004458093
mix.ML1	1	0,96655995	1,07868083
mix.ML2	1	0,969865197	1,091197512
mix.ML3	1	0,941125901	1,160112161
Promedio	1	0,963607094	1,068589432
Media Geométrica	1	0,963187126	1,059610452