

Informe de Proyecto

Semana 10

Nombre del estudiante:

Josué Andrés Ham Álvarez

Número de cuenta:

12141190

Curso y Sección:

Sistemas Operativos II 1401

Docente:

Ing. Román Arturo Pineda Soto

Fecha de entrega:

29 de junio de 2025

bzip.trace

```
PS C:\Users\Josue\Desktop\Clases\2025\Operativos 2\Proyecto> python main.py bzip.trace
```

```
Iniciando simulaciones...
```

```
Procesando archivo: bzip.trace
```

```
Total referencias: 1,000,000
```

bzip.trace con 10 frames

```
=== REPORTES INDIVIDUALES POR CONFIGURACIÓN ===
```

```
=====
```

```
REPORTE INDIVIDUAL - FIFO con 10 marcos
```

```
Archivo: bzip.trace
```

```
=====
```

```
ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:
```

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 959,615 (95.96%)
- Page faults: 40,385 (4.04%)
- Reemplazos: 40,375
- Escrituras a disco: 17,713
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 403,950.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.06 segundos

```
DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:
```

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - LRU con 10 marcos
Archivo: bzip.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 982,880 (98.29%)
- Page faults: 17,120 (1.71%)
- Reemplazos: 17,110
- Escrituras a disco: 7,646
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 171,300.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.79 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - OPT con 10 marcos
Archivo: bzip.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 992,392 (99.24%)
- Page faults: 7,608 (0.76%)
- Reemplazos: 7,598
- Escrituras a disco: 3,230
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 76,180.00 ns
- Tiempo de ejecución: 4.15 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

bzip.trace con 50 frames

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - FIFO con 50 marcos
```

```
Archivo: bzip.trace
=====
```

```
ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:
```

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 998,333 (99.83%)
- Page faults: 1,667 (0.17%)
- Reemplazos: 1,617
- Escrituras a disco: 594
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 16,770.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.15 segundos

```
DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:
```

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - LRU con 50 marcos
```

```
Archivo: bzip.trace
=====
```

```
ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:
```

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 998,563 (99.86%)
- Page faults: 1,437 (0.14%)
- Reemplazos: 1,387
- Escrituras a disco: 482
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 14,470.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.34 segundos

```
DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:
```

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - OPT con 50 marcos
Archivo: bzip.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 999,029 (99.90%)
- Page faults: 971 (0.10%)
- Reemplazos: 921
- Escrituras a disco: 340
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 9,810.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.90 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

bzip.trace con 100 frames

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - FIFO con 100 marcos
Archivo: bzip.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 998,974 (99.90%)
- Page faults: 1,026 (0.10%)
- Reemplazos: 926
- Escrituras a disco: 368
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 10,360.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.28 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - LRU con 100 marcos
Archivo: bzip.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 999,094 (99.91%)
- Page faults: 906 (0.09%)
- Reemplazos: 806
- Escrituras a disco: 294
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 9,160.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.50 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - OPT con 100 marcos
Archivo: bzip.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 999,407 (99.94%)
- Page faults: 593 (0.06%)
- Reemplazos: 493
- Escrituras a disco: 176
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 6,030.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.87 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 877,581 (87.76%)
- Escrituras (W): 122,419 (12.24%)

Reporte final de bzip.trace

=== REPORTE COMPARATIVO FINAL ===

Tabla Comparativa:

Archivo	Marcos	Política	Accesos	Hits	Page Faults	Reemplazos	Escrituras	Hit Rate	EAT (ns)	Tiempo (s)
bzip.trace	10	FIFO	1,000,000	959,615	40,385	40,375	17,713	95.96%	403950.00	1.06
bzip.trace	10	LRU	1,000,000	982,880	17,120	17,110	7,646	98.29%	171300.00	1.79
bzip.trace	10	OPT	1,000,000	992,392	7,608	7,598	3,230	99.24%	76180.00	4.15
bzip.trace	50	FIFO	1,000,000	998,333	1,667	1,617	594	99.83%	16770.00	1.15
bzip.trace	50	LRU	1,000,000	998,563	1,437	1,387	482	99.86%	14470.00	1.34
bzip.trace	50	OPT	1,000,000	999,029	971	921	340	99.90%	9810.00	1.90
bzip.trace	100	FIFO	1,000,000	998,974	1,026	926	368	99.90%	10360.00	1.28
bzip.trace	100	LRU	1,000,000	999,094	906	806	294	99.91%	9160.00	1.50
bzip.trace	100	OPT	1,000,000	999,407	593	493	176	99.94%	6030.00	1.87

Páginas más accedidas (combinado):

Página	Accesos	% del total
0x00006645	2,337,426	25.97%
0x0000F6CD	2,122,821	23.59%
0x00002A38	1,222,101	13.58%
0x0000F4DD	437,841	4.86%
0x0000013A	402,462	4.47%
0x0000FBE1	354,663	3.94%
0x00000125	254,565	2.83%
0x0000ECB8	224,946	2.50%
0x00008350	174,537	1.94%
0x00005FE8	120,114	1.33%
0x00005669	87,237	0.97%
0x00005FE9	60,291	0.67%
0x0000FB27	56,601	0.63%
0x00000111	43,029	0.48%
0x0000F229	40,086	0.45%
0x0000010A	37,557	0.42%
0x0000FD70	36,594	0.41%
0x0000F8B4	34,083	0.38%
0x0000FE19	33,939	0.38%
0x0000F4BE	31,338	0.35%

Comparación de Políticas:

Política	Avg Hit Rate	Avg Page Faults	Avg EAT (ns)	Avg Escrituras	Avg Tiempo (s)
FIFO	98.56%	14,359.33	143,693.33	6,225.00	1.16
LRU	99.35%	6,487.67	64,976.67	2,807.33	1.54
OPT	99.69%	3,057.33	30,673.33	1,248.67	2.64

gcc.trace

```
PS C:\Users\Josue\Desktop\Clases\2025\Operativos 2\Proyecto> python main.py gcc.trace
```

```
Iniciando simulaciones...
```

```
Procesando archivo: gcc.trace
```

```
Total referencias: 1,000,000
```

```
Ejecutando FIFO con 10 marcos... Completado
```

```
Ejecutando LRU con 10 marcos... Completado
```

```
Ejecutando OPT con 10 marcos... Completado
```

```
Ejecutando FIFO con 50 marcos... Completado
```

```
Ejecutando LRU con 50 marcos... Completado
```

```
Ejecutando OPT con 50 marcos... Completado
```

```
Ejecutando FIFO con 100 marcos... Completado
```

```
Ejecutando LRU con 100 marcos... Completado
```

```
Ejecutando OPT con 100 marcos... Completado
```

gcc.trace con 10 frames

```
=== REPORTES INDIVIDUALES POR CONFIGURACIÓN ===
```

```
=====
```

```
REPORTE INDIVIDUAL - FIFO con 10 marcos
```

```
Archivo: gcc.trace
```

```
=====
```

```
ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:
```

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 820,102 (82.01%)
- Page faults: 179,898 (17.99%)
- Reemplazos: 179,888
- Escrituras a disco: 32,405
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 1,799,080.00 ns
- Tiempo de ejecución: 0.99 segundos

```
DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:
```

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - LRU con 10 marcos
Archivo: gcc.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 849,266 (84.93%)
- Page faults: 150,734 (15.07%)
- Reemplazos: 150,724
- Escrituras a disco: 19,837
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 1,507,440.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.11 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

gcc.trace con 50 frames

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - OPT con 10 marcos
Archivo: gcc.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 896,096 (89.61%)
- Page faults: 103,904 (10.39%)
- Reemplazos: 103,894
- Escrituras a disco: 13,423
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 1,039,140.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.91 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - FIFO con 50 marcos
Archivo: gcc.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 921,538 (92.15%)
- Page faults: 78,462 (7.85%)
- Reemplazos: 78,412
- Escrituras a disco: 13,566
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 784,720.00 ns
- Tiempo de ejecución: 0.94 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - LRU con 50 marcos
Archivo: gcc.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 932,700 (93.27%)
- Page faults: 67,300 (6.73%)
- Reemplazos: 67,250
- Escrituras a disco: 9,959
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 673,100.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.01 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - OPT con 50 marcos
```

```
Archivo: gcc.trace
=====
```

```
ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:
```

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 956,116 (95.61%)
- Page faults: 43,884 (4.39%)
- Reemplazos: 43,834
- Escrituras a disco: 6,454
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 438,940.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.90 segundos

```
DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:
```

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

gcc.trace con 100 frames

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - FIFO con 100 marcos
Archivo: gcc.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 945,806 (94.58%)
- Page faults: 54,194 (5.42%)
- Reemplazos: 54,094
- Escrituras a disco: 9,454
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 542,040.00 ns
- Tiempo de ejecución: 0.90 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - LRU con 100 marcos
Archivo: gcc.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 954,272 (95.43%)
- Page faults: 45,728 (4.57%)
- Reemplazos: 45,628
- Escrituras a disco: 6,874
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 457,380.00 ns
- Tiempo de ejecución: 0.98 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

```
=====
REPORTE INDIVIDUAL - OPT con 100 marcos
Archivo: gcc.trace
=====
```

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES:

- Total accesos: 1,000,000
- Hits: 970,966 (97.10%)
- Page faults: 29,034 (2.90%)
- Reemplazos: 28,934
- Escrituras a disco: 4,490
- Tiempo de acceso efectivo (EAT): 290,440.00 ns
- Tiempo de ejecución: 1.92 segundos

DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES:

- Lecturas (R): 892,816 (89.28%)
- Escrituras (W): 107,184 (10.72%)

Reporte final de gcc.trace

=== REPORTE COMPARATIVO FINAL ===

Tabla Comparativa:

Archivo	Marcos	Política	Accesos	Hits	Page Faults	Reemplazos	Escrituras	Hit Rate	EAT (ns)	Tiempo (s)
gcc.trace	10	FIFO	1,000,000	820,102	179,898	179,888	32,405	82.01%	1799080.00	0.99
gcc.trace	10	LRU	1,000,000	849,266	150,734	150,724	19,837	84.93%	1507440.00	1.11
gcc.trace	10	OPT	1,000,000	896,096	103,904	103,894	13,423	89.61%	1039140.00	1.91
gcc.trace	50	FIFO	1,000,000	921,538	78,462	78,412	13,566	92.15%	784720.00	0.94
gcc.trace	50	LRU	1,000,000	932,700	67,300	67,250	9,959	93.27%	673100.00	1.01
gcc.trace	50	OPT	1,000,000	956,116	43,884	43,834	6,454	95.61%	438940.00	1.90
gcc.trace	100	FIFO	1,000,000	945,806	54,194	54,094	9,454	94.58%	542040.00	0.90
gcc.trace	100	LRU	1,000,000	954,272	45,728	45,628	6,874	95.43%	457380.00	0.98
gcc.trace	100	OPT	1,000,000	970,966	29,034	28,934	4,490	97.10%	290440.00	1.92

Páginas más accedidas (combinado):

Página	Accesos	% del total
0x0002FC7D	931,311	10.35%
0x00026C1F	854,217	9.49%
0x0002F877	695,889	7.73%
0x000308B2	513,351	5.70%
0x0003D729	344,187	3.82%
0x0003137E	270,882	3.01%
0x0002F974	217,962	2.42%
0x0000785D	183,960	2.04%
0x00006DE1	169,767	1.89%
0x0000000F	165,087	1.83%
0x00006DE0	153,630	1.71%
0x000249DB	147,636	1.64%
0x0003413F	142,740	1.59%
0x00032F1B	130,518	1.45%
0x0003017C	120,249	1.34%
0x00031440	115,713	1.29%
0x00019624	105,282	1.17%
0x00031335	94,779	1.05%
0x00006709	84,123	0.93%
0x000341BF	76,365	0.85%

Comparación de Políticas:

Política	Avg Hit Rate	Avg Page Faults	Avg EAT (ns)	Avg Escrituras	Avg Tiempo (s)
FIFO	89.58%	104,184.67	1,041,946.67	18,475.00	0.94
LRU	91.21%	87,920.67	879,306.67	12,223.33	1.03
OPT	94.11%	58,940.67	589,506.67	8,122.33	1.91

Reporte final de gcc.trace y bzip.trace

=== REPORTE COMPARATIVO FINAL ===

Tabla Comparativa:

Archivo	Marcos	Política	Accesos	Hits	Page Faults	Reemplazos	Escrituras	Hit Rate	EAT (ns)	Tiempo (s)
bzip.trace	10	FIFO	1,000,000	959,615	40,385	40,375	17,713	95.96%	403950.00	0.85
bzip.trace	10	LRU	1,000,000	982,880	17,120	17,110	7,646	98.29%	171300.00	0.92
bzip.trace	10	OPT	1,000,000	992,392	7,608	7,598	3,230	99.24%	76180.00	1.61
bzip.trace	50	FIFO	1,000,000	998,333	1,667	1,617	594	99.83%	16770.00	0.85
bzip.trace	50	LRU	1,000,000	998,563	1,437	1,387	482	99.86%	14470.00	0.91
bzip.trace	50	OPT	1,000,000	999,029	971	921	340	99.90%	9810.00	1.64
bzip.trace	100	FIFO	1,000,000	998,974	1,026	926	368	99.90%	10360.00	0.90
bzip.trace	100	LRU	1,000,000	999,094	906	806	294	99.91%	9160.00	0.92
bzip.trace	100	OPT	1,000,000	999,407	593	493	176	99.94%	6030.00	1.59
gcc.trace	10	FIFO	1,000,000	820,102	179,898	179,888	32,405	82.01%	1799080.00	1.00
gcc.trace	10	LRU	1,000,000	849,266	150,734	150,724	19,837	84.93%	1507440.00	1.10
gcc.trace	10	OPT	1,000,000	896,096	103,904	103,894	13,423	89.61%	1039140.00	1.84
gcc.trace	50	FIFO	1,000,000	921,538	78,462	78,412	13,566	92.15%	784720.00	0.95
gcc.trace	50	LRU	1,000,000	932,700	67,300	67,250	9,959	93.27%	673100.00	0.97
gcc.trace	50	OPT	1,000,000	956,116	43,884	43,834	6,454	95.61%	438940.00	1.87
gcc.trace	100	FIFO	1,000,000	945,806	54,194	54,094	9,454	94.58%	542040.00	0.88
gcc.trace	100	LRU	1,000,000	954,272	45,728	45,628	6,874	95.43%	457380.00	0.98
gcc.trace	100	OPT	1,000,000	970,966	29,034	28,934	4,490	97.10%	290440.00	1.88

Páginas más accedidas (combinado):

Página	Accesos	% del total
0x00006645	2,337,426	12.99%
0x0000F6CD	2,122,821	11.79%
0x00002A38	1,222,101	6.79%
0x0002FC7D	931,311	5.17%
0x00026C1F	854,217	4.75%
0x0002F877	695,889	3.87%
0x000308B2	513,351	2.85%
0x0000F4DD	437,841	2.43%
0x0000013A	402,462	2.24%
0x0000FBE1	354,663	1.97%
0x0003D729	344,187	1.91%
0x0003137E	270,882	1.50%
0x00000125	254,565	1.41%
0x0000ECB8	224,946	1.25%
0x0002F974	217,962	1.21%
0x0000785D	183,960	1.02%
0x00008350	174,537	0.97%
0x00006DE1	169,767	0.94%
0x0000000F	165,087	0.92%
0x00006DE0	153,630	0.85%

Comparación de Políticas:

Política	Avg Hit Rate	Avg Page Faults	Avg EAT (ns)	Avg Escrituras	Avg Tiempo (s)
FIFO	94.07%	59,272.00	592,820.00	12,350.00	0.91
LRU	95.28%	47,204.17	472,141.67	7,515.33	0.97
OPT	96.90%	30,999.00	310,090.00	4,685.50	1.74

Preguntas

1) ¿Qué estrategia de reemplazo de páginas escogería usted y por qué? Debe considerar los resultados obtenidos y el esfuerzo que le llevó implementar cada estrategia. Discuta lo que sus resultados muestran acerca de los méritos relativos de FIFO, LRU y OPT para cada una de las diferentes combinaciones de parámetros.

La estrategia más recomendable es LRU por su equilibrio óptimo entre rendimiento y viabilidad de implementación. Durante las pruebas con diferentes configuraciones, LRU demostró un rendimiento cercano al OPT, alcanzando entre el 85% y 95% de su efectividad, particularmente cuando se utilizaban entre 50 y 100 marcos de página. A diferencia de OPT, que requiere un conocimiento anticipado de las referencias futuras y resulta impráctico en sistemas reales, LRU ofrece una implementación viable mediante estructuras como `OrderedDict` en Python, manteniendo operaciones en tiempo constante ($O(1)$).

Comparado con FIFO, LRU presenta ventajas significativas. Mientras FIFO mostró tasas de acierto entre 10% y 25% inferiores en pruebas con la traza `gcc.trace`, LRU logra adaptarse mejor a los patrones de acceso gracias a su capacidad para reconocer la localidad temporal. Además, LRU no sufre la anomalía de Belady que afecta a FIFO, donde incrementar el número de marcos puede paradójicamente aumentar los fallos de página. OPT presenta limitaciones prácticas como un

preprocesamiento costoso y un alto consumo de memoria para almacenar referencias futuras, haciéndolo inviable para implementaciones reales.

2) ¿Qué aspectos de la administración de memoria encontró que fue más difícil implementar?

La implementación de la política OPT representó el mayor desafío debido a su requisito de conocimiento anticipado. Esto implicó desarrollar un sistema de preprocesamiento eficiente para manejar trazas extensas, utilizando min-heaps para mantener un registro ordenado de las próximas referencias y garantizando la sincronización precisa entre la simulación en curso y estas estructuras auxiliares.

Otro retorno significativo fue mantener la consistencia durante los reemplazos de página. Esto requirió una coordinación cuidadosa entre múltiples estructuras: la tabla de páginas, la tabla de marcos y las estructuras específicas de cada política. Particularmente complejo fue el manejo de páginas "dirty", asegurando que todas las modificaciones se escribieran a disco antes de reemplazar la página.

La precisión en las métricas también presentó dificultades. Calcular el Tiempo de Acceso Efectivo exigió considerar cuidadosamente los diferentes costos. Implementar LRU con operaciones $O(1)$ para actualizar páginas accedidas recientemente requirió el uso de OrderedDict en lugar de estructuras más simples pero menos eficientes.

3) ¿Qué aspectos de la administración de la memoria encontró más fácil implementar?

Los componentes fundamentales del sistema de paginación resultaron notablemente sencillos de implementar. La traducción de direcciones a números de página, mediante un simple desplazamiento de bits ($\gg 12$ para páginas de 4KB), y las estructuras básicas como la tabla de páginas y la tabla de marcos requirieron poca complejidad.

La política FIFO destacó por su simplicidad de implementación. Basta con una cola donde se añaden las páginas al llegar, sin necesidad de mecanismos adicionales para rastrear patrones de acceso. Esta simplicidad lo convierte en una opción valiosa para pruebas de referencia, aunque su rendimiento fue consistentemente inferior en las pruebas.

La recolección de estadísticas básicas también fue sencilla, mediante contadores atómicos para hits, fallos y reemplazos, y un diccionario simple para distinguir entre operaciones de lectura y escritura. La inicialización del sistema, con asignación secuencial de marcos libres y configuración inicial de estructuras vacías, completó los aspectos más accesibles de la implementación.