

# Trabajo Práctico Número 3 : Parte A

Lautaro Larosa , Juan Ignacio Masacessi

November 2025

## 1 Introducción

En este trabajo práctico se implementó un clúster Beowulf utilizando varias computadoras del laboratorio de informática. Los estudiantes trabajaron de manera colaborativa para configurar sus computadoras y formar parte de un clúster mayor, en el cual los programas paralelizables fueron ejecutados empleando OpenMPI (para C++) o MPI4Py (para Python). El objetivo principal fue disminuir los tiempos de ejecución de los programas y aumentar el throughput mediante la paralelización de las tareas.

## 2 Características del Cluster

El clúster Beowulf está formado por 12 computadoras, pero en este trabajo se utilizaron 5 computadoras para ejecutar los programas de manera paralela las cuales tienen las siguientes ips : 10.65.1.101 , 10.65.1.109 , 10.65.1.110 , 10.65.1.111 y 10.65.1.225 (y por supuesto la máquina local que es la 10.65.1.113). Cada una de las computadoras participantes tiene 8 núcleos, lo que permite distribuir las cargas de trabajo entre 40 núcleos en total.

Las computadoras del clúster están conectadas entre sí mediante SSH, y se ha utilizado MPI para distribuir las tareas entre los nodos. El clúster se configuró de tal manera que los programas paralelizados se ejecuten en múltiples núcleos y computadoras, optimizando el rendimiento y reduciendo los tiempos de ejecución.

### 3 Resultados

```
Ingrese x (>=1500000) [Enter para usar 1500000]: 1600000
Proceso 12 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.101
Proceso 8 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.110
Proceso 4 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.111
Proceso 13 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.101
Proceso 9 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.110
Proceso 5 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.111
Proceso 14 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.101
Proceso 10 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.110
Proceso 6 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.111
Proceso 2 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.109
Proceso 11 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.110
Proceso 7 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.111
Proceso 15 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.101
Proceso 3 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.109
ln(x) = 14.285514187209490
Tiempo (s) = 0.0132900000000000
Proceso 0 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.109
Proceso 1 está ejecutando en la IP local: 10.65.1.109
```

Figure 1: Ejecución del Ejercicio 1 con su speedup.

```

el patron 0 aparece 14 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 1 aparece 3 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 2 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 3 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 4 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 5 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 6 aparece 4 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 7 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.109
el patron 8 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 9 aparece 3622 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 10 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 11 aparece 2 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 12 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 13 aparece 6 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 14 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 15 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.111
el patron 16 aparece 2 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 17 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 18 aparece 6 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 19 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 20 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 21 aparece 2 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 22 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 23 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.110
el patron 24 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.101
el patron 25 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.101
el patron 26 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.101
el patron 27 aparece 6 veces. Buscado por 10.65.1.101
el patron 28 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.101
el patron 29 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.101
el patron 30 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.101
el patron 31 aparece 0 veces. Buscado por 10.65.1.101
Tiempo de ejecucion (MPI): 1.078689 segundos

```

Figure 2: Ejecución del Ejercicio 2 con su speedup.

```

== Producto Escalar de Vectores con MPI ==
Ingrese el tamaño de los vectores (Enter para usar 100000000): 200000000
Tamaño de vectores: 200000000
Número de procesos: 16
Elementos por proceso (aproximado): 12500000

== Resultados ==

Distribución de trabajo:
Proceso 0 (IP: 10.65.1.109)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 1.50e+22
Proceso 1 (IP: 10.65.1.109)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 4.23e+22
Proceso 2 (IP: 10.65.1.109)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 6.58e+22
Proceso 3 (IP: 10.65.1.109)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 8.53e+22
Proceso 4 (IP: 10.65.1.111)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 1.01e+23
Proceso 5 (IP: 10.65.1.111)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 1.13e+23
Proceso 6 (IP: 10.65.1.111)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 1.20e+23
Proceso 7 (IP: 10.65.1.111)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 1.24e+23
Proceso 8 (IP: 10.65.1.110)
- Elementos procesados: 12500000
- Producto parcial: 1.24e+23

```

Figure 3: Ejecución del Ejercicio 3 con su speedup.

```

Proceso 9 (IP: 10.65.1.110)
  - Elementos procesados: 12500000
  - Producto parcial: 1.20e+23
Proceso 10 (IP: 10.65.1.110)
  - Elementos procesados: 12500000
  - Producto parcial: 1.13e+23
Proceso 11 (IP: 10.65.1.110)
  - Elementos procesados: 12500000
  - Producto parcial: 1.01e+23
Proceso 12 (IP: 10.65.1.101)
  - Elementos procesados: 12500000
  - Producto parcial: 8.53e+22
Proceso 13 (IP: 10.65.1.101)
  - Elementos procesados: 12500000
  - Producto parcial: 6.58e+22
Proceso 14 (IP: 10.65.1.101)
  - Elementos procesados: 12500000
  - Producto parcial: 4.23e+22
Proceso 15 (IP: 10.65.1.101)
  - Elementos procesados: 12500000
  - Producto parcial: 1.50e+22

==> Producto Escalar Final ==
A . B = 1.3333333533e+24
Valor esperado: 1.3333333533e+24
Error relativo: 0.000000%

==> Tiempo de Ejecución ==
Tiempo total (MPI): 0.049494 segundos
Speedup estimado: 16.000000x

```

Figure 4: Ejecución del Ejercicio 3 .

```

==> Multiplicación de Matrices con MPI ==
Ingrese el tamaño NxN (Enter para usar 1000): 1000
<Proceso 1 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 2 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 3 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 8 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 9 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 10 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 11 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 0 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 4 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)
Proceso 6 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)
Proceso 7 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)
Proceso 15 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)
Proceso 12 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)
Proceso 14 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)
Proceso 13 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)
Proceso 5 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)

==> Resultado de C = A x B ==
Esquina superior izquierda: 20000.3000
Esquina superior derecha: 20000.3000
Esquina inferior izquierda: 20000.3000
Esquina inferior derecha: 20000.3000
Sumatoria total de C: 2.000030e+10

==> Tiempo de Ejecución ==
Tiempo total (MPI): 5.212870e-01 segundos

```

Figure 5: Ejecución del Ejercicio 4 con su speedup.

```

Ingrese el número N: 500
Proceso 1 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 2 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 3 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 12 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)
Proceso 4 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)
Proceso 7 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)
Proceso 8 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 9 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 6 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)
Proceso 5 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.111)
Proceso 15 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)
Los 10 mayores números primos menores que 500 son: 499 491 487 479 467 463 461 457 449 443
Cantidad de números primos menores que 500: 95
Proceso 0 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.109)
Proceso 11 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 13 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)
Tiempo total de ejecución: 6.27185 segundos.
Speedup: 16
Proceso 10 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.110)
Proceso 14 ejecutándose en: ubuntu (10.65.1.101)

```

Figure 6: Ejecución del Ejercicio 5 con su speedup.

## 4 Conclusión

En este trabajo práctico, se implementó un clúster Beowulf utilizando MPI, logrando así paralelizar los programas y mejorar el tiempo de ejecución a través de la distribución de las tareas en múltiples computadoras y núcleos. El análisis del speedup demuestra que el uso de paralelismo contribuye significativamente a la reducción de los tiempos de ejecución.