



# Informe de Análisis de Rendimiento

## Motor de Inferencia Condicional para Distribuciones Binarias

**Fecha:** 11 de febrero de 2026

**Autores:** Raúl Gonzalez Acosta, Enrique Gómez Díaz

**Universidad de La Laguna - Inteligencia Artificial Avanzada**

---

### 1. Enlace al repositorio

[Repositorio del Proyecto en GitHub](#)

## **2. Ejemplo de ejecución**

```
enrique@MacBook-Air-de-Enrique-3 p1_InferenciaCondicionada % ./p1_InferenciaCondicionada
1. Cargar o Generar Distribución
2. Mostrar Distribución Actual
3. Ejecutar Inferencia Condicional
4. Análisis de Rendimiento
5. Exportar Distribución a CSV
6. Ayuda
0. Salir
Seleccione una opción [0-7]: 1
```

```
1. Cargar desde archivo CSV
2. Generar distribución aleatoria
Seleccione opción [1-2]: 2
```

```
Número de variables (1-20) [1-20]: 3
```

```
Variables: 3
Estados: 8
```

```
Pulse Enter para continuar...
```

```
1. Cargar o Generar Distribución
2. Mostrar Distribución Actual
3. Ejecutar Inferencia Condicional
4. Análisis de Rendimiento
5. Exportar Distribución a CSV
6. Ayuda
0. Salir
Seleccione una opción [0-7]: 3
```

```
--- Variables de interés ---
```

```
Introduzca el número de variables de interés: [1-2]: 1
Índice de variable (1-3) [1-3]: 1
```

```
--- Variables condicionadas ---
```

```
¿Aregar variables condicionadas? (s/n): s
Introduzca el número de variables condicionadas: [0-2]: 2
Índice de variable (1-3) [1-3]: 2
Valor (0 o 1) [0-1]: 0
Índice de variable (1-3) [1-3]: 3
```

```
Valor (0 o 1) [0-1]: 1
```

```
Consulta: P(X1 | X2=0, X3=1)
maskC: 110
valC: 100
maskI: 001
maskM: 000
--- Distribución Binaria (N=1) ---
Config | X1 | Probabilidad
-----
0 | 0 | 0.387976
1 | 1 | 0.612024
```

```
Suma total de probabilidades: 1.000000
```

```
--- Métricas de ejecución ---
Tiempo de ejecución: 11.42 µs
Estados evaluados: 8
Variables de interés: 1
Variables condicionadas: 2
Variables marginalizadas: 0
```

```
¿Guardar resultado en CSV? (s/n):
```

### 3. Archivo CSV de ejemplo

Configuración	Probabilidad
0000	0.06
0001	0.08
0010	0.05
0011	0.07
0100	0.09
0101	0.04

Configuración	Probabilidad
0110	0.03
0111	0.11
1000	0.10
1001	0.02
1010	0.06
1011	0.08
1100	0.05
1101	0.07
1110	0.09
1111	0.10

## Resultados:

$$p(x_1=0) = 0.4818181818$$

$$p(x_2=1|x_1=0) = 0.4339622642$$

$$p(x_3=0|x_1=0, x_2=1) = 0.4782608696$$

$$p(x_4=1|x_1=0, x_2=1, x_3=0) = 0.5454545455$$

## 4. Análisis

Este informe presenta un análisis exhaustivo del rendimiento del motor de inferencia condicional implementado para calcular probabilidades condicionales en distribuciones binarias discretas. Se realizaron **1,800 mediciones** sobre una distribución de **20 variables**, variando el número de variables de interés (1-10) y variables condicionadas (0-8).

## Hallazgos Principales

- **Tiempo promedio de ejecución:** 18.93 ms (18,933 µs)
- **Rango de ejecución:** 1.21 ms - 128.88 ms

- **Reducción de tiempo:** Aproximadamente **50%** por cada variable condicionada adicional
  - **Complejidad espacial:**  $2^{20} = 1,048,576$  estados evaluados en todos los casos
- 

## Configuración del Experimento

- **Distribución base:** 20 variables binarias discretas
- **Espacio de estados:**  $2^{20} = 1,048,576$  configuraciones
- **Repeticiones por configuración:** 20 muestras
- **Variables de interés evaluadas:** 1 a 10
- **Variables condicionadas evaluadas:** 0 a 8

## Métricas Recopiladas

Para cada configuración se midió:

- Tiempo de ejecución (microsegundos)
  - Número de estados evaluados
  - Media, mínimo, máximo y desviación estándar
- 

## Análisis de Resultados

### Estadísticas Globales

Métrica	Valor
Mediciones totales	1,800
Tiempo medio	18,933 $\mu$ s
Tiempo mínimo	1,213.17 $\mu$ s
Tiempo máximo	128,880 $\mu$ s
Desviación estándar	25,752.2 $\mu$ s

# Impacto de las Variables de Interés

**Tabla 1: Tiempo de ejecución según variables de interés (0 condicionadas)**

Variables de Interés	Tiempo Promedio (μs)	Incremento
1	60,118	-
2	66,055	+9.9%
3	70,607	+17.4%
4	75,324	+25.3%
5	76,285	+26.9%
6	79,328	+32.0%
7	85,474	+42.2%
8	96,012	+59.7%
9	96,333	+60.2%
10	99,957	+66.3%

**Progresión del tiempo de ejecución:**

1 var	2 vars	3 vars	4 vars	5 vars	...	10 vars
60.1 ms	→ 66.1 ms	→ 70.6 ms	→ 75.3 ms	→ 76.3 ms	...	100.0 ms
(+0%)	(+9.9%)	(+17.4%)	(+25.3%)	(+26.9%)		(+66.3%)

**Observación:** El incremento de variables de interés aumenta el tiempo de ejecución de forma aproximadamente lineal, con un incremento del **6-7%** por variable adicional.

# Impacto de las Variables Condicionadas

**Tabla 2: Reducción de tiempo según variables condicionadas (1 variable de interés)**

Variables Condicionadas	Tiempo (μs)	Reducción	Reducción Acumulada
0	60,118	-	0%
1	29,976	-50.1%	50.1%
2	16,967	-43.4%	71.8%
3	8,878	-47.7%	85.2%
4	4,873	-45.1%	91.9%
5	2,993	-38.6%	95.0%
6	2,073	-30.7%	96.6%
7	1,546	-25.4%	97.4%
8	1,366	-11.6%	97.7%

**Cadena de reducción del tiempo de ejecución:**

0 cond.      1 cond.      2 cond.      3 cond.      4 cond.

60,118 μs → 29,976 μs → 16,967 μs → 8,878 μs → 4,873 μs  
(-50.1%)      (-43.4%)      (-47.7%)      (-45.1%)

↓      ↓      ↓      ↓

5 cond.      6 cond.      7 cond.      8 cond.

2,993 μs → 2,073 μs → 1,546 μs → 1,366 μs  
(-38.6%)      (-30.7%)      (-25.4%)      (-11.6%)

**Observación clave:** Cada variable condicionada adicional reduce el tiempo de ejecución aproximadamente a la **mitad**, siguiendo un patrón exponencial decreciente.

# Análisis Matricial Completo

Tabla 3: Matriz de tiempos de ejecución (μs)

Interés ↓ / Condic. →	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	60,118	29,976	16,967	8,878	4,873	2,993	2,073	1,546	1,366
2	66,055	35,018	18,233	9,390	5,143	3,112	2,240	1,570	1,353
3	70,607	35,196	18,630	9,742	5,734	3,394	2,216	1,621	1,323
4	75,324	38,226	20,395	9,715	5,789	3,553	2,253	1,755	1,435
5	76,285	40,813	19,346	10,860	6,053	3,668	2,339	1,703	1,366
6	79,328	42,003	22,643	11,672	6,858	3,970	2,604	1,864	1,480
7	85,474	43,182	23,177	12,231	6,806	4,139	2,738	1,946	1,454
8	96,012	46,965	24,636	12,797	6,793	3,960	2,481	1,733	1,414
9	96,333	48,276	26,098	13,628	7,469	4,403	2,725	1,909	1,521
10	99,957	51,802	26,919	13,866	7,812	4,392	2,739	1,964	1,557

Código de colores:

- **Verde** (< 5,000 μs): Excelente rendimiento
- **Amarillo** (5,000-20,000 μs): Rendimiento aceptable
- **Naranja** (20,000-50,000 μs): Rendimiento moderado
- **Rojo** (> 50,000 μs): Alto tiempo de ejecución

## Visualización del Rendimiento

Factores que afectan el tiempo de ejecución:

Factor	Efecto	Magnitud	Impacto
<b>Variables de Interés</b>	↗ Incremento	Lineal (~7% por variable)	Moderado
<b>Variables Condicionadas</b>	↘ Reducción	Exponencial (~50% por variable)	<b>Alto</b>
<b>Estados Evaluados</b>	— Constante	Fijo (1,048,576)	Base

#### Relación de los factores:

- **Variables de Interés:** Incremento lineal del ~7% por variable adicional
  - **Variables Condicionadas:** Reducción exponencial del ~50% por variable adicional
  - **Estados Evaluados:** Constante en 1,048,576 para todas las configuraciones
- 

## Observaciones Clave

### Eficiencia del Condicionamiento

El condicionamiento de variables demuestra ser **extremadamente efectivo** para reducir el tiempo de cálculo:

- Con **4 variables condicionadas**, el tiempo se reduce al **~8%** del original
- Con **8 variables condicionadas**, el tiempo se reduce al **~2%** del original
- La reducción es consistente independientemente del número de variables de interés

## Escalabilidad

El sistema muestra patrones de escalabilidad predecibles:

1. **Complejidad por variables de interés:**  $O(n)$  - lineal
  2. **Reducción por condicionamiento:**  $O(2^{-k})$  - exponencial decreciente
  3. **Estados evaluados:**  $O(2^N)$  - exponencial en el número total de variables
-

# Análisis Comparativo

## Eficiencia Relativa por Configuración

### Configuraciones Más Eficientes (< 2,000 µs)

#### Top 10 Configuraciones Óptimas

Interés/Cond	Tiempo (µs)	Uso Recomendado
1 / 8	1,366	Consulta rápida
3 / 8	1,323	Mejor caso
2 / 8	1,353	Alta precisión
7 / 8	1,454	Análisis simple
4 / 8	1,435	Eficiente
1 / 7	1,546	Muy rápido
2 / 7	1,570	Balanceado
3 / 7	1,621	Óptimo
5 / 7	1,703	Alta velocidad
8 / 7	1,733	Equilibrado

## Entrorno de Ejecución

- Compilador:** g++ con optimización -std=c++23
- Arquitectura:** x86\_64/ARM64
- Medición:** std::chrono::high\_resolution\_clock
- Precisión:** Microsegundos (µs)

---

## **Porcentajes de participación de cada miembro**

<b>Miembro</b>	<b>Porcentaje de Participación</b>
Raúl Gonzalez Acosta	50%
Enrique Gómez Díaz	50%

---

*Universidad de La Laguna  
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología  
Grado en Ingeniería Informática*