

# Escuela Politécnica Nacional

**Nombre:** Francisco Ulloa

**Fecha:** Quito, 25 de diciembre de 2025

**Tema:** Eliminación Gaussiana vs Gauss-Jordan

**Repositorio:**

[https://github.com/Fu5CHAR/Metodos\\_numericos\\_2025B\\_Ulloa-Francisco/tree/main](https://github.com/Fu5CHAR/Metodos_numericos_2025B_Ulloa-Francisco/tree/main)

## Comparación de complejidad

### *Eliminación Gaussiana vs Gauss-Jordan (sumas/restas)*

In [ ]:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x = np.linspace(1, 50, 200)

# -----
# Complejidad teórica (sumas/restas)
# -----
def eliminacion_gaussiana_complex(x):
    # ~ (1/3)n^3 + (1/2)n^2 - (5/6)n
    return x**3 / 3 + x**2 / 2 - 5 * x / 6

def gauss_jordan_complex(x):
    # ~ (1/2)n^3 - (1/2)n
    return x**3 / 2 - x / 2

# -----
# Evaluación
# -----
y_gauss = eliminacion_gaussiana_complex(x)
y_gj = gauss_jordan_complex(x)

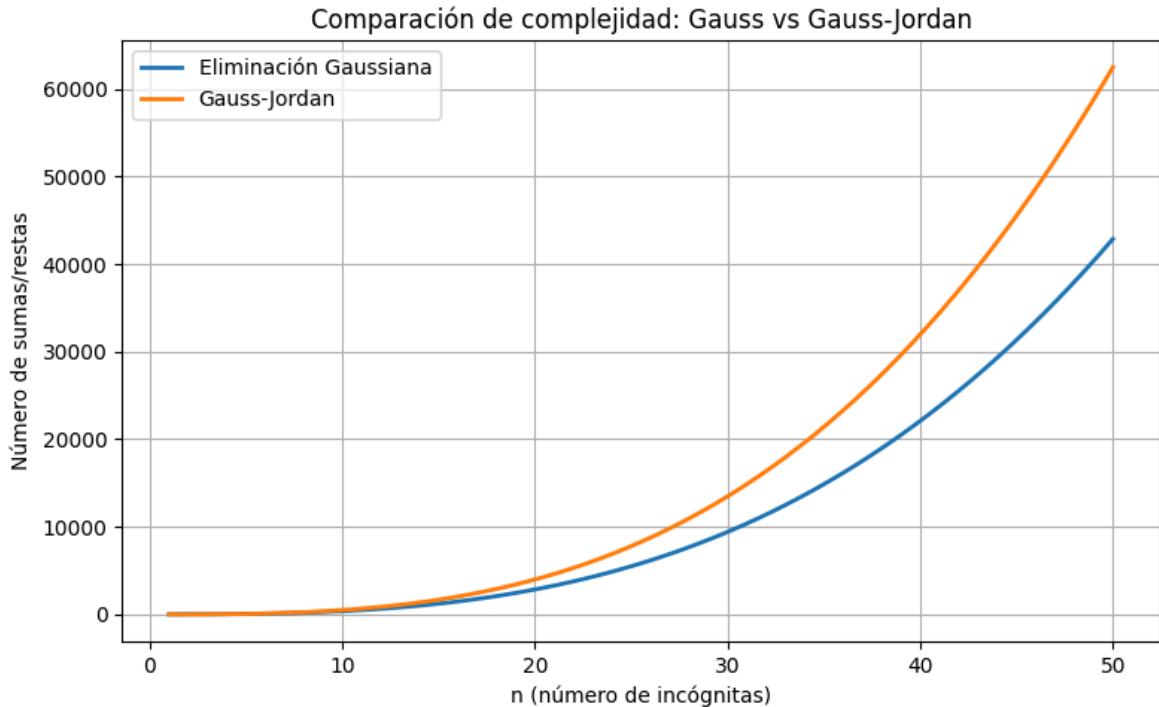
# -----
# Gráfica
# -----
plt.figure(figsize=(8, 5))

plt.plot(x, y_gauss, label="Eliminación Gaussiana", linewidth=2)
plt.plot(x, y_gj, label="Gauss-Jordan", linewidth=2)

plt.xlabel("n (número de incógnitas)")
plt.ylabel("Número de sumas/restas")
plt.title("Comparación de complejidad: Gauss vs Gauss-Jordan")

plt.legend()
plt.grid(True)
```

```
plt.tight_layout()
plt.show()
```



## Comparación de complejidad

*Eliminación Gaussiana vs Gauss-Jordan  
(multiplicaciones/divisiones)*

```
In [ ]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x = np.linspace(1, 50, 200)

# -----
# Complejidad teórica (multi/div)
# -----
def eliminacion_gaussiana_complex(x):
    # ~ (1/3)n^3 + (1/2)n^2 - (5/6)n
    return x**3 / 3 + x**2 - x / 3

def gauss_jordan_complex(x):
    # ~ (1/2)n^3 - (1/2)n
    return x**3 / 2 + x**2 - x / 2

# -----
# Evaluación
# -----
y_gauss = eliminacion_gaussiana_complex(x)
y_gj = gauss_jordan_complex(x)

# -----
# Gráfica
# -----
```

```

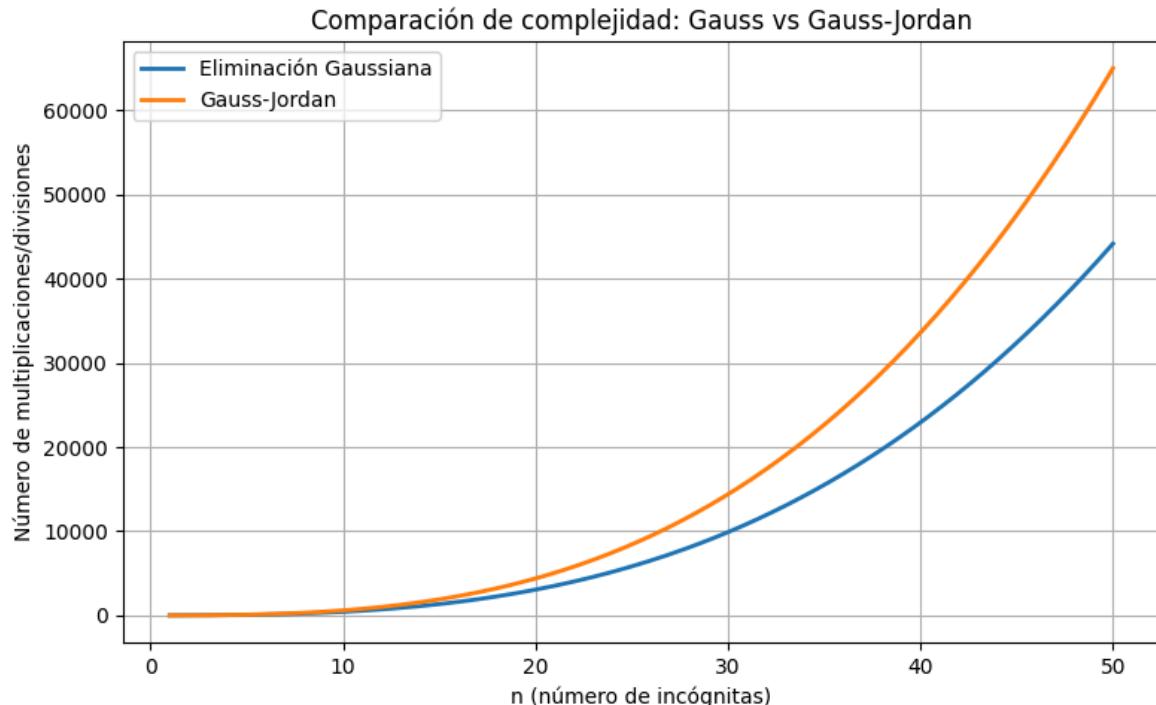
plt.figure(figsize=(8, 5))

plt.plot(x, y_gauss, label="Eliminación Gaussiana", linewidth=2)
plt.plot(x, y_gj, label="Gauss-Jordan", linewidth=2)

plt.xlabel("n (número de incógnitas)")
plt.ylabel("Número de multiplicaciones/divisiones")
plt.title("Comparación de complejidad: Gauss vs Gauss-Jordan")

plt.legend()
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()

```



## Eliminación Gaussiana con contador de sumas/restas, multiplicaciones/divisiones e intercambios de fila.

**Además muestra la complejidad usando la expresión analítica y compara con el valor obtenido de la ejecución**

Expresión analítica para las sumas/restas:

$$\frac{n^3}{3} + \frac{n^2}{2} - \frac{5n}{6}$$

Expresión analítica para las multiplicaciones/divisiones:  $\frac{n^3}{3} + n^2 - \frac{n}{6}$

```
In [ ]: import logging
from sys import stdout
from datetime import datetime

logging.basicConfig(
    level=logging.INFO,
    format="[%asctime)s][%(levelname)s] %(message)s",
    stream=stdout,
```

```

        datefmt="%m-%d %H:%M:%S",
    )
logging.info(datetime.now())

import numpy as np
def eliminacion_gaussiana(A: np.ndarray | list[list[float | int]]) -> np.ndarray

    sumas_restas = 0
    mult_div = 0
    intercambios = 0

    if not isinstance(A, np.ndarray):
        logging.debug("Convirtiendo A a numpy array.")
        A = np.array(A, dtype=float)

    assert A.shape[0] == A.shape[1] - 1, \
        "La matriz A debe ser de tamaño n-by-(n+1)."

    n = A.shape[0]

    # -----
    # Eliminación hacia adelante
    # -----
    for i in range(n - 1):
        # Buscar pivot
        p = None
        for pi in range(i, n):
            if A[pi, i] != 0:
                if p is None or abs(A[pi, i]) < abs(A[p, i]):
                    p = pi

        if p is None:
            raise ValueError("No existe solución única.")

        if p != i:
            A[[i, p], :] = A[[p, i], :]
            intercambios += 1

        for j in range(i + 1, n):
            m = A[j, i] / A[i, i]
            mult_div += 1
            for k in range(i, n + 1):
                A[j, k] = A[j, k] - m * A[i, k]
                mult_div += 1
            sumas_restas += 1

    logging.info(f"\n{A}")

    if A[n - 1, n - 1] == 0:
        raise ValueError("No existe solución única.")

    # -----
    # Sustitución hacia atrás
    # -----
    solucion = np.zeros(n)

    solucion[n - 1] = A[n - 1, n] / A[n - 1, n - 1]
    mult_div += 1

    for i in range(n - 2, -1, -1):

```

```

    suma = 0
    for j in range(i + 1, n):
        suma += A[i, j] * solucion[j]
        mult_div += 1
        sumas_restas += 1
    solucion[i] = (A[i, n] - suma) / A[i, i]
    sumas_restas += 1
    mult_div += 1

    print("\nGauss:")
    print("Sumas/restas:\n", 'expresión analítica:', n**3 / 3 + n**2 - n / 3,
          '\nreal:', sumas_restas)
    print("Multiplicaciones/divisiones:\n", 'expresión analítica:', n**3/3 + n**2
          '\nreal:', mult_div)
    print("Intercambios de fila:", intercambios)

    return solucion

```

[12-25 18:38:27][INFO] 2025-12-25 18:38:27.505669

## Gauss-Jordan con contador de sumas/restas, multiplicaciones/divisiones e intercambios de fila.

Además muestra la complejidad usando la expresión analítica y compara con el valor obtenido de la ejecución

Expresión analítica para las sumas/restas:

$$\frac{n^3}{2} - \frac{n}{2}$$

Expresión analítica para las multiplicaciones/divisiones:  $\frac{n^3}{3} + n^2 - \frac{n}{2}$

In [32]:

```

import logging
from sys import stdout
from datetime import datetime

logging.basicConfig(
    level=logging.INFO,
    format="[%(asctime)s][%(levelname)s] %(message)s",
    stream=stdout,
    datefmt="%m-%d %H:%M:%S",
)
logging.info(datetime.now())

import numpy as np
def gauss_jordan(A: np.ndarray | list[list[float | int]]) -> np.ndarray:
    """Resuelve un sistema de ecuaciones lineales mediante el método de Gauss-Jordan con contadores de operaciones aritméticas.
    """
    sumas_restas = 0
    mult_div = 0

    if not isinstance(A, np.ndarray):
        logging.debug("Convirtiendo A a numpy array.")
        A = np.array(A, dtype=float)

    assert A.shape[0] == A.shape[1] - 1, \
        "La matriz A debe ser de tamaño n-by-(n+1)."

```

```

n = A.shape[0]

for i in range(n):
    # -----
    # Encontrar pivote
    # -----
    p = None
    for pi in range(i, n):
        if A[pi, i] != 0:
            if p is None or abs(A[pi, i]) < abs(A[p, i]):
                p = pi

    if p is None:
        raise ValueError("No existe solución única.")

    if p != i:
        A[[i, p], :] = A[[p, i], :]

    # -----
    # Normalizar fila pivote
    # -----
    pivot = A[i, i]
    for k in range(i, n + 1):
        A[i, k] = A[i, k] / pivot
        mult_div += 1

    # -----
    # Eliminación arriba y abajo
    # -----
    for j in range(n):
        if j == i:
            continue
        m = A[j, i]
        for k in range(i, n + 1):
            A[j, k] = A[j, k] - m * A[i, k]
            mult_div += 1
        sumas_restas += 1

    logging.info(f"\n{A}")

solucion = A[:, -1]

print("\nGauss-Jordan:")
print("Sumas/restas:\n", 'expresión analítica:', n**3/2 - n/2,
      '\nreal:', sumas_restas)
print("Multiplicaciones/divisiones:\n", 'expresión analítica:', n**3/2 + n**2
      '\nreal:', mult_div)

return solucion

```

[12-25 18:42:32][INFO] 2025-12-25 18:42:32.629754

## Ejemplo 1

In [ ]: Ab = [[1, 1, 0, 3, 4], [2, 1, -1, 1, 1], [3, -1, -1, 2, -3], [-1, 2, 3, -1, 4]]  
eliminacion\_gaussiana(Ab)

```
[12-25 18:42:36][INFO]
[[ 1.  1.  0.  3.  4.]
 [ 0. -1. -1. -5. -7.]
 [ 0. -4. -1. -7. -15.]
 [ 0.  3.  3.  2.  8.]]
[12-25 18:42:36][INFO]
[[ 1.  0. -1. -2. -3.]
 [ 0.  1.  1.  5.  7.]
 [ 0.  0.  3. 13. 13.]
 [ 0.  0.  0. -13. -13.]]
[12-25 18:42:36][INFO]
[[ 1.          0.          0.          2.33333333  1.33333333]
 [ 0.          1.          0.          0.66666667  2.66666667]
 [ 0.          0.          1.          4.33333333  4.33333333]
 [ 0.          0.          0.         -13.         -13.        ]]
[12-25 18:42:36][INFO]
[[ 1.  0.  0.  0. -1.]
 [ 0.  1.  0.  0.  2.]
 [ 0.  0.  1.  0.  0.]
 [ 0.  0.  0.  1.  1.]]
```

Gauss-Jordan:

Sumas/restas:

expresión analítica: 30.0  
real: 42

Multiplicaciones/divisiones:

expresión analítica: 46.0  
real: 56

Out[ ]: array([-1., 2., 0., 1.])

In [ ]: gauss\_jordan(AB)

```
[12-25 18:38:32][INFO]
[[ 1.  1.  0.  3.  4.]
 [ 0. -1. -1. -5. -7.]
 [ 0. -4. -1. -7. -15.]
 [ 0.  3.  3.  2.  8.]]
[12-25 18:38:32][INFO]
[[ 1.  1.  0.  3.  4.]
 [ 0. -1. -1. -5. -7.]
 [ 0.  0.  3. 13. 13.]
 [ 0.  0.  0. -13. -13.]]
[12-25 18:38:32][INFO]
[[ 1.  1.  0.  3.  4.]
 [ 0. -1. -1. -5. -7.]
 [ 0.  0.  3. 13. 13.]
 [ 0.  0.  0. -13. -13.]]
```

Gauss:

Sumas/restas:

expresión analítica: 35.99999999999999  
real: 35

Multiplicaciones/divisiones:

expresión analítica: 35.99999999999999  
real: 42

Intercambios de fila: 0

Out[ ]: array([-1., 2., 0., 1.])

## Ejemplo 2

```
In [34]: M1 = [
    [2, -1, 3, 9],
    [1, 1, -1, 1],
    [3, -1, 2, 7]
]

eliminacion_gaussiana(M1)

[12-25 19:03:12][INFO]
[[ 1.  1. -1.  1.]
 [ 0. -3.  5.  7.]
 [ 0. -4.  5.  4.]]
[12-25 19:03:12][INFO]
[[ 1.          1.          -1.          1.          ]
 [ 0.          -3.          5.          7.          ]
 [ 0.          0.         -1.66666667 -5.33333333]]]

Gauss:
Sumas/restas:
expresión analítica: 17.0
real: 16
Multiplicaciones/divisiones:
expresión analítica: 17.0
real: 20
Intercambios de fila: 1

Out[34]: array([1.2, 3. , 3.2])
```

```
In [35]: gauss_jordan(M1)

[12-25 19:03:18][INFO]
[[ 1.  1. -1.  1.]
 [ 0. -3.  5.  7.]
 [ 0. -4.  5.  4.]]
[12-25 19:03:18][INFO]
[[ 1.          0.          0.66666667  3.33333333]
 [ 0.          1.         -1.66666667 -2.33333333]
 [ 0.          0.         -1.66666667 -5.33333333]]
[12-25 19:03:18][INFO]
[[1.  0.  0.  1.2]
 [0.  1.  0.  3. ]
 [0.  0.  1.  3.2]]]

Gauss-Jordan:
Sumas/restas:
expresión analítica: 12.0
real: 18
Multiplicaciones/divisiones:
expresión analítica: 21.0
real: 27

Out[35]: array([1.2, 3. , 3.2])
```

## Ejemplo 3

```
In [36]: S2 = [
    [1, 2, -1, 0, 3],
    [2, -1, 1, 1, 4],
    [3, 1, -2, 1, 2],
    [1, -1, 1, -1, 0]
]

eliminacion_gaussiana(S2)
```

```
[12-25 19:03:27][INFO]
[[ 1.  2. -1.  0.  3.]
 [ 0. -5.  3.  1. -2.]
 [ 0. -5.  1.  1. -7.]
 [ 0. -3.  2. -1. -3.]]
[12-25 19:03:27][INFO]
[[ 1.          2.          -1.          0.          3.          ]
 [ 0.         -3.          2.         -1.         -3.          ]
 [ 0.          0.        -2.33333333  2.66666667 -2.          ]
 [ 0.          0.        -0.33333333  2.66666667  3.          ]]
[12-25 19:03:27][INFO]
[[ 1.          2.          -1.          0.          3.          ]
 [ 0.         -3.          2.         -1.         -3.          ]
 [ 0.          0.        -0.33333333  2.66666667  3.          ]
 [ 0.          0.          0.         -16.        -23.          ]]
```

Gauss:

Sumas/restas:

expresión analítica: 35.99999999999999

real: 35

Multiplicaciones/divisiones:

expresión analítica: 35.99999999999999

real: 42

Intercambios de fila: 2

Out[36]: array([1.125 , 2.1875, 2.5 , 1.4375])

```
In [37]: gauss_jordan(S2)
```

```
[12-25 19:03:35][INFO]
[[ 1.  2. -1.  0.  3.]
 [ 0. -5.  3.  1. -2.]
 [ 0. -5.  1.  1. -7.]
 [ 0. -3.  2. -1. -3.]]
[12-25 19:03:35][INFO]
[[ 1.          0.          0.33333333 -0.66666667  1.          ]
 [ 0.          1.          -0.66666667  0.33333333  1.          ]
 [ 0.          0.          -2.33333333  2.66666667 -2.          ]
 [ 0.          0.          -0.33333333  2.66666667  3.          ]]
[12-25 19:03:35][INFO]
[[ 1.  0.  0.  2.  4.]
 [ 0.  1.  0. -5. -5.]
 [ 0.  0.  1. -8. -9.]
 [ 0.  0.  0. -16. -23.]]
[12-25 19:03:35][INFO]
[[1.  0.  0.  0.  1.125 ]
 [0.  1.  0.  0.  2.1875]
 [0.  0.  1.  0.  2.5   ]
 [0.  0.  0.  1.  1.4375]]
```

Gauss-Jordan:

Sumas/restas:

expresión analítica: 30.0

real: 42

Multiplicaciones/divisiones:

expresión analítica: 46.0

real: 56

Out[37]: array([1.125 , 2.1875, 2.5 , 1.4375])

## Ejemplo 4

```
In [38]: A5 = [
    [ 2, -1,  0,  1,  3,  5],
    [ 1,  1, -1,  2, -1,  2],
    [ 3,  0,  1, -1,  2,  4],
    [-1,  2,  1,  1,  0,  1],
    [ 1, -1,  2,  0,  1,  3]
]
eliminacion_gaussiana(A5)
```

```
[12-25 19:03:42][INFO]
[[ 1.  1. -1.  2. -1.  2.]
 [ 0. -3.  2. -3.  5.  1.]
 [ 0. -3.  4. -7.  5. -2.]
 [ 0.  3.  0.  3. -1.  3.]
 [ 0. -2.  3. -2.  2.  1.]]
[12-25 19:03:42][INFO]
[[ 1.  1. -1.  2. -1.  2.]
 [ 0. -2.  3. -2.  2.  1.]
 [ 0.  0. -0.5 -4.  2. -3.5]
 [ 0.  0.  4.5  0.  2.  4.5]
 [ 0.  0. -2.5  0.  2. -0.5]]
[12-25 19:03:42][INFO]
[[ 1.  1. -1.  2. -1.  2.]
 [ 0. -2.  3. -2.  2.  1.]
 [ 0.  0. -0.5 -4.  2. -3.5]
 [ 0.  0.  0. -36. 20. -27.]
 [ 0.  0.  0.  20. -8.  17.]]
[12-25 19:03:42][INFO]
[[ 1.  1. -1.  2. -1.  2.]
 [ 0. -2.  3. -2.  2.  1.]
 [ 0.  0. -0.5 -4.  2. -3.5]
 [ 0.  0.  0.  20. -8.  17.]
 [ 0.  0.  0.  5.6  3.6]]
```

Gauss:

Sumas/restas:

expresión analítica: 64.99999999999999

real: 64

Multiplicaciones/divisiones:

expresión analítica: 64.99999999999999

real: 75

Intercambios de fila: 3

Out[38]: array([1.03571429, 0.10714286, 0.71428571, 1.10714286, 0.64285714])

In [39]: gauss\_jordan(A5)

```
[12-25 19:03:52][INFO]
[[ 1.  1. -1.  2. -1.  2.]
 [ 0. -3.  2. -3.  5.  1.]
 [ 0. -3.  4. -7.  5. -2.]
 [ 0.  3.  0.  3. -1.  3.]
 [ 0. -2.  3. -2.  2.  1.]]
[12-25 19:03:52][INFO]
[[ 1.  0.   0.5  1.  0.  2.5]
 [ 0.  1.  -1.5  1. -1. -0.5]
 [ 0.  0.  -0.5 -4.  2. -3.5]
 [ 0.  0.   4.5  0.  2.  4.5]
 [ 0.  0.  -2.5  0.  2. -0.5]]
[12-25 19:03:52][INFO]
[[ 1.  0.   0.  -3.  2. -1.]
 [ 0.  1.   0.  13. -7. 10.]
 [ 0.  0.   1.   8. -4.  7.]
 [ 0.  0.   0. -36. 20. -27.]
 [ 0.  0.   0.  20. -8. 17.]]
[12-25 19:03:52][INFO]
[[ 1.  0.   0.   0.   0.8  1.55]
 [ 0.  1.   0.   0.  -1.8 -1.05]
 [ 0.  0.   1.   0.  -0.8  0.2 ]
 [ 0.  0.   0.   1.  -0.4  0.85]
 [ 0.  0.   0.   0.   5.6  3.6 ]]
[12-25 19:03:52][INFO]
[[1.          0.          0.          0.          0.          1.03571429]
 [0.          1.          0.          0.          0.          0.10714286]
 [0.          0.          1.          0.          0.          0.71428571]
 [0.          0.          0.          1.          0.          1.10714286]
 [0.          0.          0.          0.          1.          0.64285714]]
```

Gauss-Jordan:

Sumas/restas:

expresión analítica: 60.0

real: 80

Multiplicaciones/divisiones:

expresión analítica: 85.0

real: 100

Out[39]: array([1.03571429, 0.10714286, 0.71428571, 1.10714286, 0.64285714])