TP N° 5

Medios Granulares
Modelo de Drude

Simulación de Sistemas
Grupo 2

Introducción

Introducción

Modelo Matemático: Fuerzas de Contacto con Partículas, Paredes y Obstáculos

Ecuación de Fuerza Normal

$$\mathbf{F}_{N_{ij}} = \left[-k_n\,\xi_{ij} - \gamma\,\dot{\xi}_{ij}\right]\hat{n}_{ij}$$

Ecuación de Fuerza Tangencial

$$\mathbf{F}_{T_{ij}} = -k_t\,\xi_{ij}\;\left[\dot{r}_{\mathrm{rel}_{ij}}\cdot\hat{t}_{ij}\right]\;\hat{t}_{ij}$$

Introducción

Modelo Matemático: Suma de Fuerzas

Fuerza total de la partícula *i*

$$\mathbf{F}_i = A_0 m_i \, \hat{x} + \sum_j \mathbf{F}_{N_{ij}} + \sum_j \mathbf{F}_{T_{ij}}$$

Implementación

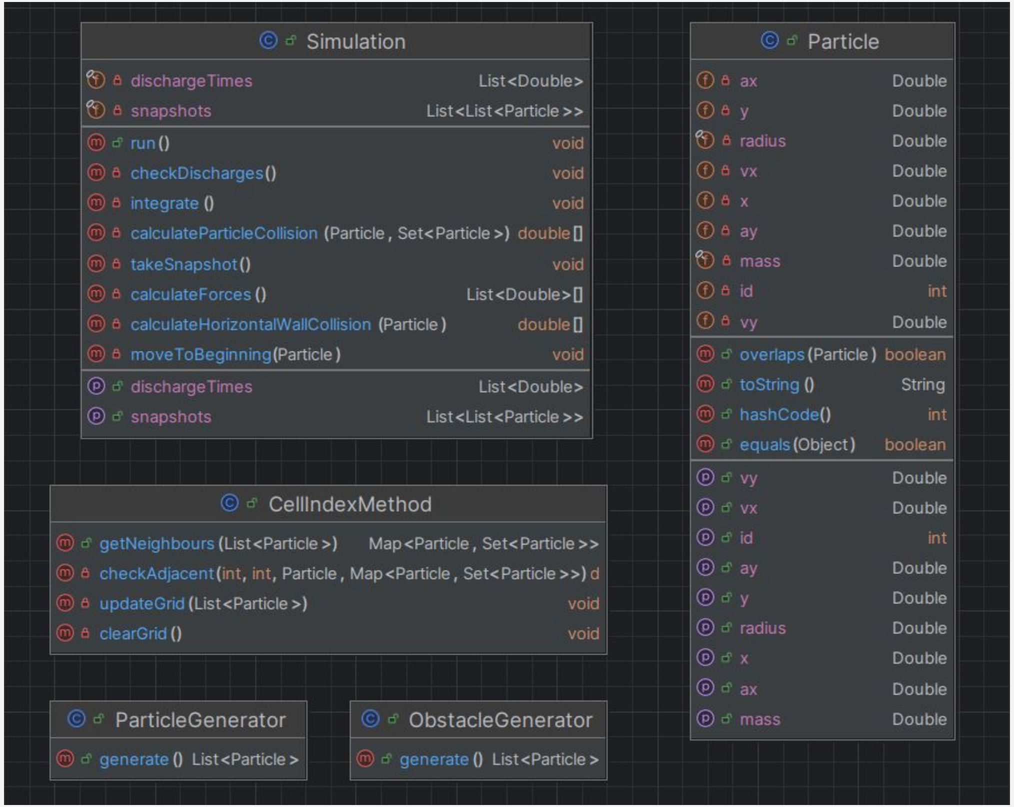
Implementación

Lenguaje de Programación

Java

Implementación

Diagrama UML



Implementación

Pseudocódigo

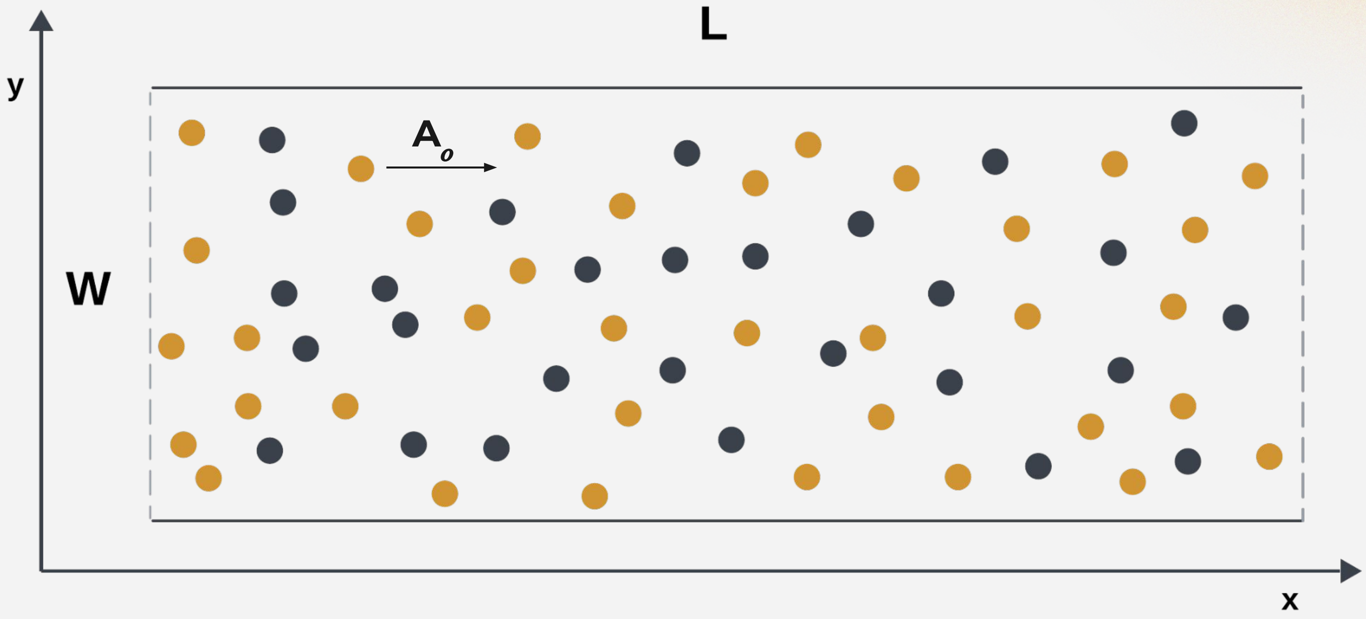
```
Inicio
    Definir objetos
    Definir partícula/s

    Iniciar fuerzas
    Mientras no exceda el tiempo de la simulación, avanzando con paso dt
        Avanzar un paso la integración
        Calcular fuerzas
        Mover partículas
        Revisar excedentes

        Dado un paso de tiempo dt2, guardar snapshots
    Fin Mientras

    Guardar los estados en un archivo
Fin
```

Simulaciones

Simulaciones

Geometría

- Dominio rectangular de largo **L** y alto **W**
- **N** partículas de radio ***r*** y masa ***m***
- **M** obstáculos fijos de radio **R**
- Condiciones periódicas de contorno en el eje **x**



Simulaciones

Parámetros

Fijos

N = **100**
L = **140** cm
W = ***40*** *cm*
m = **1** g
r = **1** cm
R = **1** cm
k_n = **250** dina / cm
k_t = **500** dina / cm
γ = **2.5** g / s

Tiempo de simulación: **1000 s**

Integrador: **Beeman**

dt = **0.0005 s**

Variables

$\boldsymbol{A_0} \in$ **[0.5, 5]** → en cm / s^2

M $\in$ **[40, 80]**

Para todos los resultados se promediaron 5 corridas

Simulaciones

Observables: Caudal

Temporal

Salidas acumuladas de partículas en un instante **t**

Escalar: Caudal

$$Q = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

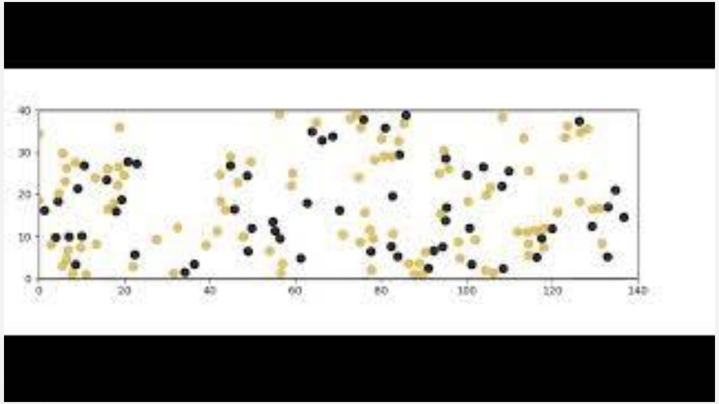
Calculado en el estado estacionario

Resultados

Resultados

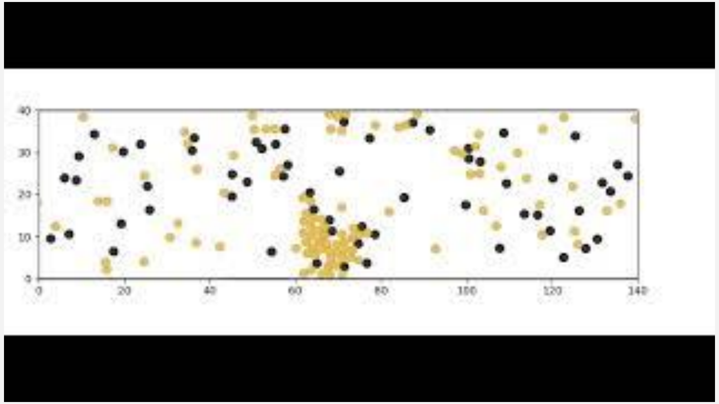
Variación de la Aceleración: Animaciones

A_0 = 1.6 cm/s



https://youtu.be/T8RmkdbiI_k

A_0 = 5.0 cm/s

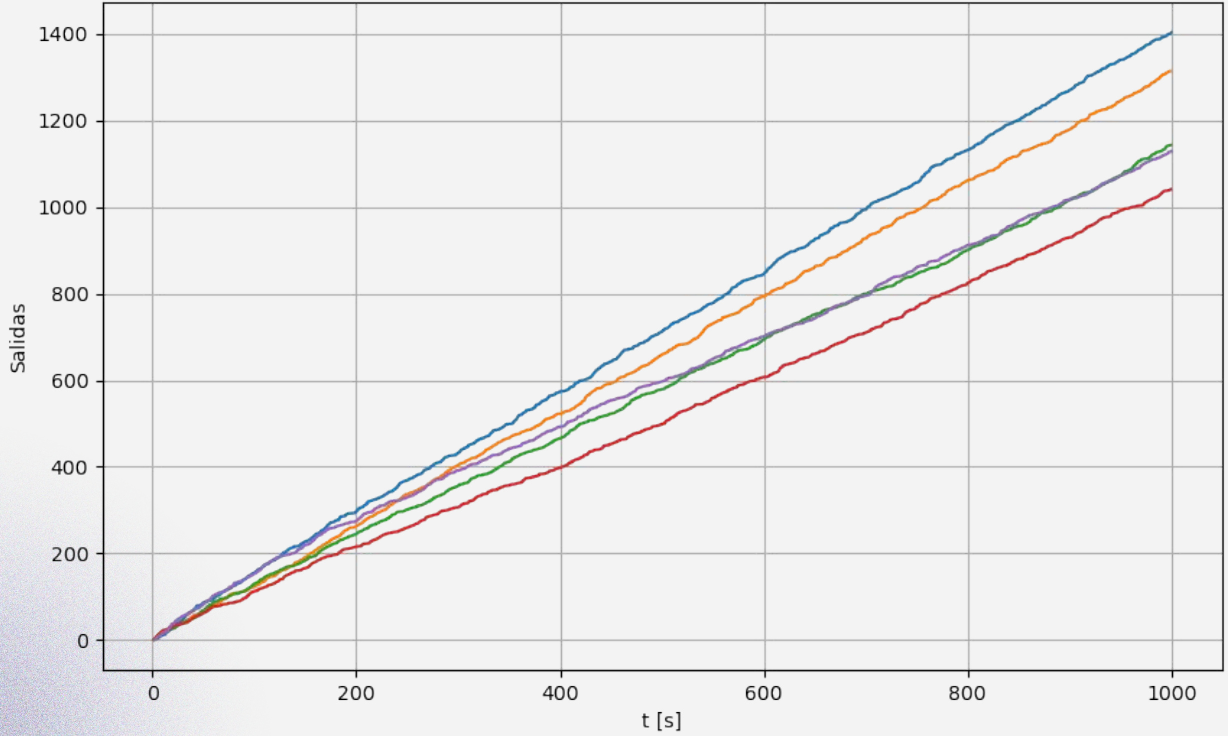


https://youtu.be/hilBKGse2uA

60 obstaculos

Resultados

Variación de Aceleración: Curva de Descargas



A_0 = **1.6** cm/s

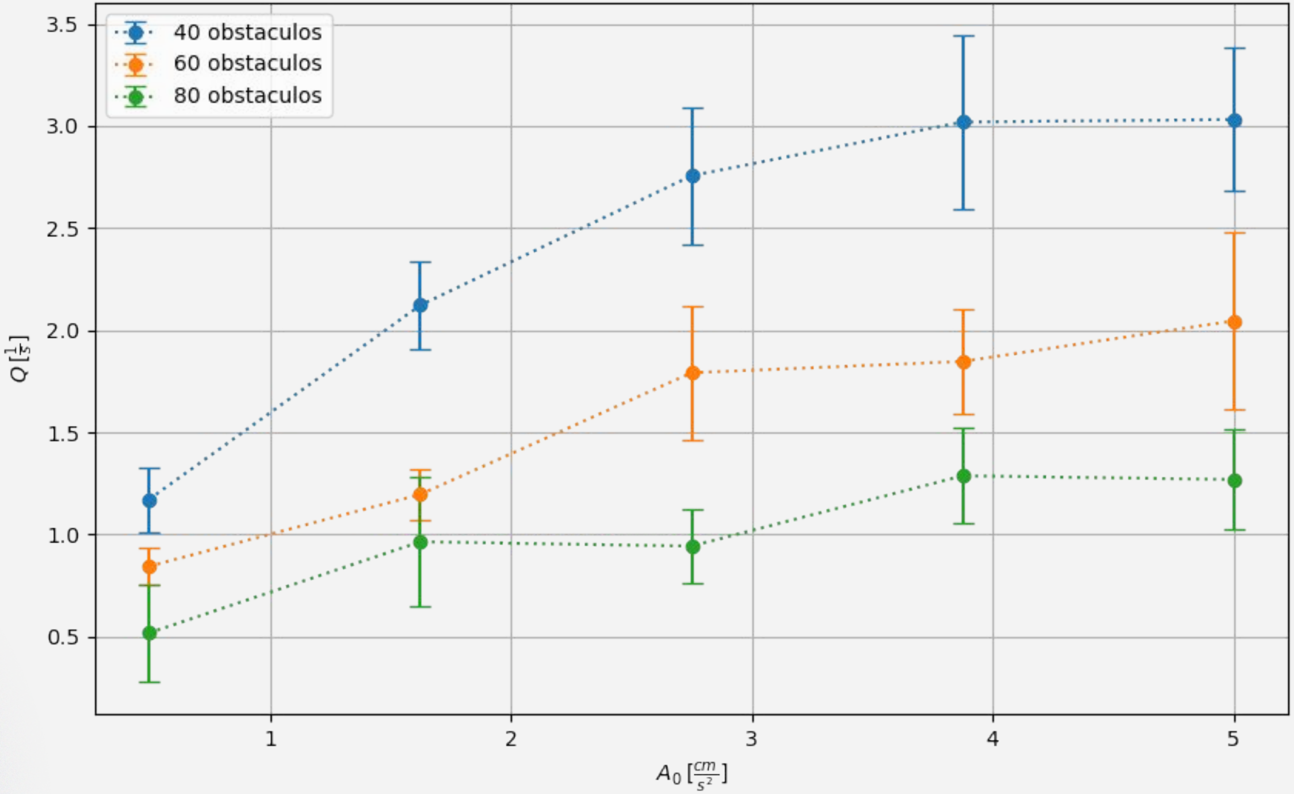
M = ***60***

5 *repeticiones*

Tomamos como estacionario a partir de ***t >= 500***

Resultados

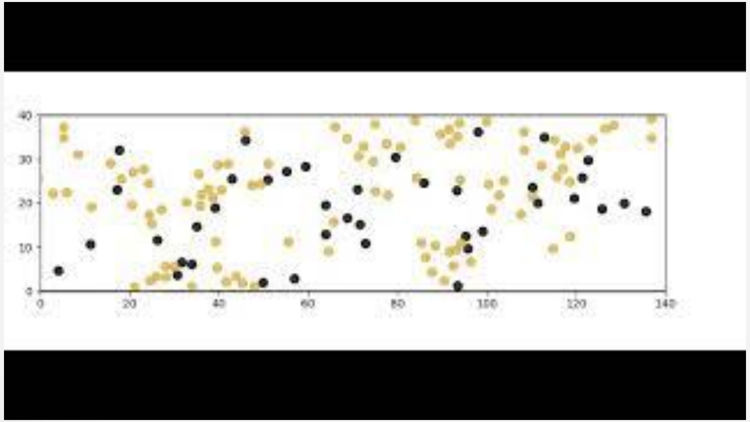
Variación de Aceleración: Caudal



Resultados

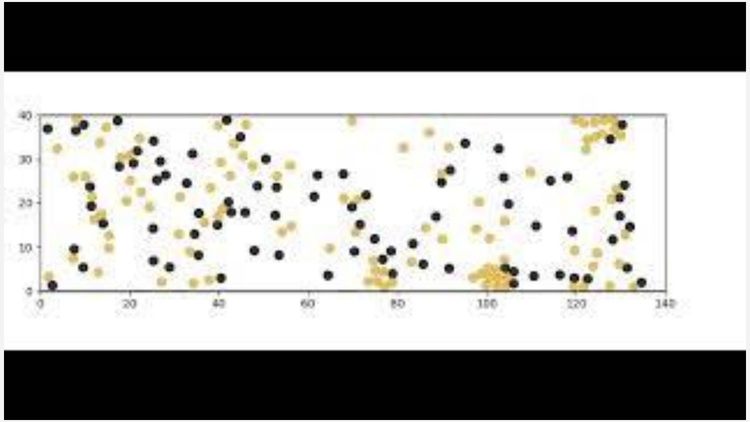
Variación de Cantidad de Obstáculos: Animaciones

40 obstaculos



https://youtu.be/5K5l79Vtdg8

80 obstaculos

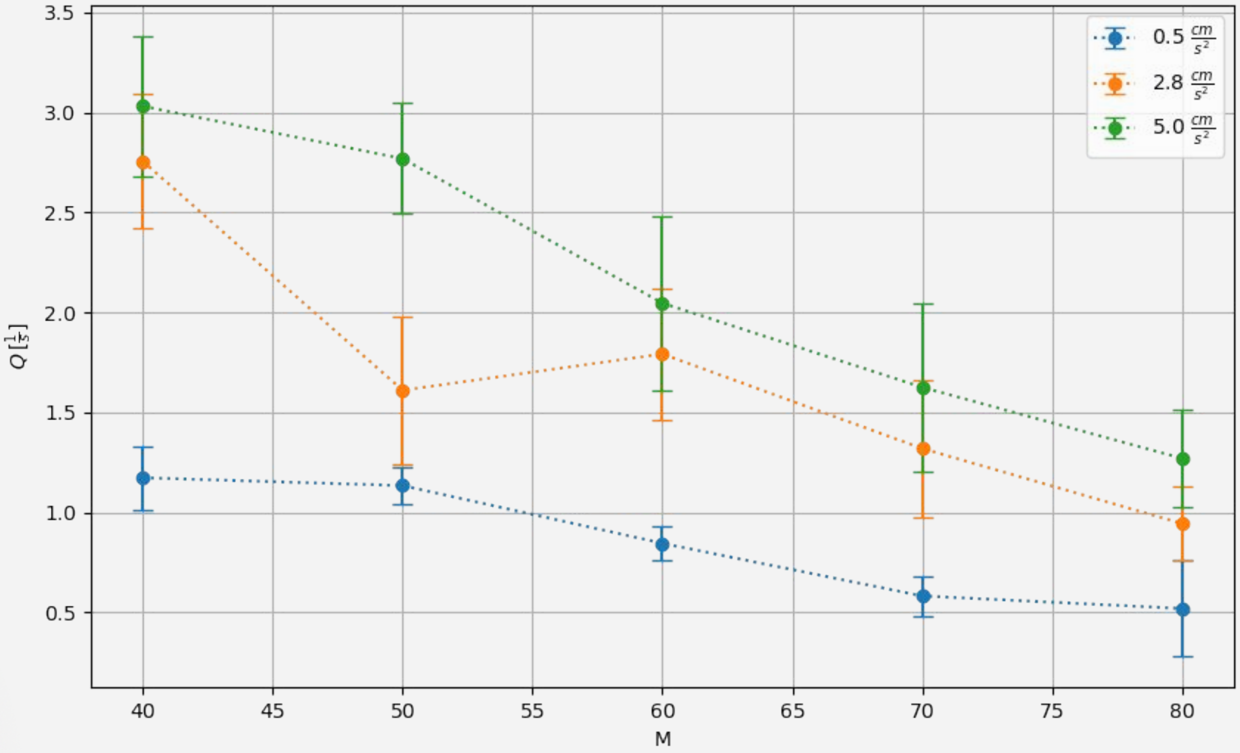


https://youtu.be/8pOYWxKmqP0

$\boldsymbol{A_0} = \mathbf{1.6}$ cm/s

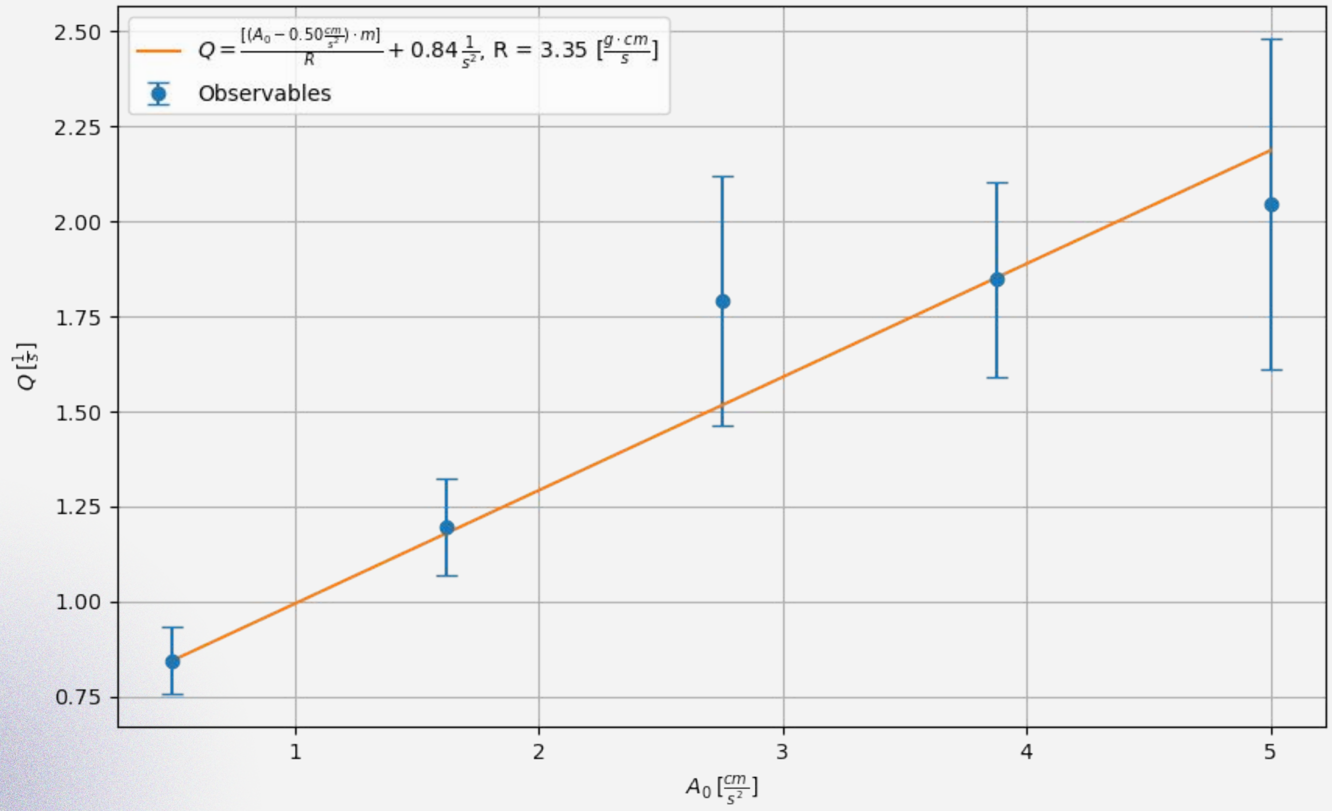
Resultados

Variación de Cantidad de Obstáculos: Caudal



Resultados

Resistencia: Ajuste con Modelo de Drude



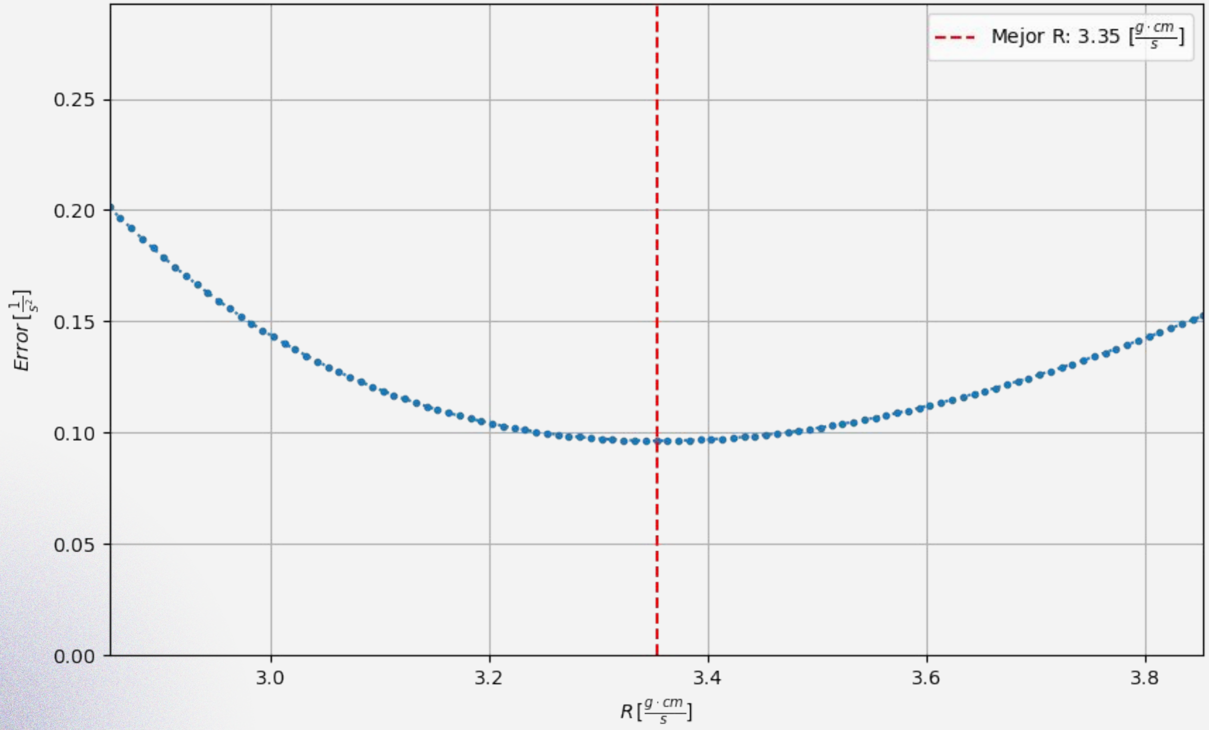
Modelo de Drude

$$Q = \frac{A_0 \cdot m}{R}$$

M = 60

Resultados

Resistencia: Error del Ajuste



Función modelo: Lineal

$$f(A_0, R) = \frac{A_0 \cdot m}{R}$$

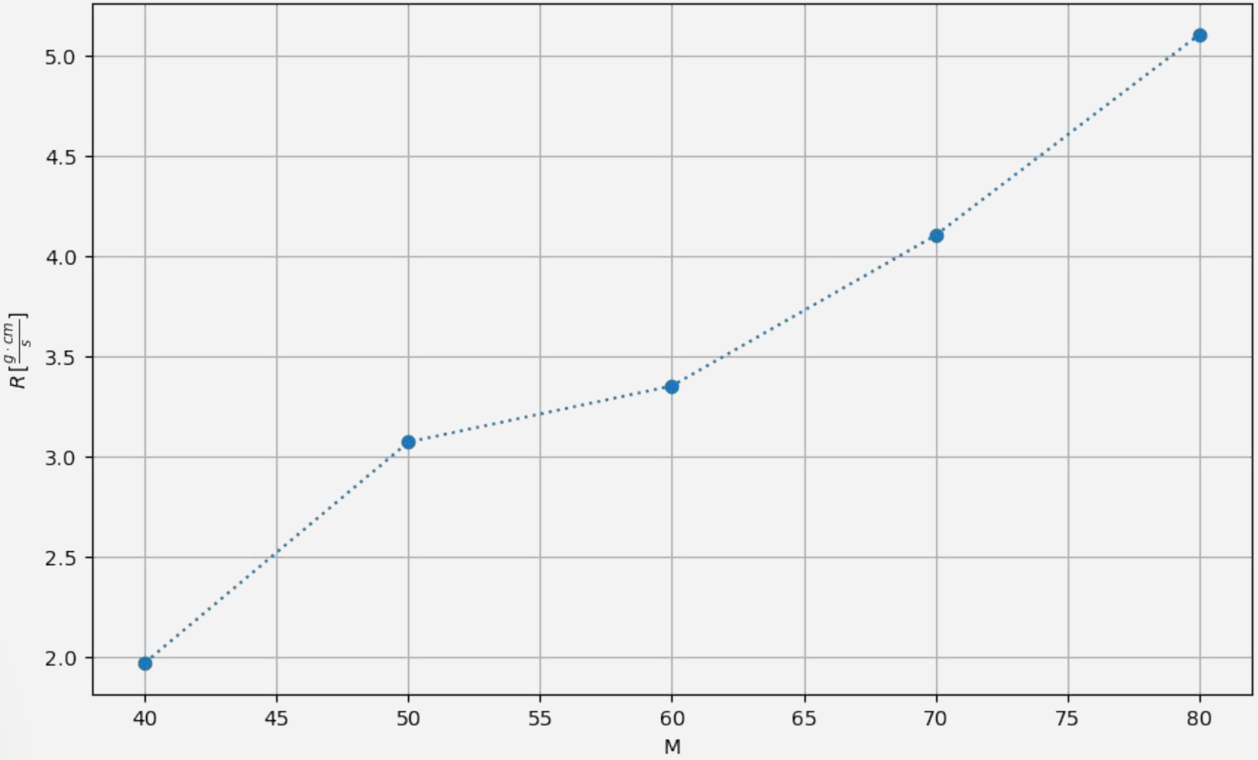
Error del ajuste:

$$E(R) = \sum_i [Q_i - f(A_0, R)]^2$$

M = 60

Resultados

Variación de Cantidad de Obstáculos: Resistencia del Sistema



Conclusiones

Conclusiones

- Las curvas de descargas alcanzan régimen estacionario rápidamente
- Hay una alta variabilidad entre corridas con mismos parámetros
- $\uparrow \boldsymbol{A_0} \longrightarrow \uparrow \mathbf{Q}$, pero la relación no es perfectamente lineal
- $\uparrow \boldsymbol{M} \longrightarrow \downarrow \mathbf{Q}$, pero la relación tampoco es lineal
- $\uparrow \boldsymbol{M} \longrightarrow \uparrow \mathbf{R}$

Muchas Gracias