



ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara

## SIMULACIÓN MATEMÁTICA

Optimización de Procesos en el Tratamiento de Aguas Residuales

### INTEGRANTES:

Esdras Lara Magaña

Steven Yahir García Galván

José Manuel Orozco Martínez

<b>Título .....</b>	<b>1</b>
<b>Tabla de contenido .....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>3.1</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>3.2</b>
<b>Modelo que representa el problema .....</b>	<b>4</b>
<b>Función objetivo .....</b>	<b>4.1</b>
<b>Variables de decisión .....</b>	<b>4.2</b>
<b>Restricciones .....</b>	<b>4.3</b>
<b>Limitaciones .....</b>	<b>4.4</b>
<b>Definiciones .....</b>	<b>4.5</b>
<b>Gráficas .....</b>	<b>5</b>
<b>Conclusión .....</b>	<b>6</b>

A large, rusted metal pipe discharges a powerful stream of water against a clear blue sky. The pipe is angled downwards from the left, and the water is captured in mid-air, creating a dynamic, splashing effect. The background is a solid, clear blue sky.

# SITUACIÓN QUE REPRESENTA EL MODELO

- El modelo representa la optimización de costos en el tratamiento de aguas residuales en una planta de tratamiento. Se centra en la gestión eficiente de recursos para lograr un tratamiento eficaz que cumpla con los estándares de calidad requeridos, mientras se minimizan los costos asociados a reactivos químicos, energía y mantenimiento.





# OBJETIVO GENERAL

Optimizar el tratamiento de aguas residuales para garantizar un proceso eficiente, sostenible y económico que contribuya a la protección del medio ambiente y la salud pública.



# OBJETIVOS

---

- 1-**Reducir el consumo energético** en las plantas de tratamiento, ajustando los tiempos de operación y la velocidad de los equipos.
- 2-**Reducir los costos de operación** asociados al uso de reactivos químicos, optimizando las dosis utilizadas en los tratamientos de coagulación y desinfección.
- 3-**Reducir los costos de mantenimiento** de los equipos de tratamiento de aguas residuales mediante la optimización de las prácticas de mantenimiento preventivo, la capacitación del personal y la mejora en la gestión de inventarios de repuestos.



# 1. MODELO QUE REPRESENTA EL PROBLEMA: CONSUMO DE ENERGÍA

## 1. Función a Optimizar

- El objetivo principal es minimizar el consumo energetico:

$$\text{Minimizar } Z = a * x_1 + b * x_2$$

la funcion objetivo se expresa:

$$\text{Minimizar } Z = 500x_1 + 80x_2$$

## 2. Variables de desición:

$x_1$ : Tiempo de operación del equipo en horas por día.

$x_2$ : Velocidad de los equipos en metros por hora.

- cuanta energia consume por hora de operación?
- cual es el consumo energetico por metro de velocidad?

## 3. Restricciones:

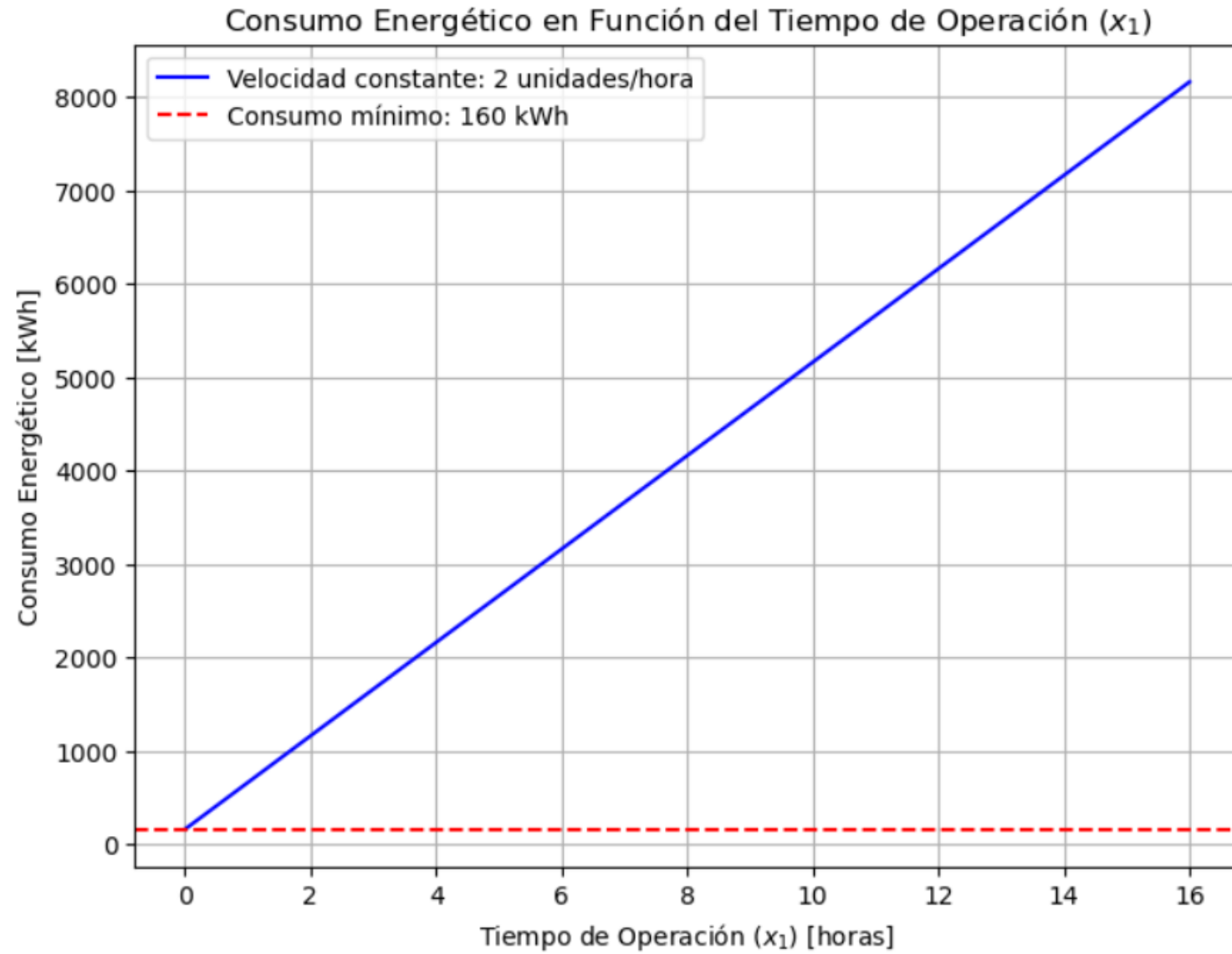
Las restricciones del modelo pueden incluir:

$$x_1 \leq 16$$

$$x_1 \leq 24$$

$$2 \leq x_2 \leq 10$$







## 2. MODELO QUE REPRESENTA EL PROBLEMA: COSTOS DE OPERACIÓN

### 1. Función a Optimizar

- El objetivo principal es minimizar los costos de operación:

$$\text{Minimizar } C = 30x_1 + 34.99x_2 + 124.99x_3 + 142.9930x_4$$

### 2. Variables de decisión:

$x_1$ : Cantidad de cloro comprada a Química Pima, en kilogramos.

$x_2$ : Cantidad de cloro comprada a D'Grosa Industrial, en kilogramos.

$x_3$ : Cantidad de peróxido de hidrógeno comprada a Química Pima, en kilogramos.

$x_4$ : Cantidad de peróxido de hidrógeno comprada a D'Grosa Industrial, en kilogramos.



# RESTRICCIONES

## 3. Restricciones:

Las restricciones del modelo pueden incluir:



$$x_1 + x_2 \geq 10$$

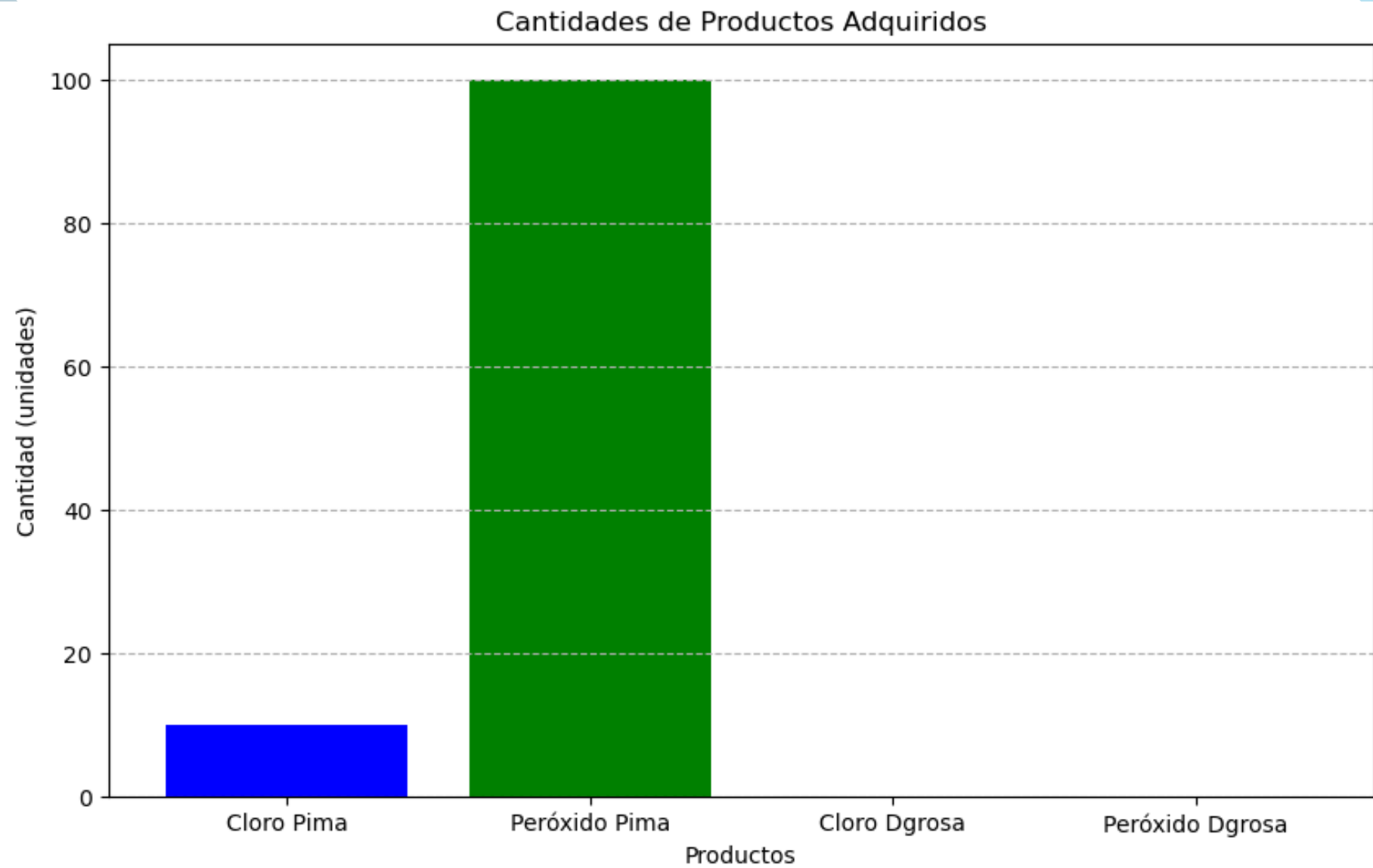
$$x_3 + x_4 \geq 100$$

$$x_1 \leq 200$$

$$x_3 \leq 150$$

$$x_2 \leq 300$$

$$x_4 \leq 100$$



# 3. MODELO QUE REPRESENTA EL PROBLEMA: COSTOS DE MANTENIMIENTO

## 1. Función a Optimizar

$$\text{Minimizar } z = 5000x_1 + 1000x_2 + 27000x_3 + 350x_4$$

- cuántos empleados se necesitan para eso
- necesito turnos nocturnos?
- necesito otra máquina?
- capacitación del personal

## 2. Variables de decisión:

$x_1$ : Número de empleados (técnicos de mantenimiento).

$x_2$ : Número de turnos nocturnos (1 si se necesita, 0 si no).

$x_3$ : Número de máquinas adicionales necesarias (bombas, tamices).

$x_4$ : Número de horas de capacitación del personal (en horas).

## 3. Restricciones:

$$x_1 \geq 3$$

$$x_2 \leq 1$$

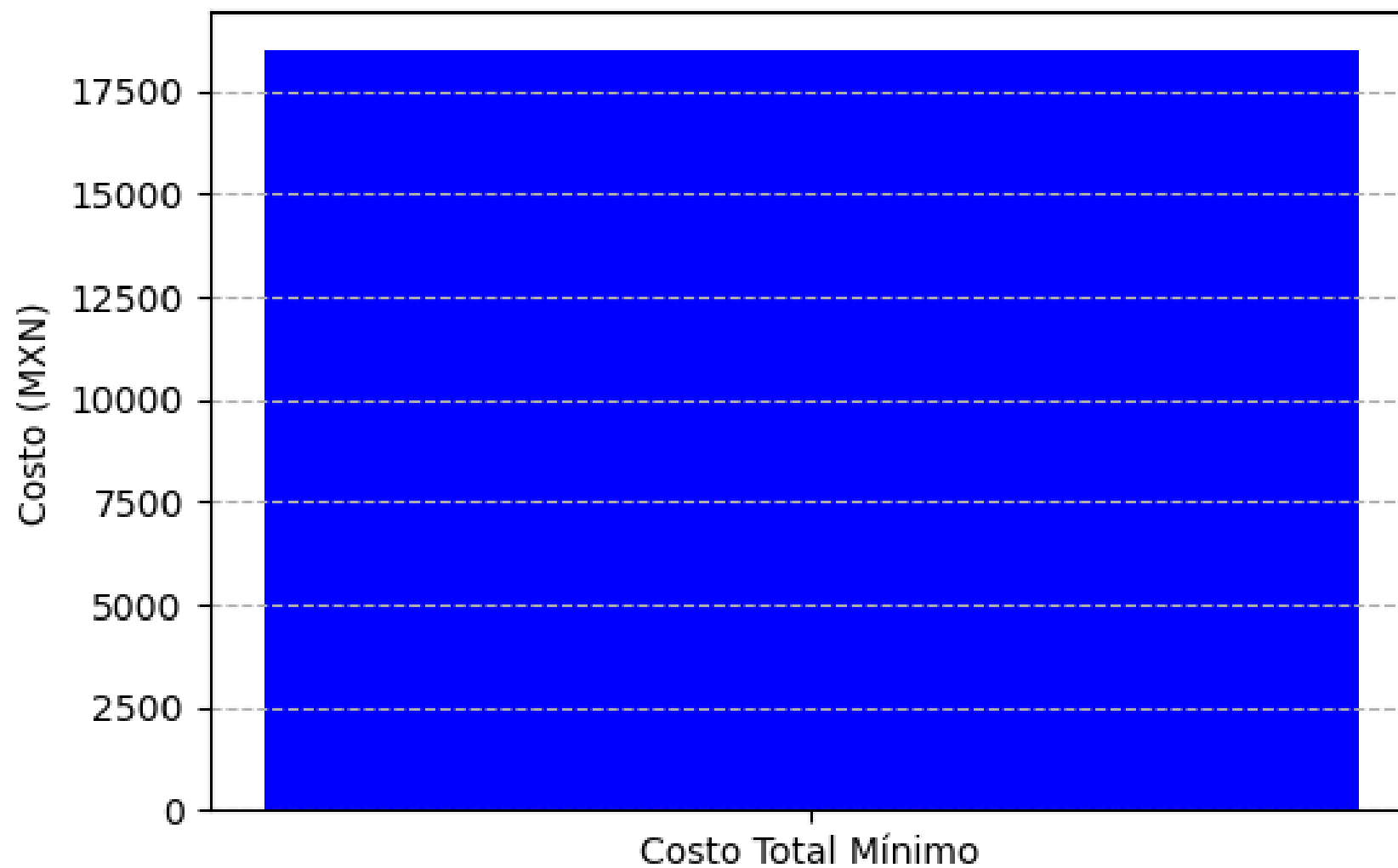
$$3.5n + 9\left(\frac{n}{6}\right) \leq 40x_1$$

$$x_4 \geq 10$$





## Resultado de la Optimización: Costo Total Mínimo



# ¿Cuáles son las limitaciones fundamentales?

- **1-.** Reducir el consumo energético:

Reducir demasiado el consumo energético puede llevar a una disminución en la cantidad de agua tratada, afectando la capacidad de la planta para cumplir con las demandas.

- **2-.** Reducir costos de operación:

Ajustar la cantidad de reactivos o cambiar los proveedores puede impactar negativamente la calidad del tratamiento del agua, lo que puede ocasionar incumplimiento de normativas.

- **3-.** Reducir el mantenimiento puede acelerar el desgaste de los equipos, lo que conlleva a un mayor número de fallos y reparaciones más costosas en el futuro.

# Conclusiones:

## **Reducción del Consumo Energético:**

Según el modelo optimizado, el consumo energético mínimo alcanzado fue de 160 kWh, lo cual muestra que, al ajustar los tiempos de operación y la velocidad de los equipos, es posible reducir considerablemente el uso de energía dentro de los límites operativos establecidos. Este resultado demuestra que se puede alcanzar una mayor eficiencia energética al planificar el uso de los equipos de manera más controlada, lo que se traduce en una menor demanda de energía, ayudando a disminuir costos de electricidad y reduciendo el impacto ambiental.

## **Reducción de los Costos de Operación:**

El análisis de costos muestra que al utilizar correctamente los recursos, como los reactivos químicos (cloro y peróxido), y al limitar el uso excesivo de estos insumos, se logró obtener un costo total mínimo óptimo. Esto confirma que la optimización de la cantidad de reactivos utilizados, en función de las restricciones de capacidad y demanda mínima, contribuye a reducir los costos operacionales sin comprometer la eficiencia del proceso.

## **Reducción de Costos de Mantenimiento:**

Aunque el modelo no aborda directamente el costo de mantenimiento, la optimización del uso de los equipos y la reducción del tiempo de operación implican menos desgaste de los mismos. Esto puede reducir la frecuencia de mantenimiento y alargar la vida útil de los equipos, lo que indirectamente contribuye a menores costos de mantenimiento. Menos tiempo de operación y una velocidad controlada también reducen la probabilidad de fallos mecánicos, lo que disminuye la necesidad de reparaciones costosas.