

Selección Técnica Económica de conductores de fase para líneas de transmisión mediante I.A.

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Grupo·epm



Ponentes

Victor Jiménez: Gerente de área de transmisión de energía - ISES

Ingeniero electricista con más de 20 años dedicado a la ingeniería de líneas de transmisión y redes de distribución. Experiencia en proyectos HVAC y HVDC. Magíster en Ingeniería eléctrica con énfasis en descargas eléctricas atmosféricas. Apasionado por la inteligencia artificial y su aplicación.



Ponentes

Cristian Martínez: Líder de Disciplina de Investigación AT - ISES

Magister en ingeniería eléctrica con 7 años de experiencia en el sector de transmisión de energía. Se ha especializado en áreas de diseño de líneas de transmisión (HVAC y HVDC), subestaciones eléctricas, transitorios electromagnéticos en sistemas de potencia y compatibilidad electromagnética en sistemas ferroviarios.



Ponentes

Victor Palmett: Analista Eléctrico - ISES.

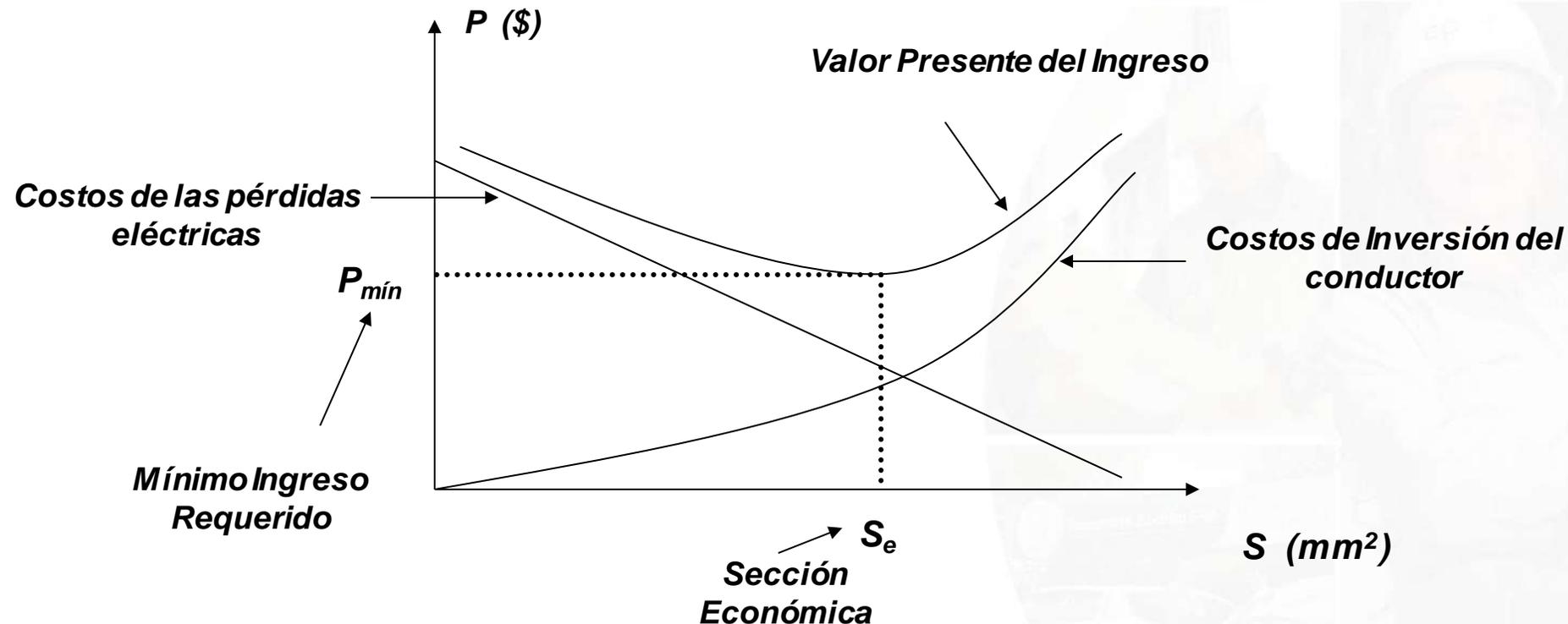
Ingeniero electricista con trayectoria académica en técnicas de optimización y regulación eléctrica. Analista de diseño jr. en el área líneas de transmisión, con proyección en desarrollo e innovación, interesado en la implementación de nuevas tecnologías en el campo de la ingeniería eléctrica.



Actualidad

☐ Selección de conductores - Actual:

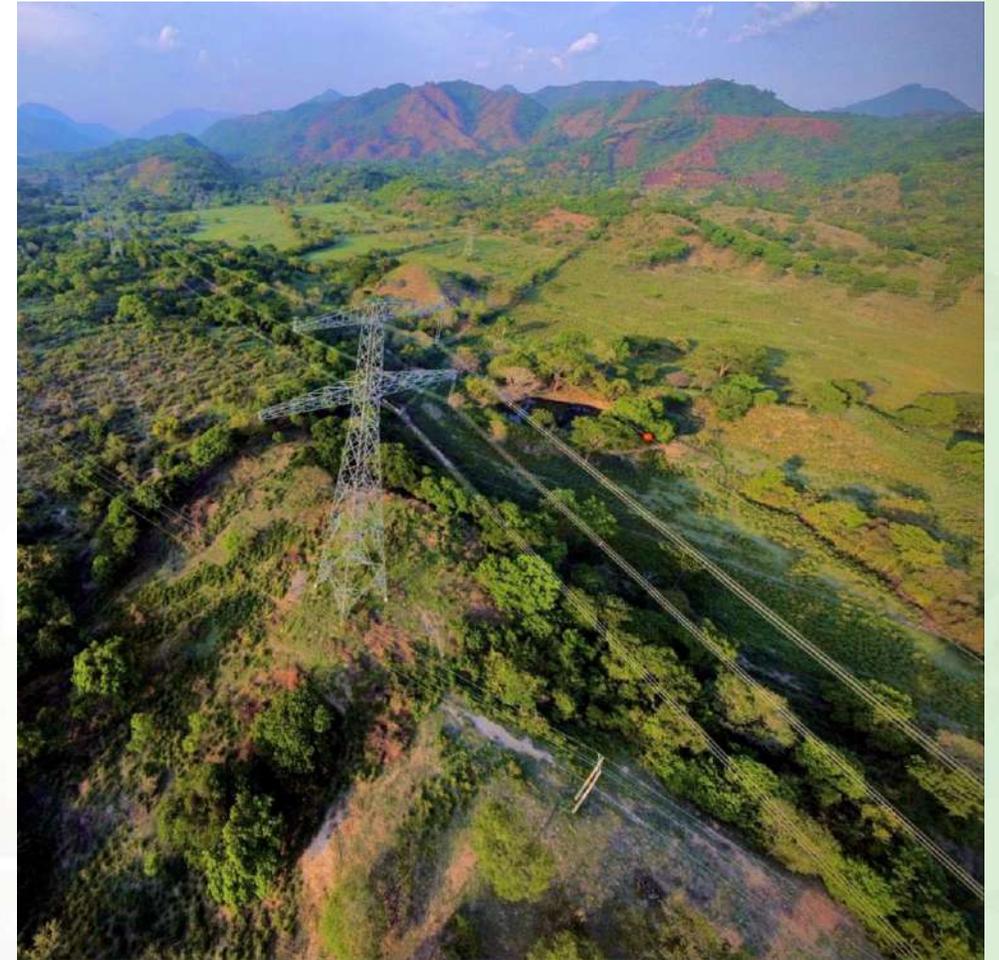
Se utiliza el método del valor presente neto. Teniendo en cuenta los cargos fijos anuales nivelados sobre la inversión total inicial de la línea, mas los gastos anuales por operación y mantenimiento de la línea.



Motivación

La selección de conductores de fase para líneas de transmisión aéreas es una tarea compleja que involucra análisis eléctrico y estructural para determinar los costos de capital y de operación.

La informática ha acelerado este proceso, pero aun puede ser computacionalmente costoso. La inteligencia artificial permite aumentar la efectividad.



Motivación

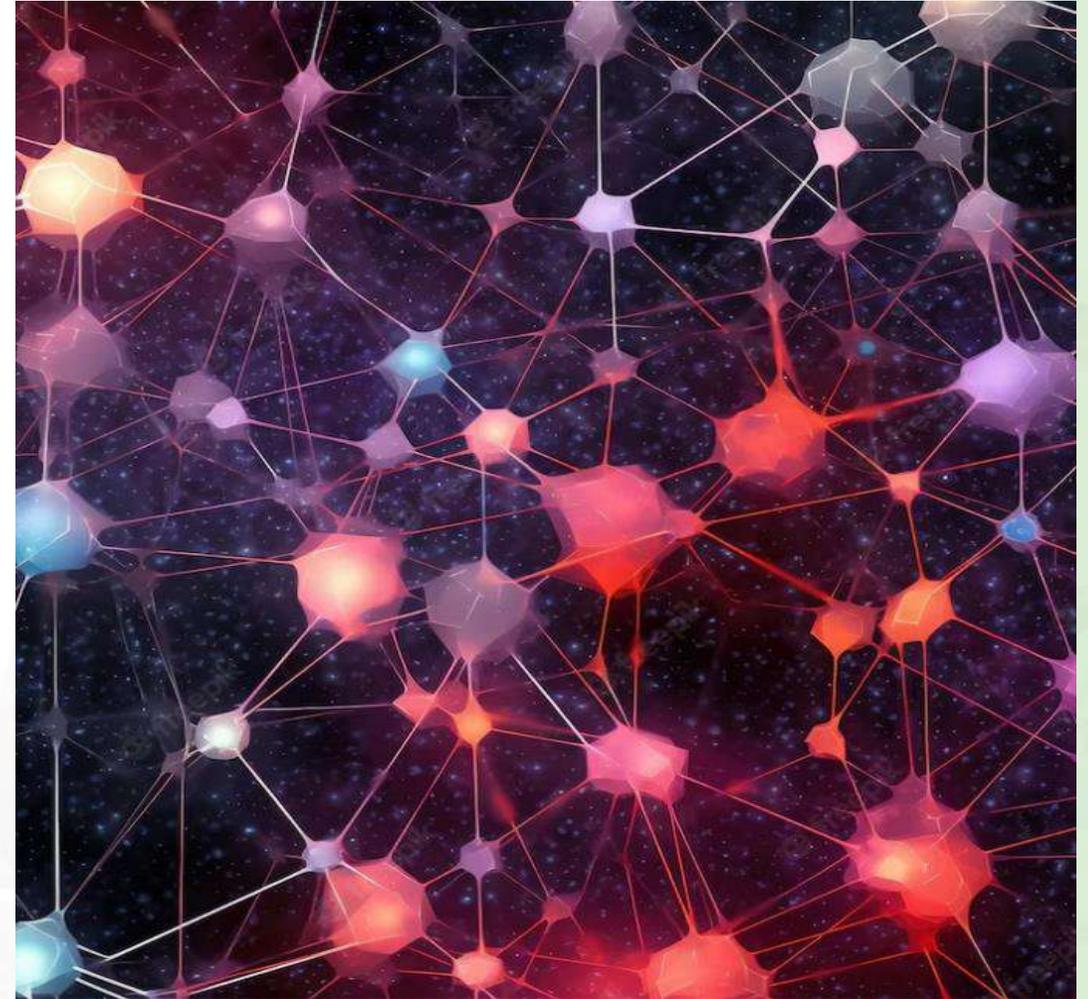
Beneficios de la I.A.:

- Reducción de costos en la ingeniería.
- Simplificación del proceso
- Aumento de la exactitud en los resultados.



¿Qué es I.A.?

La inteligencia artificial es un campo de la informática que se enfoca en la creación de sistemas capaces de realizar tareas que requieren de inteligencia humana. Utilizando algoritmos y modelos matemáticos, la IA puede aprender, razonar y tomar decisiones. En el contexto de la selección técnica económica de conductores de fase, la IA ofrece soluciones efectivas: eficaces y eficientes.



Tipos de I.A.

Según Stuart Russel y Peter Norvig:



Sistemas que piensan como humanos:

- Tomas de decisiones.
- Resolución de problemas.
- Aprendizaje Automático



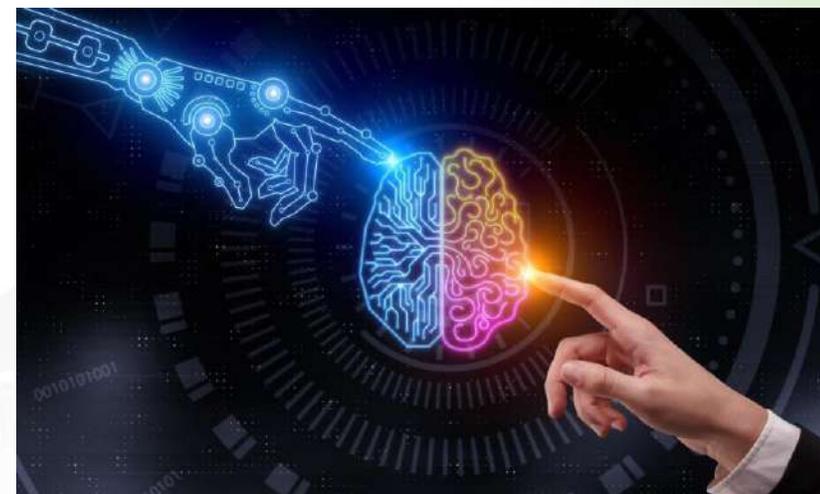
Sistemas que actúan como humanos:

- Robots

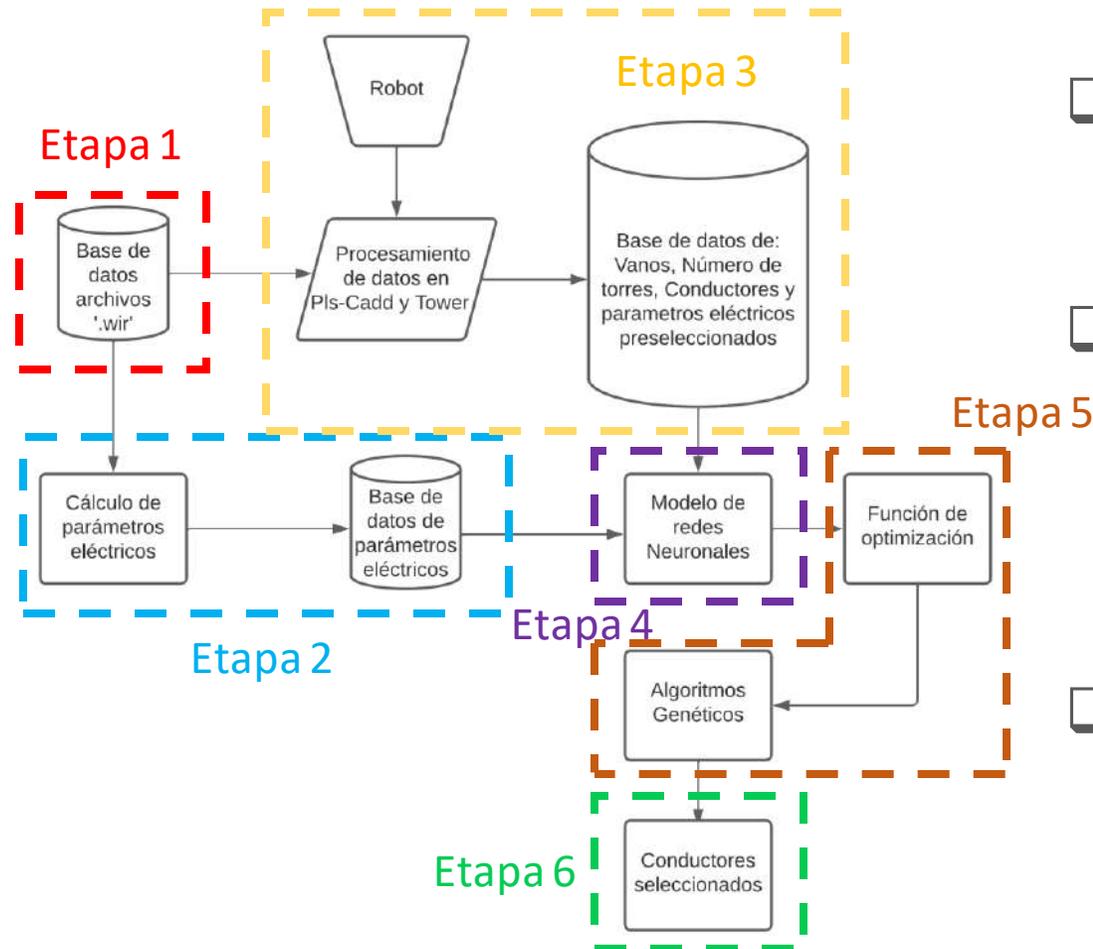


Sistemas que actúan Racionalmente:

- Sistemas expertos

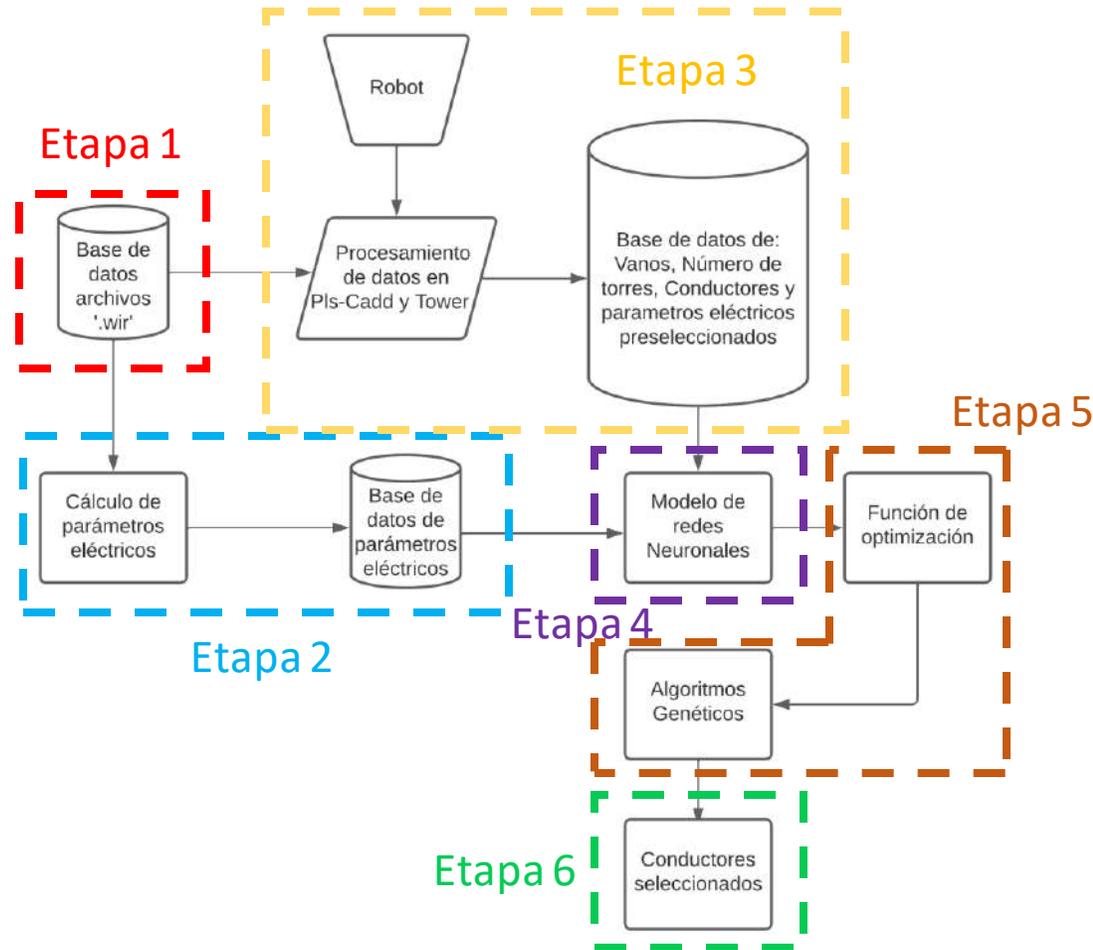


Metodología



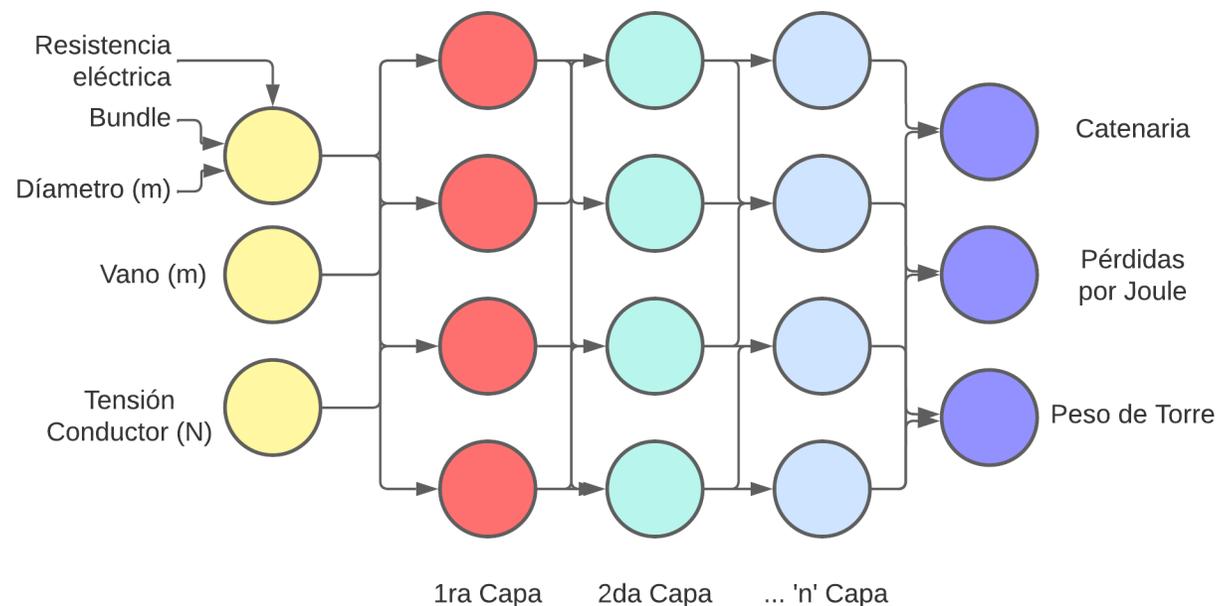
- ❑ Etapa 1: Creación de Base de datos cables (PLS-CADD)
- ❑ Etapa 2: Análisis eléctricos:
 - Régimen térmico: Std. IEEE 738 – 2012
 - Pérdidas por Joule.
 - Corona y sus efectos.
- ❑ Etapa 3: Robot para el procesamiento y generación de base de datos.

Metodología



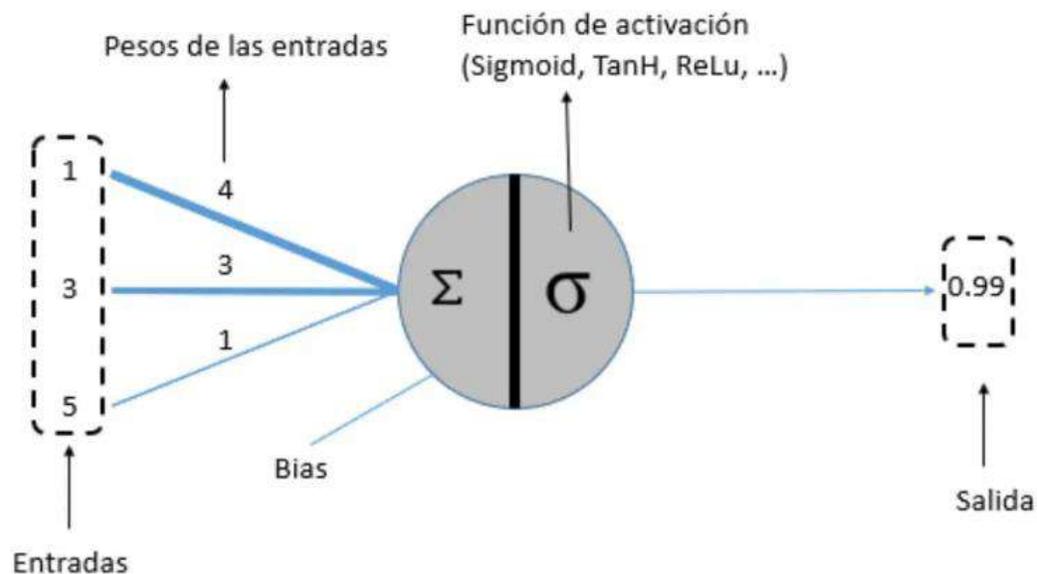
- ❑ Etapa 4: Uso de Redes Neuronales
- ❑ Etapa 5: Optimización mediante Algoritmos Genéticos
- ❑ Etapa 6: Conductores Preseleccionados.

Metodología: Etapa 4



Una red neuronal es un modelo computacional inspirado en el cerebro humano que se utiliza en el campo de la inteligencia artificial (IA) para realizar tareas que requieren el aprendizaje y la generalización a partir de datos.

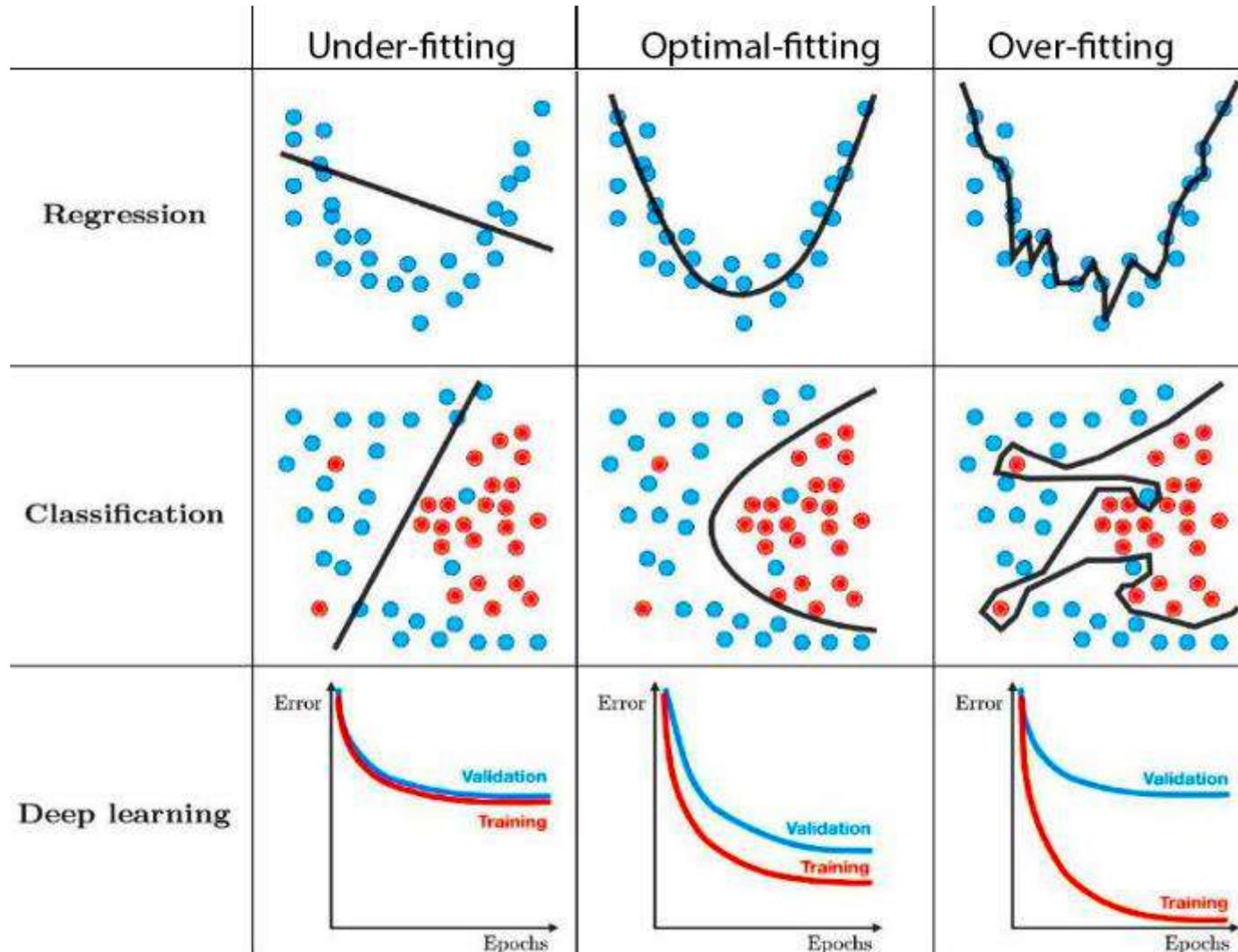
Metodología: Etapa 4



Las funciones de activación son una parte esencial de las redes neuronales. Cada neurona utiliza una función de activación para determinar la variable de salida en función de la entrada que ella recibe.

La elección de la función de activación puede tener un impacto significativo en la capacidad de la red para aprender y generar nuevos datos.

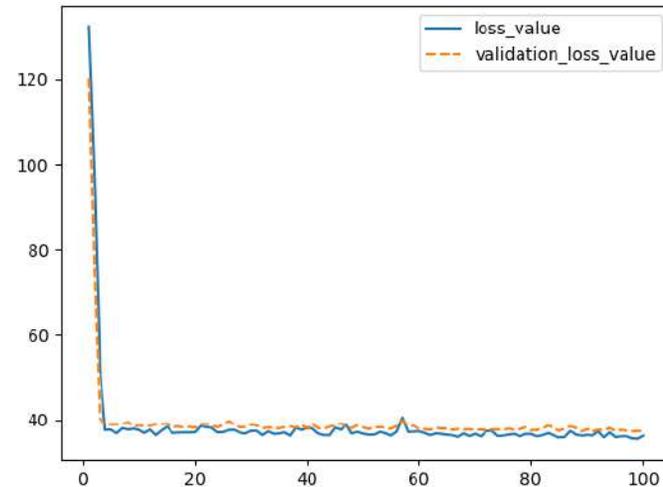
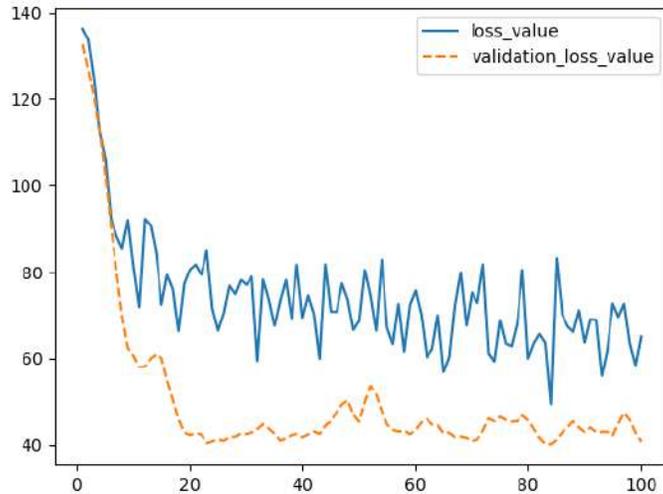
Metodología: Etapa 4



Se debe de evitar a toda costa el sobre-ajuste de nuestro modelo de predicción.

Existen muchas formas de evitar el sobre-ajuste, una de estas es utilizar el algoritmo descenso de gradiente y back-propagation.

Metodología: Etapa 4



Se debe de evitar a toda costa el sobre-ajuste de nuestro modelo de predicción.

Existen muchas formas de evitar el sobre-ajuste, una de estas es utilizar el algoritmo descenso de gradiente y back-propagation.

Metodología: Etapa 5

$$\min_{LTC} = \sum_{n=1}^n \left[\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{-n} \left(\underbrace{(C_{st} \cdot N_t \cdot w_t)}_{\text{Costos Estructuras}} + \underbrace{(C_{cm} \cdot CAT_{RNA} \cdot N_{ckt} \cdot N_b \cdot N_p)}_{\text{Costos Conductor}} \cdot \frac{F_L}{100} \right) + 8760 \left(\frac{C_{MWh} ESC_n}{10^6} \right) \times \underbrace{(RNA_{loss})}_{\text{Costos Pérdidas}} \right]$$

ESC_n : Factor de escalamiento del precio de la energía por cada año n.

L_f : Factor de pérdidas.

I_L^2 : Corriente nominal de la línea en Amperios.

R : Resistencia eléctrica del conductor en ohmios.

N_{ckt} : Número de circuitos.

N_p : Número de fases.

N_b : Bundle.

C_{MWh} : Costo del MWh para el transportador.

i : Tasa de inflación anual.

C_t : Costo de las estructuras metálicas por kilómetro en (COP)

C_c : Costo del conductor de fases por kilómetro en (COP)

F_L : Es un factor porcentual que va asociado a los costos de operación y mantenimiento de la línea.

C_{st} : Costo del kilogramo de acero estructural.

N_t : Número de torres por kilómetro.

w_t : Peso de la torre estimado por la red neuronal en kg.

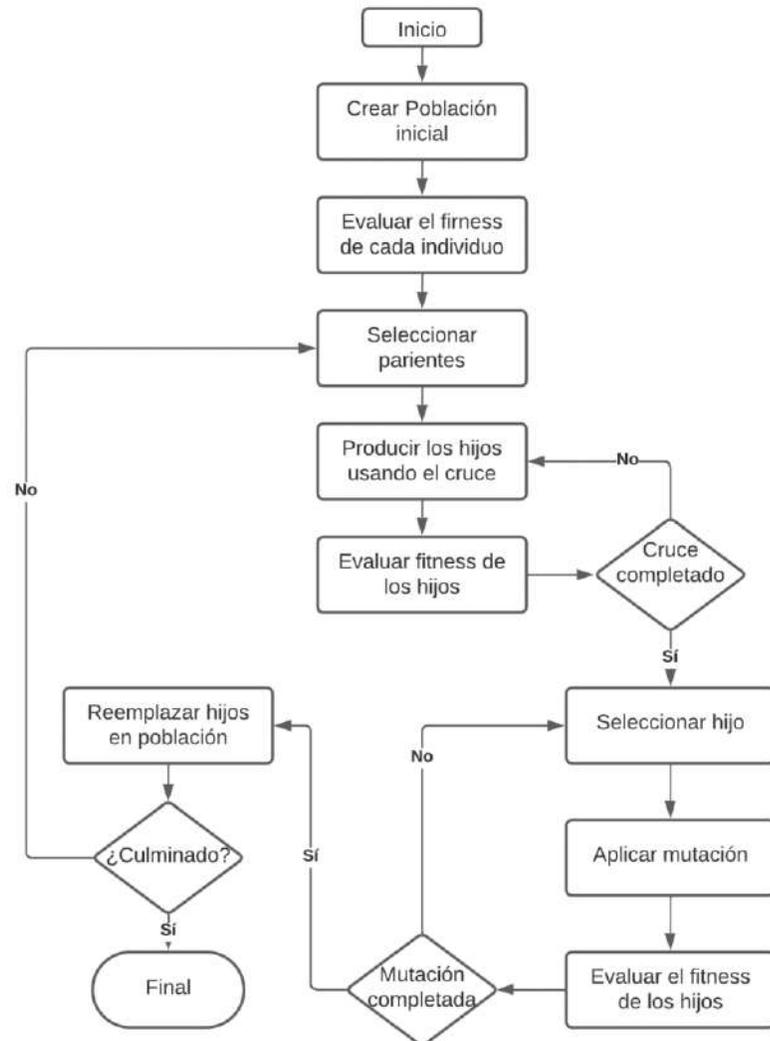
C_{cm} : Costo del metro del conductor.

Cat_{rna} : Catenaria estimada por la red Neuronal en m.

Metodología: Etapa 5

¿Porqué Algoritmos Genéticos?

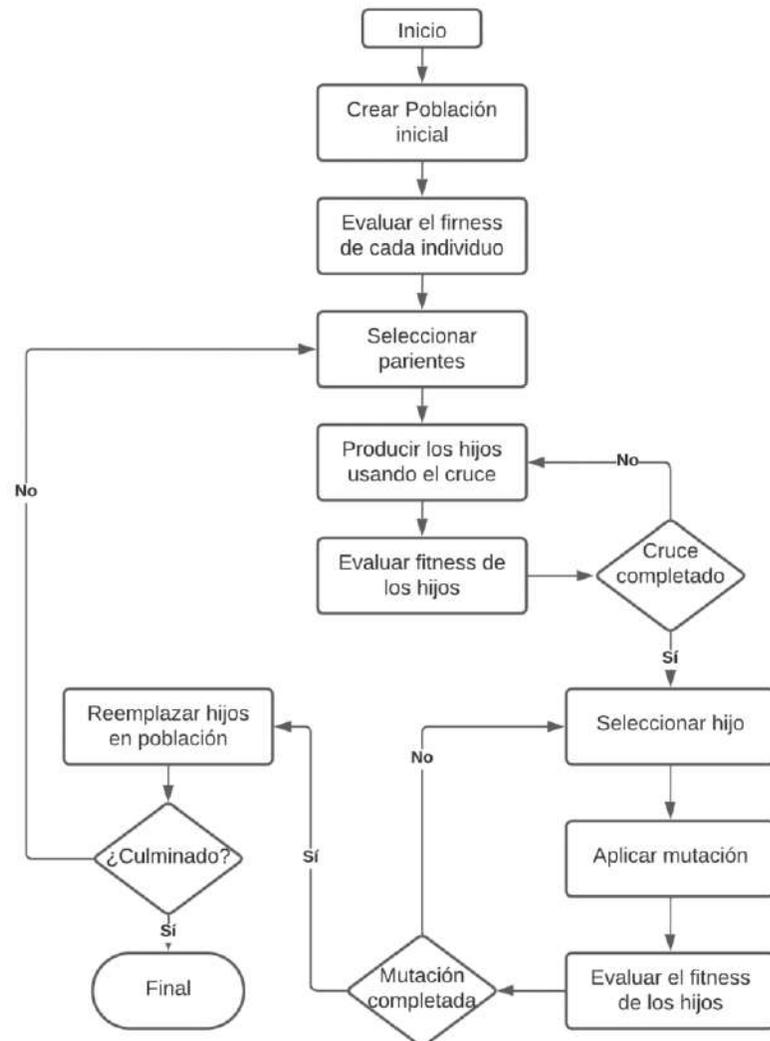
- Son Algoritmos estocásticos.
- Son Algoritmos de búsqueda múltiple, para dar varias soluciones.
- Hacen una barrida mayor en el espacio de posibles soluciones válidas.
- La optimización es función de la representación de los datos (Función objetivo).



Metodología: Etapa 5

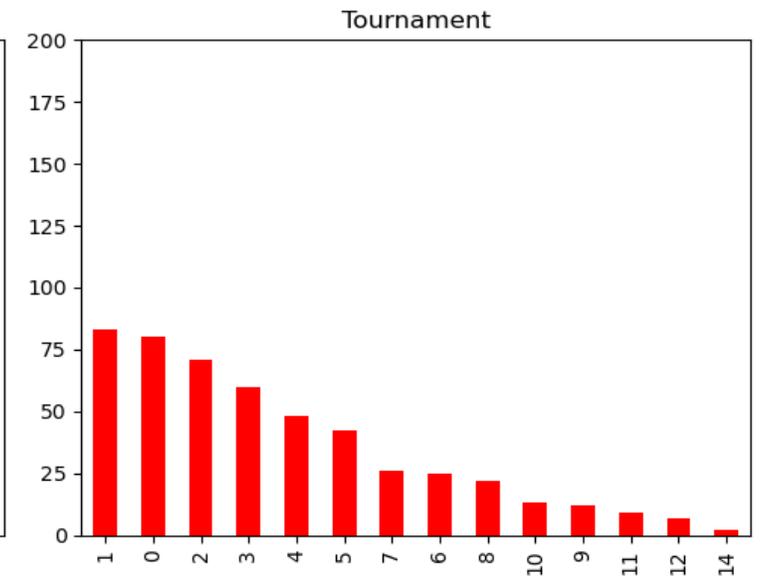
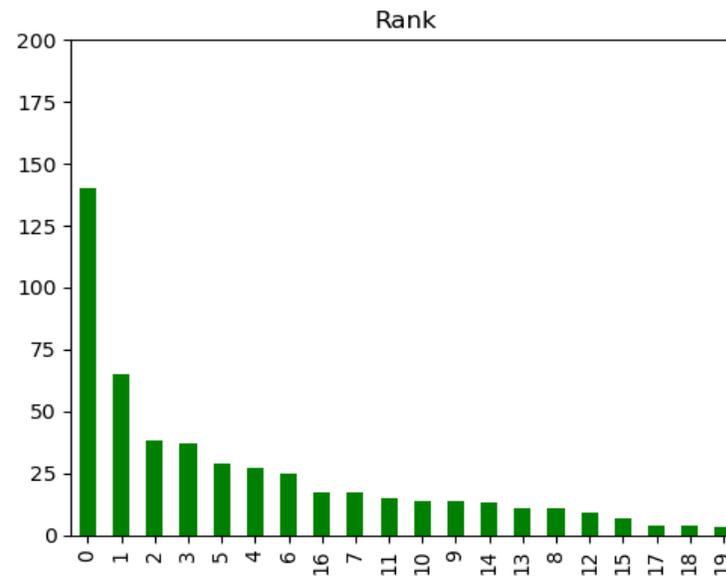
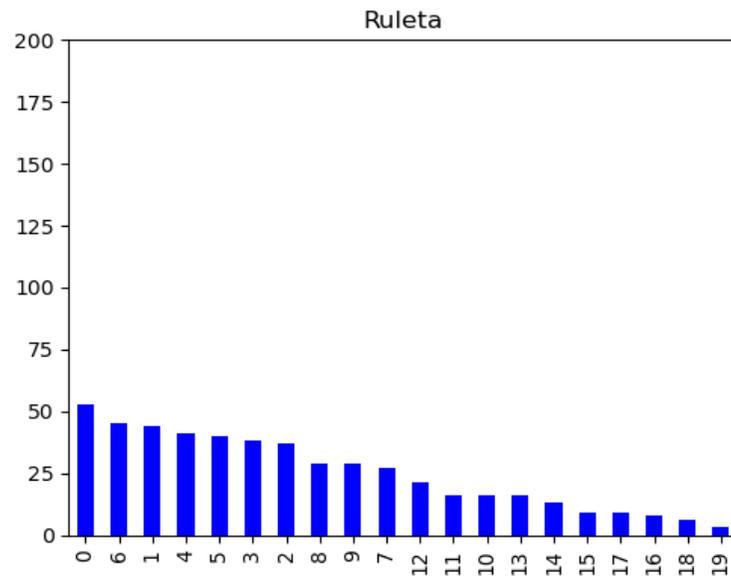
Parámetros de un AG

- ❑ Función de aptitud: Se utiliza para determinar que individuos (Conductores) tienen mayor o menor probabilidad de sobrevivir.
- ❑ Tamaño de la población.
- ❑ Criterio de selección: Los individuos son escogidos de acuerdo a su aptitud. Los de mayor probabilidad son escogidos y generarán una nueva generación.



Metodología: Etapa 5

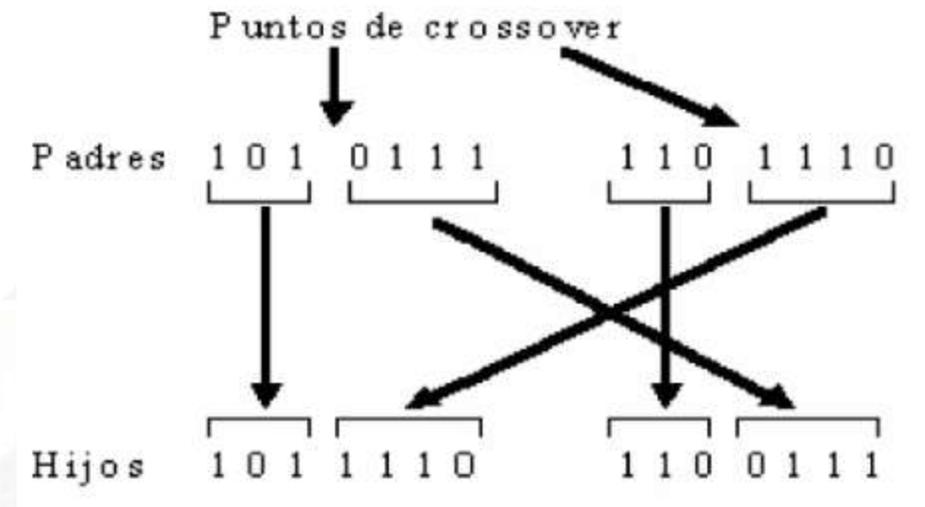
Comparación de Métodos de Selección



Metodología: Etapa 5

Cruzamiento

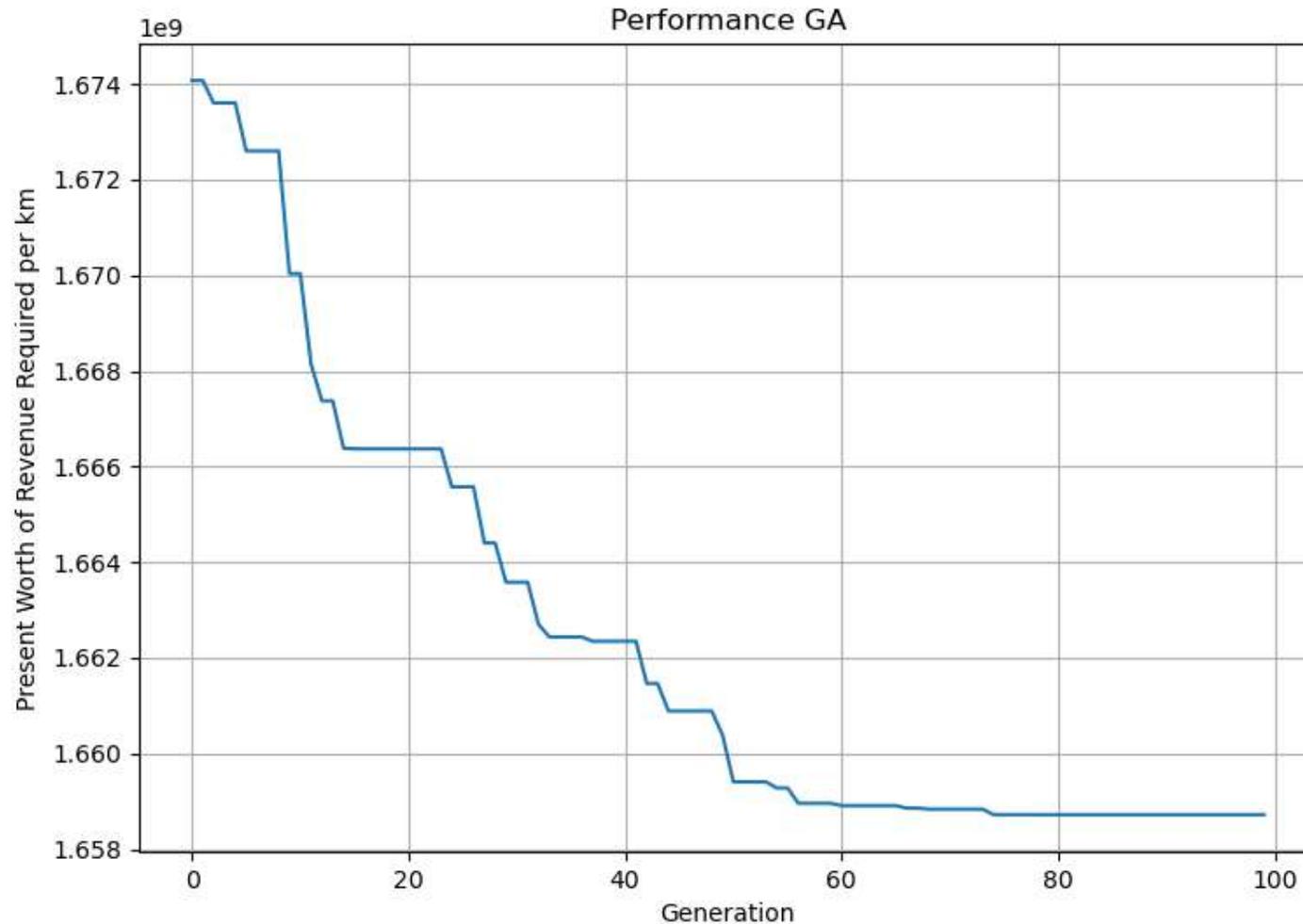
Dos individuos se combinan para producir uno o más descendientes. Por ejemplo, si los individuos se representan como cadenas de bits, un punto de cruce común podría dividir ambas cadenas y combinar la primera parte de un padre con la segunda parte del otro.



Mutación

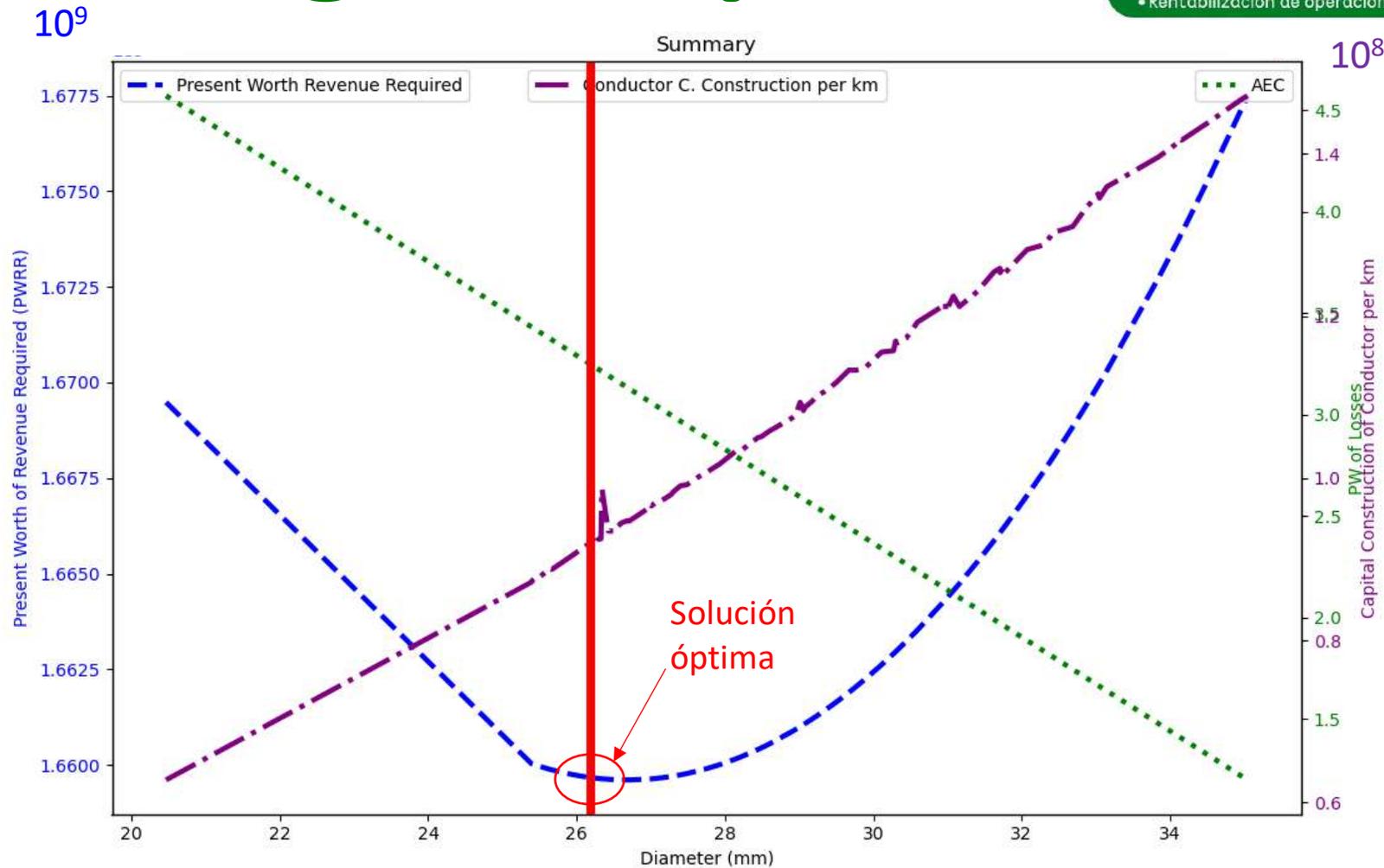
Altera aleatoriamente partes de un individuo. Por ejemplo, si se usa una representación de cadena de bits, la mutación podría invertir aleatoriamente algunos bits.

Metodología: Etapa 6



Desempeño de algoritmo genético

Metodología: Etapa 6



Evaluación de optimización del conductor

Conclusiones

Tiempos de Ejecución

Descripción	Número de casos	Método I.A.	Método Convencional
Tiempo de ejecución de cálculos eléctricos de la base de datos.	300	5 minutos.	25 horas.
Tiempo de ejecución de estimación de Flechas y tensiones; y optimización de estructuras en PLS-CADD y TOWER	300	1 día	3 Semanas

Conclusiones

- ❑ El modelo de I.A. creado es amigable y trabaja en una excelente forma con PLS-CADD y TOWER, lo cual es novedoso.
- ❑ Los tiempos de ejecución son significativamente bajos.
- ❑ El modelo propuesto al ser entrenado por un Robot y una Inteligencia Artificial abarca una gran cantidad de casos, por lo tanto, se evita caer en óptimos locales y en sobredimensionamiento de estructuras y conductores.

En desarrollo...

- Obras civiles.
- Costo de suministros y montaje de aisladores y herrajes.
- Costo de montaje de estructuras (Adaptar modelo de red Neuronal).
- Puestas a tierras Estocásticas
- Adaptar el modelo a casos de postes en concreto y metálicos.

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

¡Gracias!

Grupo·epm