

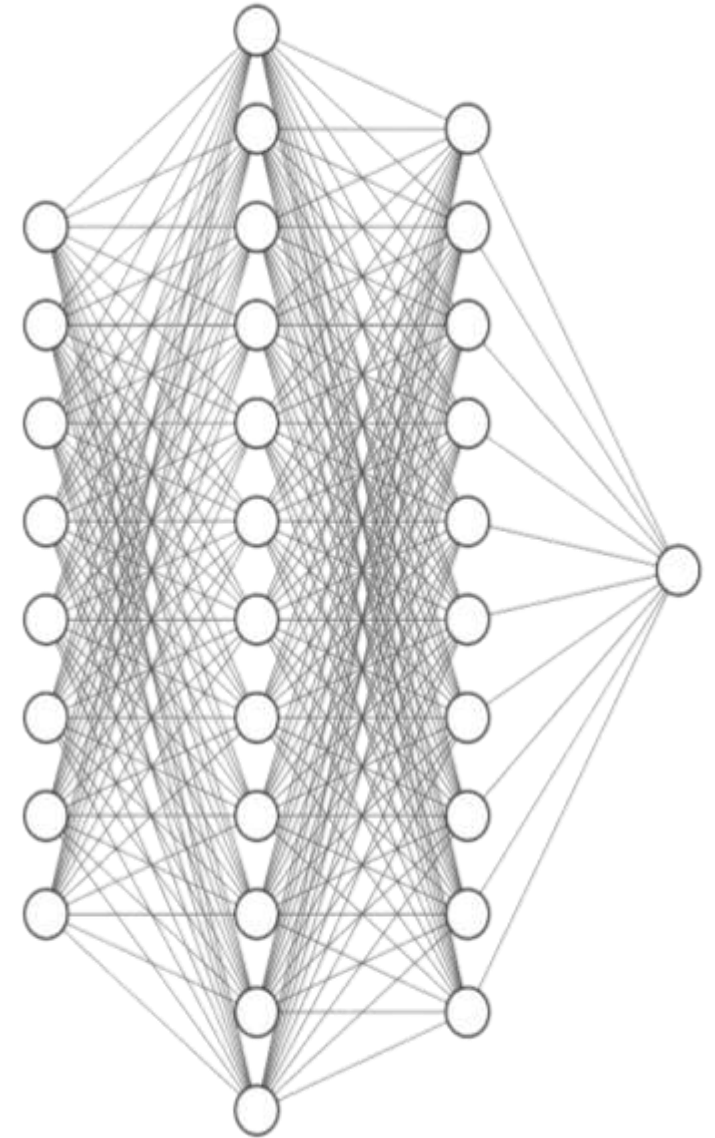
# Utilizando *Machine Learning* para Seguimiento de Partículas en el Gran Colisionador de Hadrones

ENLACE 2023

September 28, 2023

*Alejandro Daniel Dennis Hernandez (Tecnológico de Monterrey)*

*Abraham Jhared Flores Azcona (Instituto Tecnológico de Tijuana)*

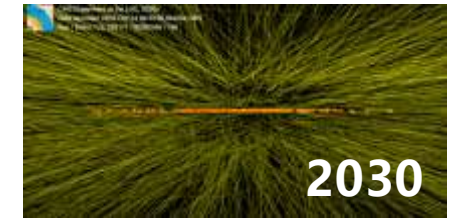
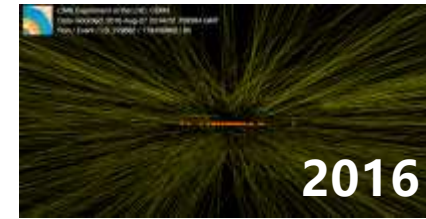
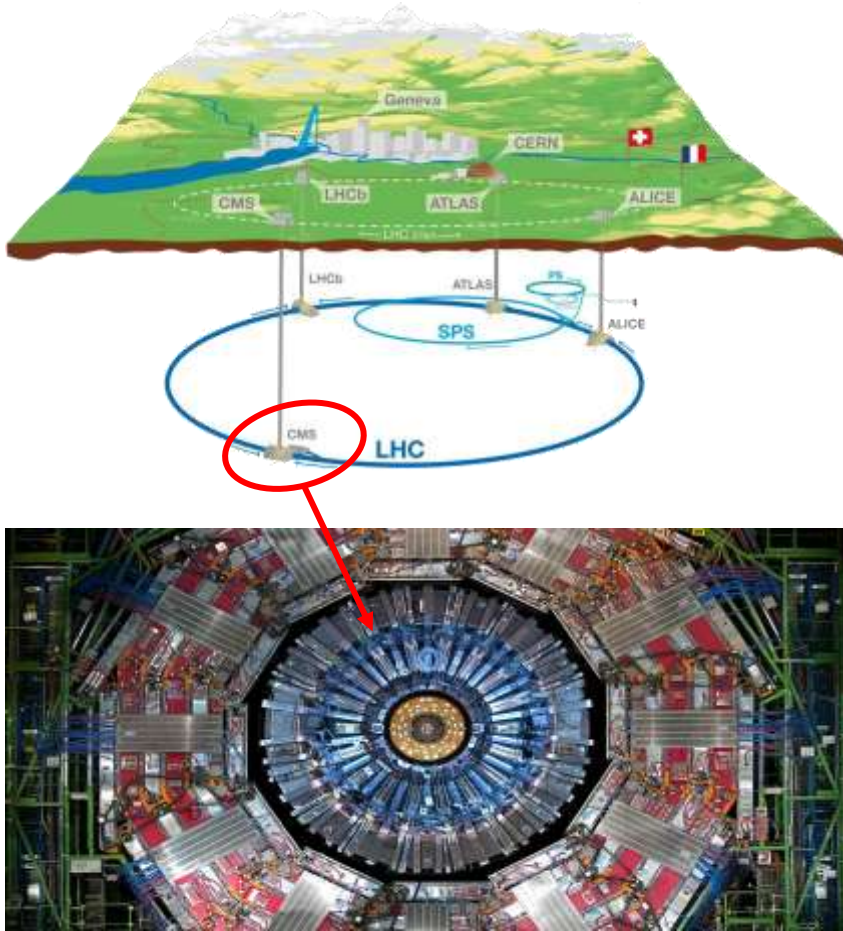


UC San Diego

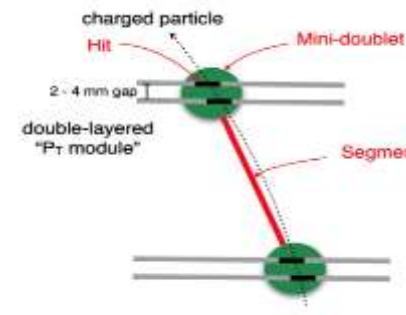
 Tecnológico de Monterrey



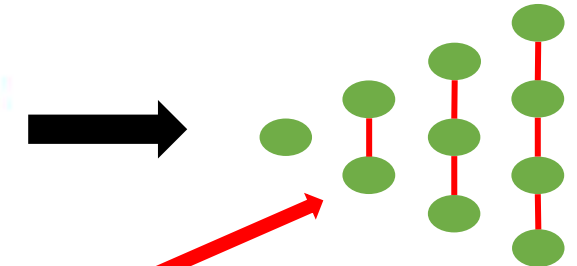
# Introducción: LHC & LST



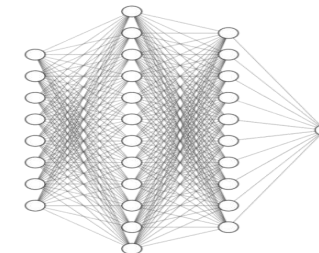
**Dato de Entrada: LS**



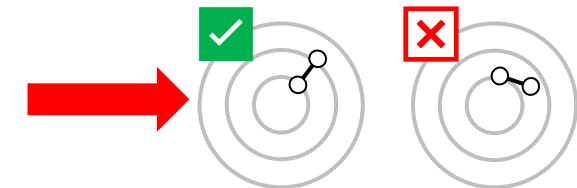
**LST: Recrear trazos de partículas con LS**



**Herramienta Auxiliar: ML**



**Objetivo: distinguir real y fake LS del LST**



# GNN vs DNN

## GNN\*: *Red Neuronal de Grafos*

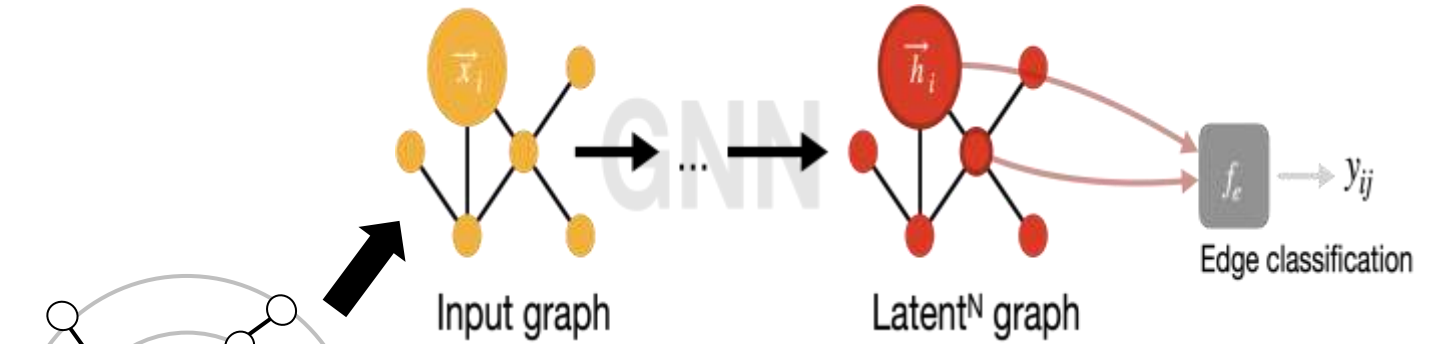
- 7 atributos de nodo y 3 atributos de aristas
- Una capa
- 200 neuronas por capa
- Tasa de Aprendizaje de 0.005 *que decrece escalonadamente por un factor de 0.7 cada 5 épocas*
- 50 épocas

## Big DNN\*\*: *Red Neuronal Profunda Grande*

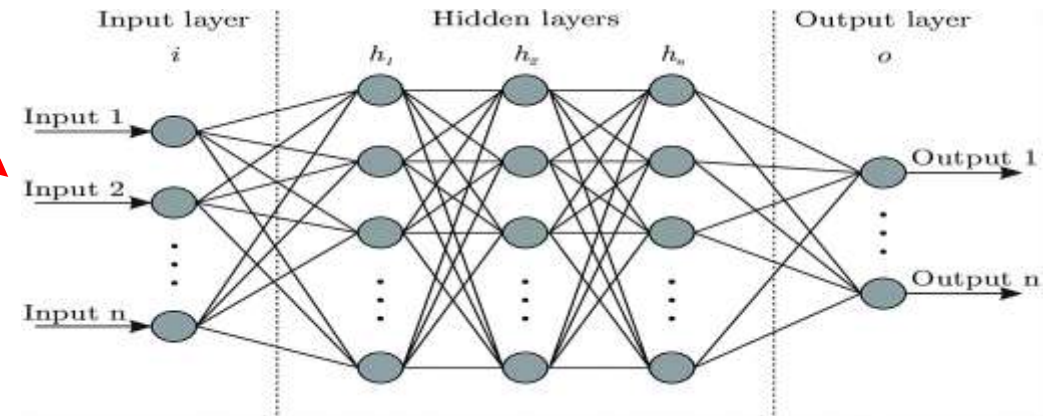
- 17 atributos de entrada
- 2 capas ocultas
- 200 neuronas por capa
- Tasa de Aprendizaje de 0.002
- 100 épocas

## Small DNN: *Red Neuronal Profunda Pequeña*

- 17 atributos de entrada
- 2 capas ocultas
- 32 neuronas por capa
- Tasa de Aprendizaje de 0.002
- 50 épocas



*¿Cuál es la mejor opción?*

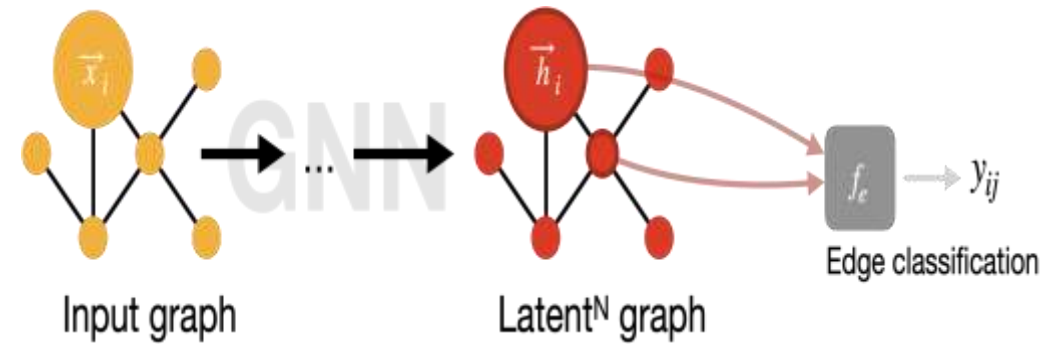


\*Entrenado por Phillip Chang

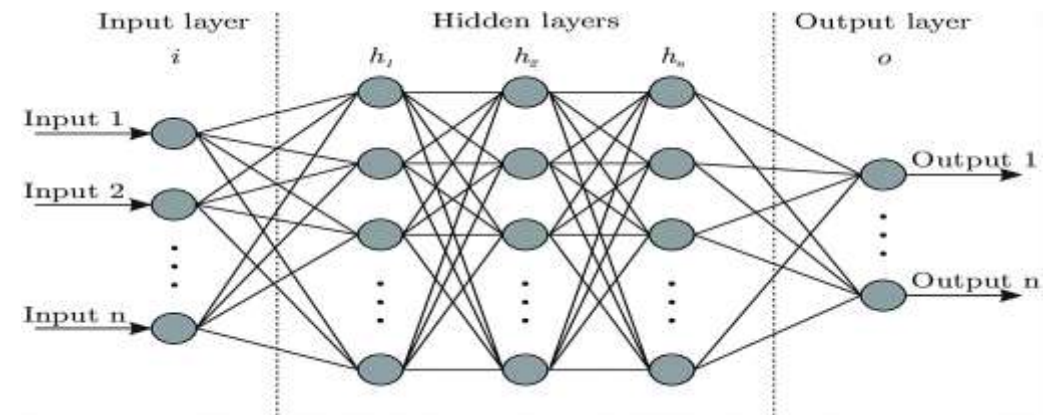
\*\*El resto de la presentación se enfoca en este modelo

# GNN vs DNN

Consideramos preliminarmente que **el rendimiento de la GNN sería mucho mayor que la Big DNN y la Small DNN**

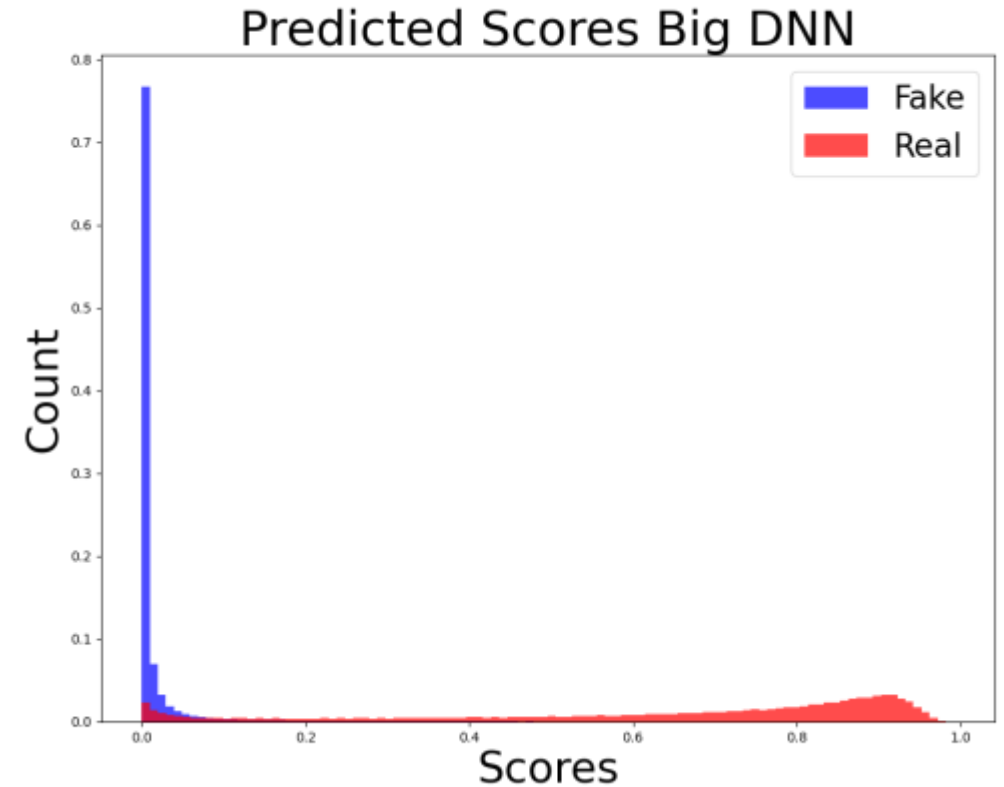
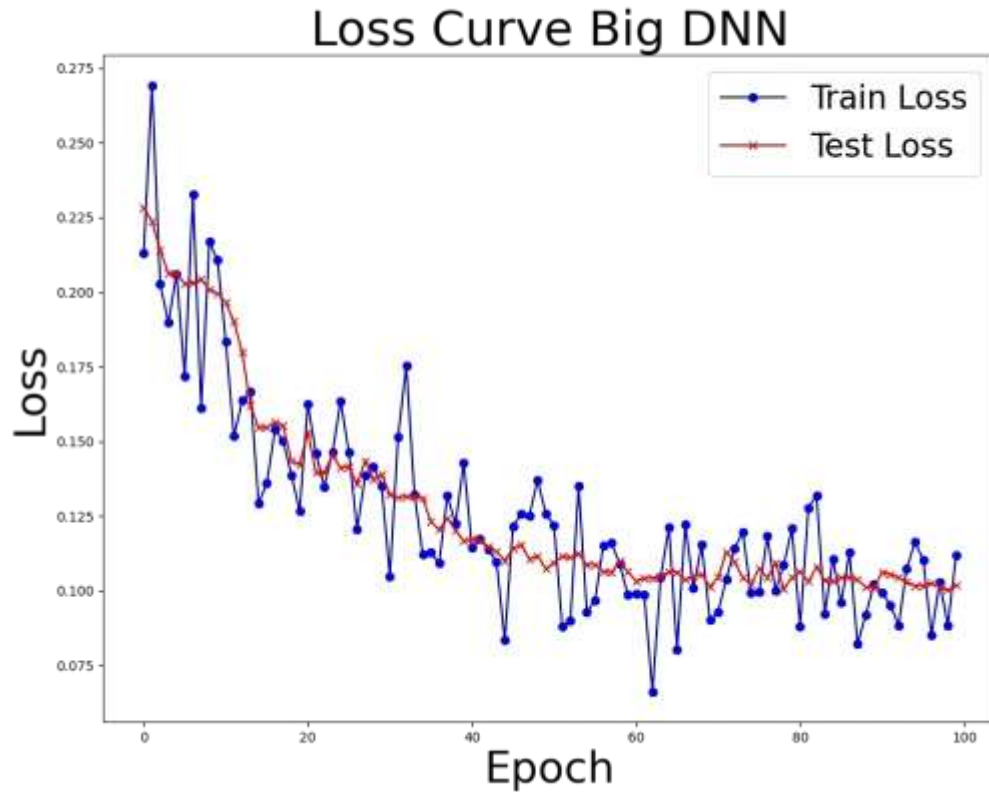


***GNN >> Big DNN***  
***GNN >> Small DNN***



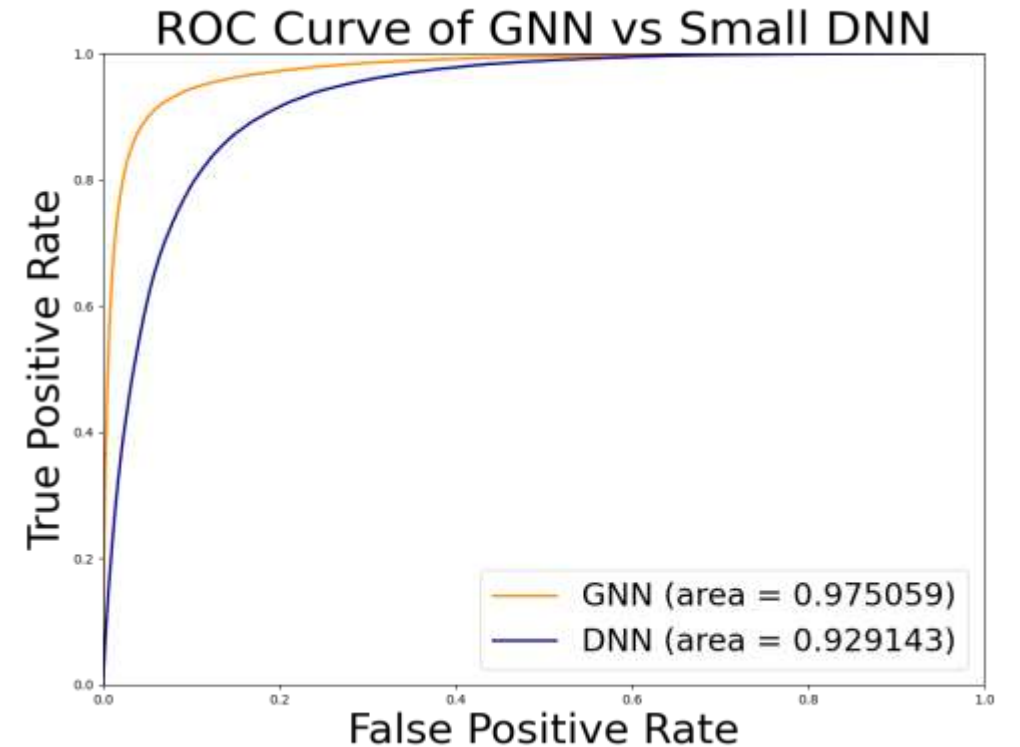


# Entrenamiento de la Big DNN

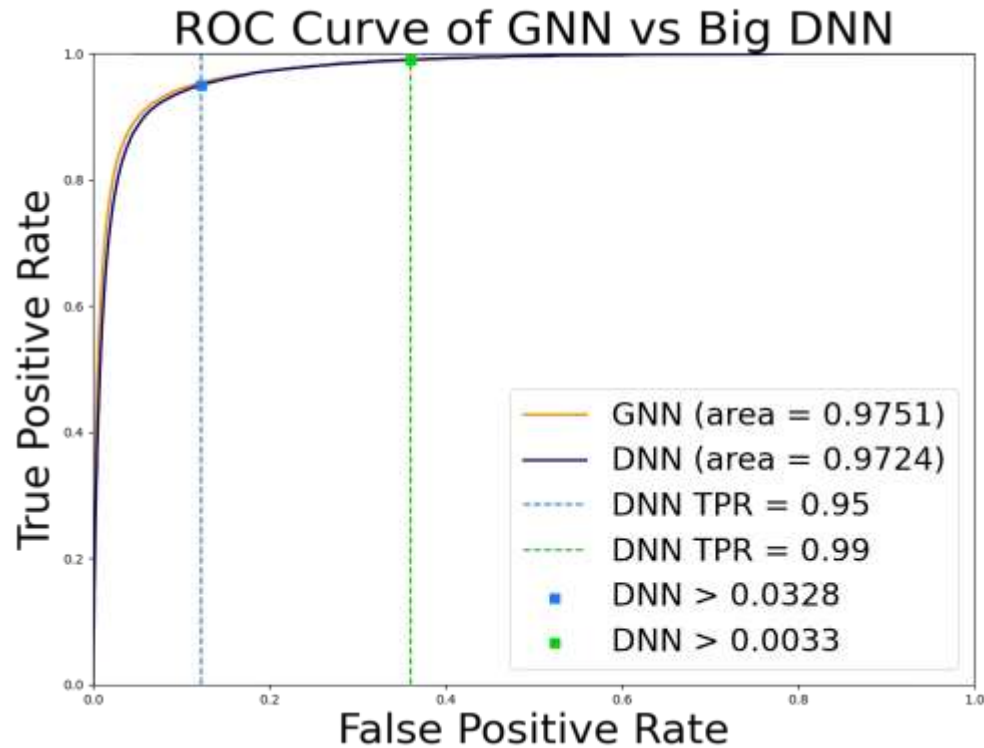


*Premisa principal:* La Big DNN aprendió de los datos de entrenamiento y está distinguiendo efectivamente los Fake LS de los Real.

# Resultados

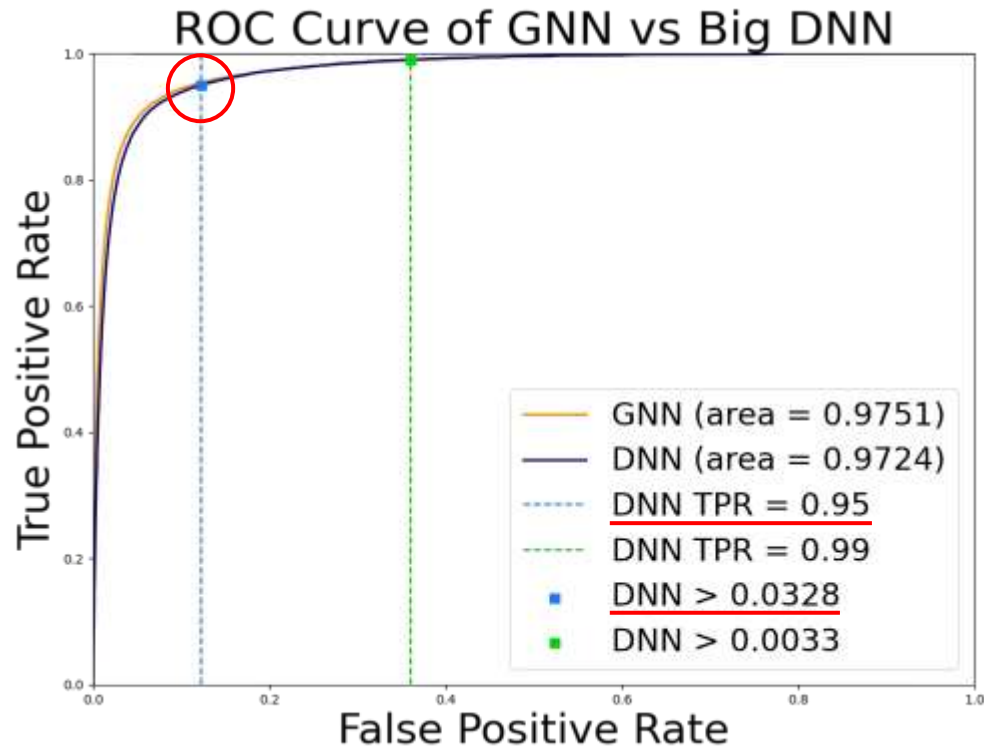


# Resultados



**La Big DNN consigue un rendimiento similar al GNN** a pesar de ser una arquitectura más simple

# Resultados



Predicciones de LS cuando TPR = 0.95

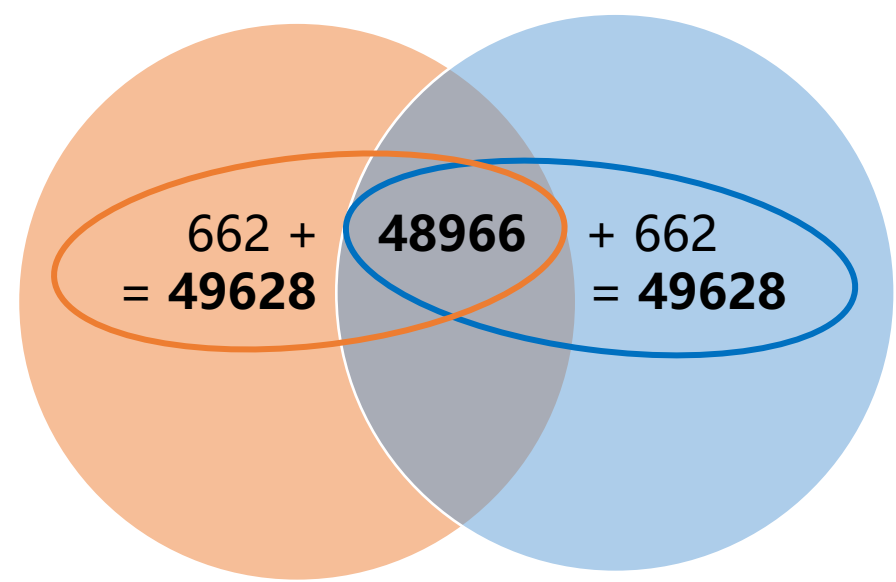
	<b>GNN &gt; X</b>	<b>DNN &gt; Y</b>	<b>GNN <math>\cap</math> DNN</b>
<b>Real</b>	49628	49628	48966
<b>Fake</b>	78847	85248	57704
<b><math>\Sigma</math></b>	128475	134876	106670

*Nota: X, Y son valores de corte que satisfacen TPR = 0.95 donde X = 0.0328, Y = 0.0385.  $\Sigma$  = Real + Fake. TPR: True Positive Rate (Tasa de Falsos Positivos). LS: Line Segments (Segmentos de Linea).*



# Resultados

Real LS con ID único cuando TPR = 0.95



*Nota:* Los anillos delimitan la suma de **GNN  $\cap$  DNN (48966)**, y la **GNN** y la **DNN**. El resultado anterior nos permite calcular **Real GNN (49628)** y **Real DNN (49628)**.

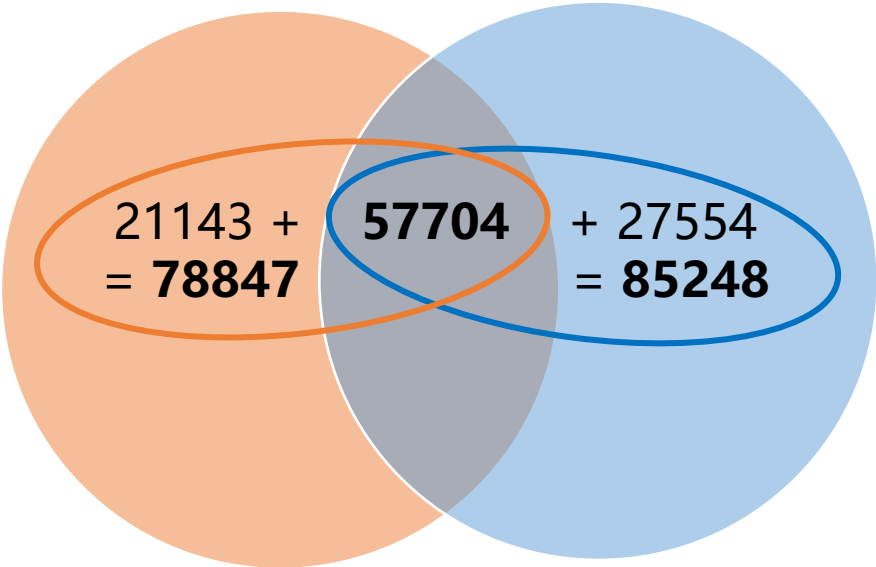
Predicciones de LS cuando TPR = 0.95

	<b>GNN &gt; X</b>	<b>DNN &gt; Y</b>	<b>GNN <math>\cap</math> DNN</b>
<b>Real</b>	49628	49628	48966
<b>Fake</b>	78847	85248	57704
<b><math>\Sigma</math></b>	128475	134876	106670

*Note:* **X**, **Y** son valores de corte que satisfacen TPR = 0.95 donde **X** = 0.0328, **Y** = 0.0385.  **$\Sigma$**  = **Real** + **Fake**. TPR: True Positive Rate (*Tasa de Falsos Positivos*). LS: Line Segments (*Segmentos de Linea*).

# Resultados

Fake LS con ID único cuando TPR = 0.95



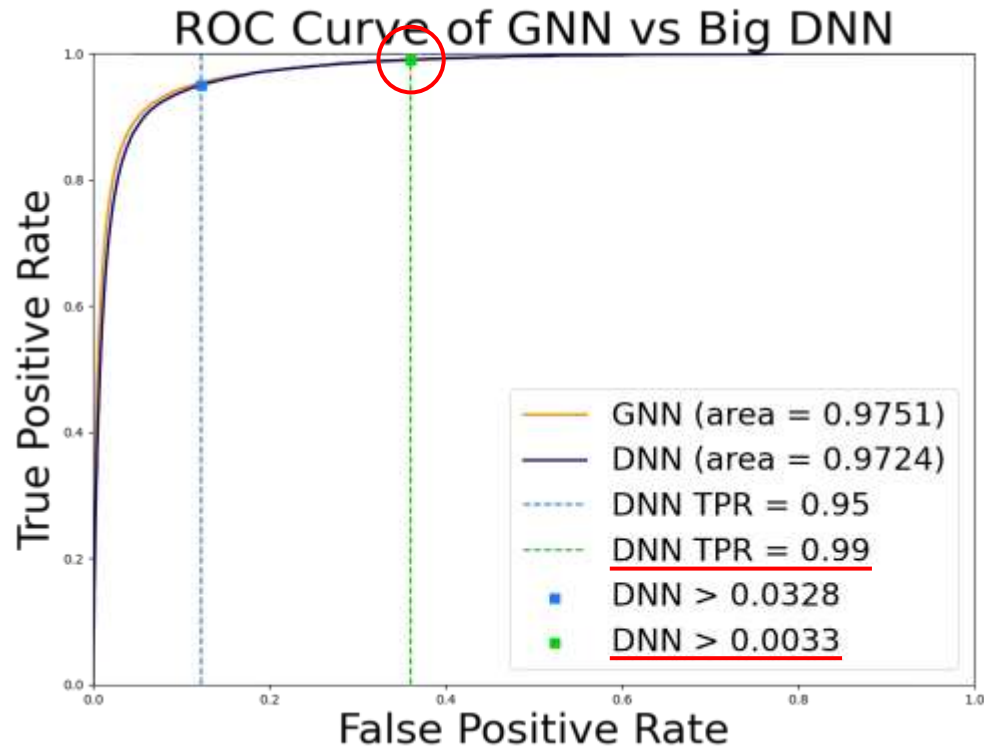
*Nota:* Los anillos delimitan la suma de **GNN ∩ DNN (57704)**, y la **GNN** y la **DNN**. El resultado anterior nos permite calcular **Fake GNN (78847)** y **Fake DNN (85248)**.

Predicciones de LS cuando TPR = 0.95

	<b>GNN &gt; X</b>	<b>DNN &gt; Y</b>	<b>GNN ∩ DNN</b>
<b>Real</b>	49628	49628	48966
<b>Fake</b>	<b>78847</b>	<b>85248</b>	<b>57704</b>
<b>Σ</b>	128475	134876	106670

*Nota:* **X**, **Y** son valores de corte que satisfacen TPR = 0.95 donde **X** = 0.0328, **Y** = 0.0385. **Σ** = **Real** + **Fake**. TPR: True Positive Rate (*Tasa de Falsos Positivos*). LS: Line Segments (*Segmentos de Línea*).

# Resultados



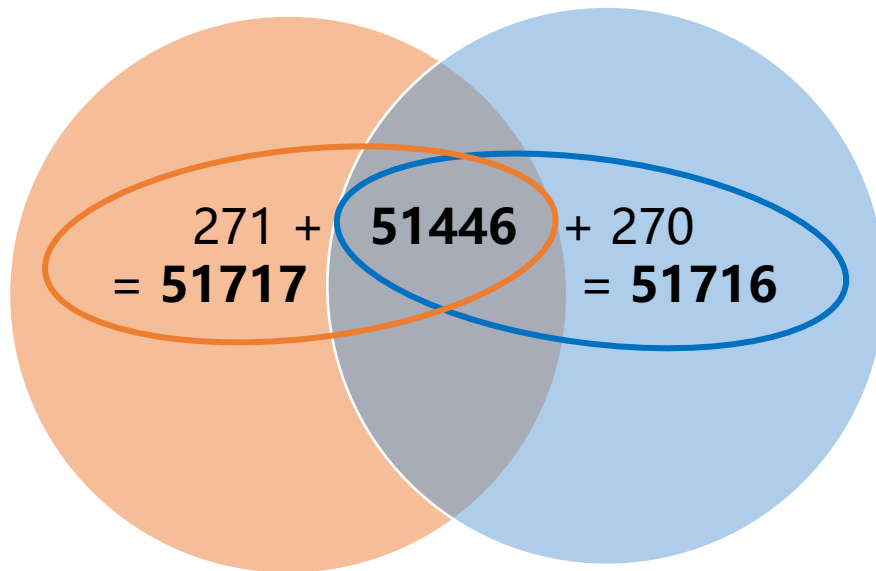
Predicciones de LS cuando TPR = 0.99

	<b>GNN &gt; X</b>	<b>DNN &gt; Y</b>	<b>GNN <math>\cap</math> DNN</b>
<b>Real</b>	51717	51716	51446
<b>Fake</b>	261839	250781	193761
<b><math>\Sigma</math></b>	313556	302497	245207

*Nota:* **X**, **Y** son valores de corte que satisfacen TPR = 0.99 donde **X** = 0.0033, **Y** = 0.0045.  **$\Sigma$**  = **Real** + **Fake**. TPR: True Positive Rate (*Tasa de Falsos Positivos*). LS: Line Segments (*Segmentos de Linea*).

# Resultados

Real LS con ID único cuando TPR = 0.99



*Nota:* Los anillos delimitan la suma de **GNN**  $\cap$  **DNN** (51446), y la **GNN** y la **DNN**. El resultado anterior nos permite calcular **Real GNN** (51717) y **Real DNN** (51716).

Predicciones de LS cuando TPR = 0.99

	<b>GNN &gt; X</b>	<b>DNN &gt; Y</b>	<b>GNN <math>\cap</math> DNN</b>
<b>Real</b>	51717	51716	51446
<b>Fake</b>	261839	250781	193761
<b><math>\Sigma</math></b>	313556	302497	245207

*Note:* **X**, **Y** son valores de corte que satisfacen TPR = 0.99 donde **X** = 0.0033, **Y** = 0.0045.  **$\Sigma$**  = **Real** + **Fake**. TPR: True Positive Rate (*Tasa de Falsos Positivos*). LS: Line Segments (*Segmentos de Línea*).

# Resultados

Fake LS con ID único cuando TPR = 0.99



*Note:* Los anillos delimitan la suma de **GNN ∩ DNN (193761)**, y la **GNN** y la **DNN**. El resultado anterior nos permite calcular **Fake GNN (261839)** y **Fake DNN (250781)**.

Predicciones de LS cuando TPR = 0.99

	<b>GNN &gt; X</b>	<b>DNN &gt; Y</b>	<b>GNN ∩ DNN</b>
<b>Real</b>	51717	51716	51446
<b>Fake</b>	261839	250781	193761
<b>Σ</b>	313556	302497	245207

*Note:* **X**, **Y** son valores de corte que satisfacen TPR = 0.99 donde **X** = 0.0033, **Y** = 0.0045. **Σ** = **Real** + **Fake**. TPR: True Positive Rate (*Tasa de Falsos Positivos*). LS: Line Segments (*Segmentos de Línea*).



# Conclusión

- **La Big DNN consigue un rendimiento similar a la GNN.**
- **Considerando la deuda técnica de los modelos comparados, la Big DNN es la mejor opción para clasificar LS.**
- **Se necesitan estudios posteriores para refutar nuestros resultados.**

# Agradecimientos

- Dra. Olivia. A. Graeve (Directora ENLACE 2023)
- Dr. Hector Arias (Coordinador ENLACE-ITT)
- Alexia Chavez, Diego Velazquez y Brandon A. Meza (Organizadores ENLACE-ITT y compañeros de ENLACE 2023)
- Solar Turbines Tijuana (Patrocinador de Beca ENLACE 2023)
- Dr. Frank Wuertwein (PI)
- Jonathan Guiang (Mentor)