

# REDES NEURONALES APLICADAS A LA PREDICCIÓN DE TRÁFICO EN REDES CONVERGENTES

Mag. Ing. Mario M. Figueroa de la Cruz, Dr. Ing. Pablo Cesar Rovarini  
Mag. Lic. Claudia I. Solorzano, Ing. Natalia Benitez, Ing. Hugo Ibarra

**Proyecto de I/D P042 UTN – FRT  
Rivadavia 1050 – S.M. de Tucumán (4000)**

mfiguero@gmail.com, provarini@gmail.com, hugo.l.ibarra@gmail.com, clausol2@yahoo.com.ar

## Introducción

El auge de las telecomunicaciones ha producido una transformación de las tecnologías de la información y de la comunicación, cuyo impacto ha afectado a todos los sectores de la sociedad [5]. Las redes convergentes [1], se han convertido tanto para empresas y organizaciones públicas o privadas en la manera más rápida, eficiente y segura de transmitir información, compartir aplicaciones, administrar recursos, intercambiar de datos entre usuarios internos; agilizan en un paso gigante al mundo, porque grandes cantidades de información se trasladan de un sitio a otro, siendo su función principal interconectar redes o equipos terminales que se encuentran ubicados a grandes distancias. Estos cambios en el escenario de las TI están activando individual y colectivamente, el crecimiento exponencial en el tráfico de los sitios. Las empresas tendrán que reaccionar a este crecimiento ya que si no se aumentan anchos de banda y se prioriza los nuevos tráficos, se encontrarán que las aplicaciones deberán competir por recursos congestionados [4].

Este proyecto de investigación busca desarrollar un modelo de sistema informático utilizando algoritmos de Inteligencia Artificial, específicamente las Redes Neuronales, para predecir el tráfico en las Redes Globales multiprotocolos.

## Líneas de Investigación: Diseño de Redes Convergentes

En el proceso de diseño de una red convergente [1] [3] o adaptación de una red existente [5] a los nuevos entornos se deben considerar varios factores donde el tráfico es el director de las diferentes opciones a considerar. En una primera aproximación se deben considerar lo siguiente:

- 1\_ Empezar a analizar la red WAN de la empresa o entidad, unificando en un mismo medio, voz, datos y video.
- 2\_ Adquisición de nuevas infraestructuras por crecimiento de nuevas necesidades, se realiza ya en un ambiente de una red convergente, adquiriendo teléfonos IP, switches preparados para telefonía IP con calidad de servicio (QoS), etc.
- 3\_ Sustitución tecnológica se va realizando en función de que el equipamiento está ya obsoleto o inservible.
- 4\_ Necesidades de seguridad en las conversaciones de voz y la transmisión de datos.
- 5\_ Reducción de pérdidas de información y conectividad que afectan los procesos productivos.
- 6\_ Justificación de costos basados en nuevas aplicaciones que aumentarán la productividad y rentabilidad de negocios y tareas administrativas.

## Resultados y Objetivos

En la elaboración de un modelo experimental para pruebas y diagnósticos [6] se deben considerar los siguientes pasos:

1. Realización del diseño de la estructura de red, teniendo en cuenta tanto su topología física como lógica.
2. Selección de Estadísticas de Tráfico. Se deben seleccionar las variables de tráfico de las cuales se desee generar datos, estas estadísticas permitirán conocer el desempeño de la red.
3. Simulación de la red de comunicación diseñada. Una vez definido el diseño, se procede a las respectivas simulaciones que imitarán el funcionamiento del modelo de red creado cuando evoluciona en el tiempo.
4. Recolección de estadísticas, datos del escenario de red: Coleccionar estadísticas que describan el comportamiento de la red de datos.
5. Construcción del modelo neuronal. Determinación de la arquitectura y los parámetros necesarios para obtener el modelo de predicción, entrenamiento, simulación.
6. Entrenamiento y Simulación del Modelo Neuronal óptimo adoptado.
7. Análisis, interpretación y evaluación de los resultados de Predicción. Interpretar y evaluar los resultados predictivos producidos por el modelo de RN.

### Diseño de Estructura de la Red

En el diseño de la estructura de red de datos se utilizó la herramienta Opnet Modeler [7] versión académica. Este simulador permite diseñar, construir y estudiar redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones de comunicaciones, con una gran flexibilidad para poder variar las características de cada elemento de la red.

### Recolección de Estadísticas del Tráfico de red

Antes de iniciar la simulación es necesario especificar las estadísticas que se quieren recopilar. La selección de las estadísticas se puede hacer de diferentes maneras, obtener resultados globales del escenario, resultados específicos de cada nodo, resultados de enlaces y resultados de demanda de tráfico. Los modelos de tráfico considerados son:

- Data Base
- Email
- Ftp
- Ethernet

- Http
- IP
- TCP
- Voice
- VPN

### Construcción del Modelo Neuronal

Las Redes Neuronales Artificiales [8] [9] [10] son modelos de predicción, que al igual que los indicadores técnicos, usan datos del pasado, pero con la ventaja de permitir incorporar la información de múltiples indicadores junto con información fundamental, explotando la ventaja de ser un modelo no paramétrico, y permitiendo inferir resultados futuros.

En la construcción de la Red Neuronal se utilizó la herramienta Nntool (Neural Network Toolbox) perteneciente a Matlab, modelando una red neuronal Backpropagation.

### Selección de variables

Determinar qué variables de entrada son importantes, en el pronóstico es un punto crítico [8] [9]. En este caso, el interés en la predicción involucra emplear como entradas datos técnicos en lugar de fundamentales por las características mismas de la investigación.

En este proyecto se definen tres variables de entrada:

- Tiempo: Tiempo transcurrido en segundos.
- Usuarios: cantidad de usuarios en la red.
- Ancho de banda: Cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período dado definido en bps.

### Conjuntos de entrenamiento y prueba

Del total de datos de la muestra se divide en dos conjuntos, llamados de **entrenamiento** y **prueba** [9] [10]. El conjunto de entrenamiento es el más grande y es utilizado por la red neuronal para aprender los patrones existentes en los datos. El conjunto de prueba, que varía del 10% al 30% del conjunto de entrenamiento se utiliza para evaluar la capacidad de generalización de una red ya entrenada. Se selecciona la red que se desempeña mejor de acuerdo al conjunto de prueba, con el menor número de errores. Algunas veces también se incluye un

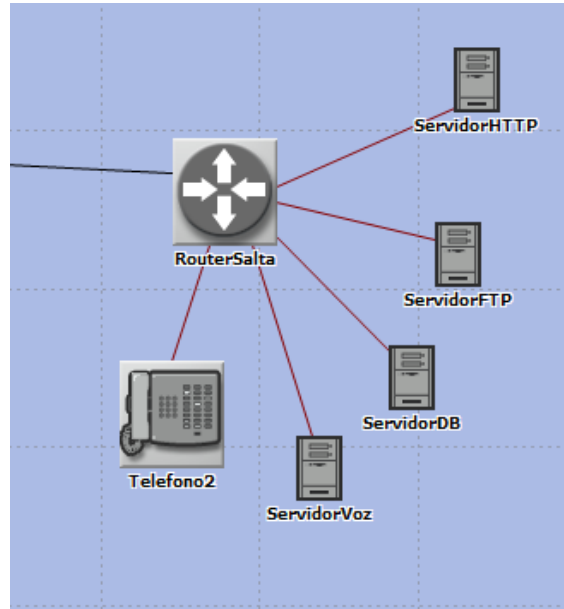
conjunto de validación el cual debe consistir de las observaciones más recientes.

El conjunto de prueba puede ser seleccionado ya sea aleatoriamente del conjunto de entrenamiento o consistir de un conjunto de observaciones ubicadas inmediatamente después del conjunto de entrenamiento.

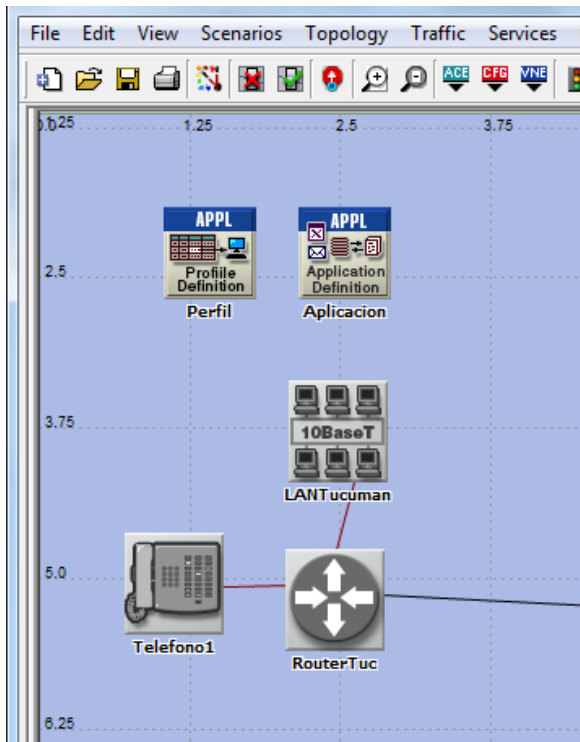
**Diseño de la red en Opnet Modeler**

Se define la red WAN entre las provincias de Salta y Tucumán en la Rep. Argentina.

La red de Tucumán está compuesta por una red LAN, teléfonos IP, y un router que se conecta a la red de Salta, mediante un enlace PPP DS1 (enlace punto a punto). La red de Salta contiene los servidores y teléfonos IP conectados a un router.

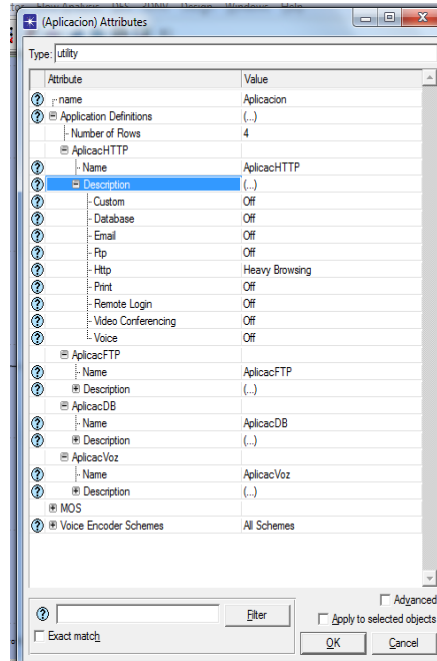


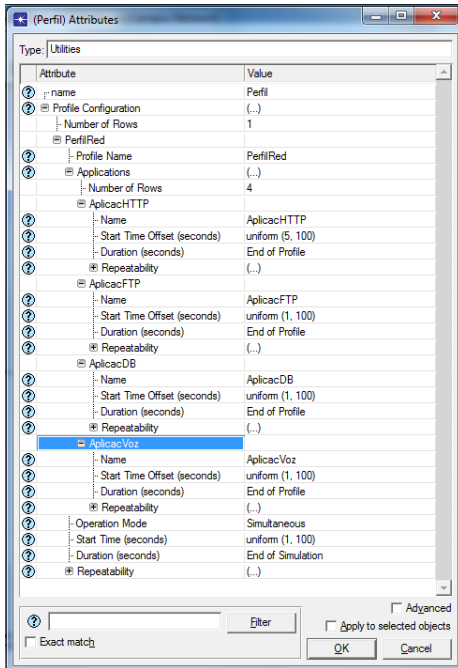
LAN Salta



LAN Tucumán

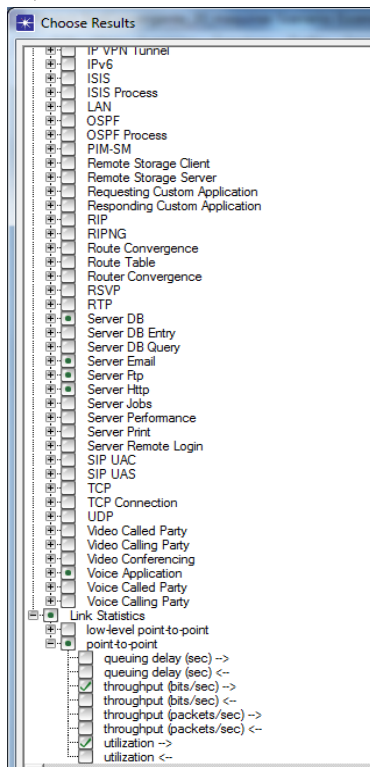
Los perfiles y aplicaciones fueron configurados para el tipo de tráfico http, ftp, base de datos y voz con una carga considerable:





### Selección de Estadísticas de Tráfico

Las estadísticas se eligieron por nodo, es decir tráfico enviado y recibido de los servidores (DB, HTTP, FTP).



### Recopilación de Estadísticas del Tráfico

Una vez terminada la simulación, Opnet Modeler muestra las estadísticas elegidas anteriormente, brindando un gráfico por cada estadística, los cuales servirán como entrada para el Modelo Neuronal, que para esta investigación las variables a considerar para conocer el nivel de tráfico que fluye a través de la red es mediante las estadísticas generadas por el servidor de base de datos, http y ftp.

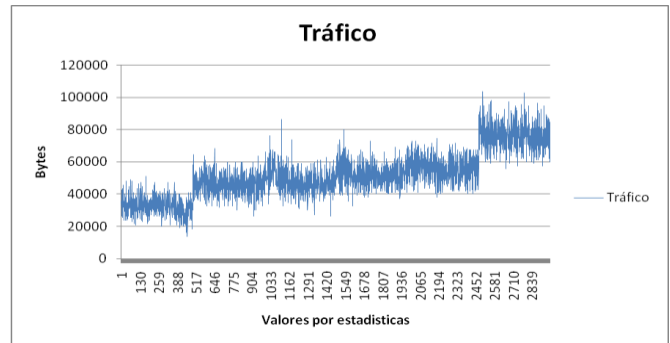


Gráfico correspondiente a seis redes simuladas

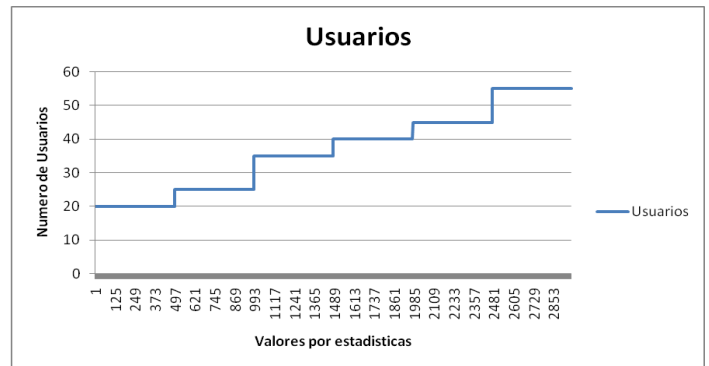


Gráfico que representa el aumento en el N° de Usuarios en la red adoptada

## Modelo Neuronal

Modelo de Red Neuronal propuesto [8] para la predicción del tráfico proyectado por el servidor de base de datos.

Red_DB_backpropagation	Capa1	Capa2	Capa3
Cantidad de Neuronas por capa	650	100	1
Función de transferencia	TANSIG	TANSIG	TANSIG
Función de entrenamiento	TRAINLM		

### Modelo Neuronal Red\_DB\_backpropagation

Modelo de Red Neuronal propuesto para la predicción del tráfico proyectado por el servidor de HTTP.

Red_http_backpropagation	Capa1	Capa2	Capa3
Cantidad de Neuronas por capa	750	50	1
Función de transferencia	TANSIG	TANSIG	TANSIG
Función de entrenamiento	TRAINLM		
Función de actualización de pesos	LEARNGDM		

### Modelo Neuronal Red\_HTTP\_backpropagation

Modelo de Red Neuronal propuesto para la predicción del tráfico proyectado por el servidor de FTP.

Red_ftp_backpropagation	Capa1	Capa2	Capa3
Cantidad de Neuronas por capa	900	75	1
Función de transferencia	TANSIG	TANSIG	TANSIG
Función de entrenamiento	TRAINLM		
Función de actualización de pesos	LEARNGDM		

### Modelo Neuronal Red\_FTP\_backpropagation

## Entrenamiento y simulación

Los datos exportados de cada una de las redes, obtenidos del Opnet Modeler poseen 500 valores, correspondientes a 5 horas (18000 segundos) de simulación o sea un valor estadístico cada 36 segundos por cada protocolo:

Por cada protocolo simulado se toman los datos arrojados por las redes diseñadas durante las primeras 3 horas de simulación, obteniéndose así el conjunto de datos de entrada para formar la matriz de entrenamiento, con 300 valores estadísticos por red, teniendo un total de 1200 valores para el entrenamiento de la red neuronal.

Los datos restantes serán utilizados solo para la comparación entre la predicción de la red neuronal

entrenada y los datos arrojados por el Opnet Modeler, para determinar la tendencia que seguirá la red en un tiempo  $t+1$ .

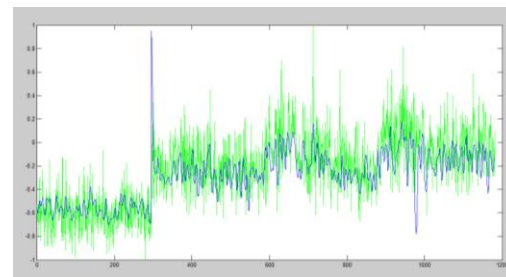
Luego se importan los datos definidos para el entrenamiento de la red, como una matriz al espacio de trabajo de *Matlab*, utilizándose esta herramienta matemática para la construcción de dicho Modelo y dar lugar a la predicción a la que se quiere llegar.

## Simulación

Una vez entrenadas las distintas redes se procede a simularlas con los mismos datos que se entrenaron para corroborar si fue capaz de aprender.

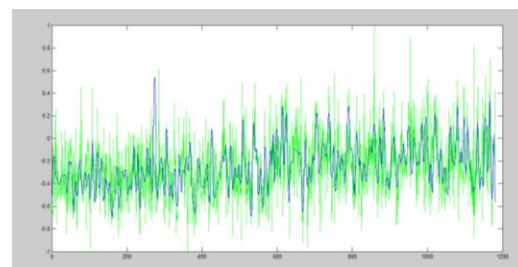
A continuación se muestran los gráficos correspondientes a las simulaciones de las redes neuronales.

### Simulación Servidor de base de datos



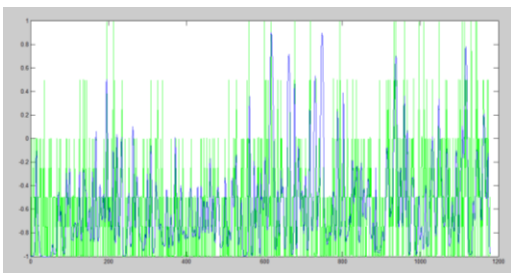
En color verde se destaca el tráfico generado por el simulador Opnet Modeler y en color azul el tráfico simulado por la red neuronal *Red\_DB\_backpropagation*

### Simulación Servidor HTTP



En color verde se destaca el tráfico generado por el simulador Opnet Modeler y en color azul el tráfico simulado por la red neuronal *Red\_HTTP\_backpropagation*

### Simulación Servidor FTP



En color **verde** se destaca el tráfico generado por el simulador Opnet Modeler y en color **azul** el tráfico simulado por la red neuronal *Red\_FTP\_backpropagation*

### Conclusiones

A través del desarrollo del modelo planteado se explora y verifica la capacidad de las Redes Neuronales Artificiales como instrumento de modelización y predicción, poniendo de relieve la superioridad de las mismas en el modelado de acontecimientos predecibles.

La utilización de RNA's como aproximación funcional asegura la capacidad de representación y adaptación del modelo de predicción. Estas características constituyen requisitos fundamentales para reproducir la complejidad de los procesos actuales y poder adaptarse a la continua evolución de los mismos.

### Formación de Recursos Humanos

Este trabajo de investigación forma parte del proyecto de investigación P042 del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación que se desarrolla en el ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán, y permitió generar las Tesinas de Grado de los Ingenieros Ibarra y Benitez durante el año 2011, y esta directamente relacionado a la Tesis de Doctor del Mag. Ing. Figueroa de la Cruz, actualmente en curso.

### Referencias

1. **Guides, Technical.** The converged network infrastructure: An introductory. 2001.
3. **Systems, Cisco.** Technical Considerations for Converging Data, Voice and Video Networks. 2001. [www.cisco.com](http://www.cisco.com).
4. **Figueroa de la Cruz, Mario.** Redes de Nueva Generación. 2011.
5. **Figueroa de la Cruz, Mario.** *Telefonía IP - Centrales Telefónicas Virtuales Capítulo 1.* s.l. : Hispano Americana S.A , 2011.
6. **Weiss, Gary M.** *Data mining in telecommunications.* s.l. : Department of Computer and Information Science, 2005.
7. **OPNET:** Manual de Usuario. 2004. [http://www.opnet.com/university\\_program/teaching\\_with\\_opnet/textbooks\\_and\\_materials/materials/OPNET\\_Modeler\\_Manual.pdf](http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/materials/OPNET_Modeler_Manual.pdf).
8. **Rumelhart, D.E. Hinton, G.E. y Williams, R.J.** *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition,* USA: MIT Press. 1986.
9. **SIMPSON., P.K.** *Artificial Neural Systems.* s.l. : Pergamon Press, 1989.
10. **Coakley, J. y Brown, C.** *“Artificial neural networks in accounting and finance: .* s.l. : International Journal on Intelligent Systems in Accounting, , 2000.