

# Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica  
ENERO/DICIEMBRE 2000 - VOLUMEN 10 - Nº 1 y 2





# ANÁLISIS DEL TRÁFICO DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE DATOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.

*Susan Chen M.<sup>1</sup>*

## Resumen

El trabajo básicamente analiza información del tráfico de un sector de la red de computadoras de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica, el cual constituye un primer análisis de este tipo que puede ayudar a los administradores de la red a tomar conciencia de la importancia de conocer el comportamiento de la carga de tráfico de una red para la toma de decisiones. Este sector de la red de computadoras comprende básicamente de 25 microcomputadoras, 3 servidores y otros dispositivos como impresoras. El estudio se hizo con información y estructura de la red en el mes de octubre de 1999, se hace esta aclaración por cuanto el diseño y la estructura de la red puede ser modificada en cualquier momento por los administradores de red. Además, el análisis se hace con base en los datos colectados, no se descarta que con otros datos pueda dar resultados diferentes, esto debido a que el tráfico de una red es altamente variable lo que hace muy difícil hacer una caracterización del mismo. Por lo tanto, la información suministrada debe ser tomada sólo como una referencia para cualquier otro estudio y no como resultados comprobados.

## Summary

The following work analyzes traffic information of a sector of the computer network at the Department of Electric Engineering of the University of Costa Rica. This constitutes the first analysis of this type, which can help network administrators to understand the importance of knowing how the load of traffic of a network behaves. This information can be useful in decision-making concerning the network. This sector of the computer network comprises 25 microcomputers, 3 servers and other devices such as printers. It is important to note that the study was based on data and network structure from October 1999 because the design and network structure can be modified at any moment by the network managers. Moreover, the analysis is based on the collected data and we cannot rule out that, with other set of data, the outcome could be different. A network traffic is highly variable, which makes it difficult to characterize it. Therefore, the information contained in this work should be viewed solely as a reference for other studies and not as confirmed results.

### 1. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (EIE)

El sistema de red analizados de la Escuela de Ingeniería Eléctrica (EIE) de la Universidad de Costa Rica se muestra en la figura No. 1.

La red de la EIE está formada por los siguientes componentes:

a. Un conmutador 3Com<sup>2</sup> con 4 salidas de 10X y 1 salida de 100X.

b. Dos concentradores<sup>3</sup> de 16 puertos conectados al conmutador en las salidas de 10X:

- Palm
- Cnet

c. Conectado del concentrador Palm que integra:

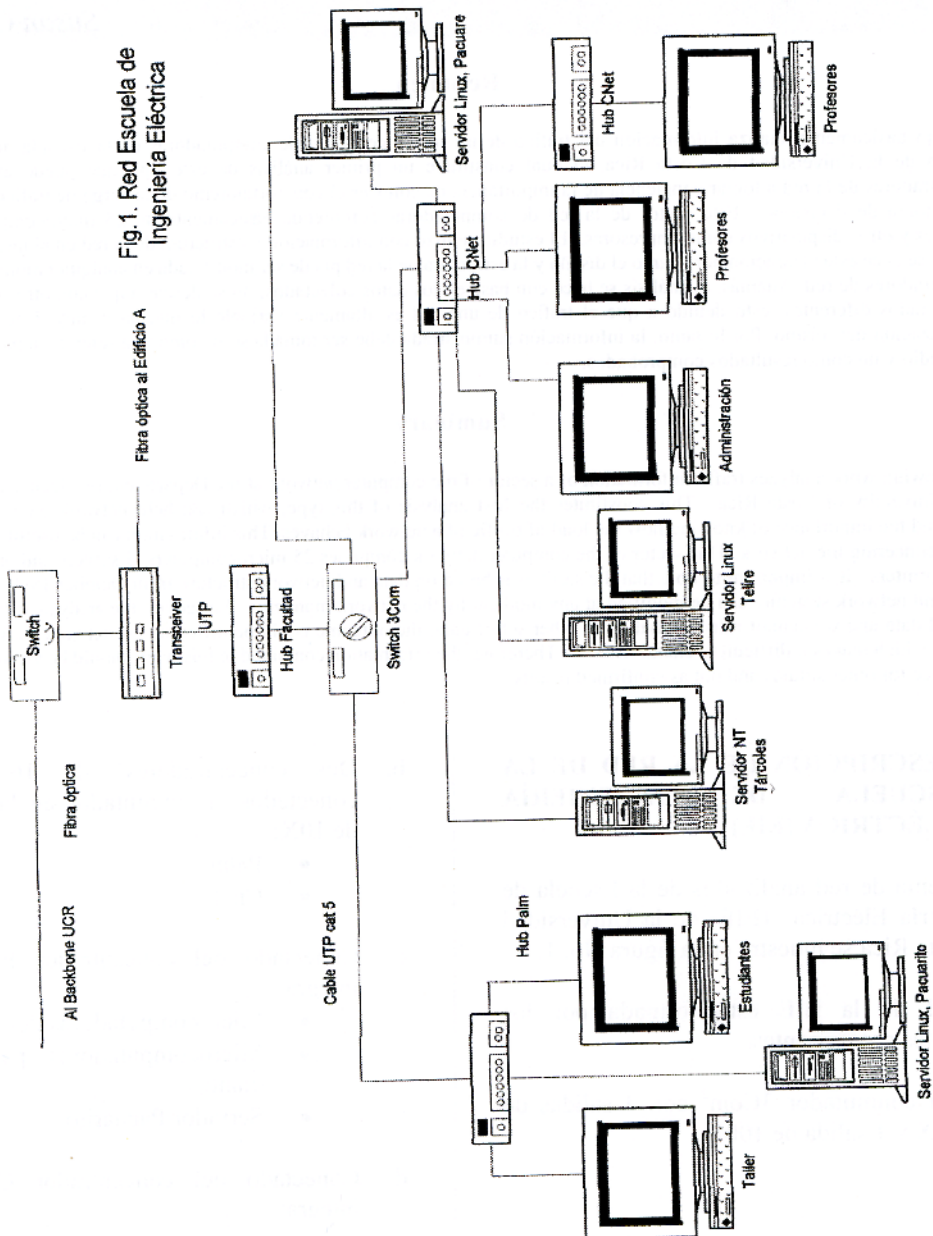
- Microcomputadoras del Taller
- Microcomputadoras para estudiantes
- Servidor Pacuarito

d. Conectado del concentrador Cnet que integra:

<sup>1</sup> M.Sc. en Telemática. Ing. Prof. Sede del Pacífico de la Univ. de Costa Rica.

- 1 servidor NT<sup>4</sup> de aplicaciones Internet: Pacuare<sup>5</sup>.
- 1 servidor: Telire
- 1 servidor: Tárcoles
- Microcomputadoras para profesores

- Microcomputadoras administrativas
- 1 concentrador de 8 puertos en cascada en el que están conectados más microcomputadores para profesores





El cableado es UTP categoría 5<sup>6</sup>.

El conmutador tiene conectado, además, en una de sus salidas 10X, un concentrador Fact de 16 puertos. Este concentrador está conectado con cable UTP al tranceptor del que sale la fibra óptica hacia el Edificio A de la Facultad de Ingeniería. La red de la EIE es una red Ethernet 10BaseT<sup>7</sup>.

### 3. EL PROGRAMA DE CAPTURA DE TRÁFICO

Para obtener medidas del comportamiento del tráfico, se utilizó el programa "Landecoder 3.2". La naturaleza "de difusión"<sup>8</sup> de un sistema Ethernet lo hace particularmente simple para coleccionar en forma pasiva las medidas, es decir, una estación individual puede sensar el estado del cable y, operando su interface en un modo promiscuo, puede recibir todos los paquetes<sup>9</sup> que pasan por él. Este programa obtiene las medidas utilizando esta técnica para capturar los paquetes que pasan por el cable<sup>10</sup>.

Se utilizó este programa para capturar el tráfico del sector de la red de la EIE en donde se encuentra los tres servidores (Pacuare, Tárcoles y Telire) y las estaciones de profesores y administrativos. Sin embargo, todo tráfico de los estudiantes para acceder información de los servidores mencionados también fue capturado por el sistema.

Utilizando este programa se extrajo datos del tráfico de la red de la EIE, incluyen:

- Información de cada trama: longitud, tiempo de llegada, tiempo transcurrido desde el último arribo.
- Información de protocolos de los diferentes niveles.
- Porcentaje de utilización de la red
- Tamaño promedio de trama
- Número de Colisiones<sup>11</sup>

Hay que hacer la observación aquí de que mucha de esta información es desplegada por el programa de captura de tráfico en tiempo real y no es almacenada en la memoria del computador para una posterior revisión, esto hizo que mucha de esta información fuera registrada manualmente, anotando, en ciertos instantes del tiempo, la información desplegada en pantalla.

### 4. ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL TRÁFICO DE LA RED EIE

Las aplicaciones que usa la red incluyen: transmisión de archivos a las impresoras, transferencias de archivos a los sistemas de almacenamiento local, programas especializados, correo electrónico y transferencia de archivos dentro de la red y fuera de ella.

Considerando que la carga de la red es similar en los días lunes, martes, jueves y viernes de la semana, se seleccionó el día viernes (8 de octubre de 1999) para capturar todas las tramas desde las 9:00 a.m. hasta las 5:00 p.m.

En condiciones de carga normal, y en un período de 8 horas que va de las 9:00 a.m. a las 5:00 p.m., la red EIE transporta cerca de 719,136 tramas, con un promedio de tamaño de trama de 624 bytes, dando un total de 448,740,864 bytes transportados. Durante este mismo período, la carga es más liviana en los días miércoles, sábado y domingo.

### 5. CANTIDAD DE TRAMAS POR MINUTO

Se seleccionó 1862 segundos al azar del período mencionado. Se analizaron los datos que corresponden al tiempo propuesto, con el fin de extraer información sobre la cantidad de tramas que arriban por segundo.

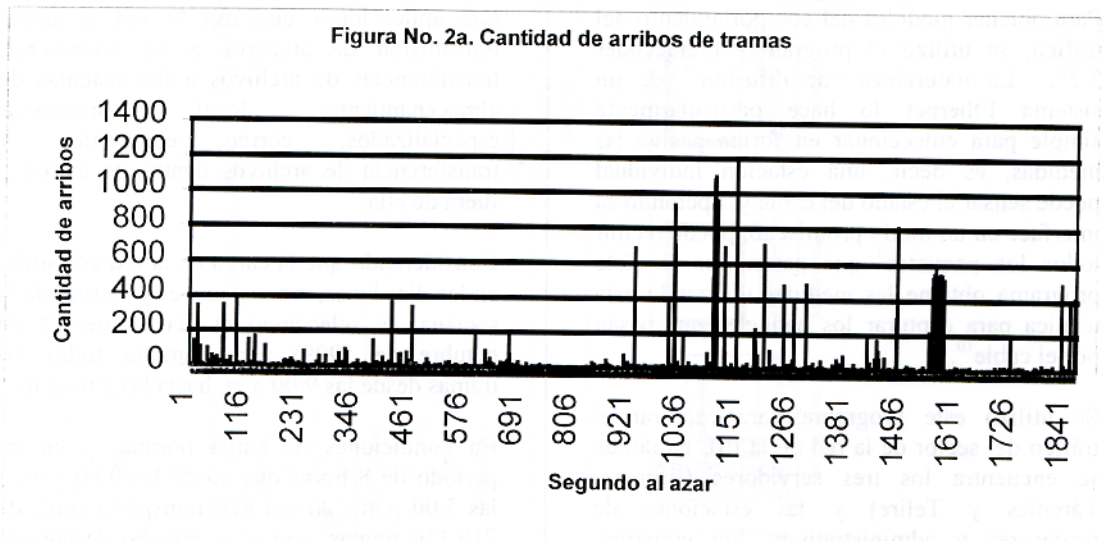
La figura No. 2a. muestra el gráfico de las cantidades de tramas arribadas por segundo del tiempo seleccionado. De esta muestra, el promedio de tramas arribadas por minuto es de 25. Del gráfico se puede observar que la



cantidad de tramas que arriban al canal por segundo es muy variable, esto es normal puesto que el tráfico de la red está afectado por una gran cantidad de factores, tales como: los servicios de la red, las horas pico de trabajo, y gran variedad de aplicaciones que corren en la red. Un estudio de Stuck (1983) lista dos docenas de servicios de una red local con sus cargas de datos picos.

También se puede observar en la figura, que el tráfico llega con un patrón por ráfaga, es decir,

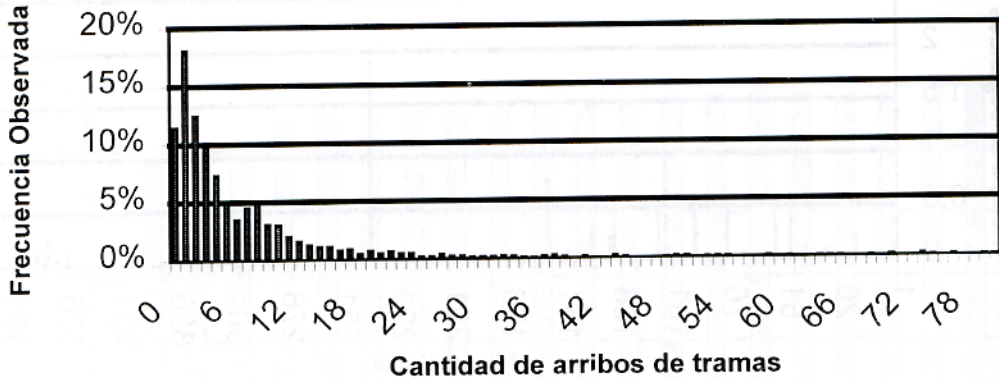
en ciertos minutos se aumenta la cantidad de tramas que llegan y luego vuelve a la normalidad. Este patrón muestra que los usuarios tienden a usar la red intermitentemente, con tiempos de arribos entre tramas en general mucho mayor que el tiempo de transmisión del usuario. De acuerdo con Hammond and O'Reilly (1988), este tipo de variación de la carga, el cual parece típico de la mayoría de los tráficos de redes de computadoras, es llamado "bursty".



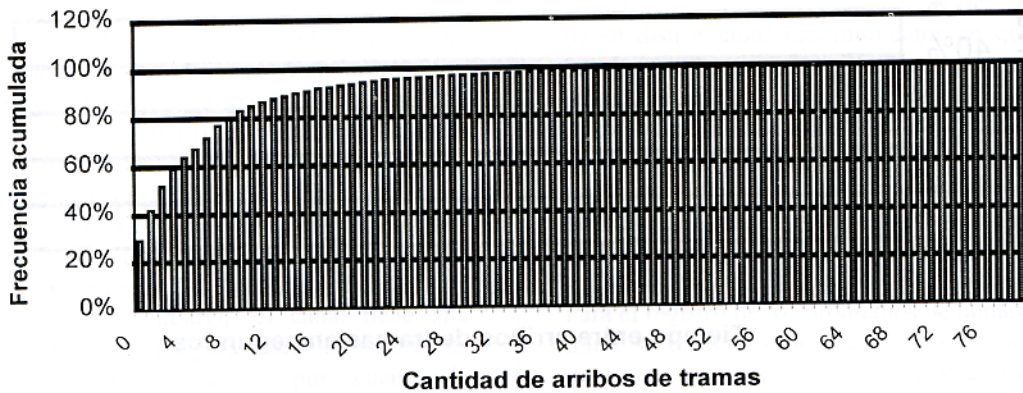
La figura No. 2b muestra la frecuencia de las cantidades de arribos de tramas al canal, eliminando los segundos en los que llegaron más de 80 arribos. Se puede observar de la figura que la mayor cantidad de segundos registran 0, 1, 2, 3, 4, 5 arribos o menos. La figura No. 2c. muestra la frecuencia acumulada, además se puede observar que el 60% de los segundos registran menos de 4 arribos y el 80% registran menos de 9 arribos por segundo. Esta información indica que son pocos los arribos que llegan al canal, lo que hace que la utilización de éste sea muy bajo, como se verá más adelante.



**Figura No. 2b. Frecuencia observada de arribos de tramas en intervalos de un segundo(eliminando colas)**



**Figura No. 2c. Distribución acumulada de cantidad de arribos de tramas en intervalos de un segundo (eliminando colas)**



## 6. TIEMPO ENTRE ARRIBOS DE TRAMAS

Para obtener el tiempo promedio entre arribos se sacó al azar 410 tramas para registrar su tiempo entre arribo con respecto a la trama que ingresó al canal inmediatamente anterior a la trama analizada. El promedio de tiempo entre arribo fue de 0.0293 segundos.

La figura No. 3a. muestra el gráfico de los tiempos entre arribo de las 410 tramas observadas.

Se puede observar del gráfico anterior que una gran cantidad de tiempos entre arribos son valores muy pequeños.



Figura No. 3a. Tiempo entre arribos de tramas, muestra completa

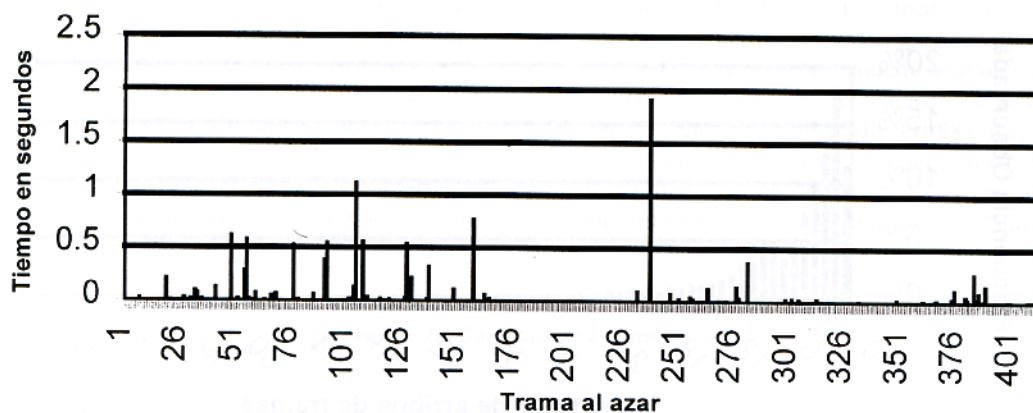
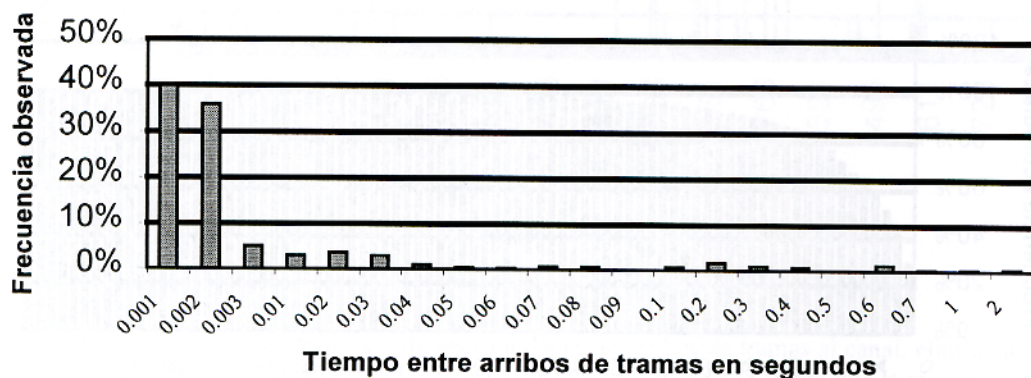


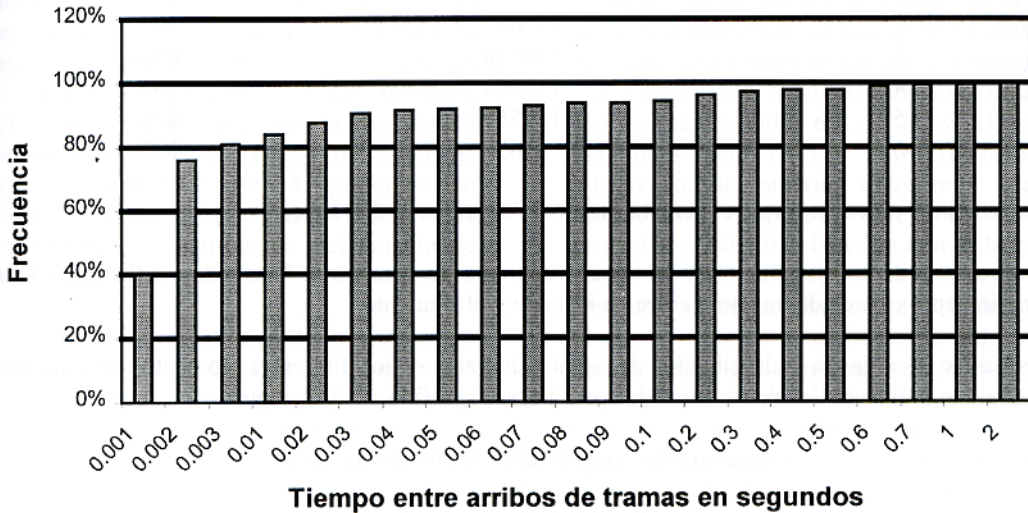
Figura No. 3b. Frecuencia Observada de tiempo entre arribos de tramas



La frecuencia de los tiempos entre arribos de tramas se muestra en la figura No. 3b. y su distribución acumulada en la figura No. 3c. Los datos utilizados para la graficación se agruparon en intervalos convenientes. En la figura No. 3b. las tres primeras barras corresponden a las frecuencias de tiempo entre arribos de 1, 2 y 3 milisegundos respectivamente. La figura No. 3c muestra que la mayoría de los tiempos entre arribos son valores menores a 0,002 segundos, constituyéndose el 76% del total de los tiempos entre arribos registrados, esto es, el 76% de las tramas son seguidas por la próxima trama dentro de menos de 2 milisegundos.



**Figura No. 3c. Frecuencia acumulada tiempo entre arribos de tramas**



El estudio de los tiempos entre arribos es importante porque a través de esta información se puede analizar el intervalo de tiempo que transcurre entre un arribo de paquete al canal y el siguiente, lo que permitiría analizar a su vez la intensidad de arribos de éstos al canal. Al tener la mayoría de los tiempos entre arribos valores muy pequeños, significa que están llegando paquetes al canal en forma muy seguida. Sin embargo, el canal tiene una capacidad muy alta para poder transmitir los paquetes que le llegan, por cuanto la utilización registrada, como se verá más adelante, es muy baja, a pesar que los tiempos entre arribos tengan valores de milisegundos.

## 7. TAMAÑO DE TRAMA

Durante varios momentos o instantes en el período de captura de tráfico, se hicieron mediciones del tamaño promedio de tramas y

de su distribución. Los momentos en que se observaron y registraron los valores promedios de tamaño de trama son diferentes a los de su distribución. Esto, debido a que el "software" de captura de tráfico arroja esta información en tiempo real y no la almacena para uso posterior. Por lo tanto, el registro de los datos observados se realizó en forma manual.

Para el registro de los promedios de tamaño de trama se registraron los valores dados en seis instantes de tiempo, que tenían una separación de aproximadamente una hora.

En el cuadro No.1 se muestra los promedios de tamaño de trama en los diferentes momentos en que se hizo la medición. El último momento registró un número bajo de tramas debido a que ese instante de tiempo estaba muy cercano a la hora límite del cierre del proceso de captura del tráfico.



Cuadro No.1 Tamaño promedio de trama

Momento	Total de tramas	Tamaño promedio de trama en bytes
1	140543	463
2	137652	392
3	136570	876
4	139900	590
5	129557	823
6	3165	327

Con estos datos obtenemos que el tamaño promedio de trama es 624 bytes.

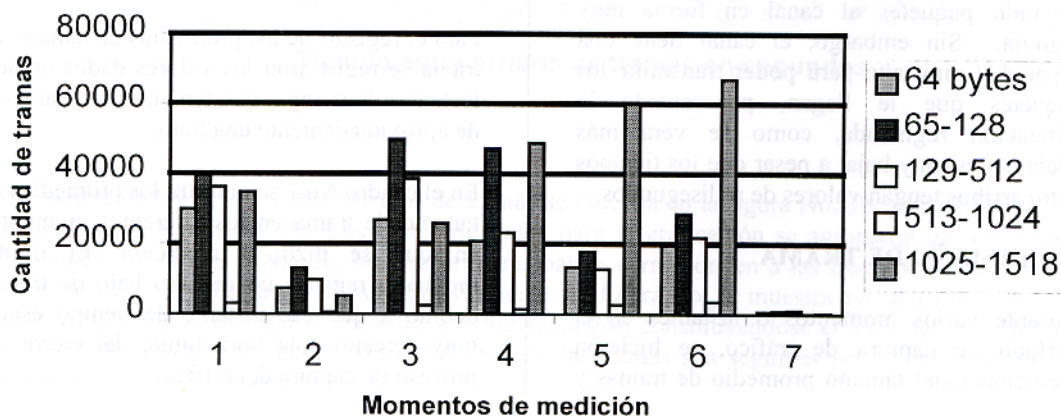
Para el registro de las distribuciones del tamaño de trama, se observaron 7 instantes de tiempo, con una separación aproximada de una hora entre un instante y el siguiente.

La figura No. 4 muestra la distribución de tamaño de trama en los diferentes momentos de medición y el cuadro No.2 muestra los datos utilizados para hacer el gráfico de dicha figura.

Cuadro No.2 Distribución de tamaño de trama

Tamaño	Cantidad de tramas						
	Momento 1	Momento 2	Momento 3	Momento 4	Momento 5	Momento 6	Momento 7
64	29934	7396	26703	20690	13402	19594	669
65-128	39382	13043	49810	47090	17871	28605	962
129-512	36108	9863	38459	23136	12987	21909	1015
513-1024	3116	610	2592	1404	2702	3681	195
1025-1518	34618	5358	25813	48688	59992	66848	377

Figura No. 4. Distribución del tamaño de trama





La longitud de las tramas enviados a través de la red generalmente refleja los tipos de aplicaciones que están corriendo. Las tramas enviadas a través del sistema "Ethernet" exhiben una distribución en dos extremos de la longitud de las presentadas en la muestra: la mayoría de las tramas son cortas, longitudes 65 y 128 (conteniendo tráfico terminal, "acknowledgments", etc.); pero la mayoría del volumen total es llevado en las tramas largas, longitudes entre 1025 y 1518 (que contienen tráfico de transferencia de archivo). Obsérvese la figura No. 4 Distribución del tamaño de trama.

Véase que el mayor número de tramas, en los diferentes momentos en que se tomaron los datos, tienen longitudes entre 65 y 128 o entre 1025 y 1518, a excepción del último momento.

Igualmente obsérvese el primer momento, las tramas entre 65 y 128 bytes llegan a 39,382 tramas; si suponemos que estas tienen el tamaño máximo en este rango, es decir, 128 bytes, daría un total de 5,040,896 bytes de información transportada.

Ahora obsérvese que las tramas de tamaño entre 1025 y 1518 bytes suman 34618, si suponemos que estas tienen el tamaño mínimo en este rango, es decir, 1025 bytes, lo cual

daría un total de 35,483,450 bytes de información transportada.

Finalmente véase el momento 2 del cuadro "Distribución de tamaño de trama", en el cual se ve una diferencia sustancial en la cantidad de tramas que corresponden a los tamaños 65-128 y 1025-1518. Se registraron 13043 tramas con longitudes entre 65 y 128, y 5358 con longitudes entre 1025 y 1518. Haciendo el mismo análisis anterior obtenemos que se transportan 1,669,504 bytes en tramas pequeñas y 5,491,950 bytes en tramas largas.

De estos cálculos, claramente se deduce que el mayor volumen de tráfico es llevado en las tramas largas, que a menudo contienen tráfico de transferencia de archivo. Esta conclusión permite conocer el tipo de tráfico que más carga genera a la red, indica también que el tráfico de "ack", controles, chequeos, no generan gran carga a la misma.

## 8. UTILIZACIÓN

El cuadro No.3 muestra el porcentaje máximo de utilización del canal registrado en los segundos anotados, del período comprendido entre las 9:18 AM a 5:02 PM del día viernes 8 de octubre 1999.

Cuadro No.3 Utilización por segundo, picos registrados.

Tiempo	Pico
9:20:44	51%
9:24:19	60%
9:34:42	69%
11:00:42	71%
11:18:07	30%
11:35:16	40%
12:53:33	76%
13:45:40	30%
13:46:42	94%
14:17:06	9%
14:22:56	10%
14:27:22	59%
14:40:19	90%
15:47:36	57%
17:01:40	21%



Las mediciones realizadas sobre el período de captura de tráfico indicaron que el mayor volumen total del tráfico sólo representa un modesto uso de la red que va del 0% al 5%, (obsérvese el gráfico No. 18b.) Durante períodos más cortos, la máxima utilización en el segundo más ocupado del período comprendido entre las 9:18 a.m. y 5:02 p.m., fue de 94% de utilización de la red, registrado en el segundo 13:46:42. En este momento, se registraron 1162 paquetes por segundo, para un total de 1176174 bytes transportados.

La figura No. 5a. muestra la utilización de la red por minuto, durante el período de captura de tráfico. De esta figura se puede observar que la utilización de la red por minuto es muy

baja, el porcentaje de utilización varía del 0% al 86,5%. La figura No. 5b. muestra el mismo gráfico pero con un detalle mayor en el eje "y" de los valores hasta el 10% de utilización. La figura No. 5c. muestra que en el 77% de los minutos la utilización de la red es del 0%, y el 12% de ellos registran una utilización del 1%. En la figura No. 5d. se puede observar la frecuencia acumulada del porcentaje de utilización de la red por minuto, se observa que el 89% de los minutos registra un porcentaje de utilización menor al 1%, y el 92% de los minutos registra porcentajes de utilización menor al 2%. Prácticamente se puede decir que la mayor parte del tiempo pasa el canal desocupado.

Figura No. 5a. % Utilización del canal por minuto

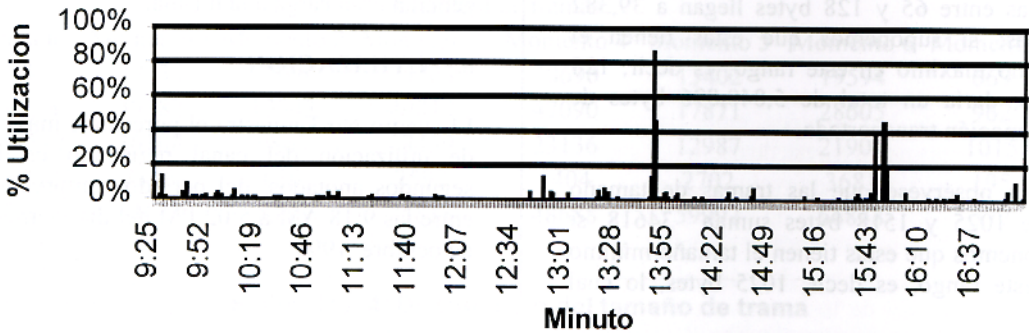


Figura No. 5b. % Utilización del canal por minuto (sólo utilización menor al 10%)

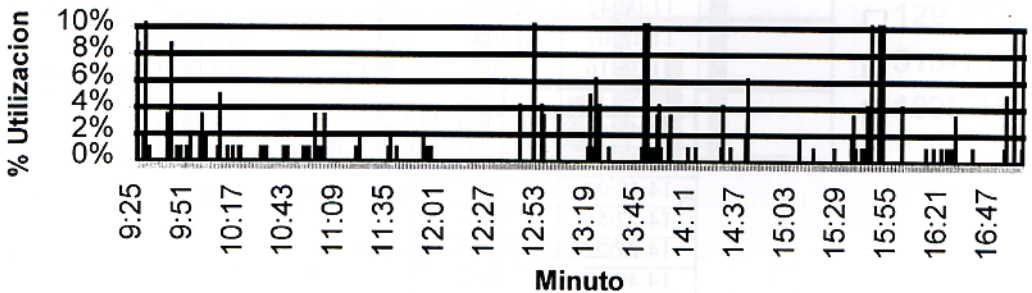


Figura No. 5c. Frecuencia de utilización

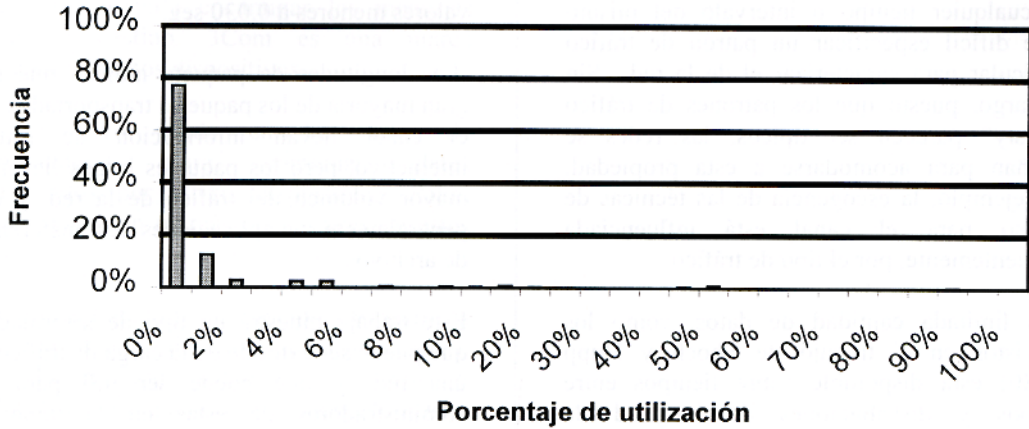
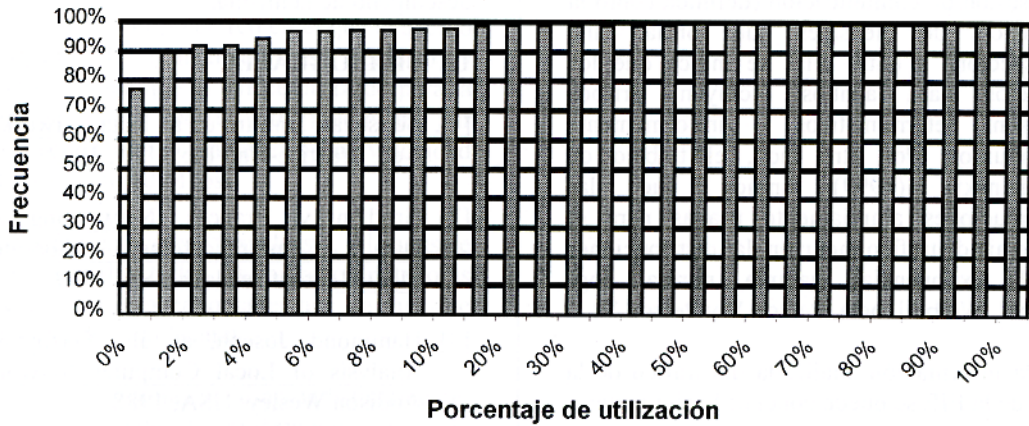


Figura No. 5d. Frecuencia Acumulada de Utilización



En condiciones de carga normal, y en un período de 8 horas que va de las 9:18 AM a las 5:02 PM., el sector de la red EIE analizado transporta cerca de 719136 paquetes. Cabe también mencionar que durante la captura del tráfico utilizando el Landecoder 3.2, no se registró ninguna colisión, lo que también

corroborra el hecho de que este sector de la red tiene una utilización muy baja. Una gran porción del tráfico actual consiste de transacciones de solicitud/respuesta con los servidores y tráfico Internet de correo electrónico y transferencia de archivos, así como el tráfico "broadcast".



## 9. CONCLUSIONES

La extrema variabilidad de la carga de tráfico en cualquier tiempo o intervalo del mismo hace difícil especificar un patrón de tráfico particular para caracterizar el de la red. Sin embargo, puesto que los patrones de tráfico "bursty" parecen ser típicos, las redes se diseñan para acomodarse a esta propiedad. Por ejemplo, la escogencia de las técnicas de acceso para el canal está influenciada frecuentemente, por el tipo de tráfico.

Una limitada cantidad de datos, como los provistos en el trabajo de Shoch y Hupp (1980) está disponible sobre tiempos entre arribos y distribuciones de longitud de paquetes, pero tales datos al igual que los provistos en este trabajo son para redes determinadas que conectan dispositivos particulares y no necesariamente su aplicación es general. En el trabajo de Bertsekas y Gallager (1992) se lista las características de una sesión de comunicación (definida como la secuencia de mensajes que forman una transacción) y entre ellas se indica que los modelos para arribos incluyen: arribos Poisson, determinísticos y uniformemente distribuidos. Por otro lado, el trabajo de Grodzinsky (1999) indica que las distribuciones ampliamente usadas para el modelaje de tráfico incluyen las distribuciones de la exponencial, gamma, normal, log-normal, Weibull, beta, Person V y Person VI.

De la información analizada del tráfico de la Red de la EIE se puede concluir lo siguiente:

-La utilización del sector de la red analizada es muy baja, esto hace que la red pueda soportar un buen incremento del número de aplicaciones que se corren actualmente así como, el número de usuarios, sin que se haga notable la degradación en el desempeño.

-El período entre arribos indica que la mayoría del tiempo entre uno y otro arribo corresponden a los valores inferiores a 0.030 segundos. Y si se toma el promedio de arribos de paquetes de la muestra tomada al azar,

resulta en un tiempo promedio entre arribos de 0.0293 seg. lo cual corrobora el hecho de que la mayoría de los tiempos entre arribos son valores menores a 0.030 seg.

-Las longitudes de paquete indican que una gran mayoría de los paquetes transportados por el canal llevan información de tráfico interactivo, pero los paquetes largos llevan el mayor volumen del tráfico de la red, y que generalmente son aplicaciones de transferencia de archivos.

Este trabajo muestra un tipo de información que puede ser extraída de la carga de tráfico de una red, y que puede ser útil para los administradores de éstas en la toma de decisiones sobre diseño y planeación de red. Además pueden usarse los resultados obtenidos como referencia para crear modelos de simulación y llevar a cabo un análisis más detallado y predicciones sobre el comportamiento de la red para mejorar el desempeño de la misma.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Bertsekas, Dimitri, et. al. Data Networks. 2 ed. Prentice-Hall Inc: USA, 1992.
- [2]. Grodzinsky, Frances. Networking and Data Communications Laboratory Manual. Prentice Hall: USA, 1999.
- [3]. Hammond, Joseph, et. al. Performance Analysis of Local Computer Networks. Addison Wesley: USA, 1988.
- [4]. Stuck, B. Which Local Net Bus Access is Most Sensitive to Traffic Congestion?. Data Communications. January 1983: 107-120.
- [5]. Shoch, J.F., et. al. Measured Performance of an Ethernet Local Network. Communications of the ACM. Vol 23, No.22 (December 1980): 711-720.
- [6]. Triticom. Landecoder Protocol Analyzers, User Guide. Triticom. USA. 1997.

## 11. NOTAS Y REFERENCIAS

<sup>2</sup> Dispositivo usado en las redes de computadores para encaminar los mensajes hacia su destino. 3Com es una marca comercial de estos dispositivos.

<sup>3</sup> Dispositivo usado en las redes de computadores para combinar datos transmitidos por varios dispositivos. Palm, Cnet y Fact son marcas comerciales de estos dispositivos.

<sup>4</sup> Microcomputadora con funciones específicas de administración de información para la red. NT, Linux son sistemas operativos y ambientes en los que estos servidores trabajan.

<sup>5</sup> Pacuare, Tárcoles y Telire son nombres asignados a los servidores.

<sup>6</sup> Tipo de cable utilizado en las redes de computadoras.

<sup>7</sup> Ethernet es un tipo de red en el que el acceso al medio de transmisión es aleatorio y 10BaseT indica que el enlace utilizado para la conexión de la red es por medio de par trenzado (un tipo de cable) con una velocidad de transmisión 10 Mbps.

<sup>8</sup> Difusión, en inglés "broadcast". El mensaje llega al canal y todas las microcomputadoras conectadas a él pueden saber que un mensaje está viajando por el canal.

<sup>9</sup> Paquetes o tramas se usan indistintamente. Los mensajes antes de enviarse por el canal de transmisión, son divididos en paquetes. La estación intenta colocar el paquete en el canal cuando sensa el canal y lo encuentra desocupado.

<sup>10</sup> En Triticom (1990) puede encontrar mayor información sobre Landecoder 3.2.

<sup>11</sup> Cuando dos estaciones colocan su paquete en el canal al mismo tiempo ocurre una colisión.