CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE PRESTACIONES

6.1. PRUEBAS CON WINDUMP

Para la captura de datos sobre los valores reales obtenidos, tanto en tamaños como en tiempos, se empleó un programa llamado *windump* [Windump'01]. Se trata de un programa monitor (*sniffer*) que permite observar el tráfico que circula por un segmento de red *Ethernet* desde un *host* conectado a dicho segmento. *Windump* debe estar ejecutándose en ese segmento para tener acceso a la información de interés.

El programa posee una serie de opciones que permiten al usuario decidir qué datos desea ver acerca del tráfico capturado y en qué formato. Por ejemplo, se puede elegir el tráfico perteneciente a un determinado protocolo, o el dirigido a (o procedente de) un *host* concreto, o el transferido a través de un determinado puerto. Este programa, diseñado para sistemas de tipo *Win32*, posee la misma funcionalidad que uno de los más populares *sniffers* que se conocen, llamado *tcpdump*, sólo disponible para entornos Unix.

6.2. PRUEBAS DE LOS GENERADORES

En todos los simuladores desarrollados se han utilizado las mismas funciones generadoras para obtener los valores que se iban a dar a cada parámetro en cada momento. Para la realización de estas pruebas se tomó como generador el modelo de vídeo y se propuso que generase fotogramas de tamaño acorde con cada una de las distribuciones.

Una vez finalizada cada simulación, se tomaban las muestras capturadas con el programa *windump* y se introducían convenientemente formateadas en una serie de rutinas programadas en Matlab, proporcionadas por el tutor del proyecto, para visualizar las funciones de densidad de probabilidad obtenidas y poder compararlas con las solicitadas.

A continuación, pasamos a describir la naturaleza de las distribuciones de probabilidad empleadas y los resultados obtenidos para cada una de ellas.

6.2.1. DISTRIBUCIÓN DETERMINISTA

La función densidad de probabilidad (*fddp*) determinista viene definida por la siguiente expresión:

$$f(x) = d(x - a) \tag{6.1}$$

donde a es un número real cualquiera.

En las pruebas realizadas se constató que todas las realizaciones arrojaban el valor solicitado, demostrando el correcto funcionamiento de este generador.

En este caso, resulta inmediato comprobar que la media y desviación típica correspondientes a este modelo son:

$$m = a; \qquad s = 0 \tag{6.2}$$

6.2.2. DISTRIBUCIÓN NORMAL

La *fddp* de tipo normal viene definida por la expresión:

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \cdot \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{2s^2}\right] \tag{6.3}$$

siendo la media m un número real cualquiera, y la desviación típica s un número real tal que $s > 0$.

En la siguiente figura (6.1) se puede observar la función de densidad de probabilidad estadística obtenida frente a la función ideal. A continuación se muestran los valores obtenidos junto a los solicitados:

	Solicitado	Obtenido
Media (bytes)	400	400.92
Desviación típica (bytes)	150	149.22

Tabla 6.1. Datos solicitados y obtenidos con la Distribución Normal

- Número de muestras ≈ 100000.

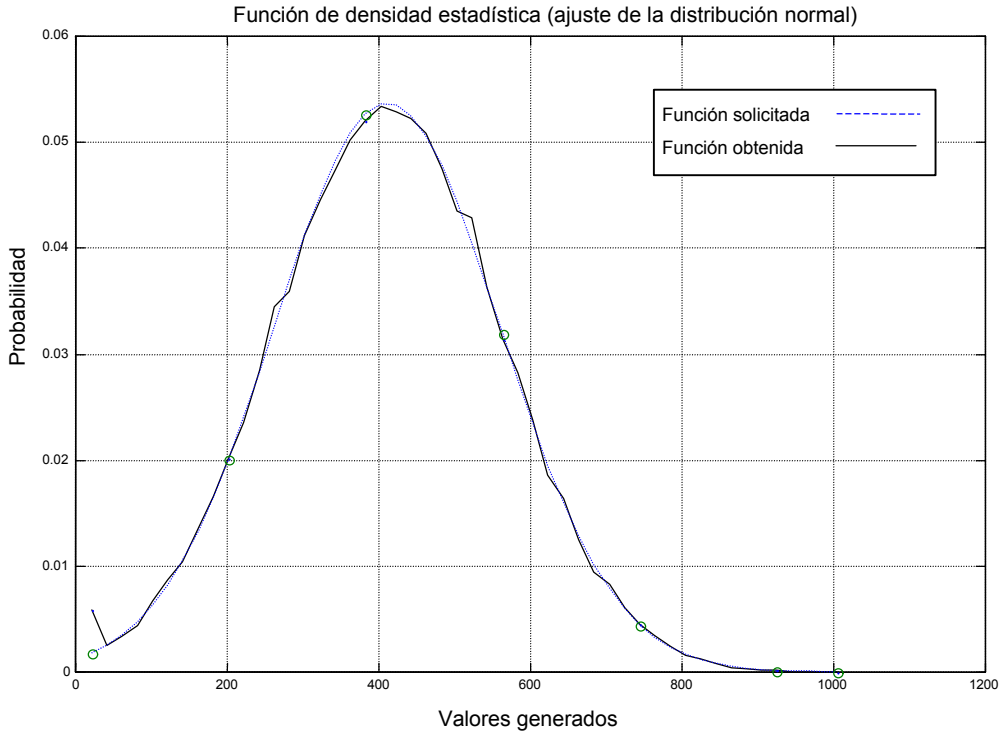

Figura 6.1. Distribución Normal

En la figura se muestra cómo se ajusta la función obtenida (línea continua) a la función ideal (línea discontinua). Se puede observar cómo la curva real presenta un valor más elevado de lo normal en la abscisa 1. Esto se debe a que los valores menores o iguales a 1 se truncan deliberadamente a 1, con lo cual se acumula en este punto el área de todos los puntos que quedarían a su izquierda.

6.2.3. DISTRIBUCIÓN LOGARÍTMICO-NORMAL

La *fddp* de tipo logarítmico-normal (o lognormal) está definida por la expresión:

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{x\sqrt{2p\,s_Y^2}} \cdot \exp\left[-\dfrac{\left[\ln(x) - m_Y\right]^2}{2s_Y^2}\right], & x > 0 \\ 0, & x \le 0 \end{cases} \tag{6.4}$$

siendo m_Y y s_Y la media y desviación típica, respectivamente, de la distribución normal a partir de la cual se obtiene, mediante exponenciación, la distribución lognormal. Ambos parámetros, se pueden calcular a partir de la media ($m > 0$) y desviación típica ($s > 0$) deseadas de la siguiente forma:

$$m_Y = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{m^4}{m^2 + s^2}\right) \tag{6.5}$$

$$s_Y = \sqrt{\ln\left(1 + \frac{s^2}{m^2}\right)} \tag{6.6}$$

En la siguiente figura (6.2) se puede observar la función de densidad de probabilidad estadística obtenida frente a la función ideal. A continuación se muestran los valores obtenidos junto a los solicitados:

	Solicitado	Obtenido
Media (bytes)	400	399.84
Desviación típica (bytes)	150	150.05

Tabla 6.2. Datos solicitados y obtenidos con la Distribución Log-normal

- Número de muestras ≈ 100000.

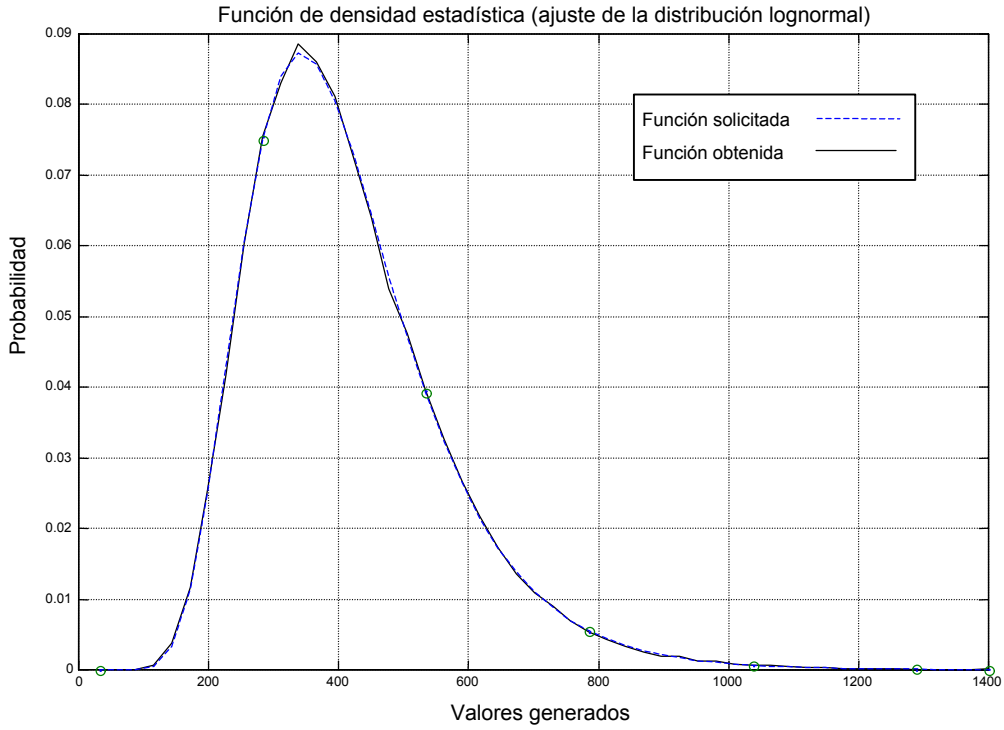

Figura 6.2. Distribución Log-normal

Podemos observar cómo el perfil de la curva obtenida (línea continua) y el de la función analítica (línea discontinua) son prácticamente indistinguibles.

6.2.4. DISTRIBUCIÓN EXPONENCIAL

La distribución exponencial tiene una *fddp* que responde a la siguiente expresión:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{m} \cdot \exp\left(-\frac{x}{m}\right), & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \tag{6.7}$$

siendo la media m un número real, tal que $m > 0$.

En el caso de una variable aleatoria con distribución exponencial, la desviación típica σ coincide con la media, m.

En la siguiente figura (6.3) se puede observar la función de densidad de probabilidad estadística obtenida frente a la función ideal. A continuación se muestran los valores obtenidos junto a los solicitados:

	Solicitado	Obtenido
Media (bytes)	100	99.70
Desviación típica (bytes)	100	99.48

Tabla 6.3. Datos solicitados y obtenidos con la Distribución Exponencial

- Número de muestras ≈ 100000.

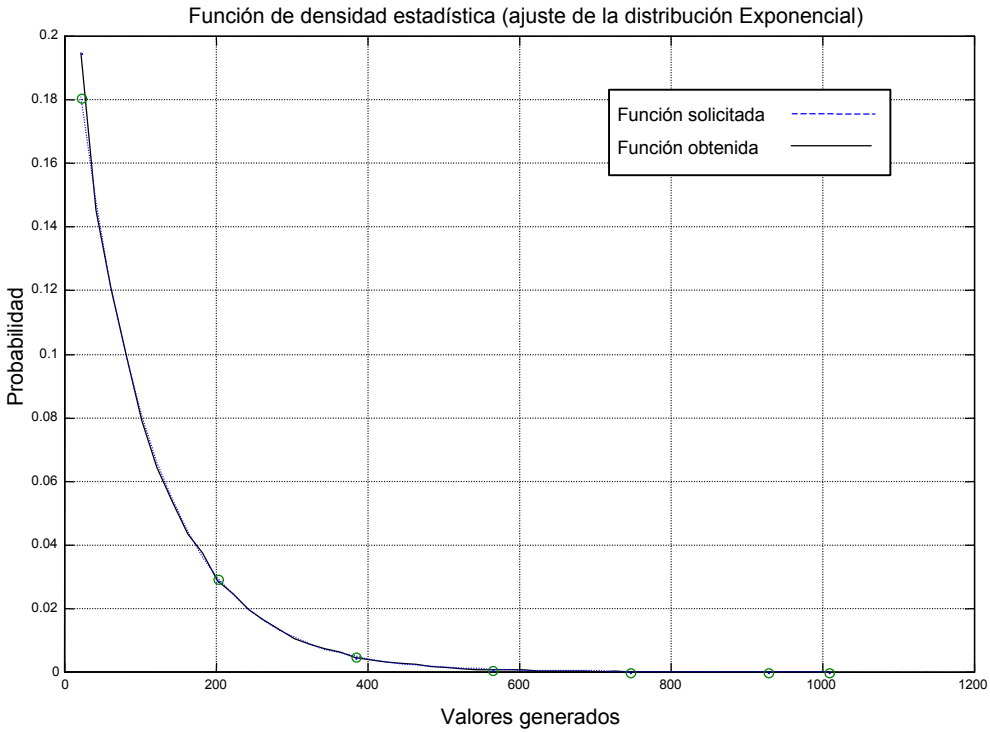

Figura 6.3. Distribución Exponencial

En este caso, y para la representación en escala lineal ofrecida, la curva obtenida y la función analítica son virtualmente indistinguibles.

6.2.5. DISTRIBUCIÓN GAMMA

La *fddp* de tipo gamma viene dada por la expresión:

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{\Gamma(a) \cdot b^{a}} \cdot \exp\left(-\dfrac{x}{b}\right) \cdot x^{a-1}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \tag{6.8}$$

donde

$$\Gamma(a) = \int_{0}^{\infty} y^{a-1} \cdot \exp(-y) \cdot dy \tag{6.9}$$

cumpliéndose para α entero que:

$$\Gamma(a) = (a-1)! \tag{6.10}$$

El parámetro a es el factor de forma y el parámetro b el factor de escala, ambos tales que $a > 0$ y $b > 0$. Éstos se pueden calcular a partir de la media ($m > 0$) y desviación típica ($s > 0$) deseadas de la siguiente forma:

$$a = \frac{m^2}{s^2}; \qquad b = \frac{s^2}{m} \tag{6.11}$$

En la siguiente figura (6.4) se puede observar la función de densidad de probabilidad estadística obtenida frente a la función ideal. A continuación se muestran los valores obtenidos junto a los solicitados:

	Solicitado	Obtenido
Media (bytes)	300	299.51
Desviación típica (bytes)	100	100.21

Tabla 6.4. Datos solicitados y obtenidos con la Distribución Gamma

- Número de muestras ≈ 100000.

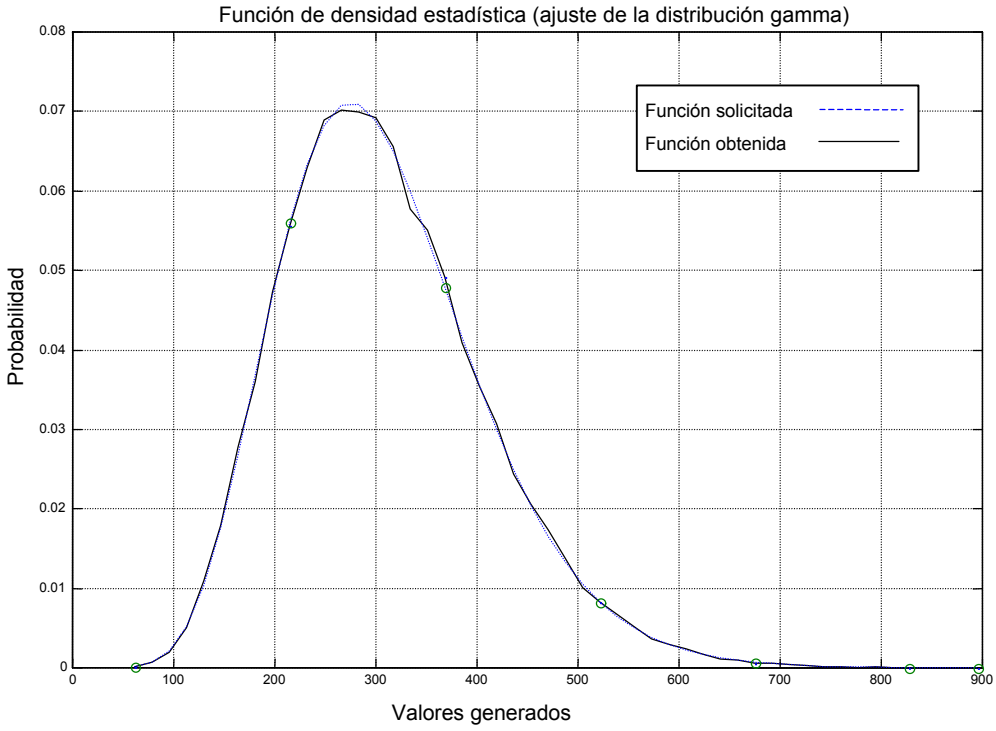

Figura 6.4. Distribución Gamma

En este caso, también se puede constatar el gran parecido entre la curva obtenida (línea continua) y la ideal (línea discontinua).

6.2.6. DISTRIBUCIÓN DE PARETO DE MÍNIMO NULO

La función de distribución de Pareto de mínimo nulo viene dada por la siguiente expresión:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left(\dfrac{b+x}{b}\right)^{-a}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \tag{6.12}$$

donde a representa la caída hiperbólica de la distribución, mientras que el parámetro b se puede ajustar a partir de la media m deseada:

$$b = m \cdot (a - 1) \tag{6.13}$$

siendo m y a números reales, tales que $m > 0$ y $a > 1$. La restricción hecha sobre el parámetro a asegura que la media m sea finita. En este sentido, el parámetro a determina el grado de subexponencialidad de la distribución, de tal forma que si se cumple que $0<a\leq 1$ todos los momentos son infinitos y si $1<a \leq 2$ la varianza es infinita en tanto que la media es finita. Para $a > 2$, la media y la varianza son finitas, y se puede ajustar el valor de a a partir de la varianza s^2 deseada según la expresión:

$$a = \frac{2s^2}{s^2 - m^2} \tag{6.14}$$

Para $a > 2$, la desviación típica s de una variable aleatoria con distribución de Pareto de mínimo nulo se puede deducir de la ecuación 6.14:

$$s = m \cdot \sqrt{\frac{a}{a-2}} \tag{6.15}$$

La implementación de este modelo tiene dos versiones, una truncada y otra sin truncar. Ambas son idénticas con la diferencia de que en la truncada no se dan valores mayores que un máximo determinado. En este caso, la función distribución es de la siguiente forma:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1 - \left(\dfrac{b+x}{b}\right)^{-a}, & 0 \leq x < z \\ 1, & x > z \end{cases} \tag{6.16}$$

donde z es un número real positivo, que determina el citado valor máximo. Los parámetros m y a especificados en el interfaz de usuario se refieren a la distribución de Pareto sin truncar, por lo que, en realidad, la media de los valores generados va a ser inferior a la especificada. En este sentido, cuanto mayor sea z, menor diferencia habrá entre la media solicitada y la media de los valores generados. Con la desviación típica ocurre algo similar. Si el parámetro máximo tiene un valor pequeño, muchos de los valores generados serán truncados a su valor z, y por lo tanto, la desviación típica respecto de la media será menor de la que se obtendría con la distribución de Pareto sin truncar.

En la siguiente figura (6.5) se puede observar la función de distribución estadística obtenida frente a la ideal en escala logarítmica. El valor de a se midió sobre la señal real mediante una regresión de mínimos cuadrados. A continuación se muestran los valores obtenidos junto a los solicitados:

	Solicitado	Obtenido
Media (msec.)	5	4.92
Alfa (msec.)	1.5	1.54

Tabla 6.5. Datos solicitados y obtenidos con la Distribución de Pareto de Mínimo Nulo

- Número de muestras ≈ 100000.

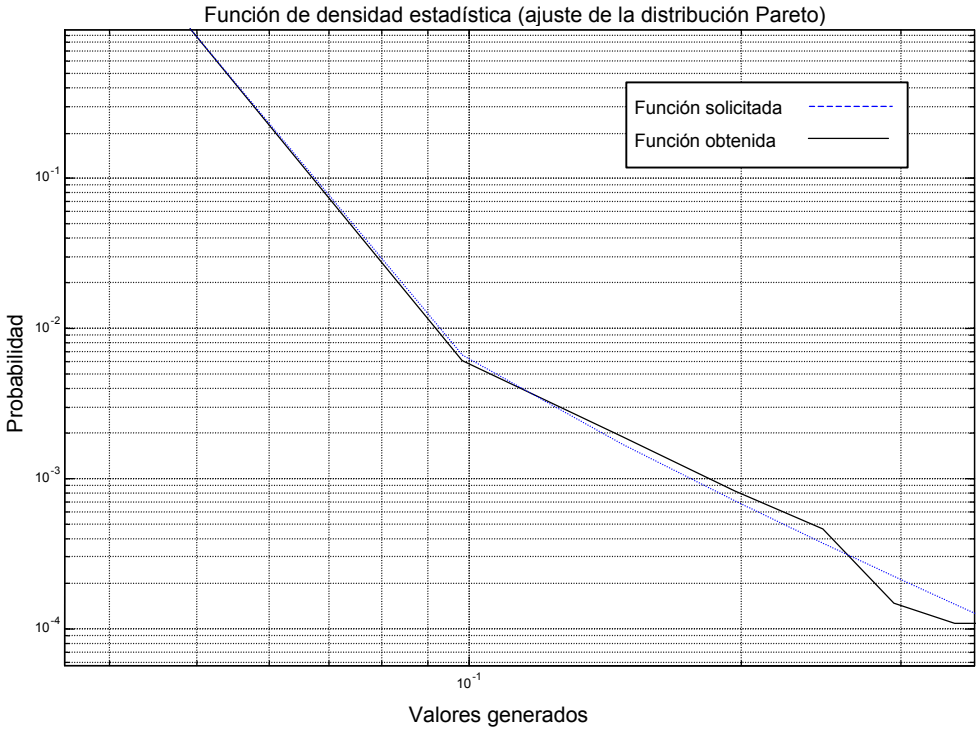

Figura 6.5. Distribución de Pareto de mínimo nulo

En la figura se establece la comparación entre la función obtenida (línea continua) y la ideal (línea discontinua).

6.2.7. DISTRIBUCIÓN UNIFORME

La *fddp* de una variable aleatoria generada mediante una distribución uniforme responde a la siguiente expresión:

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{1}{b-a}, & a \le x \le b \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \tag{6.17}$$

siendo a y b números reales, tales que $b > a$.

La media m y desviación típica s de una variable aleatoria con distribución uniforme son:

$$m = \frac{a+b}{2}; \qquad s = \frac{b-a}{\sqrt{12}} \tag{6.18}$$

En la siguiente figura (6.6) se puede observar la función de densidad de probabilidad estadística obtenida frente a la función ideal. A continuación se comparan los valores obtenidos con los solicitados:

	Solicitado	Obtenido
Media (bytes)	400	400.06
Desviación típica (bytes)	57.73	57.64

Tabla 6.6. Datos solicitados y obtenidos con la Distribución Uniforme

- Número de muestras ≈ 100000.

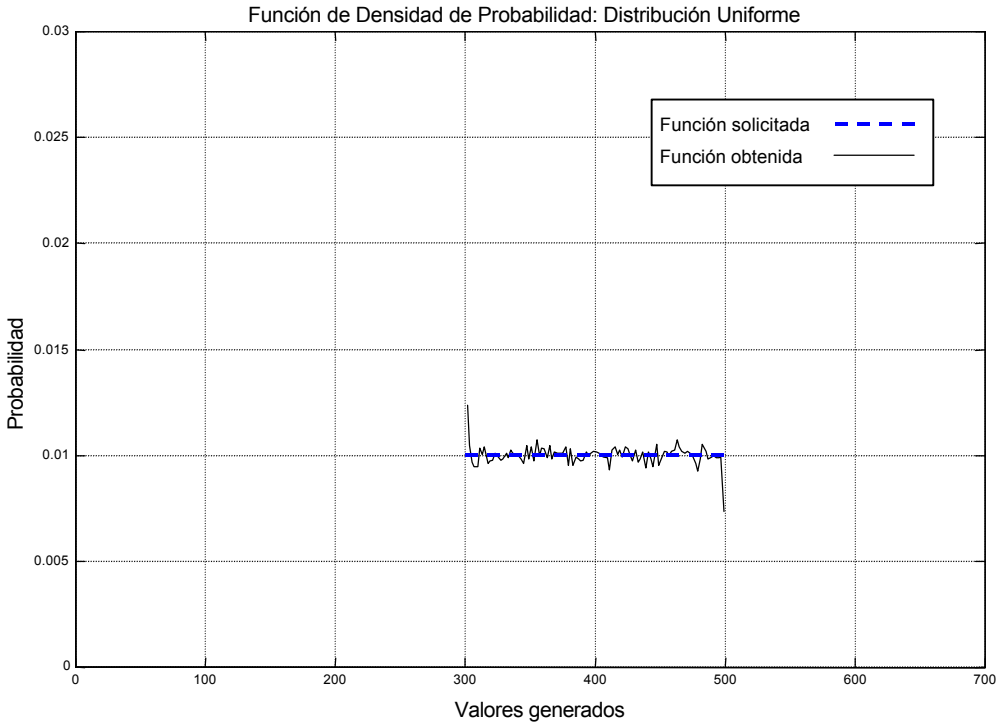

Figura 6.6. Distribución Uniforme

Podemos observar cómo se distribuyen las probabilidades de forma similar en todo el intervalo escogido (línea continua), siempre en torno a la función ideal (línea discontinua).

6.2.8. DISTRIBUCIÓN MULTIMODAL

La expresión que representa la función densidad de probabilidad de una variable aleatoria generada mediante una distribución multimodal es la siguiente:

$$f(x) = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot d\left(x - a_i\right) \tag{6.19}$$

donde el número de modas n es un número entero, tal que $n \geq 1$, los valores $a_1\ a_2 \ldots a_n$ son números reales cualesquiera, y las probabilidades $P_1\ P_2 \ldots P_n$ son números reales contenidos en el intervalo [0,1] cuya suma debe ser la unidad.

La media m y desviación típica s de una variable aleatoria con distribución multimodal son:

$$m = \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot P_i; \qquad s = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(a_i - m\right)^2 \cdot P_i} \tag{6.19}$$

En la siguiente figura (6.7) se puede observar la función de densidad de probabilidad estadística obtenida frente a la función ideal A continuación se comparan los valores obtenidos con los solicitados:

	Solicitado	Obtenido
Media (bytes)	400	400.06
Desviación típica (bytes)	57.73	57.64

Tabla 6.7. Datos solicitados y obtenidos con la Distribución Multimodal

- Número de muestras ≈ 80000.

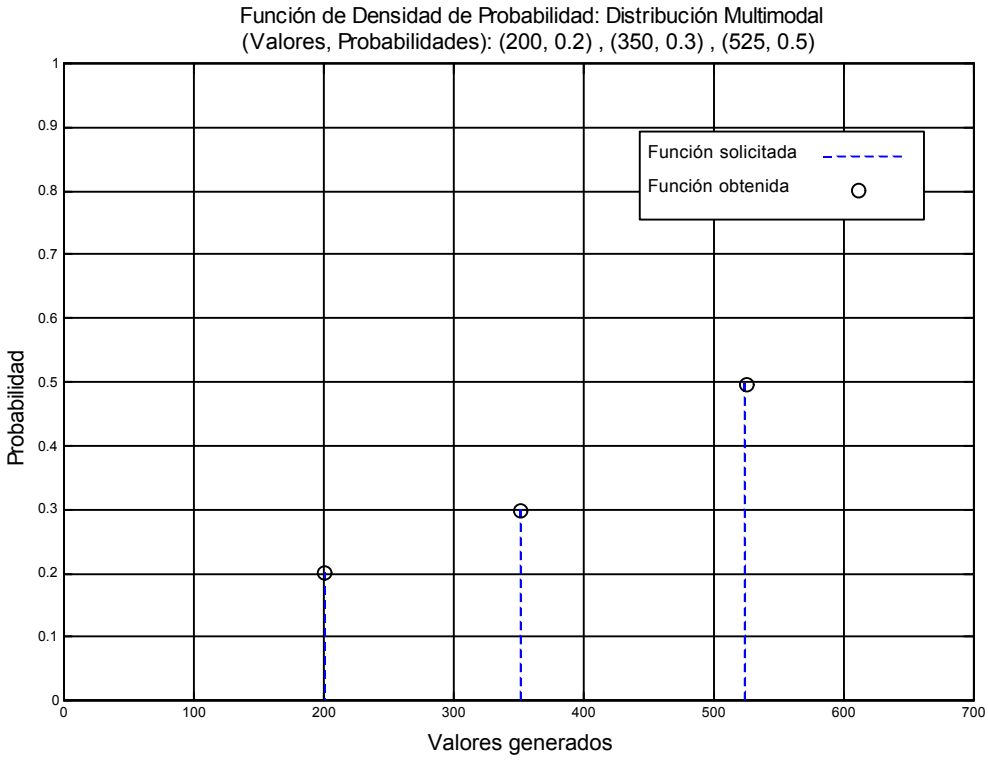

Figura 6.7. Distribución multimodal

En la figura se puede comprobar cómo los valores obtenidos (señalizados con sendos círculos) se ciñen a los valores y las probabilidades solicitados (líneas discontinuas).

6.3. PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MODELOS

En este apartado se muestran los resultados de una serie de pruebas que se realizaron con objeto de comprobar el correcto funcionamiento de los modelos de tráfico implementados.

Se trató de elegir un conjunto de valores que permitiera observar el comportamiento de los modelos de forma visual, de modo que fueran demostrativos de por sí, antes que emplear unas distribuciones más frecuentemente empleadas en las simulaciones reales, pero que no mostraran tan claramente el funcionamiento y las jerarquías de cada modelo.

Junto a cada parámetro figuran los valores que se solicitaron en las simulaciones. La distribución de probabilidad empleada en la mayoría de estos casos fue la determinista. Por este motivo, sólo en el caso de haberse usado una distribución distinta a ésta, se especificará el tipo utilizado.

A cada uno de los componentes que se abordan a continuación acompañan las figuras que mejor muestran su comportamiento.

6.3.1. MODELO DE TRÁFICO SEMI-MARKOVIANO DE DOS ESTADOS

Este modelo consiste en la emisión de paquetes desde el servidor hasta el cliente con las características indicadas por el usuario. Esta emisión se realiza siempre durante el estado 1 y a discreción durante el estado 2. En las siguientes figuras (6.8 y 6.9) se puede observar el comportamiento del modelo en ambos casos:

Los valores elegidos para esta simulación fueron:

- Tiempo en estado 1: 10 seg.
- Tiempo en estado 2: 6 seg.
- Tamaño de los paquetes en estado 1: 500 bytes
- Tamaño de los paquetes en estado 2: 700 bytes
- Tiempo entre paquetes (ambos estados): 1000 milisegundos

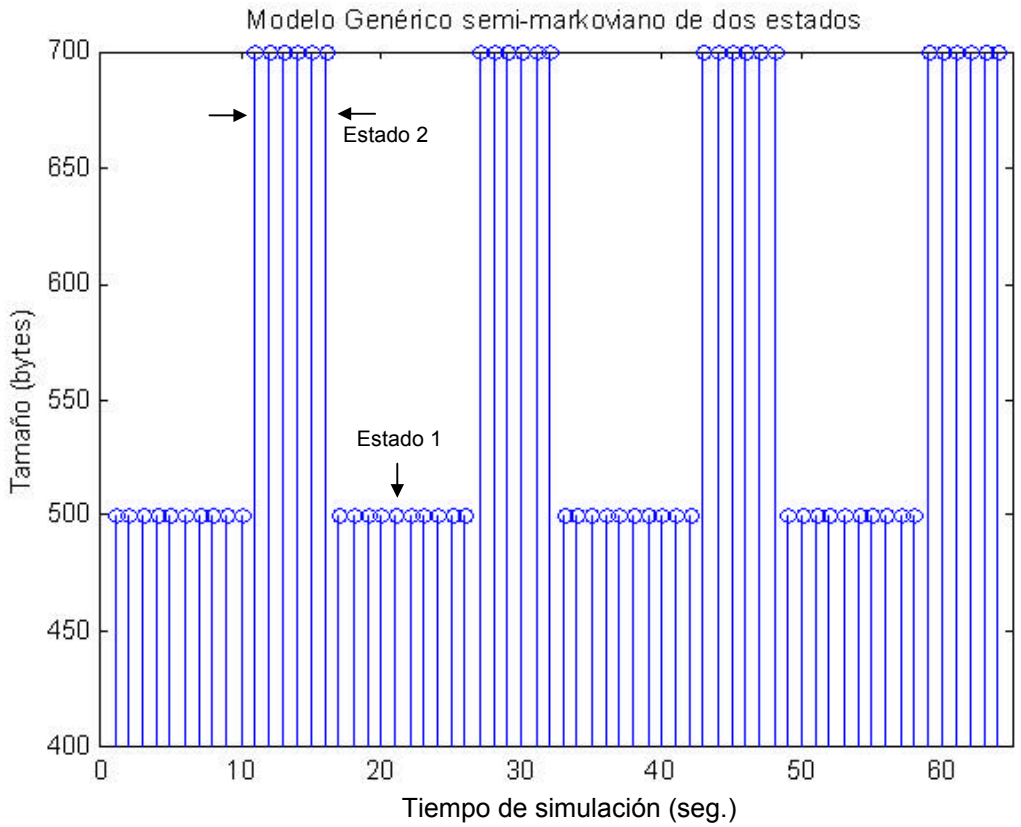

Figura 6.8. Modelo de tráfico genérico. Tipo de estado 2: ON

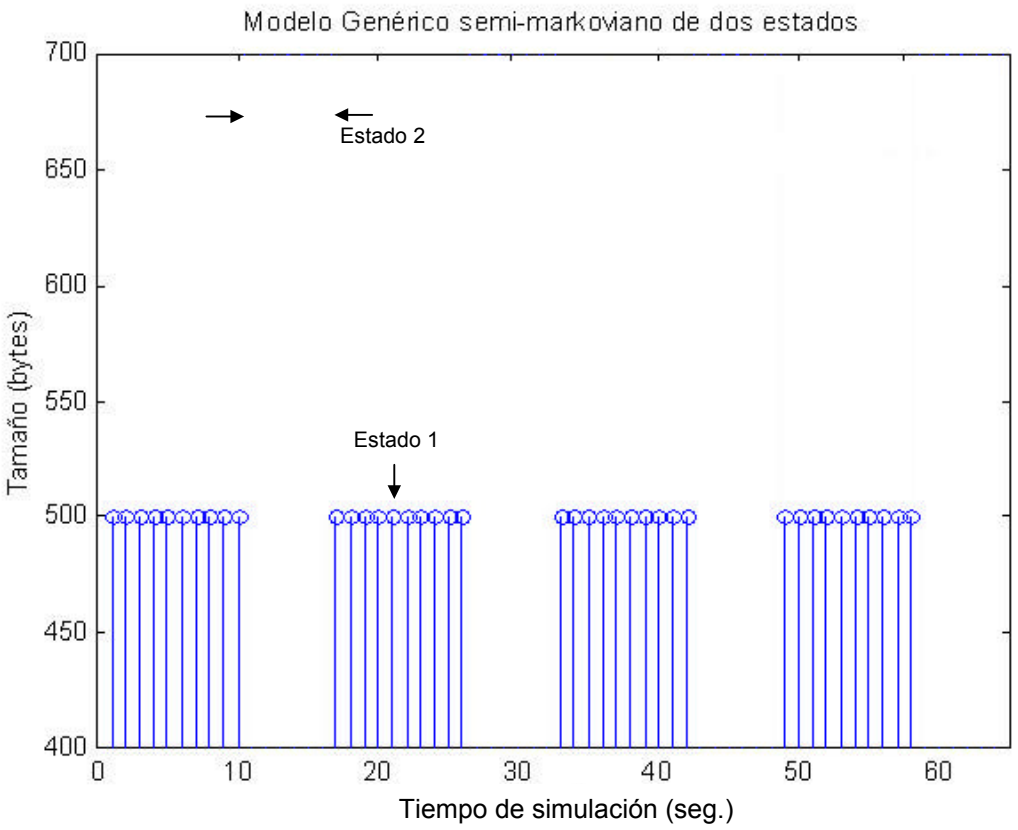

Figura 6.9. Modelo de tráfico genérico. Tipo de estado 2: OFF

6.3.2. MODELO DE CORREO ELECTRÓNICO

El cliente de correo electrónico envía mensajes separados un tiempo determinado con un tamaño que forman un texto y un fichero adjunto, si lo hubiere.

Para la obtención de la siguiente figura (6.10) se realizó una simulación con los siguientes parámetros:

- Tiempo entre correos: 5 seg.
- Tamaño del texto: 10000 bytes.
- Tamaño del *attach*: 5000 bytes.
- Probabilidad de *attach*: 0.5.

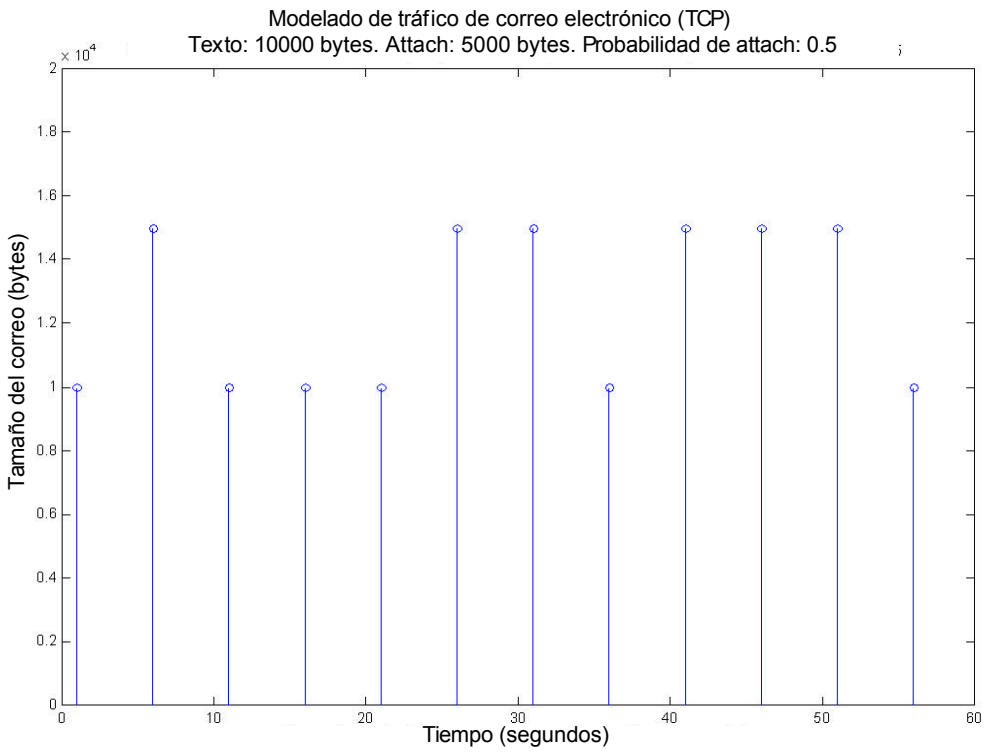

Figura 6.10. Modelo de tráfico de correo electrónico

6.3.3. MODELO DE TRANSFERENCIA DE FICHEROS

En una sesión FTP se intercambian archivos entre el cliente y el servidor. La proporción de ficheros enviados por el cliente al servidor en tantos por uno viene dada por el valor de un parámetro denominado 'probabilidad de envío'.

La siguiente figura (6.11) se obtuvo tras realizar una simulación con los siguientes parámetros:

- Tiempo entre sesiones: 5 seg.
- Transferencias por sesión: 3.
- Tiempo entre transferencias: 1 seg.
- Tamaño de transferencias del cliente: 7000 bytes.
- Tamaño de transferencias del servidor: 5000 bytes.
- Probabilidad de envío: 0.3.

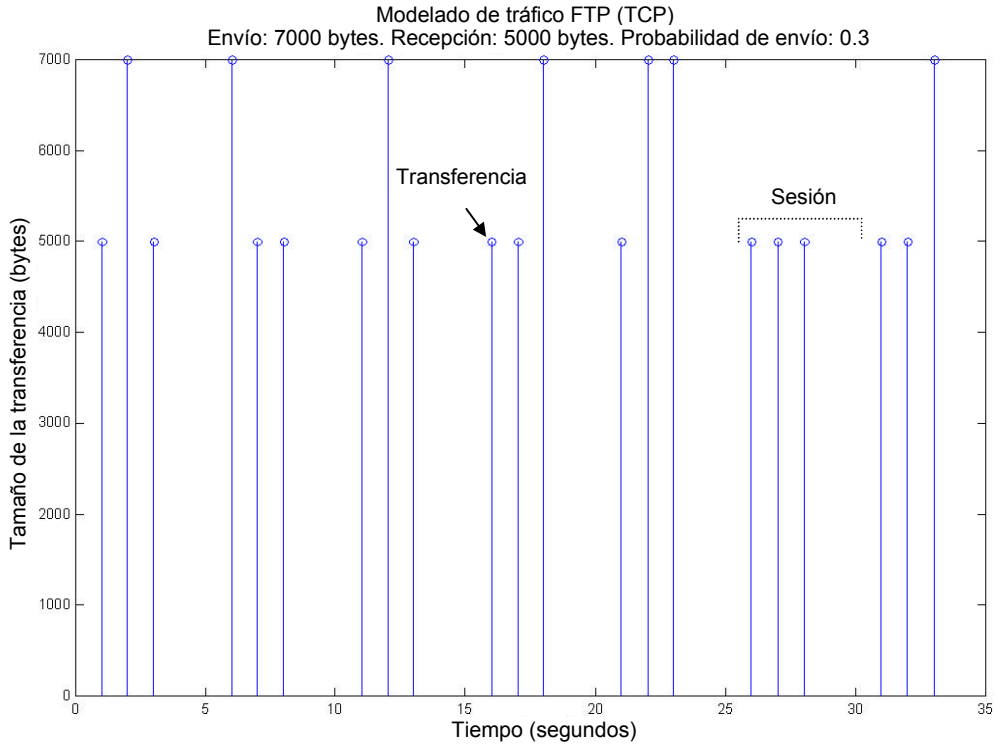

Figura 6.11. Modelo de tráfico de transferencia de ficheros (FTP)

6.3.4. MODELO DE TRÁFICO DE VÍDEO

Presenta dos formas de generación de valores que no emplea ningún otro modelo, que son el modelo autorregresivo AR(*n*) y la segmentación del GOP. Estas dos serán las características que se emplearán para ilustrar este modelo. Además, se mostrará el funcionamiento del programa con el 'modo ráfaga' activado y sin activar.

AUTOCORRELACIÓN

Se generaron dos figuras (6.12 y 6.13) para mostrar el funcionamiento del modelo AR(*n*). En el primer caso se utilizaron los siguientes valores:

- Orden: 1
- Media: 500
- A_1: 0.9
- B: 50

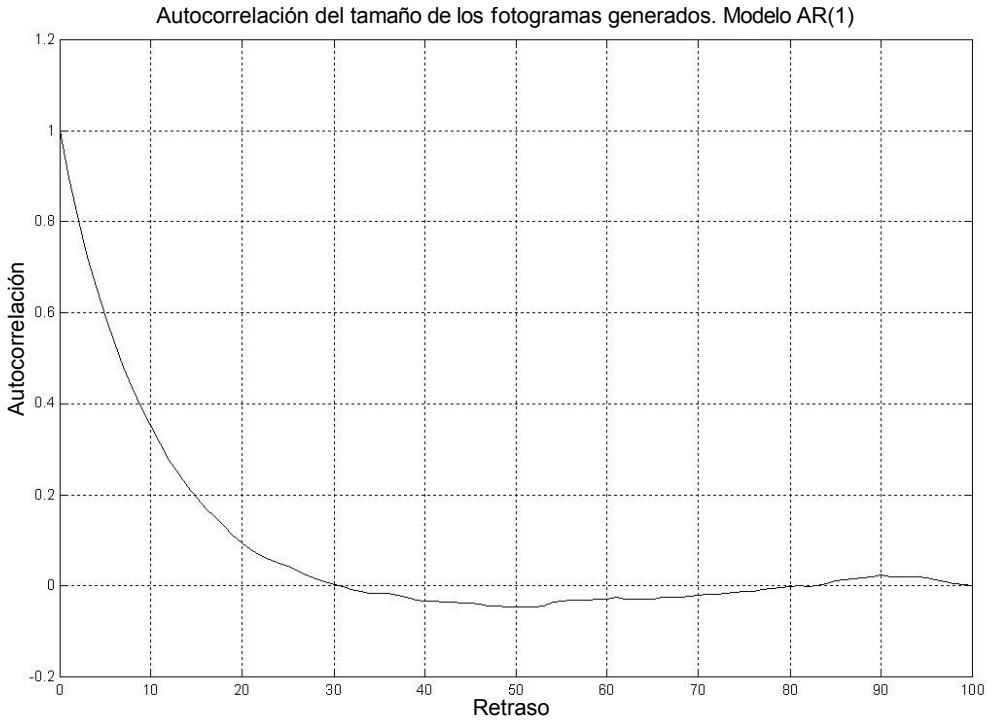

Figura 6.12. Autocorrelación del modelo AR(1)

Para la segunda prueba de la autocorrelación se emplearon los siguientes valores:

- Orden: 9
- Media: 500
- A_i: 0 para $i \in [1,8]$; A_9: 0.9
- B: 50

Esta gráfica resulta tremendamente ilustrativa para quienes deseen observar el comportamiento periódico que presenta la autocorrelación en un modelo AR.

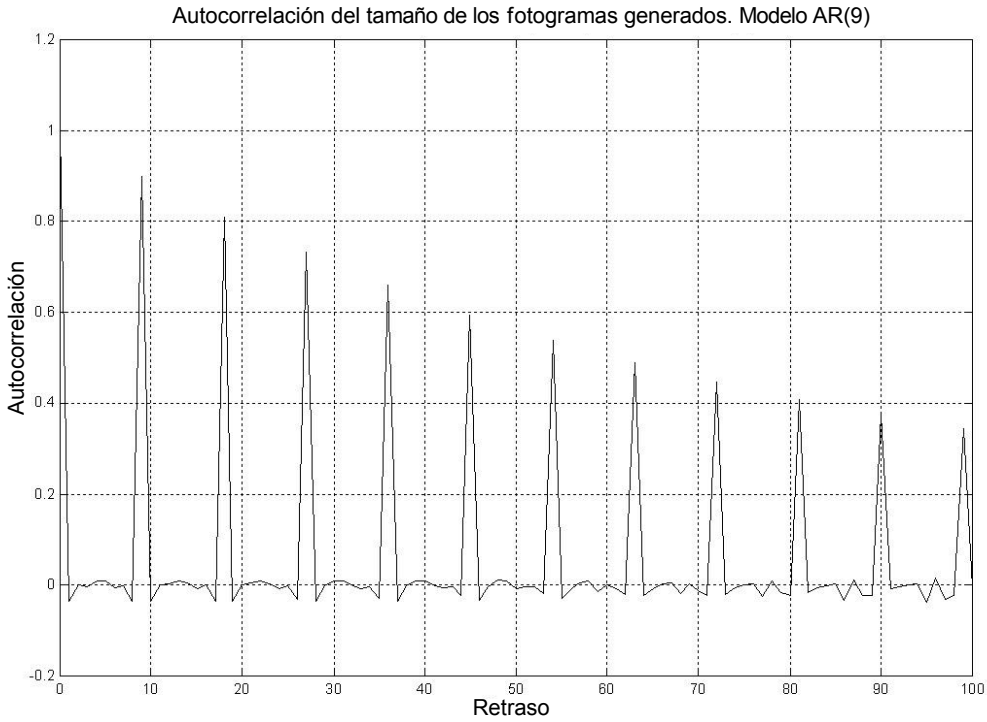

Figura 6.13. Autocorrelación del modelo AR(9)

SEGMENTACIÓN DEL GOP

Para ilustrar con claridad la estructura que posee uno de estos grupos de imágenes (GOP), se tomaron muestras de una transmisión de la cual se ha representado un GOP completo y la mayor parte del siguiente (ver figura 6.14). Se puede observar el tamaño de los fotogramas que los componen, así como su disposición a lo largo del conjunto según la estructura indicada por el usuario. Para más detalles sobre este tipo de estructuras, se puede consultar el apartado 2.5 de esta memoria.

Los parámetros empleados para la obtención de la siguiente figura fueron:

- P por GOP: 2
- B por GOP: 15
- Peso de los fotogramas I: 0.3
- Peso de los fotogramas P: 0.15
- Peso de los fotogramas B: 0.02666666
- Tamaño del GOP: 3000 bytes

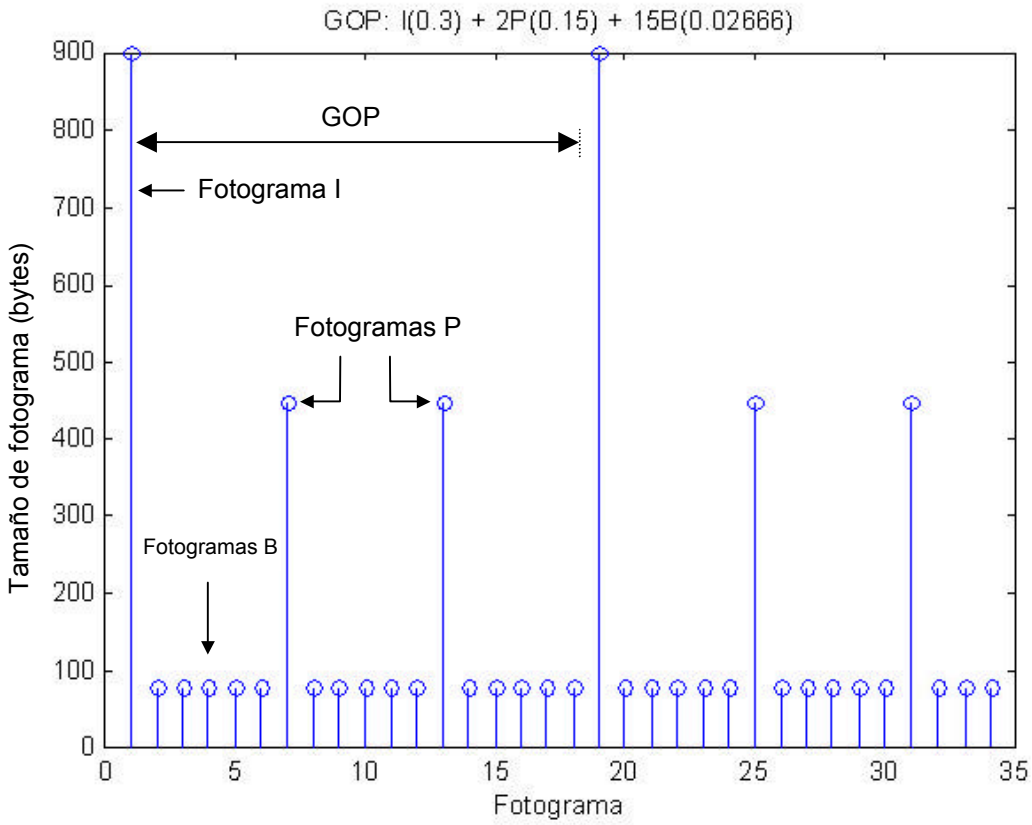

Figura 6.14. Estructura del GOP

MODO RÁFAGA

En las siguientes imágenes, se puede ver la diferencia entre el envío de los paquetes que componen cada fotograma de forma homogénea a lo largo del tiempo disponible (figura 6.15) y el envío de los paquetes en 'modo ráfaga' (figura 6.16). En este último caso, fue necesario tomar una escala de tiempo muy reducida con tal de poder observar el envío de cada uno de los paquetes. Los valores empleados fueron:

- Tamaño de fotograma: 1500 bytes
- Tamaño de paquete: 450 bytes
- Tamaño del *slot* (1/fps): 1 segundo (modo ráfaga desactivado)
- Tamaño del *slot* (1/fps): 1 milisegundo (modo ráfaga activado)

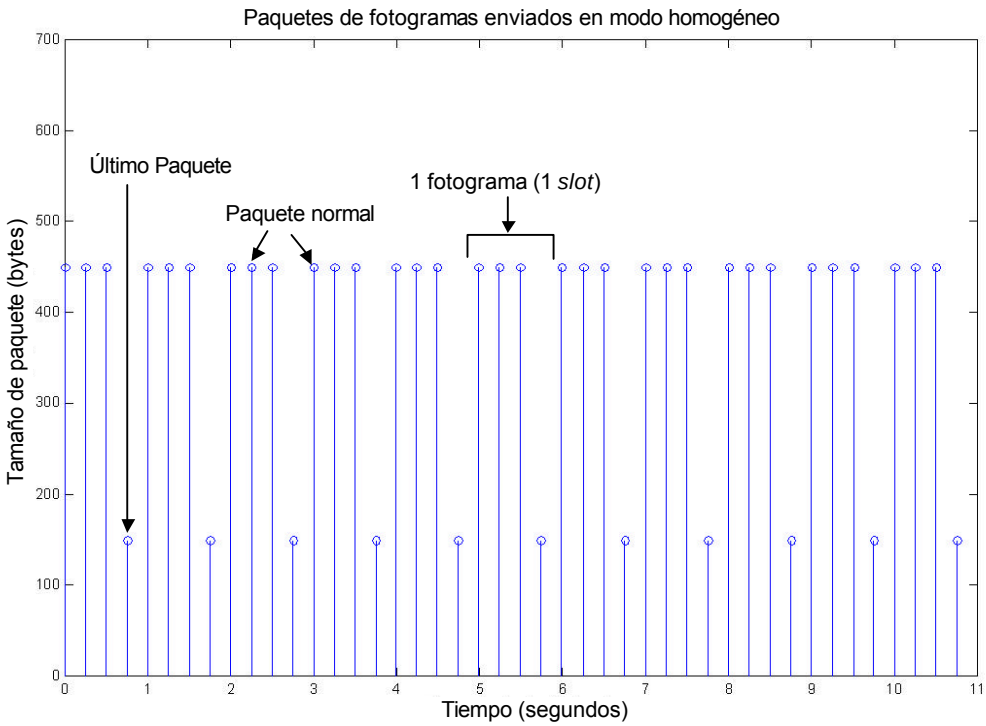

Figura 6.15. Modo Ráfaga desactivado

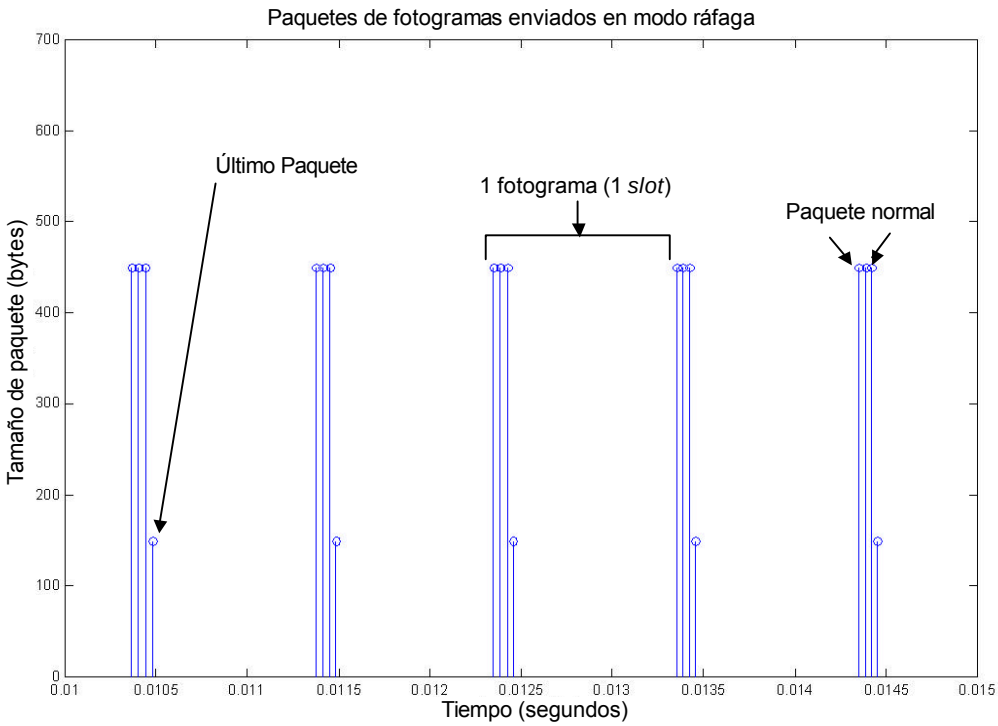

Figura 6.16. Modo Ráfaga activado

6.3.5. MODELO DE TRÁFICO DE VOZ

En este modelo, cliente y servidor se intercambian conjuntos de paquetes de forma alternada, simulando una conversación entre dos interlocutores en la que mientras uno de los dos habla, el otro escucha.

Los parámetros empleados para la obtención de la siguiente figura (6.17) fueron:

- Tiempo emisión cliente: 10 seg.
- Tiempo emisión servidor: 7 seg.
- Tamaño paquetes cliente: Normal. $\mu = 500$, $\sigma = 10$.
- Tamaño paquetes servidor: Normal. $\mu = 300$, $\sigma = 10$.
- Tiempo entre paquetes cliente: 500 milisegundos.
- Tiempo entre paquetes servidor: 300 milisegundos.

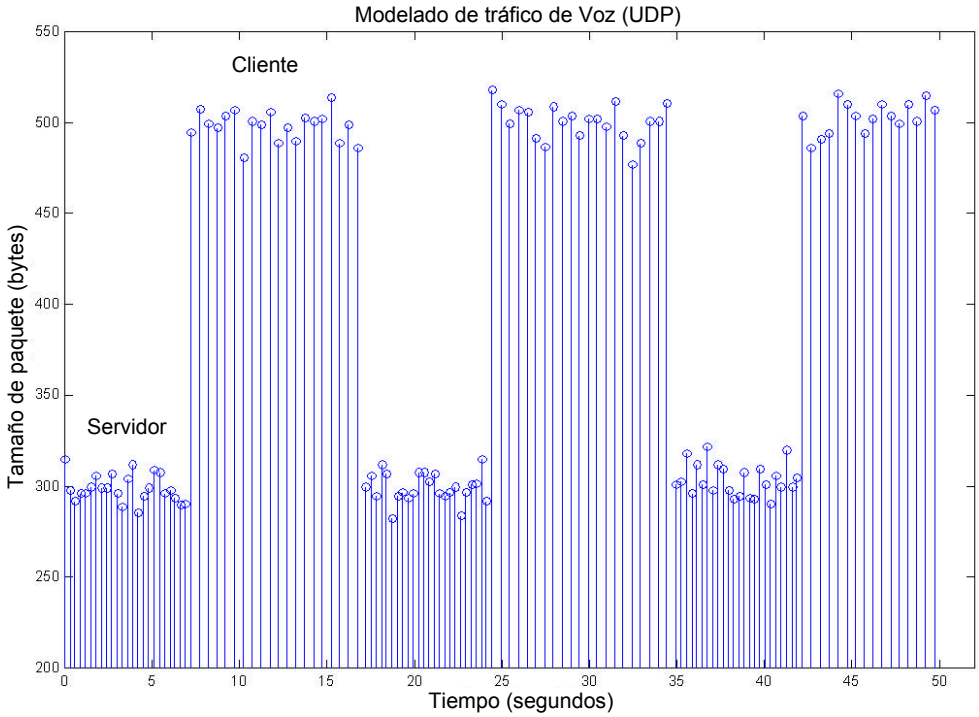

Figura 6.17. Simulación de una conversación con el modelo de voz

6.3.6. MODELO DE TRÁFICO WWW

Este modelo simula el tráfico que genera un cliente con su navegador a lo largo de una serie de sesiones.

Para la obtención de la siguiente figura (6.18) se emplearon los siguientes valores:

- Tiempo entre sesiones: 20 seg.
- Páginas por sesión: 3.
- Tiempo entre páginas: 5 seg.
- Conexiones por página: 3.
- Tiempo entre conexiones: 1 seg.
- Bytes por conexión: 5000.

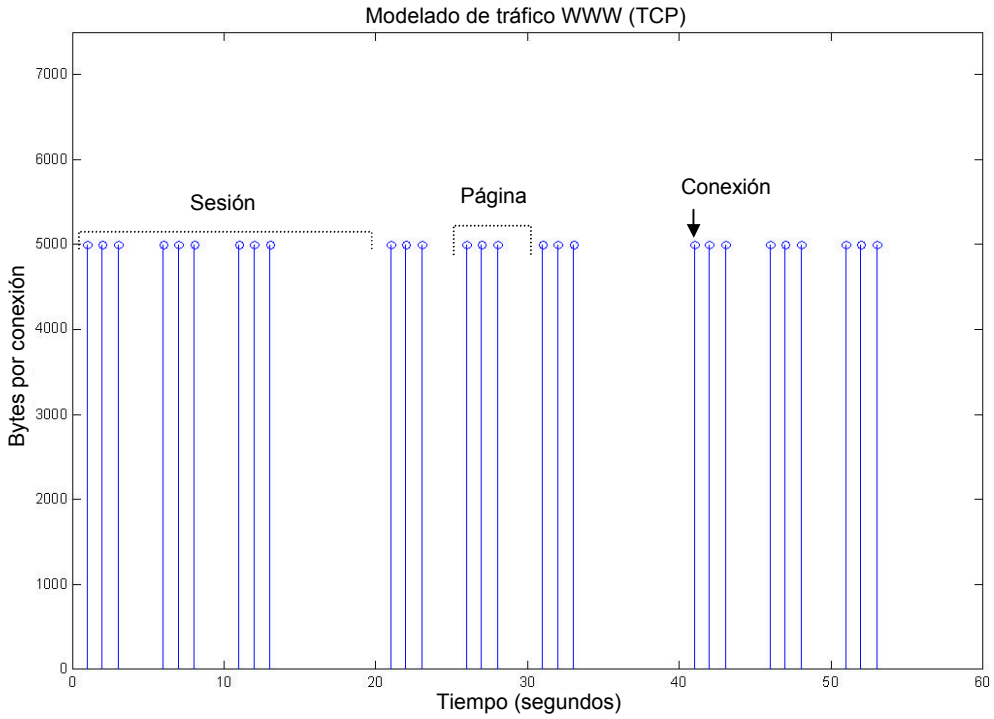

Figura 6.18. Simulación del tráfico generado con el modelo WWW

6.4. CAPACIDAD Y RESOLUCIÓN

Existen dos tipos de valores que se generan en la aplicación, tiempos y tamaños. Para los tamaños no existen problemas, ya que deben ser valores enteros positivos los que definan un número de bytes para, por ejemplo, un paquete. La única restricción la presenta el protocolo UDP, en el que no se deben generar paquetes de más de 65000 bytes, por razones de la propia estructura del protocolo. En TCP no existe este problema puesto que posee un mecanismo de control que fragmenta los segmentos según su conveniencia.

Con los tiempos sí hay restricciones, en este caso en la parte inferior. Se estableció en 1 milisegundo la espera mínima solicitable al sistema en condiciones favorables; sin embargo, debido a las tareas de interfaz de usuario que desarrolla el cliente, este valor se ve elevado hasta los 10-15 milisegundos. En cualquier caso, siguen siendo valores totalmente válidos para realizar simulaciones realistas de los modelos implementados.

Debido a las características propias del lenguaje Java, existen diferencias entre los resultados obtenidos de los ficheros que generan los programas cuando son solicitados y aquellos medidos con herramientas externas de monitorización de tráfico, en nuestro caso, *windump*. Estas diferencias son de precisión a la hora de medir los instantes de tiempo en que se envía cada paquete. No son muy significativas cuando no se trabaja cerca del límite de resolución temporal, pero conforme nos acercamos a éste, el fichero de resultados comienza a mostrar carencias de resolución que no se presentan en las medidas realizadas con el programa *sniffer*.

6.4.1. PRUEBAS MEDIDAS CON PROGRAMA EXTERNO (WINDUMP)

Se fueron realizando pruebas de resolución temporal indicando tiempos de espera cada vez menores hasta alcanzar el límite propuesto, siempre en condiciones favorables en cuanto a carga de la CPU y la red, es decir, con recursos de sobra para la aplicación. Cuando aún no se efectuaban tareas de información visual en el interfaz de usuario, se solicitó enviar 100000 paquetes con 1 milisegundo de espera entre ellos, siendo los

resultados obtenidos ciertamente sorprendentes, tal y como se puede observar en la siguiente tabla (6.8):

	Solicitado	Obtenido
Media (msec)	1	1.1
Desviación típica (msec)	0	$7.14 \cdot 10^{-4}$

Tabla 6.8. Datos solicitados y obtenidos en condiciones extremas de separación entre paquetes

Esto da una idea de lo que puede dar de sí una aplicación programada en Java, cuando se ponen a su disposición los recursos necesarios.

Los resultados medidos en la red fueron similares en el caso de solicitar un fichero de resultados y en el de no solicitarlo. Este hecho es posible gracias a que las anotaciones se realizan directamente a la memoria, siendo necesarios accesos al disco únicamente a la hora de la creación y apertura del fichero, al comienzo de la simulación, y con la escritura y el cierre de éste, en el final de la misma.

6.4.2. PRUEBAS MEDIDAS CON FICHERO DE RESULTADOS

Los datos del fichero de resultados fueron algo menos satisfactorios, ya que, aunque los paquetes se mandaban en los instantes adecuados, éstos no quedaban reflejados en el fichero con la suficiente precisión.

Para la misma prueba realizada en el apartado anterior, la precisión máxima era de 10 milisegundos, con lo cual dejaba de tener sentido el uso del fichero de resultados con este propósito. Mientras con el *sniffer* se comprobaba que se enviaba un paquete cada milisegundo, en el fichero aparecían 10 paquetes seguidos con el mismo instante de tiempo.

A la vista de estos resultados se puede avisar al cliente de que es posible generar un fichero de resultados, pero se le recomienda que realice sus propias medidas para obtener unos resultados óptimos.

6.4.3. PRUEBAS EN CONDICIONES DESFAVORABLES

Se realizaron unas pruebas en condiciones relativamente adversas para la aplicación, con el objetivo de observar su comportamiento cuando no disponía de cantidad suficiente de recursos.

- **Condiciones de uso intensivo de la CPU**

Se intentó poner a prueba el funcionamiento cuando el uso de la CPU por parte de otros procesos era elevado. Para ello, se creó un bucle infinito cuya única misión consistía en preguntar la hora al sistema hasta que se acababa con él externamente. Esta prueba se llevó a cabo de dos maneras diferentes.

En la primera, se probó a poner en marcha una simulación intensa (tiempo entre paquetes constante de 1 milisegundo) para posteriormente lanzar el mencionado proceso, que requería del uso intensivo de la CPU. En este caso se comprobó que el envío de paquetes se ralentizaba, dejando de cumplirse las elevadas tasas obtenidas en condiciones normales.

En la segunda, se arrancaba el mismo proceso, que ocupaba el 100% del uso de CPU, antes de poner en marcha la simulación. En este segundo caso, se pudo comprobar que los paquetes ni tan siquiera comenzaban a enviarse.

En la siguiente figura (6.19), se puede observar el efecto de este proceso intensivo en el tiempo que transcurre entre dos paquetes consecutivos:

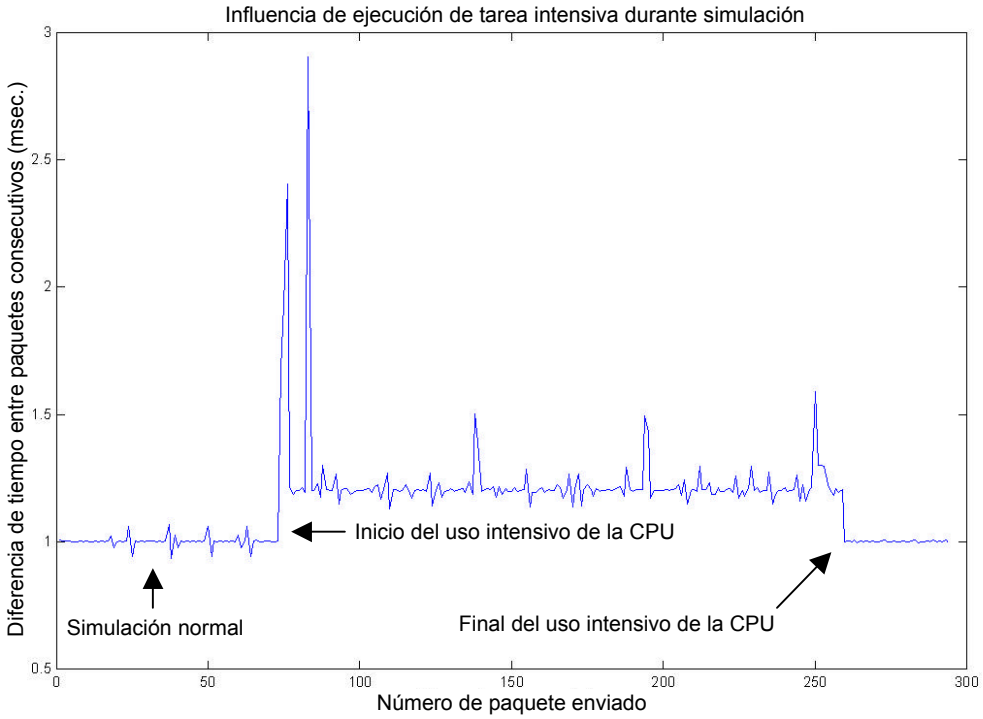

Figura 6.19. Influencia de la convivencia con un proceso que hace uso intensivo de la CPU

- **Condiciones de saturación de la red**

Se puso en marcha una prueba en condiciones extremas de temporización, mientras se sometía a la red al transporte de grandes cantidades de datos a la misma vez, con el fin de observar el comportamiento del programa en condiciones de escaso ancho de banda disponible. Para ello, se inició una transferencia de algunos cientos de Mbytes desde una máquina conectada a la red hacia el servidor.

Con la red soportando un tráfico elevado, los datos obtenidos fueron:

	Solicitado	Obtenido
Media (msec)	1	1.2
Desviación típica (msec)	0	1.5

Tabla 6.9. Datos solicitados y obtenidos en la prueba con la red saturada de tráfico

Podemos concluir que, para la obtención de unos resultados completamente satisfactorios, a mayor intensidad de la prueba (mayor exigencia en cuanto a envíos por unidad de tiempo) será necesario dejar más recursos libres para la aplicación.