

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS MECANISMOS DE RECONOCIMIENTO
DEL PROTOCOLO 802.11 MODIFICADOS PARA ENLACES PUNTO A PUNTO DE
LARGA DISTANCIA.**



**Alma Patricia Collazos Sarria
Diego Andrés Latorre Gómez**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones
Popayán, Marzo de 2010**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS MECANISMOS DE RECONOCIMIENTO
DEL PROTOCOLO 802.11 MODIFICADOS PARA ENLACES PUNTO A PUNTO DE
LARGA DISTANCIA.**

**Alma Patricia Collazos Sarria
Diego Andrés Latorre Gómez**



**ANEXO A
RESULTADO DE PRUEBAS**

Director: Guefry Agredo Méndez – M. Sc.

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones
Popayán, Marzo de 2010**

CONTENIDO

1	CAPTURA DE DATOS	1
2	DATOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LOS MECANISMOS DE RECONOCIMIENTO COMPRENDIDOS EN EL PROYECTO	3
2.1	Enlace FIET – Tablazo	3
2.1.1	Evaluación del desempeño del Mecanismo de Reconocimiento ACK	3
2.1.2	Evaluación del desempeño del Mecanismo No ACK	6
2.2	Enlace FIET – CAJETE	7
2.2.1	Evaluación del Desempeño del Mecanismo de Reconocimiento ACK	7
2.2.2	Evaluación del desempeño del Mecanismo No ACK	11

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Iperf UDP FIET-Cajete ACKTimeout para 0 Km.	1
Figura 1.2	Iperf UDP FIET-Cajete ACKTimeout de 6.6 Km.	1
Figura 1.3.	VoIP FIET-Tablazo ACKTimeout para 3.5 Km.	2
Figura 1.4.	VLC FIET-Tablazo ACKTimeout para 3.2 Km.	2

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1.	<i>Throughput</i> medido desde el AP hacia el Cliente (Mbps).	3
Tabla 2.2.	<i>Throughput</i> medido desde el Cliente hacia el AP (Mbps).	3
Tabla 2.3.	<i>Throughput</i> , <i>Jitter</i> y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente.	4
Tabla 2.4.	<i>Throughput</i> , <i>Jitter</i> y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el Cliente hacia el AP.	4
Tabla 2.5.	Porcentaje de Paquetes Perdidos, <i>Jitter</i> Máximo y <i>Jitter</i> Promedio utilizando la Ley de Compresión U del Códec G.711.	5
Tabla 2.6.	Porcentaje de Paquetes Perdidos, <i>Jitter</i> Máximo y <i>Jitter</i> Promedio utilizando la Ley de Compresión A del Códec G.711.	5
Tabla 2.7.	ACK Duplicados, Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.	6
Tabla 2.8.	<i>Throughput</i> medido desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP (Mbps).	6
Tabla 2.9.	<i>Throughput</i> , <i>Jitter</i> y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP.	6
Tabla 2.10.	Porcentaje de Paquetes Perdidos, <i>Jitter</i> máximo y <i>Jitter</i> promedio utilizando la Ley de Compresión U y la ley de Compresión A del Códec G.711.	7
Tabla 2.11.	ACK duplicados, Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.	7
Tabla 2.12.	<i>Throughput</i> medido desde el AP hacia el Cliente.	7
Tabla 2.13.	<i>Throughput</i> medido desde el Cliente hacia el AP.	8
Tabla 2.14.	<i>Throughput</i> , <i>Jitter</i> y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente.	8
Tabla 2.15.	<i>Throughput</i> , <i>Jitter</i> y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el Cliente hacia el AP.	9
Tabla 2.16.	Porcentaje de Paquetes Perdidos, <i>Jitter</i> Máximo y <i>Jitter</i> Promedio utilizando la Ley de Compresión U del Códec G.711.	10
Tabla 2.17.	Porcentaje de Paquetes Perdidos, <i>Jitter</i> Máximo y <i>Jitter</i> Promedio utilizando la Ley de compresión A del Códec G.711.	10
Tabla 2.18.	ACK Duplicados. Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.	11
Tabla 2.19.	<i>Throughput</i> medido desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP.	11
Tabla 2.20.	<i>Throughput</i> , <i>Jitter</i> y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP.	11
Tabla 2.21.	Porcentaje de Paquetes Perdidos, <i>Jitter</i> Máximo y <i>Jitter</i> Promedio utilizando la Ley de Compresión U y la ley de Compresión A del Códec G.711.	12
Tabla 2.22.	ACK Duplicados. Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.	12

ANEXO A

1 CAPTURA DE DATOS

En las Figuras 1.1 y 1.2 se muestran algunos ejemplos de las capturas de datos realizadas con las herramientas *iperf* para tráfico de datos.

```
kenchi@kenchi-laptop:~$ iperf -s -f m
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 0.08 MByte (default)
-----
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 49585
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 4]  0.0-10.1 sec  0.91 MBytes 0.75 Mbits/sec
[ 5] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 49587
[ 5]  0.0-10.1 sec  0.91 MBytes 0.75 Mbits/sec
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 49589
[ 4]  0.0-10.2 sec  0.91 MBytes 0.75 Mbits/sec
[ 5] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 49591
[ 5]  0.0-10.1 sec  0.91 MBytes 0.75 Mbits/sec
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 49593
[ 4]  0.0-10.1 sec  0.89 MBytes 0.74 Mbits/sec
```

Figura 1.1. Iperf UDP FIET-Cajete ACKTimeout para 0 Km.

```
kenchi@kenchi-laptop:~$ iperf -s -f m
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 0.08 MByte (default)
-----
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 51778
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 4]  0.0-10.0 sec  13.7 MBytes 11.5 Mbits/sec
[ 5] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 51779
[ 5]  0.0-10.0 sec  12.9 MBytes 10.8 Mbits/sec
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 51780
[ 4]  0.0-10.0 sec  12.9 MBytes 10.8 Mbits/sec
[ 5] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 51781
[ 5]  0.0-10.0 sec  11.1 MBytes  9.33 Mbits/sec
[ 4] local 192.168.10.11 port 5001 connected with 192.168.10.2 port 51782
[ 4]  0.0-10.0 sec  13.8 MBytes 11.6 Mbits/sec
```

Figura 1.2. Iperf UDP FIET-Cajete ACKTimeout de 6.6 Km.

En las Figuras 1.3 y 1.4 se muestran algunos ejemplos de la captura de datos con *wireshark* de VoIP y de Video respectivamente.

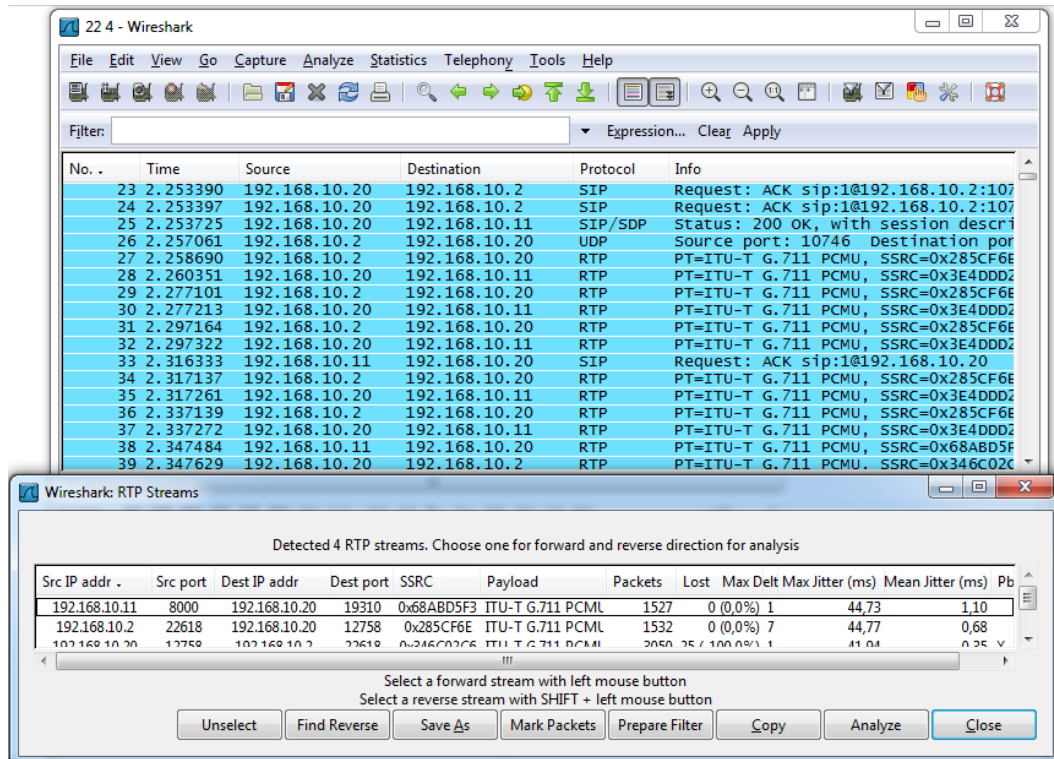


Figura 1.3. VoIP FIET-Tablazo ACKTimeout para 3.5 Km.

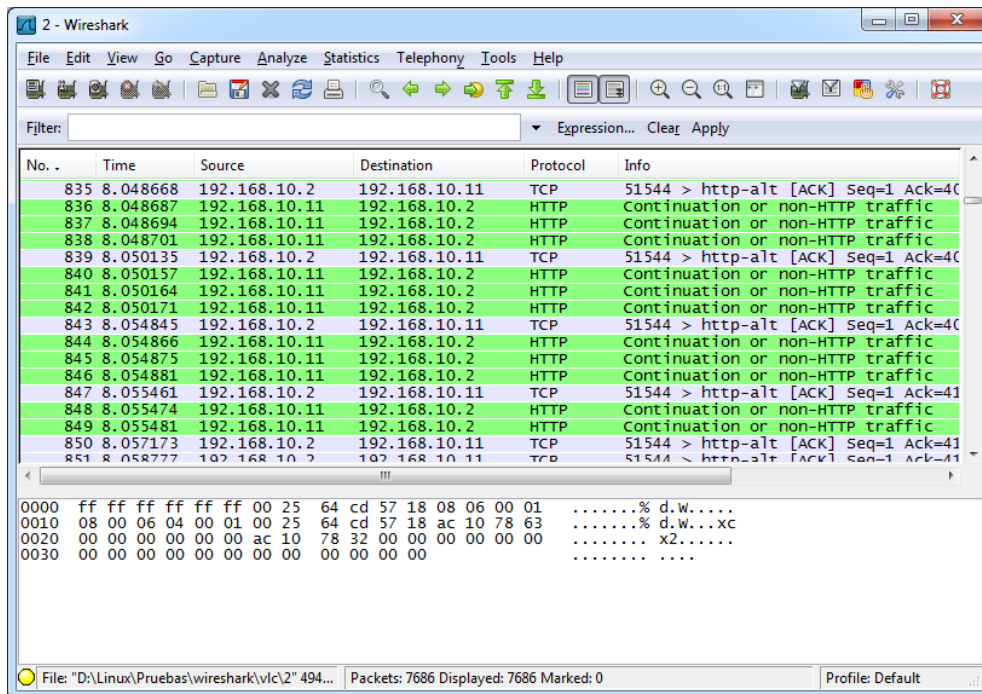


Figura 1.4. VLC FIET-Tablazo ACKTimeout para 3.2 Km.

Los archivos completos de capturas se encuentran en el disco que contiene el material correspondiente al desarrollo del Trabajo de Grado.

2 DATOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LOS MECANISMOS DE RECONOCIMIENTO COMPRENDIDOS EN EL PROYECTO

2.1 ENLACE FIET – TABLAZO

2.1.1 Evaluación del desempeño del Mecanismo de Reconocimiento ACK

2.1.1.1 Evaluación del Mecanismo ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el protocolo TCP

Las Tablas 2.1 y 2.2 contienen los valores del *throughput* del enlace medido desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP respectivamente para diferentes valores de *ACKTimeout*. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calculan los valores promedio.

Tabla 2.1. *Throughput* medido desde el AP hacia el Cliente (Mbps).

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	44	45	46	47	53	64	75	85
Throughput (Mbps)	0.63	0.76	0.68	12	14.3	13.4	14.8	14.8	14.7	16	15.4	16.1
	0.69	0.75	0.67	14.1	14.8	15.2	14.8	9.21	16.2	16.9	14.5	17
	0.68	0.76	0.70	14.6	15.2	14.8	15.8	15.4	16.2	16.5	15.8	16.8
	0.70	0.76	0.65	15.2	13.5	16.2	14.8	16.5	16.5	16.3	15.2	16.8
	0.68	0.76	0.68	15	11.5	16.1	14	16.5	16.4	16.4	15.5	13.1
Throughput Promedio	0.67	0.75	0.67	14.18	13.86	15.14	14.84	14.48	16	16.42	15.28	15.96

Tabla 2.2. *Throughput* medido desde el Cliente hacia el AP (Mbps).

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	44	45	46	47	53	64	75	85
Throughput (Mbps)	0.59	0.73	0.59	16	18	19.1	18.5	16.4	18	17.3	13.8	14
	0.53	0.74	0.68	16.2	19.7	19.7	14.5	16.7	18.3	16.7	14.6	13.1
	0.5	0.76	0.71	16.3	18.7	19.8	14.4	18.9	19	15.9	16.5	15.4
	0.54	0.74	0.66	16.4	19.4	18.3	13.3	19.1	18.9	16.9	16.3	16.1
	0.63	0.75	0.72	17.3	19.5	19.2	14.2	19.3	18.9	16.5	15.4	15.9
Throughput Promedio	0.55	0.74	0.67	16.44	19.06	19.22	14.98	18.08	18.62	16.66	15.32	14.96

2.1.1.2 Evaluación del Mecanismo ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el Protocolo UDP

Las Tablas 2.3 y 2.4 contienen los valores de *throughput*, *jitter* y el porcentaje de datagramas perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP respectivamente. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calculan los valores promedio.

Tabla 2.3. *Throughput, Jitter* y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	44	45	46	47	53	64	75	85
Throughput (Mbps)	0.8	0.8	0.8	20.8	15.5	22	21.4	20.4	21.4	19.2	21.7	21.9
	0.8	0.8	0.8	21.2	22	20.6	21.8	20.8	21.2	21.1	21.8	22
	0.8	0.8	0.8	19.9	21.4	22	21.5	20.7	21.2	22	21.5	22
	0.8	0.8	0.8	20	21.8	21.9	19.9	21.2	20.8	21.8	21.4	21.9
	0.8	0.8	0.8	12.7	20.8	21.4	21.5	20.7	21	20.8	21.6	22
Throughput Promedio	0.8	0.8	0.8	18.9	20.3	21.5	21.2	20.7	21.1	20.9	21.6	21.9
Jitter (ms)	143.76	141.3	20.6	1.53	1.58	1.56	1.31	1.51	1.71	1.60	1.58	0.99
	21.8	20.8	188.89	1.74	1.49	1.54	1.31	1.51	1.55	1.36	1.47	1.55
	145.51	138.3	21.08	1.56	1.73	1.55	1.57	1.58	1.61	1.49	1.55	1.55
	21.9	23.1	188.95	1.62	1.54	1.58	1.66	1.85	1.58	1.50	1.50	1.60
	149.32	32.9	20.61	7.20	1.57	1.50	1.54	1.70	1.62	1.55	1.57	1.54
Jitter Promedio	96.46	71.28	88.04	2.74	1.59	1.55	1.48	1.64	1.62	1.50	1.54	1.45
Porcentaje de Datagramas Perdidos (%)	95.34	95.33	95.30	4.81	29.6	0.07	2.79	6.48	1.60	11.8	0.49	0
	95.34	94.85	95.01	2.66	0	5.70	1.03	4.38	2.82	2.63	0.49	0
	95.31	95.31	95.30	0.08	1.28	0	1.50	5.13	2.84	0	1.34	0
	95.28	93.45	95.22	8.32	0.07	0	8.62	2.37	4.47	0	2.37	0.08
	94.92	94.24	95.31	9.57	4.66	2.06	1.30	5.13	3.33	1.71	0.97	0
Porcentaje Promedio	95.24	94.64	95.23	5.09	7.13	1.57	3.05	4.70	3.01	3.24	1.13	0.02

Tabla 2.4. *Throughput, Jitter* y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el Cliente hacia el AP.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	44	45	46	47	53	64	75	85
Throughput (Mbps)	0.78	0.8	0.77	19.4	22	22	22	21.8	22	22	22	22
	0.77	0.78	0.8	21.3	20.7	22	22	22	22	22	22	21.9
	0.75	0.8	0.78	22	22	22	22	22	22	22	22	22
	0.74	0.79	0.78	21.1	22	19.9	22	22	22	22	22	21.6
	4.81	0.8	0.79	21	22	22	22	22	22	22	22	21.7
Throughput Promedio	1.57	0.79	0.78	20.9	21.74	21.58	22	21.96	22	22	21.86	21.94
Jitter (ms)	146.45	143.42	148.05	1.5	0.71	0.78	0.97	0.84	0.78	2.15	0.8	0.7
	26.13	23.2	21.54	0.98	1.274	0.96	0.67	1.36	1.25	1.44	1.56	1.64
	146.13	145.53	136.74	1.15	0.73	0.89	0.84	0.64	0.76	0.79	0.78	1.36
	23.1	23.29	19.29	1.13	0.88	1.24	1.09	1.02	1.2	0.83	1.32	1.17
	140.78	142.35	143.22	1.11	0.9	1.1	0.9	0.89	0.77	0.88	1.25	1.35
Jitter Promedio	96.52	95.56	93.77	1.17	0.90	0.99	0.89	0.95	0.95	1.22	1.14	1.24
Porcentaje de Datagramas Perdidos (%)	96	96	96	11	0.005	0.03	0.02	0.68	0.05	0.01	0.075	0
	95	95	95	1.9	5.2	0	0.01	0.06	0.02	0	0	0
	96	96	96	0.01	0.01	0.04	0.01	0.005	0.01	0.05	0	0.02
	96	95	95	2.7	0.01	8.7	0.01	0.02	0.02	0.01	1.9	0.01
	95	96	96	1.84	0.02	0.02	0.01	0.005	0.01	0.01	0	0
Porcentaje Promedio	95.6	95.6	95.60	3.49	1.05	1.76	0.01	0.15	0.02	0.02	0.40	0.01

2.1.1.3 Evaluación del Mecanismo ACK durante una llamada Telefónica

Las tablas 2.5 y 2.6 guardan los resultados obtenidos después de realizar 5 llamadas telefónicas de 30 segundos cada una, para cada valor de `ACKTimeout`, mediante la PBX Elastix. Los datos consignados en la tabla 2.5 fueron obtenidos usando la “ley de compresión U” del códec G.711 y los datos consignados en la tabla 2.6 fueron obtenidos usando la “ley de compresión A” del códec G.711.

Tabla 2.5. Porcentaje de Paquetes Perdidos, *Jitter* Máximo y *Jitter* Promedio utilizando la Ley de Compresión U del Códec G.711.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	44	45	46	47	53	64	75
Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	0.13	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1.23	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.06	0	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.11	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	0.06	0	0.37	0	0	0	0	0	0	0	0
Jitter Máximo (ms)	21.82	2.53	22.19	1.32	1.11	1.32	1.2	1.42	2.91	3.32	2.41
	23.53	6.09	15.26	2.83	1.52	2.2	2.66	1.39	1.6	1.44	2.83
	8.27	2.41	14.13	0.94	0.7	1.84	2.08	5.95	1.04	1.32	1.91
	16.18	6.6	10.01	6.19	1.7	0.74	2.31	5.12	0.61	2.67	2.14
	10.18	2.13	9.43	5.48	1.22	6.6	1.43	3.4	1.65	4.92	2.35
Promedio	16	3.95	14.20	3.35	1.25	2.54	1.94	3.46	1.56	2.73	2.33
Jitter Promedio (ms)	6.81	0.35	10.23	0.47	0.31	0.37	0.35	0.28	0.51	0.49	0.45
	4.02	0.49	4.68	0.38	0.31	0.38	0.51	0.28	0.32	0.28	0.43
	2.45	0.46	5.31	0.56	0.28	0.36	0.4	0.68	0.25	0.28	0.38
	3.09	0.91	1.91	0.87	0.41	0.22	0.53	0.39	0.24	0.94	0.43
	3.54	0.4	2.45	0.92	0.28	0.79	0.28	0.56	0.38	0.81	0.5
Promedio	4	0.52	4.92	0.64	0.32	0.42	0.41	0.44	0.34	0.56	0.43

Tabla 2.6. Porcentaje de Paquetes Perdidos, *Jitter* Máximo y *Jitter* Promedio utilizando la Ley de Compresión A del Códec G.711.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	44	45	46	47	53	64	75
Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	0.20	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0.06	0	0	0	0	0	0.06	0	0	0
	0	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0.13	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	0.04	0.04	0.11	0	0	0	0	0.01	0	0	0
Jitter Máximo (ms)	3.04	2.39	2.41	6.89	2.39	2.78	1.17	4.58	5.02	1.85	1.85
	2.26	2.37	5.97	1.91	2.46	4.29	2.04	1.41	1.05	2.56	2.56
	2.36	1.45	6.55	5.81	5.69	1.96	0.95	3.33	4.73	4.37	4.37
	2.15	4.93	3.21	1.52	3.16	1.82	2.17	1.48	3.89	1.35	1.35
	2.25	3.53	2.92	1.04	2.09	2.06	1.22	3.23	3.57	1.55	1.55
Promedio	2.41	2.93	4.21	3.434	3.16	2.58	1.51	2.81	3.65	2.34	2.34
Jitter Promedio (ms)	0.65	0.45	1.01	0.96	0.56	0.55	0.35	0.42	0.65	0.58	0.31
	0.42	0.35	1.61	0.39	0.5	0.49	0.42	0.3	0.24	0.41	0.3
	0.47	0.4	2.1	1.15	0.7	0.32	0.29	0.65	0.37	0.5	1.05
	0.65	1.1	1.07	0.39	0.4	0.65	0.58	0.43	0.6	0.29	0.15
	0.49	0.54	0.95	0.31	0.46	0.34	0.3	0.31	0.4	0.36	0.22
Promedio	0.54	0.57	1.35	0.64	0.52	0.47	0.39	0.42	0.45	0.43	0.41

2.1.1.4 Evaluación del Mecanismo ACK durante un *streaming* de video

La Tabla 2.7 despliega la información obtenida al realizar un *streaming* de video por VLC durante 60 segundos para cada valor de `ACKTimeout`.

Tabla 2.7. ACK Duplicados, Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	44	45	46	47	53	64	75	85
ACK Duplicados	356	458	525	2	2	8	9	2	7	10	3	0
Retransmisiones	18	17	37	5	5	1	2	12	1	8	0	0
Paquetes HTTP Transmitidos	3817	3958	3010	5132	5534	4801	5055	7174	7349	6859	4466	5457

2.1.2 Evaluación del desempeño del Mecanismo No ACK

2.1.2.1 Evaluación de No ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el protocolo TCP

La tabla 2.8 muestra los datos obtenidos con la herramienta *iperf* usando el protocolo TCP. Los datos fueron medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calculan los valores promedio.

Tabla 2.8. *Throughput* medido desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP (Mbps).

	Desde el AP hacia el Cliente	Desde el Cliente hacia el AP
Throughput (Mbps)	0.74	0.18
	0.74	0.21
	0.68	0.12
	0.82	0.11
	0.68	0.22
Throughput Promedio	0.73	0.17

2.1.2.2 Evaluación de No ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el protocolo UDP

La tabla 2.9 muestra los datos obtenidos con la herramienta *iperf* usando el protocolo UDP. Los datos fueron medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calculan los valores promedio.

Tabla 2.9. *Throughput*, *Jitter* y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP.

De AP hacia el Cliente			De Cliente a AP		
Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	%Datagramas Perdidos	Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	%Datagramas Perdidos
0.99	24.51	88.21	0.84	32.91	90.00
0.99	25.61	89.56	0.83	35.19	81.00
0.98	37.25	90.32	0.83	32.46	86.00
0.99	27.95	81.17	0.81	32.53	86.00
0.99	28.73	97.8	0.82	32.90	81.00
0.99	28.81	89.412	0.83	32.80	86.01

2.1.2.3 Evaluación de No ACK durante una llamada Telefónica

La tabla 2.10 guarda los resultados obtenidos después de realizar 5 llamadas de 30 segundos cada una, mediante la PBX Elastix. Los datos consignados en la tabla 2.10 fueron obtenidos usando la ley de compresión U del códec G.711 y la ley de compresión A del códec G.711.

Tabla 2.10. Porcentaje de Paquetes Perdidos, *Jitter* máximo y *Jitter* promedio utilizando la Ley de Compresión U y la ley de Compresión A del Códec G.711.

Ley U del códec G711			Ley A del códec G711		
Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	Jitter Máximo (ms)	Jitter Promedio (ms)	Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	Jitter Máximo (ms)	Jitter Promedio (ms)
0.21	6.27	2.06	0.18	75.8	1.26
0.18	50.37	3.93	0.39	7.65	0.79
1.35	4.56	1.18	0.37	4.73	2.55
0.25	56.32	5.46	0.68	4.23	2.5
0.47	49.7	3.89	1.35	8.45	1.7
0.50	33.444	3.304	0.59	20.17	1.76

2.1.2.4 Evaluación de No ACK durante un streaming de video

La Tabla 2.11 despliega la información obtenida al realizar un *streaming* de video por VLC durante 60 segundos.

Tabla 2.11. ACK duplicados, Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.

ACK Duplicados	Retransmisiones	Paquetes HTTP
0	0	29

2.2 ENLACE FIET – CAJETE

2.2.1 Evaluación del Desempeño del Mecanismo de Reconocimiento ACK

2.2.1.1 Evaluación del Mecanismo ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el protocolo TCP

Las Tablas 2.12 y 2.13 contienen los valores del *Throughput* del enlace medido desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP respectivamente para diferentes valores de *ACKTimeout*. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calcula el valor promedio.

Tabla 2.12. *Throughput* medido desde el AP hacia el Cliente.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	53	62	63	64	65	66	75	85
Throughput (Mbps)	0.75	0.74	0.75	0.75	0.74	8.25	11.8	13	11.5	9.38	13.9	13.5
	0.75	0.74	0.74	0.75	0.74	8.28	12.6	15	10.8	9.68	15	13.2
	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74	10.2	13	13.7	10.8	9.13	15.6	13
	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73	9.75	12.5	14	9.32	9.1	13.5	13.1
	0.75	0.75	0.75	0.74	0.71	8.99	12.4	14.3	11.6	9.48	14.2	12.3
Throughput Promedio	0.75	0.75	0.75	0.75	0.73	9.09	12.46	14	10.80	9.35	14.44	13.02

Tabla 2.13. *Throughput* medido desde el Cliente hacia el AP.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	53	62	63	64	65	66	75	85
Throughput (Mbps)	0.76	0.73	0.79	0.79	0.82	13	10.9	10.7	11.8	5.97	8.44	8.83
	0.75	0.75	0.75	0.77	0.61	14.4	10.5	9.33	10.5	6.28	9.59	8.02
	0.76	0.77	0.77	0.77	0.73	14.2	10.4	9.61	14	5.52	9.08	8.39
	0.76	0.78	0.77	0.71	0.78	13.4	10.5	14.8	10.2	6.17	6.59	8.64
	0.77	0.76	0.78	0.75	0.73	11.4	10.4	13.1	11.3	5.74	6.93	8.12
Throughput Promedio	0.76	0.76	0.77	0.76	0.73	13.28	10.54	11.51	11.56	5.94	8.13	8.4

2.2.1.2 Evaluación del Mecanismo ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el protocolo UDP

Las Tablas 2.14 y 2.15 contienen los valores de *throughput*, *jitter* y el porcentaje de datagramas perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP respectivamente. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calculan los valores promedio.

Tabla 2.14. *Throughput*, *Jitter* y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	53	62	63	64	65	66	75	85
Throughput (Mbps)	0.8	0.8	0.8	0.75	0.7	14.1	13.9	10.5	14.6	11.9	11.6	15.9
	0.79	0.8	0.79	0.75	0.69	14.2	14.7	14.6	14.7	15.6	16	15.4
	0.8	0.8	0.79	0.7	0.68	15.2	15.4	15.2	15.6	15.1	15.4	15.6
	0.8	0.8	0.79	0.75	0.74	15.2	15.1	14.6	16	15.5	13.7	15.3
	0.8	0.8	0.79	0.72	0.72	14.8	15.1	15.4	15.9	15.6	14	15.1
Throughput Promedio	0.80	0.8	0.79	0.73	0.71	14.7	14.8	14	15.4	14.7	14.1	15.5
Jitter (ms)	20.73	22.10	20.86	24.21	27.55	0.89	5.68	0.68	0.63	0.70	0.64	0.70
	21.91	22.59	20.54	20.94	27.28	1.05	0.74	1.27	0.45	0.68	0.62	0.70
	21.19	19.34	20.68	219.38	25.06	0.70	0.72	0.72	0.48	0.72	0.66	0.67
	20.24	21.30	21.52	23.74	22.00	0.57	0.76	0.59	0.64	0.57	0.72	0.73
	22.40	20.16	21.34	21.87	25.65	0.65	0.72	0.54	0.56	0.81	1.11	1.98
Jitter Promedio	21.29	21.10	20.99	62.03	25.51	0.77	1.73	0.76	0.55	0.69	0.75	0.96
Porcentaje de Datagramas Perdidos (%)	93.57	93.57	93.56	93.89	94.16	10.2	11.1	33.9	8.65	25.7	22.3	0.66
	93.60	93.56	93.59	93.92	94.24	9.82	7.89	0.07	8.32	1.98	0	3.37
	93.57	93.12	90.92	93.64	94.24	3.99	1.51	4.52	2.38	4.95	3.44	1.76
	91.01	93.55	93.58	93.74	93.25	4.75	4.31	5.41	0.29	2.92	13.6	4.59
	93.56	93.52	93.60	93.94	92.97	7.34	5.03	3.97	0.55	2.18	11.4	3.23
Promedio Datagramas Perdidos	93.06	93.46	93.05	93.82	93.77	7.21	5.97	9.57	4.04	7.55	10.2	2.72

Tabla 2.15. *Throughput*, *Jitter* y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el Cliente hacia el AP.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	53	62	63	64	65	66	75	85
Throughput (Mbps)	0.8	0.81	0.81	0.8	0.8	8.48	15.5	15.3	11.9	14	10.3	11.4
	0.81	0.81	0.79	0.8	0.8	15.1	15.2	13.7	9.72	12.9	12.6	12.7
	0.79	0.81	0.81	0.8	0.81	15.6	14.2	14.8	11.7	13.8	12.7	13.8
	0.82	0.81	0.81	0.8	0.79	16	14.5	14.7	12.3	12.9	12.1	11.7
	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	16	15.2	15.2	12.6	12.5	11	11.4
Throughput Promedio	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	16	14.9	14.7	11.6	13.2	11.7	12.2
Jitter (ms)	21.13	142.8	145.2	21.18	147.0	0.78	0.63	0.67	0.8	1.41	1.23	5.44
	144.7	21.16	145.2	146.4	21.91	0.68	0.69	0.68	1.46	1.19	0.92	2.17
	149.7	144.4	143.2	147	142.8	0.67	6.34	0.7	4.65	0.73	0.65	1.34
	20.44	20.13	23.43	19.84	147.6	0.61	0.68	1.44	0.87	5.87	0.66	0.86
	99.27	20.87	144.8	147.9	146.4	0.6	0.76	0.68	0.69	0.95	1.43	1.06
Jitter Promedio	87.06	69.88	120.4	96.48	121.1	0.67	1.82	0.83	1.69	2.03	0.98	2.17
Porcentaje de Datagramas Perdidos (%)	94	94	94	94	95	46	13	4	25	11	35	27
	95	93	95	95	94	5.6	4.1	13	38	18	20	19
	95	94	94	95	94	2.6	9	6.5	23	13	19	11
	93	93	93	94	95	0	8.7	6.8	21	18	23	26
	94	94	95	95	95	0	4.1	4.4	20	21	29	26
Promedio Datagramas Perdidos	94.20	93.60	94.20	94.60	94.60	10.8	7.78	6.94	25.4	16.2	25.2	21.8

2.2.1.3 Evaluación del Mecanismo ACK durante una llamada Telefónica

Las tablas 2.16 y 2.17 guardan los resultados obtenidos después de realizar 5 llamadas de 30 segundos cada una, para cada valor de `ACKTimeout`, mediante la PBX Elastix. Los datos consignados en la tabla 2.16 fueron obtenidos usando la ley de compresión U del códec G.711 y los datos consignados en la tabla 2.17 fueron obtenidos usando la ley de compresión A del códec G.711.

Tabla 2.16. Porcentaje de Paquetes Perdidos, *Jitter* Máximo y *Jitter* Promedio utilizando la Ley de Compresión U del Códec G.711.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	53	62	63	64	65	66	75	85
Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	0.06	0	0.06	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.06	0.19	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0
	0.06	0	0	0	0.26	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0.06	0.06	0	0	0.07	0.07	0	0	0
	0.06	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	0.05	0.04	0.01	0.03	0.09	0	0	0.01	0.01	0	0	0
Jitter Máximo (ms)	8.5	5.5	7.22	4.53	4.39	2.48	3.22	1.1	5.45	2.64	7.09	1.96
	4.98	3.48	3.12	2.17	1.42	2.24	2.34	5.7	3.1	2.31	5.95	4.9
	4.9	2.59	2.8	2.14	1.14	6.11	2.71	4.03	5.1	1.76	1.88	2.92
	2.53	6.85	5.5	4.33	1.73	1.87	2.27	1.41	1.97	4.77	1.8	4.88
	8.23	3.90	6.67	4.25	2.56	2.87	3.62	3.3	3.9	2.58	2.9	4.18
Promedio	5.83	4.46	5.06	3.48	2.25	3.11	2.83	3.11	3.90	2.81	3.92	3.77
Jitter Promedio (ms)	0.87	1.23	1.28	0.84	0.72	0.65	0.4	0.29	0.61	0.54	0.73	0.32
	1.23	1.04	0.75	0.54	0.47	0.65	0.41	0.95	0.65	0.44	1	0.89
	1.38	0.63	0.59	0.57	0.44	1.91	0.44	0.62	0.59	0.41	0.41	0.47
	0.55	1.37	1.07	1.38	0.5	0.42	0.63	0.39	0.61	0.58	0.34	0.62
	1.01	1.07	0.92	0.83	0.46	0.75	0.42	0.74	0.63	0.52	0.42	0.57
Promedio	1.01	1.07	0.92	0.83	0.52	0.88	0.46	0.60	0.62	0.50	0.58	0.57

Tabla 2.17. Porcentaje de Paquetes Perdidos, *Jitter* Máximo y *Jitter* Promedio utilizando la Ley de compresión A del Códec G.711.

ACKTimeout (us)	21	23	32	42	53	62	63	64	65	66	75	85
Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	0.07	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.26	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.19	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0.06	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0
	0.06	0.06	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	0.12	0.03	0.01	0.04	0.03	0	0	0	0	0	0	0
Jitter Máximo (ms)	12.07	7.35	3.99	2.61	7.62	3.24	2.48	4.87	4.02	2.09	5.66	6.35
	3.02	3.05	3.53	8.06	9.93	3.33	5.75	3.66	4.28	4.17	4.12	7.46
	5.33	4.65	7.29	5.67	11.22	5.25	8.44	4.39	3.73	3.58	4.97	6.96
	11.47	3.44	2.21	7.91	10.58	4.54	3.02	5.76	3.48	6.75	4.66	6.38
	6.89	4.87	5.7	6.43	6.89	4.36	4.44	3.8	3.04	3.21	4.45	6.78
Promedio	7.75	4.67	4.54	6.13	9.24	4.14	4.82	4.49	3.71	3.96	4.77	6.78
Jitter Promedio (ms)	3.2	1.11	1.07	0.84	2.12	0.96	0.53	1.59	0.85	0.56	1.63	2.2
	0.85	0.82	0.88	1.25	1.87	0.69	0.62	0.98	0.56	1.38	0.88	1.3
	1.2	0.99	2.86	1.08	4.01	1.6	2.91	1.89	0.49	0.89	0.99	1.99
	2.98	0.91	0.68	3	3.84	1.6	0.62	1.53	0.96	1.3	1.76	2.23
	1.37	0.98	1.15	1	1.93	1.26	0.81	1.38	0.74	0.77	1.05	1.63
Promedio	1.92	0.96	1.32	1.43	2.75	1.22	1.09	1.47	0.72	0.98	1.26	1.87

2.2.1.4 Evaluación del Mecanismo ACK durante un *streaming* de video

La Tabla 2.18 despliega la información obtenida al realizar un Streaming de video por VLC durante 60 segundos para cada valor de `ACKTimeout`.

Tabla 2.18. ACK Duplicados. Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.

ACKTimeout (Mbps)	21	23	32	42	53	62	63	64	65	66	75	85
ACK Duplicados	201	196	183	177	171	0	0	3	3	0	2	0
Retransmisiones	4638	5491	5970	6124	6057	59	53	18	76	39	60	49
Paquetes HTTP Transmitidos	6188	6886	6245	8903	8716	2245	2164	2433	4278	4108	4951	4886

2.2.2 Evaluación del desempeño del Mecanismo No ACK

2.2.2.1 Evaluación de No ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el protocolo TCP

La tabla 2.19 muestra los datos obtenidos con la herramienta *iperf* usando el protocolo TCP. Los datos fueron medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calculan los valores promedio.

Tabla 2.19. *Throughput* medido desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP.

	Desde el AP hacia el Cliente	Desde el Cliente hacia el AP
Throughput (Mbps)	0.49	0.58
	0.51	0.56
	0.74	0.46
	0.67	0.47
	0.64	0.5
Throughput Promedio	0.61	0.51

2.2.2.2 Evaluación de No ACK utilizando la herramienta IPERF sobre el protocolo UDP

La tabla 2.20 muestra los datos obtenidos con la herramienta *iperf* usando el protocolo UDP. Los datos fueron medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP. Con el objetivo de obtener datos más precisos se realiza 5 veces cada prueba bajo las mismas condiciones y luego se calculan los valores promedio.

Tabla 2.20. *Throughput*, *Jitter* y Porcentaje de Datagramas Perdidos medidos desde el AP hacia el Cliente y desde el Cliente hacia el AP.

Desde el AP hacia el Cliente			Desde el Cliente hacia el AP		
Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	Porcentaje Datagramas Perdidos (%)	Throughput (Mbps)	Jitter (ms)	Porcentaje Datagramas Perdidos
0.99	17.40	92.31	0.99	135.90	92.32
0.99	16.26	92.31	0.99	18.67	92.42
0.99	16.88	92.29	0.99	18.68	92.50
1	148.63	91.80	0.99	19.20	91.90
0.99	44.91	92.30	0.99	33.50	92.05
0.992	48.81	92.20	0.99	45.19	92.23

2.2.2.3 Evaluación del Mecanismo No ACK durante una llamada Telefónica

La tabla 2.21 guarda los resultados obtenidos después de realizar 5 llamadas de 30 segundos cada una. mediante la PBX Elastix. Los datos consignados en la tabla 2.21 fueron obtenidos usando la ley de compresión U del códec G.711 y la ley de compresión A del códec G.711.

Tabla 2.21. Porcentaje de Paquetes Perdidos, *Jitter* Máximo y *Jitter* Promedio utilizando la Ley de Compresión U y la ley de Compresión A del Códec G.711.

Ley U del códec G711			Ley A del códec G711		
Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	Jitter Máximo (ms)	Jitter Promedio (ms)	Porcentaje de Paquetes Perdidos (%)	Jitter Máximo (ms)	Jitter Promedio (ms)
0.20	3.81	1.21	0.24	3.6	0.93
0.13	3.7	0.94	0.26	5.36	2.31
0.46	4.14	2.14	0.26	4.33	1.44
0.23	3.37	1.07	0.13	2.94	0.75
0.32	4.12	1.17	0.19	4.94	1.13
0.27	3.828	0.27	0.22	4.234	0.22

2.2.2.4 Evaluación de No ACK durante un streaming de video

La Tabla 2.22 despliega la información obtenida al realizar un *streaming* de video por VLC durante 60 segundos.

Tabla 2.22. ACK Duplicados. Retransmisiones y Paquetes HTTP Transmitidos.

ACK Duplicados	Retransmisiones	Paquetes HTTP
0	0	63