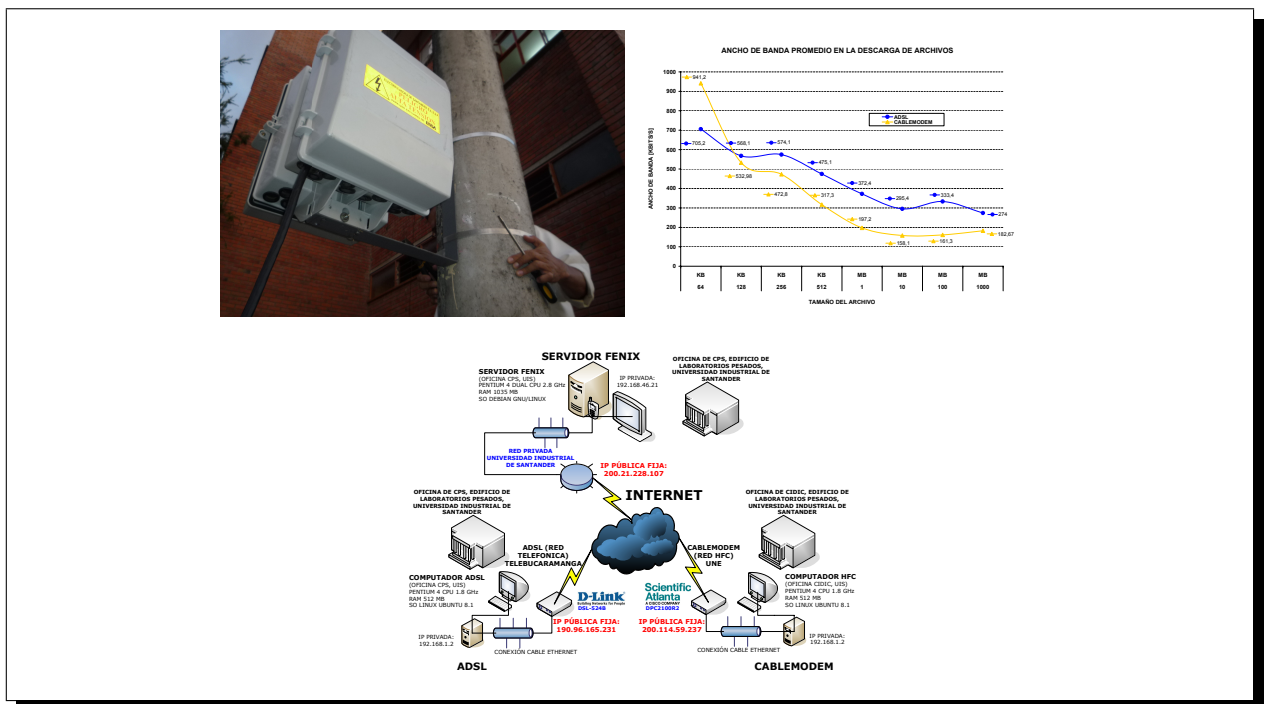


# EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LAS TECNOLOGÍAS ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) Y CIA (*Cable Internet Access*) PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO SITELRED.



Cristhiam Leonardo Higuera Rueda

Álvaro Enrique Reslen Eugenio

ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER

Bucaramanga – 2009



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones



**EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LAS TECNOLOGÍAS ADSL  
(*Asymmetric Digital Subscriber Line*) Y CIA (*Cable Internet Access*) PARA  
LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO: PROTOTIPO DE SISTEMA  
METROPOLITANO DE TELEMETRÍA PARA LA MONITORIZACIÓN DE  
PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE  
MEDIA Y BAJA TENSIÓN (SITELRED).**

Cristhiam Leonardo Higuera Rueda  
Álvaro Enrique Reslen Eugenio

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico

Director: M.Sc. José de Jesús Rúgeles U.

Codirector: Ing. Daniel Alexander Velazco C.

ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER

Bucaramanga–Octubre de 2009



*“ A mi familia, quienes con su apoyo incondicional me  
brindán la fuerza para superar cualquier obstáculo,  
a fin de alcanzar mis metas.”*

*Cristhiam.*

*“ A mi familia,  
el motivo por el cual me preparo y me seguiré preparando.”*

*Álvaro.*

# Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme vivir este momento. A mi madre y hermanos por creer en mí. A todos mis amigos por brindarme su apoyo y la convicción necesaria para no decaer. A mi familia, por mantener esa gran calidez. A Isabel Sofhia, por ser fuente de inspiración para las acciones que emprendo cada día. A mi compañero Alvaro por su esfuerzo y dedicación. A los profesores por su amistad y orientación en el desarrollo y culminación de este proyecto. A los integrantes de los grupos CPS y CIDIC por su amistad. Y en general, a todos los que ayudaron de una u otra forma, en el proceso de mi formación y logro de esta meta. A todas estas personas mis más sinceros agradecimientos,

*Cristhiam Leonardo Higuera Rueda*

Agradezco a mi familia. A mi mamá por su amor y su esfuerzo para brindarme todo para estar dedicado totalmente a estudiar. También a mi hijo *Julián* y a mi esposa por traer alegría a casa.

Agradezco a los profesores, por el acceso a una cantidad invaluable de conocimiento nuevo sobre un área de la cual estoy convencido tiene un futuro en este país. Además por brindarme los recursos y comodidades necesarias para tener siempre el mejor lugar de trabajo. También a los integrantes del grupo CPS, especialmente a aquellos que participaron en la edición de este documento.

A la UIS, por la libertad y variedad que brinda, a los buenos profesores y a mis compañeros de estudio, principalmente a Cristhiam Higuera, por la dedicación que tuvo hacia el proyecto, trabajando de sol a sol para entregar a tiempo.

*Álvaro Enrique Reslen Eugenio*

# Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.</b>	<b>5</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL. . . . .	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS . . . . .	5
<b>3. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>7</b>
3.1. DEFINICIONES . . . . .	7
3.1.1. CANTIDAD DE DATOS PERDIDOS (BER) . . . . .	7
3.1.2. ANCHO DE BANDA . . . . .	8
3.1.3. TASA REAL EFECTIVA (THROUGHPUT) . . . . .	8
3.1.4. CANTIDAD DE PAQUETES PERDIDOS (PER) . . . . .	8
3.1.5. LATENCIA . . . . .	8
3.1.6. TIEMPO DE IDA Y REGRESO (RTT) . . . . .	9
3.1.7. VARIACIÓN DEL RETARDO O JITTER . . . . .	9
3.2. TECNOLOGÍA ADSL . . . . .	9
3.3. TECNOLOGÍA DE ACCESO A INTERNET SOBRE CABLE (CIA) . . . . .	11
3.4. PROTOCOLOS . . . . .	13
3.4.1. PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN (TCP) . . . . .	13
3.4.2. PROTOCOLO DE MENSAJES DE CONTROL Y ERROR (ICMP) . . . . .	14
3.5. MEDIDAS ESTADÍSTICAS . . . . .	15
3.5.1. PROMEDIO O MEDIA ARITMÉTICA . . . . .	15
3.5.2. MEDIANA . . . . .	15
3.5.3. VARIANZA . . . . .	15
3.5.4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR . . . . .	16

<b>4. ANTECEDENTES.</b>	<b>17</b>
<b>5. SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS.</b>	<b>21</b>
5.1. IPERF . . . . .	22
5.2. D-ITG . . . . .	23
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>25</b>
6.1. MATERIALES . . . . .	25
6.1.1. SERVIDOR FÉNIX . . . . .	25
6.1.2. COMPUTADOR PARA ADSL . . . . .	25
6.1.3. COMPUTADOR PARA CIA . . . . .	27
6.1.4. MÓDEM D-LINK DSL-524B PARA LA TEGNOLOGÍA ADSL	27
6.1.5. MÓDEM SCIENTIFIC ATLANTA DPC2100R2 PARA CIA . .	27
6.1.6. SERVICIOS CONTRATADOS . . . . .	27
6.1.7. DESCRIPCIÓN DE LA CONEXIÓN DE LAS REDES. . . . .	27
6.2. CONFIGURACIÓN INICIAL DE LOS EQUIPOS. . . . .	29
6.3. MÉTODOS UTILIZADOS. . . . .	30
6.4. AJUSTE DE PARÁMETROS PARA LAS HERRAMIENTAS. . . . .	35
6.4.1. ANCHO DE BANDA (BW) y RTT VARIANDO EL TIEMPO .	36
6.4.2. ANCHO DE BANDA (BW) y RTT VARIANDO EL TAMAÑO DEL SEGMENTO . . . . .	37
6.4.3. ANCHO DE BANDA (BW) y RTT VARIANDO EL TAMAÑO DE LA VENTANA TCP . . . . .	37
6.5. PRUEBAS EXTENDIDAS DURANTE CATORCE DÍAS. . . . .	39
6.6. PRUEBAS DE ENVÍO DE ARCHIVOS. . . . .	39
<b>7. RESULTADOS.</b>	<b>43</b>
7.1. AJUSTE DE LOS PARÁMETROS DE LAS HERRAMIENTAS. . . . .	43
7.2. PRUEBAS EXTENDIDAS DE 14 DÍAS CONTINUOS . . . . .	46
7.2.1. PRUEBAS EXTENDIDAS ADSL . . . . .	46
7.2.2. PRUEBAS EXTENDIDAS CIA. . . . .	83
7.2.3. PRUEBAS EXTENDIDAS SUCESOS . . . . .	120
7.3. PRUEBAS ENVÍO DE ARCHIVOS . . . . .	121
7.4. OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. . . . .	122
7.4.1. ACERCA DEL AJUSTE DE LOS PARÁMETROS. . . . .	122

7.4.2. ACERCA DE LAS PRUEBAS EXTENDIDAS EMPLEANDO TECNOLOGÍA CIA. . . . .	123
7.4.3. ACERCA DE LAS PRUEBAS EXTENDIDAS EMPLEANDO TECNOLOGÍA ADSL. . . . .	124
7.4.4. ACERCA DEL ENVÍO DE ARCHIVOS. . . . .	126
<b>8. DISPONIBILIDAD Y COBERTURA DE LOS SERVICIOS.</b>	<b>127</b>
8.1. PROVEEDORES DE SERVICIOS DE INTERNET CON TECNOLOGÍA ADSL Y CIA. . . . .	127
8.1.1. UNE, EPM TELECOMUNICACIONES . . . . .	128
8.1.2. TELEBUCARAMANGA . . . . .	128
8.2. TECNOLOGÍA ADSL. . . . .	129
8.3. TECNOLOGÍA CIA . . . . .	130
<b>9. IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES DE COMUNICACIONES.</b>	<b>133</b>
9.1. MATERIALES . . . . .	133
9.2. MÉTODO . . . . .	133
<b>10. CONCLUSIONES.</b>	<b>137</b>
<b>11. TRABAJOS FUTUROS.</b>	<b>141</b>



# Lista de Figuras

3.1. Descripción del Sistema de Comunicaciones ADSL. . . . .	11
3.2. Descripción del sistema de comunicaciones híbrido fibra-óptica y cable-coaxial HFC. . . . .	12
3.3. Campos de datagrama IP para el protocolo ICMP. . . . .	14
6.1. Representación de los materiales y características de los equipos empleados en la realización de pruebas. . . . .	26
6.2. Materiales utilizados. . . . .	28
6.3. Diagrama de flujo para la configuración inicial de los equipos empleados en la realización de las pruebas. . . . .	31
6.4. Diagrama de flujo para la supervisión y control de los equipos empleados en la realización de las pruebas. . . . .	32
6.5. Diagramas de flujo de los programas desarrollados para los equipos empleados en la realización de las pruebas, programa del cliente. . . . .	33
6.6. Diagramas de flujo de los programas desarrollados para los equipos empleados en la realización de las pruebas, programa del servidor. . . . .	34
6.7. Diagrama de flujo para organizar y graficar el comportamiento de los datos obtenidos en las diferentes campañas de medida. . . . .	35
6.8. (a) Ejemplos de los datos organizados y graficados en un día. (b) Resultado de tipo estadístico obtenido a partir de una hoja de Excel. . . . .	36
6.9. Diagrama de flujo para determinar el tiempo de duración de las pruebas. . . . .	37
6.10. Diagrama de flujo para determinar el MTU de las pruebas. . . . .	38
6.11. Diagrama de flujo para determinar el tamaño de la ventana TCP para las pruebas. . . . .	39
6.12. Diagrama de flujo para la comparación de los parámetros seleccionados Vs. parámetros por defecto de las herramientas de desempeño. . . . .	40

6.13. Diagrama de flujo del programa desarrollado para el envío de archivos. . . . .	41
6.14. Diagrama de flujo de los eventos para obtener los reportes del envío de archivos. . . . .	42
7.1. Resultados del ajuste de los parámetros seleccionados para ADSL. . . . .	44
7.2. Resultados del ajuste de los parámetros seleccionados para CIA. . . . .	45
7.3. Ancho de banda medido sobre ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	47
7.4. Medidas estadísticas del ancho de banda medido sobre ADSL, presentadas cada día. . . . .	48
7.5. Ancho de banda medido sobre ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	49
7.6. Ancho de banda medido sobre ADSL, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	50
7.7. RTT medido sobre TCP medido para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	51
7.8. Medidas estadísticas del rtt sobre TCP medido para ADSL, presentadas cada día. . . . .	52
7.9. RTT sobre TCP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	53
7.10. Rtt sobre TCP medido para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día. . . . .	54
7.11. Latencia sobre TCP medida para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	55
7.12. Medidas estadísticas de la latencia sobre TCP medida para ADSL, presentadas cada día. . . . .	56
7.13. Latencia sobre TCP medida para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	57
7.14. Latencia medida sobre TCP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día. . . . .	58
7.15. Jitter del rtt sobre TCP medido para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	59
7.16. Medidas estadísticas del jitter del rtt sobre TCP medido para ADSL, presentadas cada día. . . . .	60

7.17. Jitter del rtt sobre TCP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	61
7.18. Jitter del rtt sobre TCP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día. . . . .	62
7.19. Jitter en la latencia sobre TCP medido para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	63
7.20. Medidas estadísticas del jitter en la latencia sobre TCP medido para ADSL, presentadas cada día. . . . .	64
7.21. Jitter en la latencia sobre TCP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	65
7.22. Jitter en la latencia sobre TCP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día. . . . .	66
7.23. Rtt medido sobre ICMP medido para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	67
7.24. Medidas estadísticas del rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentadas cada día. . . . .	68
7.25. Rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	69
7.26. Rtt medido sobre ICMP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día. . . . .	70
7.27. Jitter de rtt medido sobre ICMP medido para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	71
7.28. Medidas estadísticas del jitter de rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentadas cada día. . . . .	72
7.29. Jitter de rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	73
7.30. jitter del rtt medido sobre ICMP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día. . . . .	74
7.31. Porcentaje de paquetes perdidos para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	75
7.32. Medidas estadísticas del Porcentaje de paquetes perdidos para ADSL ICMP medida para ADSL, presentadas cada día. . . . .	76
7.33. Porcentaje de paquetes perdidos para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	77

7.34. Medidas estadísticas, presentadas cada treinta minutos durante un día. del Porcentaje de paquetes perdidos medido sobre ICMP para ADSL. . . . .	78
7.35. Throughput medido para ADSL continuamente durante catorce días. . . . .	79
7.36. Medidas estadísticas del throughput para ADSL, presentadas cada día. . . . .	80
7.37. Throughput medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	81
7.38. Medidas estadísticas del throughput para ADSL, presentadas cada treinta minutos durante un día. . . . .	82
7.39. Ancho de banda medido sobre CIA continuamente durante catorce días. . . . .	84
7.40. Medidas estadísticas del Ancho de banda medido sobre CIA, presentadas cada día. . . . .	85
7.41. Ancho de banda medido sobre CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	86
7.42. Ancho de banda medido sobre CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	87
7.43. RTT medido sobre TCP medido para CIA continuamente durante catorce días. . . . .	88
7.44. Medidas estadísticas del rtt sobre TCP medido para CIA, presentadas cada día. . . . .	89
7.45. RTT sobre TCP medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	90
7.46. Rtt medido sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	91
7.47. Latencia medida para CIA continuamente durante catorce días. . . . .	92
7.48. Medidas estadísticas de la latencia medida para CIA, presentadas cada día. . . . .	93
7.49. Latencia medida para CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	94
7.50. Latencia sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	95
7.51. Jitter del rtt medido para CIA continuamente durante catorce días. . . . .	96
7.52. Medidas estadísticas del jitter del rtt medido para CIA, presentadas cada día. . . . .	97
7.53. Jitter del rtt medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	98

7.54. Jitter del rtt sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	99
7.55. Jitter en la latencia medido para CIA continuamente durante catorce días.	100
7.56. Medidas estadísticas del jitter en la latencia medido para CIA, presentadas cada día. . . . .	101
7.57. Jitter en la latencia medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	102
7.58. Jitter en la latencia sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	103
7.59. RTT sobre ICMP para CIA continuamente durante catorce días. . . . .	104
7.60. Medidas estadísticas del rtt sobre ICMP para CIA, presentadas cada día.	105
7.61. RTT sobre ICMP para CIA, presentando todos los días simultáneamente.	106
7.62. Rtt sobre ICMP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	107
7.63. Jitter de rtt sobre ICMP para CIA continuamente durante catorce días.	108
7.64. Medidas estadísticas del jitter de rtt sobre ICMP para CIA, presentadas cada día. . . . .	109
7.65. Jitter de rtt sobre ICMP para CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	110
7.66. jitter del rtt sobre ICMP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	111
7.67. Porcentaje paquetes perdidos en CIA continuamente durante catorce días.	112
7.68. Medidas estadísticas para CIA, presentadas cada día. . . . .	113
7.69. Porcentaje paquetes perdidos en CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	114
7.70. Porcentaje de paquetes perdidos sobre ICMP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	115
7.71. Throughput medido para CIA continuamente durante catorce días. . . . .	116
7.72. Medidas estadísticas del throughput para CIA, presentadas cada día. . . . .	117
7.73. Throughput medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente. . . . .	118
7.74. Throughput para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día. . . . .	119

7.75. Sucesos ocurridos durante la ejecución de las campañas de medidas durante catorce días. . . . .	120
7.76. Comparación del envío de archivos, tamaño Vs. ancho de banda. . . . .	121
7.77. Comparación del envío de archivos, tamaño Vs. tiempo de descarga. . . . .	122
9.1. Descripción de la distribución de los materiales en las cajas que se instalarán en los postes. . . . .	135

# Lista de Tablas

3.1. Evolución de la estandarización de ADSL. . . . .	10
5.1. Características de las herramientas para el análisis de desempeño. . . .	21
5.2. Características de las herramientas para el análisis de desempeño. . . .	21
7.1. Parámetros seleccionados para el desarrollo de las pruebas. . . . .	123
8.1. Ejemplo de la descripción de la ubicación de los transformadores y la cobertura. . . . .	130
8.2. Ejemplo de cobertura de internet con CIA. . . . .	131
9.1. Materiales para implementar los enlaces de comunicaciones. . . . .	134



## RESUMEN

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE LAS TECNOLOGÍAS ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) Y CIA (*Cable Internet Access*) PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO: PROTOTIPO DE SISTEMA METROPOLITANO DE TELEMETRÍA PARA LA MONITORIZACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN (SITELRED).\*

**AUTORES:** Cristhiam Leonardo Higuera Rueda \*\*  
Álvaro Enrique Reslen Eugenio\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Iperf, D-ITG, rtt, jitter, ancho de banda, ADSL, CIA, Cable Módem.

**DESCRIPCIÓN:**

Actualmente, se desarrolla el piloto para una red de telemetría en el área metropolitana de Bucaramanga (SITELRED), se requiere adquirir información de múltiples gateway; las características de los enlaces de comunicación que se van a utilizar para conectar cada gateway con la central (servidor fénix), son de especial importancia para seleccionar los horarios de descarga de archivos de los gateway y establecer los tamaños de éstos; además, prever que las empresas prestadoras de servicios, tengan cobertura en los sitios requeridos por el sistema de telemetría.

En este trabajo se efectúan mediciones sobre dos enlaces de comunicaciones utilizando TCP e ICMP, un enlace con tecnología ADSL y el otro con tecnología CIA. Se utilizan dos herramientas en el análisis del desempeño de los enlaces, iperf y D-ITG. Se ajustan los parámetros de las herramientas: tiempo de duración, máximo tamaño del segmento y tamaño de la ventana TCP.

Con los parámetros ajustados se desarrollan las campañas de medida por un periodo de catorce días, que permiten parametrizar las medidas de la tasa de transferencia efectiva de datos (ancho de banda, throughput, los retardos (rtt, latencia y jitter) y el porcentaje de paquetes perdidos. Al ajustar los parámetros de las herramientas se tiene fiabilidad sobre las medidas, lo cual permitió apreciar situaciones dinámicas de interés presentadas en los enlaces de comunicaciones. Al aplicar criterios estadísticos sobre los resultados de las mediciones realizadas, se pueden sugerir horarios para un mejor desempeño del sistema de telemetría.

Finalmente, se observa el comportamiento de los enlaces de comunicaciones variando el tamaño del archivo utilizado, por el comportamiento observado se recomienda trabajar con archivos menores o iguales a 512 KB.

Con la ubicación de los transformadores de la ESSA, se estudia la disponibilidad de los servicios de ADSL y CIA en la zona metropolitana de Bucaramanga.

---

\* Proyecto de Grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director MSc. José de Jesús Rúgeles Uribe, Codirector Ing. Daniel Alexander Velazco C.

**ABSTRACT**

**TITLE:** PERFORMANCE EVALUATION OF TECHNOLOGIES ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) and CIA (*Cable Internet Access*) FOR IMPLEMENTATION OF THE PROJECT: PROTOTYPE OF METROPOLITAN TELEMETRY SYSTEM FOR MONITORING PARAMETERS IN ELECTRIC DISTRIBUTION NETWORKS OF MEDIUM AND LOW VOLTAGE (SITELED).\*

**AUTHORS:** Cristhiam Leonardo Higuera Rueda \*\*  
Álvaro Enrique Reslen Eugenio\*\*

**KEY WORDS:** Iperf, D-ITG, rtt, jitter, ancho de banda, ADSL, CIA, Cable Módem.

**DESCRIPTION:**

Currently, the pilot develops for a telemetry network in the metropolitan area of Bucaramanga (SITELED) requires acquire information from multiple gateway, the characteristics of the communication links that will be used to connect each gateway with central (Fenix server) are particularly important to select the hours of downloading files from the gateway and set their sizes, also provide that service enterprises, have coverage in the places required by the telemetry system.

In this paper, measurements are done on two communications links using TCP and ICMP, a link to ADSL technology and other technology CIA. Two tools are used in analyzing the performance of bonds, iperf and D-ITG. Adjusting the parameters of the tools: duration, maximum segment size and TCP window size.

With the adjusted parameters are developed measurement campaigns for a period of fourteen days, allowing measurements to parameterize the effective transfer rate of data (bandwidth, throughput, delays (RTT, latency and jitter) and percentage of lost packets. By adjusting the parameters of the tools have reliability on the measures, which allowed assessing dynamic situations of interest received on the communication links. In applying statistical criteria on the results of measurements, one can suggest schedules for better performance of the telemetry system.

Finally, we observe the behavior of communication links by varying the size of the file used, for the observed behavior is advisable to work with files less than or equal to 512 KB.

With the location of the transformers of the ESSA, we study the availability of ADSL services and CIA in the metropolitan area of Bucaramanga.

---

\*Degree project.

\*\*Physics Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering School. Advisor MSc. José de Jesús Rúgeles Uribe, Advisor Ing. Daniel Alexander Velazco C.

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN.

La transmisión de datos es un tema que día a día toma mayor importancia; desde hace ya varias décadas se han encontrado avances significativos en el desarrollo de los sistemas de comunicación utilizando tecnologías ADSL y CIA, este hecho hace que cada vez más se incremente el suministro de servicios como telefonía e internet y que se brinde mayor cobertura y comodidad al usuario. La evolución de los sistemas de comunicaciones que años atrás eran impensables han hecho cambiar nuestro modo de vida.

Las redes de comunicaciones reales que trabajan continuamente en la transmisión de datos se pueden ver afectadas por diferentes razones como: perturbaciones, fallas de los equipos, degeneración del medio de enlace y errores de proyecto; es por esta razón que es necesario el analizar las medidas de la tasa de transferencia efectiva de datos (throughput, ancho de banda y los retardos ( RTT (*Round Trip Time*) y latencia)).

Haciendo referencia a las disposiciones de la CREG, es necesario implementar un sistema de comunicación que sea capaz de transmitir y recibir información en tiempo real, esto servirá para que próximamente y tal como se plantea en el proyecto SITELRED, se pueda implementar un centro de monitoreo de la calidad de la energía, en donde se tenga información acerca de los procesos de transporte de datos.

Colciencias, la Eléctricadora de Santander (ESSA), los grupos de investigación Conectividad y Procesado de Señal (CPS) y el Grupo de Investigación de Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL) están interesados en investigar la calidad de los enlaces de comunicaciones utilizando estas tecnologías, ya que actualmente adelantan proyectos en este tema.

En el presente documento se realiza la implementación de dos enlaces de datos basado

en las tecnologías ADSL y CIA, con el fin de analizar algunos parámetros, tales como: throughput, las tasas de error ( PER (*Packet Error Rate*)), ancho de banda y los retardos ( rtt y jitter); para poder realizar éstas medidas se hace necesario ajustar una metodología de pruebas para cada una de estas tecnologías.

Actualmente, se desarrolla el piloto para una red de telemetría en el área metropolitana de Bucaramanga (SITELRED), se requiere adquirir información de múltiples gateway ubicados en diferentes partes del área metropolitana; las características de los enlaces de comunicación que se van a utilizar para conectar cada gateway con la central (servidor fénix), son de especial importancia para seleccionar los mejores horarios de descarga de archivos de los gateway y establecer los tamaños de éstos; además, preveer que las empresas prestadoras de servicios (ISP), tengan cobertura en los sitios requeridos por el sistema de telemetría.

El trabajo que se desarrolla a continuación efectúa mediciones sobre dos enlaces de comunicaciones utilizando TCP e ICMP, un enlace con tecnología ADSL (internet sobre línea telefónica) y el otro con tecnología CIA (internet sobre cable coaxial). Se utilizan dos herramientas en el análisis del desempeño de los enlaces, éstas herramientas son iperf y D-ITG. Se ajustan los parámetros de las herramientas(tiempo de duración de la prueba, MTU, tamaño de la ventana TCP), luego se efectúan pruebas de desempeño por un periodo de catorce días de manera continua, finalmente, se observa el comportamiento de los enlaces de comunicaciones variando el tamaño del archivo utilizado. Los parámetros ajustados en las herramientas son el tiempo de duración de la prueba, el MTU y el tamaño de la ventana TCP; con estos parámetros ajustados se desarrollan las campañas de medida que permiten parametrizar las medidas de la tasa de transferencia efectiva de datos ( ancho de banda con TCP,throughput con TCP , los retardos ( RTT (*Round Trip Time*) , latencia y jitter)) sobre TCP e ICMP y el porcentaje de paquetes perdidos sobre ICMP.

Al ajustar los parámetros de las herramientas se observó cierta estabilidad sobre las medidas de los parámetros (Ancho de banda y rtt) que permitió apreciar situaciones dinámicas de interés (caídas en el ancho de banda y throughput, aumento de los retardos) presentadas en los enlaces de comunicaciones. Los resultados de las mediciones realizadas a partir de criterios estadísticos, permiten sugerir horarios para un mejor desempeño del sistema de telemetría.

A partir del tiempo requerido o destinado por el equipo supervisor del sistema de telemetría, se puede ajustar el tamaño del archivo que se debe suministrar en cada uno

de los gateway, con este dato se puede aproximar el tamaño del archivo con el que se debe trabajar. Basados en el comportamiento observado en las campañas de medidas, se recomienda trabajar con archivos menores o iguales a 512 KB, para asegurar un desempeño óptimo del enlace y que los tiempos en el intercambio de los archivos no supere los 16 segundos.

Basados en la ubicación de los transformadores de distribución eléctrica de la ESSA, Se estudió la disponibilidad de los servicios de ADSL y CIA en la zona metropolitana de Bucaramanga y la implementación de dos enlaces de comunicaciones con las tecnologías antes mencionadas.



# Capítulo 2

## OBJETIVOS.

### 2.1. OBJETIVO GENERAL.

Implementar un enlace de datos utilizando las tecnologías ADSL y CIA para medir determinadas características de la tasa de transferencia efectiva de datos.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ajustar una metodología de pruebas para medir los parámetros de la tasa de transferencia efectiva de datos, los retardos y las variaciones en los retardos.
- Aplicar la metodología de pruebas al enlace de datos ADSL y CIA, para parametrizar los resultados obtenidos en las campañas de mediciones realizadas.
- Realizar un informe sobre la disponibilidad de servicios en Bucaramanga que empleen las tecnologías ADSL y CIA.
- Implementar los enlaces de datos en el área piloto del “Prototipo de Sistema Metropolitano de Telemetría para la Monitorización de Parámetros Eléctricos en las Redes de Distribución de Media y Baja Tensión” (SITELRED).



# Capítulo 3

## MARCO CONCEPTUAL

### 3.1. DEFINICIONES

Para desarrollar el presente proyecto de investigación, se hace necesario conocer cuales son las medidas de las tasas efectivas de transferencias de datos. A continuación se hace un resumen concreto, que servirá para comprender la ejecución y resultados de la investigación que se plantea.

#### 3.1.1. CANTIDAD DE DATOS PERDIDOS (BER)

BER (*Bit Error Rate*), es la relación entre el número de bits errados al ser recibidos por el receptor, y el número de bits errados al ser transmitidos en un intervalo de tiempo determinado mientras se realiza una comunicación. Las mediciones de este tipo se aplican generalmente a las conexiones punto a punto, de esta forma se puede evaluar el funcionamiento de una red de manera total o parcial. Existen dos formas de obtener el BER, en las ecuaciones (3.1)(3.2) se presentan las características que se relacionan para calcularlo [1].

$$\text{BER} = \frac{\text{NÚMERO DE BITS ERRADOS}}{\text{NÚMERO DE BITS TRANSMITIDOS}} \quad (3.1)$$

$$\text{BER} = \frac{\text{NÚMERO DE BITS ERRADOS}}{\text{BIT RATE} * \text{TIEMPO MEDIDO}} \quad (3.2)$$

### 3.1.2. ANCHO DE BANDA

El ancho de banda se define como la medida de la cantidad de datos o de bits, que pueden transmitirse desde un lugar a otro en un determinado período de tiempo. El ancho de banda es la tasa máxima de datos que pueden ser transmitidos sobre una conexión de red. Para el cálculo del ancho de banda se tienen en cuenta todas las cabeceras y las sumas de comprobación [2, 3]. Para los Sistemas Digitales, La unidad empleada es el bits por segundo. El ancho de banda es fundamental para el desempeño de una red, ya que al tener mayor ancho de banda se tiene también mayor posibilidad de transmisión de datos en un mismo periodo de tiempo, esto sin contar con la distancia máxima de cobertura. Sus limitaciones están en los medios típicos de transmisión utilizados como lo son: el cable coaxial, el cable organizado en pares trenzados, cable en alambre de cobre o aluminio (redes de distribución de potencia eléctrica), la fibra óptica, el aire, las guías de onda entre otros [4].

### 3.1.3. TASA REAL EFECTIVA (THROUGHPUT)

Es la medida de la tasa de transferencia real del ancho de banda, en un tiempo determinado. Es la máxima cantidad de datos en bits que pueden ser enviados entre un usuario y otro. Para su cálculo solo se tiene en cuenta la carga efectiva del paquete. Está limitada por el tipo de datos que se transfieren, la topología de la red, la cantidad de usuarios de la red, dispositivos de red, entre otros [2-4].

### 3.1.4. CANTIDAD DE PAQUETES PERDIDOS (PER)

PER (*Packet Error Rate*), en una transmisión de datos toda la información se divide en paquetes, un archivo que se requiere enviar termina dividido en una cantidad de pequeños paquetes que serán enviados hacia el receptor, de esta cantidad de paquetes enviados unos se reciben de manera óptima, otra cantidad con errores; el PER corresponde al porcentaje de paquetes, llamados paquetes perdidos, que son erróneos o que son recibidos de manera incorrecta por el receptor [2-4].

### 3.1.5. LATENCIA

Corresponde al intervalo de tiempo que transcurre desde el instante en que un determinado paquete se envía (desde el transmisor) hasta que todos los usuarios (receptores)

lo reciben correctamente. La latencia se puede definir como el retardo experimentado por los datos cuando viajan desde un host a otro, el tiempo que se demorarán en recorrer la conexión de red que les permite comunicarse en un solo sentido (descarga o *downstream*), o tiempo que demora el paquete en ir desde el equipo que se comporta como transmisor hasta el equipo que se comporta como receptor [4–6].

### 3.1.6. TIEMPO DE IDA Y REGRESO (RTT)

RTT (*Round Trip Time*), Corresponde al intervalo de tiempo que transcurre desde el instante en que un determinado paquete se envía (desde el transmisor) hasta que el mismo usuario (transmisor) lo recupera correctamente, después de haber viajado hasta un equipo receptor. El rtt se puede definir como el retardo experimentado por los datos cuando viajan desde un host a otro, y regresan al mismo host; el tiempo que se demorarán en recorrer la conexión de red que les permite comunicarse en ambos sentidos (descarga y carga o *downstream and upstream*), o tiempo que demora el paquete en ir desde el equipo que se comporta como transmisor hasta el equipo que se comporta como receptor y retornar al equipo que inicialmente fue transmisor [4–6].

### 3.1.7. VARIACIÓN DEL RETARDO O JITTER

El jitter se define como el tiempo de variación de salida o llegada de un paquete. Sus unidades son generalmente los milisegundos; el jitter se puede entender como una variación en las medidas de una transmisión digital, se presenta tanto en la medida de latencia así como en la medida de rtt [2, 7].

## 3.2. TECNOLOGÍA ADSL

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), es una técnica de transmisión de señal que permite el uso de la línea telefónica para la transmisión de datos a alta velocidad, y a su vez, el uso de la línea telefónica. La asimetría que caracteriza al ADSL permite ofrecer una mayor capacidad de transmisión en sentido descendente que ascendente. La tecnología ADSL es la más popular de las variantes de la familia xDSL por ser un sistema asimétrico y bidireccional. Para la prestación del servicio, se requiere un modem ATU-C (ADSL Terminal Unit - Central Office) en la central telefónica y un modem ATU-R (ADSL Terminal Unit - Remote) en la ubicación del usuario, ver figura 3.1.

Esta técnica emplea un rango de frecuencias entre 24 KHz y 1.104 MHz, muy superior al usado por la telefónica (300 a 3400 Hz); por ello, se requiere un dispositivo discriminador de señal, el cual permite filtrar las dos señales en el par de cobre [5, 6, 8, 9].

Esta tecnología emplea varias técnicas de modulación, entre las que se incluye DMT (Discrete Multitone) la cual fue estandarizada por la ANSI (American National Standards Institute) en T1.413 [10]; la segunda es QAM (Quadrature Amplitude Modulation) y la última es la CAP (modulación de portadora única). De estas técnicas de modulación, la de mayor aceptación es la DMT, la cual utiliza multiplexación por división en la frecuencia dividiendo el ancho de banda en 256 canales de 4 KHz y cada canal codificado entre 0 y 15 bits por símbolo. Los canales ascendentes están entre 26 y 134 KHz y los descendentes se ubican desde 138KHz hasta 1.104 MHz [9].

La normalización e interoperabilidad de ADSL está estandarizada por la ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) en sus recomendaciones G.992.1, G992.2, G992.3 y G992.4, con aspectos mejorados entre ellas relacionados con la interoperabilidad, señales y mensajes de inicialización, alcance, bajo consumo de potencia, posibilidad de emplear todo el espectro para el transporte digital, posibilidad de usar varios pares simultáneamente, entre otros. En la tabla 3.1 se observa la evolución de la estandarización de ADSL [11].

Nombre del estándar	Nombre común	Velocidad descendente	Velocidad Ascendente
ITU G.992.1	ADSL	8 Mbps	1,0 Mbps
ITU G.992.2	ADSL Lite	1,5 Mbps	0,5 Mbps
ITU G.992.3/4	ADSL2	12 Mbps	1,0 Mbps
ITU G.992.3/4 Anexo J	ADSL2	12 Mbps	3,5 Mbps
ITU G.992.3/4 Anexo L	RE-ADSL2	5 Mbps	0,8 Mbps
ITU G.992.5	ADSL2+	24 Mbps	1,0 Mbps
ITU G.992.5 Anexo L	RE-ADSL2+	24 Mbps	1,0 Mbps
ITU G.992.5 Anexo M	ADSL2+	28 Mbps	3,5 Mbps

Tabla 3.1: Evolución de la estandarización de ADSL.

Las características físicas que describen la infraestructura para la prestación de los servicios de datos con la tecnología ADSL se describe en la figura 3.1, el medio de transmisión utilizado para esta es el par de cobre, por lo cual, la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas; y cuanto mayor es la longitud del enlace, mayor es la atenuación total. De esta forma se explica que el ancho de banda máximo varíe en función de la longitud del enlace. Además, la presencia de ruido extremo provoca la reducción de la relación señal/ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, lo cual implica una

reducción en el ancho de banda que se puede transmitir a través del enlace entre la ATU-R y la ATU-C como se aprecia en la figura 3.1 [5, 6, 8, 9].

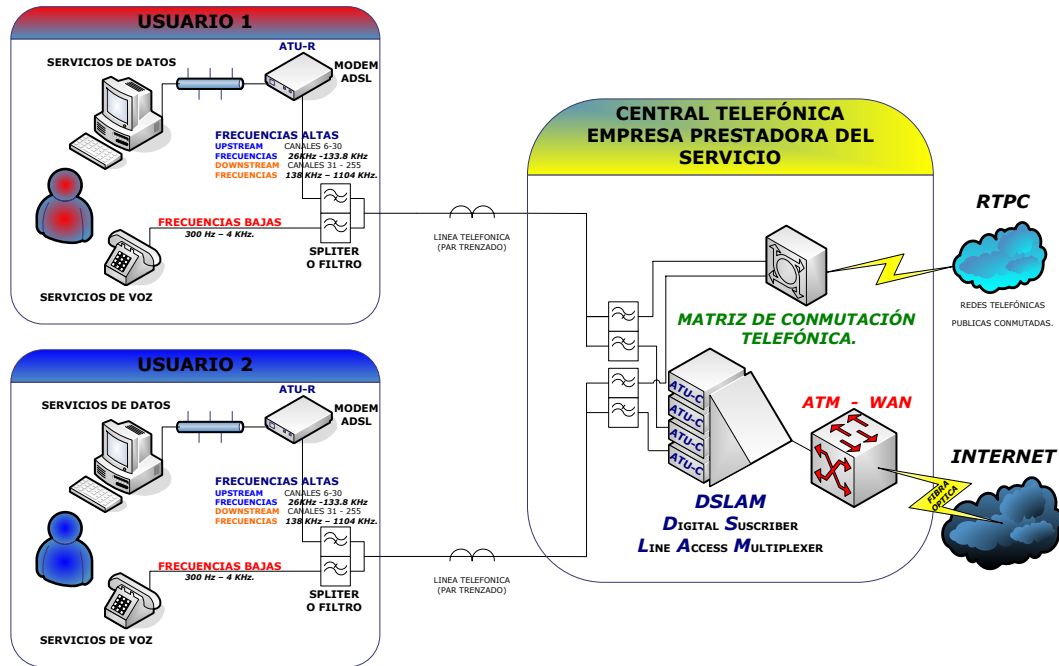


Figura 3.1: Descripción del Sistema de Comunicaciones ADSL.

### 3.3. TECNOLOGÍA DE ACCESO A INTERNET SOBRE CABLE (CIA)

CIA (*Cable Internet Access*), es una tecnología que funciona sobre la red de televisión por cable (en ocasiones denominada cable módem), en la que el medio de transmisión es fundamentalmente el cable coaxial, aunque en algunas ocasiones se emplea fibra óptica formando un híbrido llamado HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*) como se describe en la figura 3.2. Esta tecnología es asíncrona, ya que los datos ascendentes emplean el canal de 6 MHz del cable y los descendentes emplean el canal de 2MHz; para el funcionamiento de la tecnología, es necesario instalar un dispositivo cable módem en la ubicación del usuario y un CMTS (*Cable Modem Terminal System*) en el extremo del

operador [5, 9, 12].

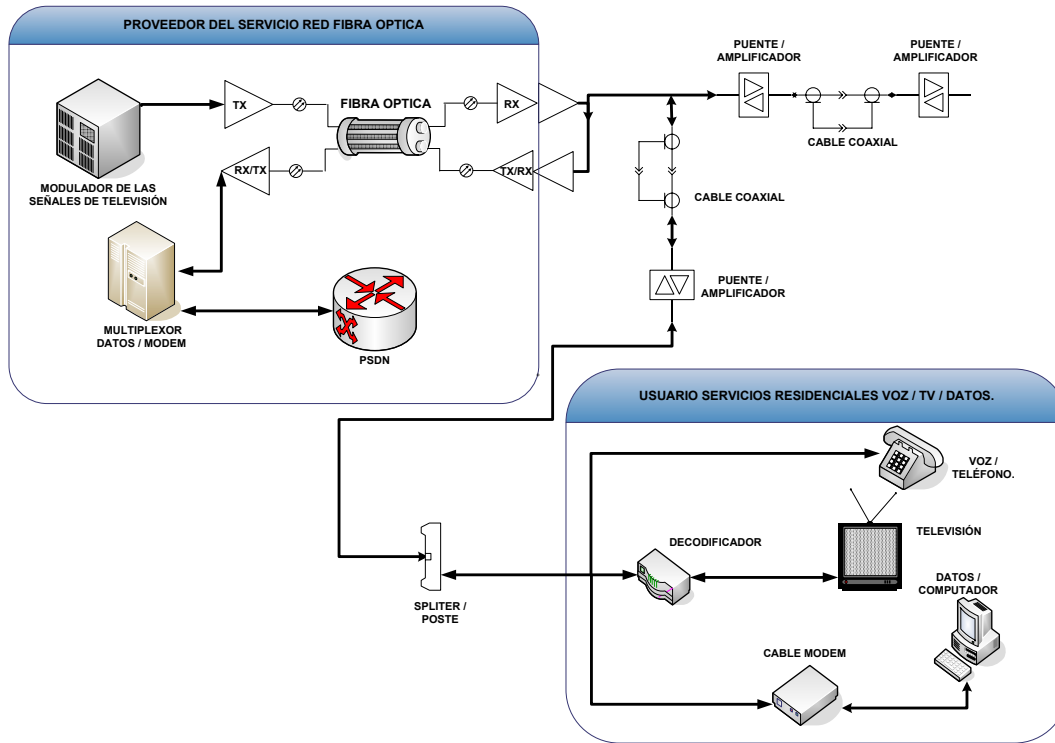


Figura 3.2: Descripción del sistema de comunicaciones híbrido fibra-óptica y cable-coaxial HFC.

Un dispositivo cable módem típico está compuesto por: sintonizador, demodulador, modulador y el control de acceso al medio. Para conocer las características de la señal recibida y enviada (downstream y upstream) se debe conocer el tipo de modulación, las tasas de transferencia y los estándares; en Estados Unidos de América, la banda de frecuencias que se emplea está comprendida entre los 42 MHz y 850 MHz con un ancho de banda de 6MHz, en Europa la banda de frecuencia va desde los 65 MHz hasta los 850 MHz y su ancho de banda es de 8 MHz; en ambas regiones se emplean dos tipos de modulación, 64 QAM y 256 QAM. Para un ancho de banda de 6 MHz se pueden obtener tasas de transferencia de acuerdo a la técnica de modulación así: con 64QAM se obtiene una tasa de 31,2 Mbps y con 256 QAM la tasa es de 41,6 Mbps; de forma similar, para un ancho de banda de 8 MHz con 64QAM la tasa es de 41,4 Mbps y con 256QAM la tasa de transferencia es de 55,2 Mbps [9, 13, 14]. Los estándares que rigen para Europa y USA aparecieron debido a la incompatibilidad que existía a mediados de los años

90, estos estándares son DOCSIS, EURODOCSIS y DVB. Actualmente la versión 3.0 de DOCSIS estandariza servicios de datos, voz y video con velocidades de hasta 152 Mbps independientemente de la distancia. En las redes HFC, el coaxial es utilizado como solución de última milla. Se emplean cables coaxiales en banda base (RG-58/50ohmios) para velocidades de hasta 10 Mbps y banda ancha (RG-59/75ohmios) para velocidades superiores a 100Mbps [9, 12–14].

## 3.4. PROTOCOLOS

### 3.4.1. PROTOCOLO DE CONTROL DE TRANSMISIÓN (TCP)

El protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*), permite proporcionar una comunicación segura entre pares de usuarios TCP, a través de una gran variedad de redes confiables y no confiables así como sobre un conjunto de redes interconectadas. TCP está basado en IP que no es fiable y no está orientado a conexión, sin embargo TCP es fiable, ya que garantiza que la información que envía el emisor llega de forma adecuada al destino, y es orientada a conexión, por lo que se hace necesario establecer una conexión previa entre los dos usuarios antes de iniciar una transmisión. Esta conexión permite que los datos lleguen siempre a la aplicación destino de manera ordenada, sin errores y en secuencia [15–18]. Cada vez que una aplicación transmite datos a TCP, éste añade una cabecera y crea una unidad que se denomina segmento. TCP envía segmentos pasándolos al protocolo de la capa de interred, quien se encarga de encaminarlos a su destino. TCP acepta sus segmentos entrantes provenientes de la capa de interred IP, determina la aplicación de su destino y traslada los datos a la aplicación en el orden en que fueron enviados. El TCP emisor antes de iniciar una transmisión, debe numerar los segmentos y fijar un temporizador de retransmisión después del cual si no se ha recibido el segmento se necesita realizar una retransmisión [19]. En el extremo receptor tiene que mantener informado al emisor del número de datos recibidos mediante una confirmación (ACK). La no llegada del ACK para un segmento dentro del plazo del temporizador conlleva a una retransmisión [20, 21].

### 3.4.2. PROTOCOLO DE MENSAJES DE CONTROL Y ERROR (ICMP)

El protocolo ICMP (*Internet Control Message Protocol*), es el encargado de informar al origen si ha ocurrido algún error durante la entrega de su mensaje; también se encarga de notificar los errores además de transportar distintos mensajes de control. Debido a que el protocolo IP no es fiable, los datagramas pueden perderse o llegar defectuosos a su destino. Los mensajes ICMP viajan en el campo de datos de un datagrama IP, como se puede apreciar en el esquema presentado en la figura 3.3. Debido a que el protocolo

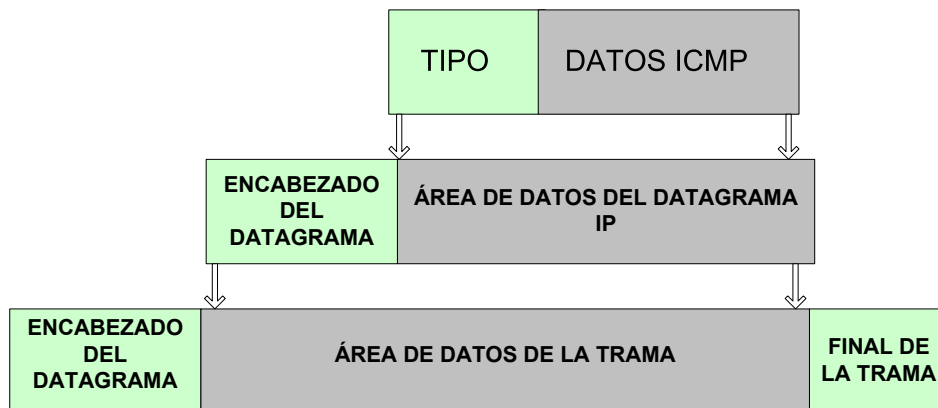


Figura 3.3: Campos de datagrama IP para el protocolo ICMP.

IP no es fiable puede darse el caso de que un mensaje ICMP se pierda o se dañe. Si esto llega a ocurrir no se creará un nuevo mensaje ICMP sino que el primero se descartará. El protocolo, el formato y significado de cada mensaje ICMP está definido en la RFC 792 [17, 18, 21–23].

## 3.5. MEDIDAS ESTADÍSTICAS

### 3.5.1. PROMEDIO O MEDIA ARITMÉTICA

El término “*media*” se emplea generalmente cuando se hace referencia a un parámetro de una población y el término “*promedio*” cuando se refiere al resultado de cálculo sobre datos obtenidos en una muestra. El promedio se define como la suma de todos los datos observados, dividido por el número total de observaciones, como se expresa en la ecuación (3.3). Su principal desventaja se debe a la sensibilidad en el cambio de uno o varios de sus valores que sean demasiado grandes o demasiado pequeños, valores muy altos tienden a aumentarla mientras que valores muy bajos tienden a bajarla, lo que implica que puede dejar de ser representativa de la muestra [24, 25].

$$\text{Media Aritmética} = \frac{\text{Suma de todos los valores observados}}{\text{Número de observaciones}} \quad (3.3)$$

### 3.5.2. MEDIANA

Esta medida permite conocer el valor que se encuentra exactamente en la mitad del conjunto de datos después que las mediciones se han ubicado en serie ordenada, separa los datos en dos fracciones iguales con la mitad de los datos cada una. Esta medida indica que la mitad de los datos se encuentran por debajo de este valor y la otra mitad por encima del mismo. Para determinar la posición de la mediana se utiliza la fórmula de la ecuación (3.4). [26, 27]

$$\text{Mediana} = \frac{n + 1}{2} \quad (3.4)$$

Para las muestras que cuentan con un número impar de mediciones, la mediana dará como resultado una de las posiciones de la serie ordenada; mientras que para las muestras con un número par de mediciones se debe promediar los valores de las dos posiciones centrales [28, 29].

### 3.5.3. VARIANZA

Esta medida permite determinar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a la Media. Este promedio es calculado, elevando cada una de las diferencias al cuadrado y calculando su promedio [30]. En la ecuación (3.5) se define la

fórmula para calcular la varianza, en donde  $X_i$  representa cada uno de los valores,  $\bar{X}$  representa la media de la muestra y  $n$  es el tamaño de la muestra [24, 29].

$$\text{Varianza} = S^2 = \frac{[X_1 - \bar{X}]^2 + [X_2 - \bar{X}]^2 + \dots + [X_n - \bar{X}]^2}{n - 1} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (3.5)$$

### 3.5.4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Esta medida permite determinar el promedio aritmético de una fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar entrega como resultado un valor promedio, que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para determinar la desviación estándar se debe calcular el valor de la raíz cuadrada de la varianza [29]. En la ecuación (3.6) se define la fórmula para calcular la varianza, en donde  $S^2$  representa el valor de la varianza [25, 27].

$$\text{Desviación Estándar} = S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.6)$$

# Capítulo 4

## ANTECEDENTES.

En la metodología propuesta, se consideran los diversos trabajos desarrollados previamente, los cuales involucran mediciones de parámetros de desempeño realizadas sobre las tecnologías de comunicación ADSL y CIA. El primero de ellos es el realizado por Dischinger *et al.* [31], en donde realizan mediciones de capacidad del enlace (ancho de banda), retardos y tasas de pérdidas de paquetes para tecnologías de comunicación ADSL y CIA, involucrando 1892 equipos y empleando 11 proveedores de servicio de América del norte y Europa. Este trabajo muestra una metodología de pruebas que incluye la selección de equipos, estimación de tamaños de paquete (1488 bytes), definición de parámetros a medir (ancho de banda, latencia, Jitter y tasas de pérdidas) y protocolos sobre los cuales se realizan las mediciones (TCP e ICMP); además, establece la duración de las sesiones de medición y emplean técnicas estadísticas para establecer patrones de comportamiento temporal.

El trabajo desarrollado por Cho, Esaki y Kato [32], presenta el análisis sobre el aumento de usuarios para DSL y fibra óptica, empleando emuladores como MRTG y RRDtool [33]. Realizan pruebas durante una semana y se extrapolan a un mes, para lo cual excluyen fines de semana y festivos. Establecen intervalos de observación no mayores a 2 horas, alrededor de los momentos de máximo y mínimo nivel de tráfico diario, en los cuales se registran anchos de banda y retardos.

Nguyen y Armitage [34], caracterizan un enlace de datos de la tecnología CIA, a partir de parámetros como ancho de banda, MTU (*Maximum Transmission Unit*) y tasas de transferencia para TCP. Varían el MTU entre 512, 576, 1250 1500 bytes, la ventana de TCP entre 2 y 62 Kbytes, miden el rtt con la herramienta nttcp [35] y calculan el throughput descontando las cabeceras de los protocolos involucrados en la

transferencia de archivos.

Dentro del estudio “Consideraciones Sobre La Capacidad Y Calidad De Los Enlaces -Red De Datos Comunitaria San Juan” [36], el procedimiento para obtener el ancho de banda de un canal determinado consideró elegir la herramienta IPERF, empleando TCP para calcular el ancho de banda. Allí se describen los pasos necesarios para efectuar dichas mediciones, que particularmente son similares a las descritas en el procedimiento general de pruebas que pretende ejecutar el proyecto SITELRED, para la evaluación del enlace de datos de las tecnologías ADSL y CIA [36].

La estimación del ancho de banda con TCP empleando la herramienta de análisis de tráfico iperf, es también descrito en el estudio realizado por [37], allí se estimó el ancho de banda relativamente exacto de una red punto a punto, consumiendo por supuesto, menor amplitud del ancho de banda y de tiempo empleado en la transmisión de datos. Iperf fue entonces empleado como instrumento de valoración para determinar el ancho de banda en TCP [37].

Dentro de las “Pruebas experimentales para la medición de parámetros que determinan la calidad del servicio” [38], se empleó la herramienta iperf como elemento para evaluar el ancho de banda, el jitter y la pérdida de paquetes empleando únicamente el protocolo de datagrama de usuario UDP (*User Datagram Protocol*) [38].

En el estudio realizado por la Universidad Técnica Federico Santa María denominado: “Construcción de un Sistema Operativo Auto-Arrancable para Rescate de Sistemas Dañados”, emplea las herramientas iperf y netio para calcular el ancho de banda y para realizar pruebas de velocidad de una red LAN respectivamente [39].

En el estudio realizado por [40], en donde se hacen realizan diferentes valoraciones y descripciones de las herramientas de análisis de tráfico, se encuentran particularmente las herramientas iperf y netio, en ambos casos se efectúa una descripción acerca de las características de estas herramientas, finalmente, se describe formalmente como emplearlas a partir de un test de análisis de funcionamiento de las mismas [40].

En el estudio realizado en [41], el rtt fue medido con el protocolo ICMP y el comando de datos ping, empleando 10000 paquetes. El throughput fue analizado con la herramienta iperf. Se empleó la herramienta netio para analizar el máximo nivel de Throughput con TCP [41].

Para medir el Throughput de una red LAN tipo ethernet, se sugiere emplear la herramienta netio, en el documento presentado en [42] se muestra como se debe instalar y ejecutar esta herramienta .

En el estudio realizado en [12], se presenta la herramienta netio como elemento necesario para evaluar el throughput de una red virtual sobre una interfase para el sistema operativo Linux 2.6. En este estudio se hizo variación del tamaño del paquete enviado y se analizó el valor del throughput que arrojaba bajo con TCP y UDP [43].

El análisis de la latencia en una red fue de especial interés en el estudio realizado en [13], ya que empleando una herramienta denominada Netpipe, se recogieron los valores estimados de la latencia en una red Ethernet de 10 GbE. Es de aclarar que en este estudio no fue empleado el análisis de latencia sobre TCP o UDP [44].

En el protocolo de pruebas presentado en [45], se manifiesta el uso del comando de datos ping para medir rtt entre dos puntos específicos, enviando tamaños de paquetes de 64 Bytes, durante 60 segundos. Cabe recordar que ping opera bajo ICMP [45].

La medición de las prestaciones de una red de datos en [46], el comando de datos ping es empleado para medir el rtt de una red de dos puntos empleando. Este documento presenta una serie de instrucciones para determinar el rtt empleando el comando de datos, para análisis de tráfico de paquetes, ping [46].

Httping es una herramienta que es empleada generalmente para medir retardos, como se puede apreciar en [47], en donde se muestra una relación entre el tiempo de respuesta y el tiempo de retardo de una red servidor-cliente [47]. Httping tiene una importante connotación a la hora de comprobar el estado del servidor Web que se tiene como proveedor de servicios, en [48], se describe el funcionamiento y características de esta herramienta de análisis de tráfico que opera bajo el protocolo ICMP.

A nivel regional (Santander) la mayor empresa prestadora de servicios de voz y datos ha sido Telecom y en el área metropolitana de Bucaramanga, ha sido la empresa TeleBucaramanga. El surgimiento de tecnologías xDSL que permitan aprovechar el tendido de las redes en un área determinada, sirve para la implementación de otros productos, mejorando y aumentando los servicios para los usuarios ya existentes y atraer a nuevos clientes. Las tecnologías basadas en xDSL son un gran atractivo comercial para las compañías de telefonía; por ésta razón el gran interés por incorporar el uso de las tecnologías xDSL en sus infraestructuras e incorporar la prestación de nuevos servicios como tele-conferencia, tele-vigilancia, voz sobre IP entre otras. Todas éstas empresas se dedicaron inicialmente a prestar los servicios de telefonía conmutada, ocupando solo 4 KHz del espectro, sub-utilizando el espectro de las redes instaladas; mientras la capacidad del par trenzado utilizado en el tendido de las redes, es de alrededor 1.1 MHz [5]. Existen diversas tecnologías DSL (*Digital Subscriber Line*) pero la que más se utiliza

actualmente es ADSL, gracias al impacto generado por las altas velocidades de subida y bajada para acceso a internet [49]. Antes de el uso masivo de ADSL, el servicio prestado era máximo de 56 Kbps a través de un modem y ocupando el servicio de telefonía conmutada. Con ADSL el espectro de la telefonía conmutada no se utiliza, así que se prestan simultáneamente los servicios de telefonía y transporte de datos; además, las capacidades para el transporte de datos cambiaron sustancialmente, estableciendo diferentes tipos de servicios de acuerdo a las capacidades para la descarga de datos (128Kps, 256Kps y 512Kps) [50]. Las condiciones necesarias para la prestación de otros servicios como video-llamada, videoconferencias, tele-vigilancia, entre otros; empezaron a ser adecuadas tanto para los usuarios como para la compañía; buscando implementar éstos productos, surgen algunos trabajos que intentan medir la capacidad de los enlaces de datos para suministrar éstos servicios [50, 51]. En el trabajo desarrollado por Bedoya [50], solo existe el objetivo de medir la velocidad que es capaz de prestar el proveedor del servicio; para realizar éstas medidas se emplea software gratis de Internet (telefónica-data, terra, Bandwich Place) y se realizan campañas de medición en un periodo de tiempo determinado, para que al final se califique el servicio prestado por el operador. En el trabajo de Cocuy Barrera y Rincón Mejía [52], se desarrolla un entorno gráfico para la implementación de servicios utilizando ADSL, por ejemplo HDTV (*High Definition Television*); así, con un modelo creado en el Computador Personal (PC), se simula el comportamiento de una red usuario-servidor conectada con ADSL. De este trabajo cabe resaltar el modelo como herramienta facilitadora para generar nuevos servicios, sin embargo no profundiza en el entorno físico, ni tampoco en las características reales de las redes locales ya instaladas, donde se deben implementar tales servicios.

Las redes que se diseñan bajo tecnología CIA pueden soportar tipos de datos en ráfagas, para el particular, el ancho de banda utilizado por CIA no es continuo, ya que se ve avocado en diferentes situaciones a recibir un gran número de tráfico y tamaños de paquetes, además que depende del número de usuarios y del flujo de información que intercambian. Existen diversos factores que influyen en el enlace de datos utilizando tecnología CIA por ejemplo el ruido en el cable que es producido por el medio del enlace, el ancho de banda típico oscila entre 36 y 46 Mbps que son entregadas usados por la tecnología utilizando la modulación 64-QAM [9].

## Capítulo 5

# SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS.

En esta sección se muestra cómo se seleccionaron las herramientas para el análisis de desempeño, que se adecuen para el desarrollo del procedimiento de pruebas, con el que se pretende recopilar información, acerca de las características de los enlaces de comunicaciones establecidos con las tecnologías ADSL y CIA .

Herramienta	IPERF	NETIO	PING	MGEN	NTTCP
Sistema Operativo	Windows / Linux	Linux	Windows / Linux	Linux	Linux
Protocolos	TCP/UDP	TCP/UDP	ICMP	UDP	TCP
Ancho de Banda	X				X
Throughput		X		X	
Latencia					
RTT			X	X	
Jitter	X		X	X	
Porcentaje de Paquetes Perdidos			X		

Tabla 5.1: Características de las herramientas para el análisis de desempeño.

Herramienta	NETPERF	HTTPING	D-ITG
Sistema Operativo	Linux	Linux	Windows / Linux
Protocolos	TCP/UDP	ICMP	TCP/UDP/ICMP/SCTP/DCCP
Ancho de Banda			
Throughput	X		X
Latencia			X
RTT	X	X	X
Jitter	X	X	X
Porcentaje de Paquetes Perdidos			X

Tabla 5.2: Características de las herramientas para el análisis de desempeño.

En las tablas 5.1 y 5.2 se aprecia la comparación entre 8 herramientas para el análisis de desempeño de los enlaces de comunicaciones, las cuales fueron experimentadas y analizadas por los estudiantes adscritos al proyecto SITELRED; en las tablas presentadas se describen los protocolos y sistemas operativos sobre los cuales opera cada una de las herramientas, así como las medidas que se obtienen de cada una de ellas, además, se muestra claramente que la herramienta D-ITG es la más completa en el grupo de ocho herramientas que se han analizado, por lo tanto será tomada en cuenta en el desarrollo de las pruebas. De la misma forma, la herramienta iperf será considerada para el desarrollo del presente proyecto, ya que se han realizado un gran número de estudios empleando esta herramienta [35,37–41], además de ofrecer resultados bastante confiables en varias pruebas preliminares realizadas.

Las herramientas que se van a ejecutar dentro del desarrollo de las pruebas y que permitirán obtener medidas de ancho de banda, throughput, paquetes perdidos, jitter, rtt y latencia, son iperf [53] y D-ITG [54].

## 5.1. IPERF

Es una herramienta de análisis de punto a punto que permite medir jitter y ancho de banda. Las características más representativas de esta herramienta es que mide entre dos extremos (enlaces punto a punto), se maneja por medio de comandos de texto, soporta TCP y UDP; y permite el establecimiento de una conexión de modo cliente a servidor. [53,55]

Su instalación es sencilla, simplemente se copia la carpeta en la raíz del sistema operativo en el cual se va a trabajar, se ejecuta el programa desde el modo comandos del sistema y se configuran los computadores; estos equipos se pueden configurar de dos formas, como servidor mediante el comando iperf -s y como cliente mediante la instrucción iperf -c más la dirección IP del servidor [56].

Después de iniciar una sesión, la herramienta arroja reportes que contienen el tiempo que tardó en conectarse con el otro equipo, el ancho de banda. Además, existen formas de configuración tales como el formato de los datos, adicionando -f al cliente o al servidor; cambio del tamaño de la ventana TCP, que por defecto es de 64Kbytes pero al adicionar al cliente la entidad -w, se modifica este valor; cambio de puerto para el servidor, adicionando la entidad -p al servidor junto con el número del puerto que se desea asignar; división de intervalos de tiempo, empleando la entidad -t en el cliente,

se asigna el tiempo total y con `-i` se asigna el tamaño de periodo con el cual se desea avanzar; adicionando la entidad `-u` se cambia a mediciones en UDP tanto en el servidor como en el cliente; medición de ancho de banda bidireccional, empleando la entidad `-d` se logra esta medición simultáneamente; otras configuraciones empleadas son el cálculo del máximo tamaño del segmento `-m`, modificación del máximo tamaño de segmento `-M`, realización de pruebas paralelas `-P` y la ayuda que posee iperf se llama empleando iperf `-h`. Para descargar el aplicativo de esta herramienta puede ingresar a <http://sourceforge.net/projects/iperf>. [53, 55–57]

## 5.2. D-ITG

D-ITG (*Distributed Internet Traffic Generator*) es una herramienta para el análisis y evaluación de desempeño de redes, puede medir throughput, paquetes perdidos, retardos y jitter de redes LAN cableadas e inalámbricas [54, 58]. Trabaja sobre los sistemas operativos Linux y Windows, almacena información de las medidas realizadas y se maneja con comandos de envío (ITGSend), recepción (ITGRecv), almacenamiento (ITGLog), administración remota (ITGManager) y análisis de resultados (ITGDec e ITGplot). Empleando diversas configuraciones se pueden modificar parámetros como el tamaño del paquete, intervalo de generación de los paquetes, nombre de los archivos donde se almacenan los datos, número de puertos para enviar o recibir los datos [58]. D-ITG es un software de uso libre, el entorno para trabajar con la herramienta puede ser en modo comandos o gráfico, sin embargo, es recomendable emplear el modo comandos ya que se pueden diseñar script de pruebas para generar, enviar, recibir, procesar y graficar los datos. Las mediciones se pueden realizar para los protocolos TCP, UDP, ICMP, SCTP y DCCP. El instalador de la aplicación se puede encontrar en <http://www.grid.unina.it/software/ITG/> [54, 58–61].



# Capítulo 6

## MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se describe inicialmente los materiales empleados para el desarrollo del proyecto; luego se relata como se desarrollaron las actividades para lograr obtener los resultados que se muestran en el capítulo 7.

### 6.1. MATERIALES

Para el desarrollo de este proyecto se establecieron dos enlaces de comunicaciones entre el servidor fénix y dos computadores que utilizan las tecnologías ADSL y CIA respectivamente. A continuación se describen y enumeran los materiales empleados para la realización de este proyecto, los detalles se encuentran en la figura 6.1.

#### 6.1.1. SERVIDOR FÉNIX

Equipo servidor dell pentium 4 dual core, CPU 2,8 GHz, memoria ram 1035 MB, sistema operativo debian gnu / linux. En la figura 6.2(a) se observa el equipo aqui descrito.

#### 6.1.2. COMPUTADOR PARA ADSL

Equipo dell pentium 4, CPU 1,8 GHz, memoria ram 512 MB, sistema operativo linux ubuntu 8.1. En la figura 6.2(b) se observa el equipo aqui descrito.

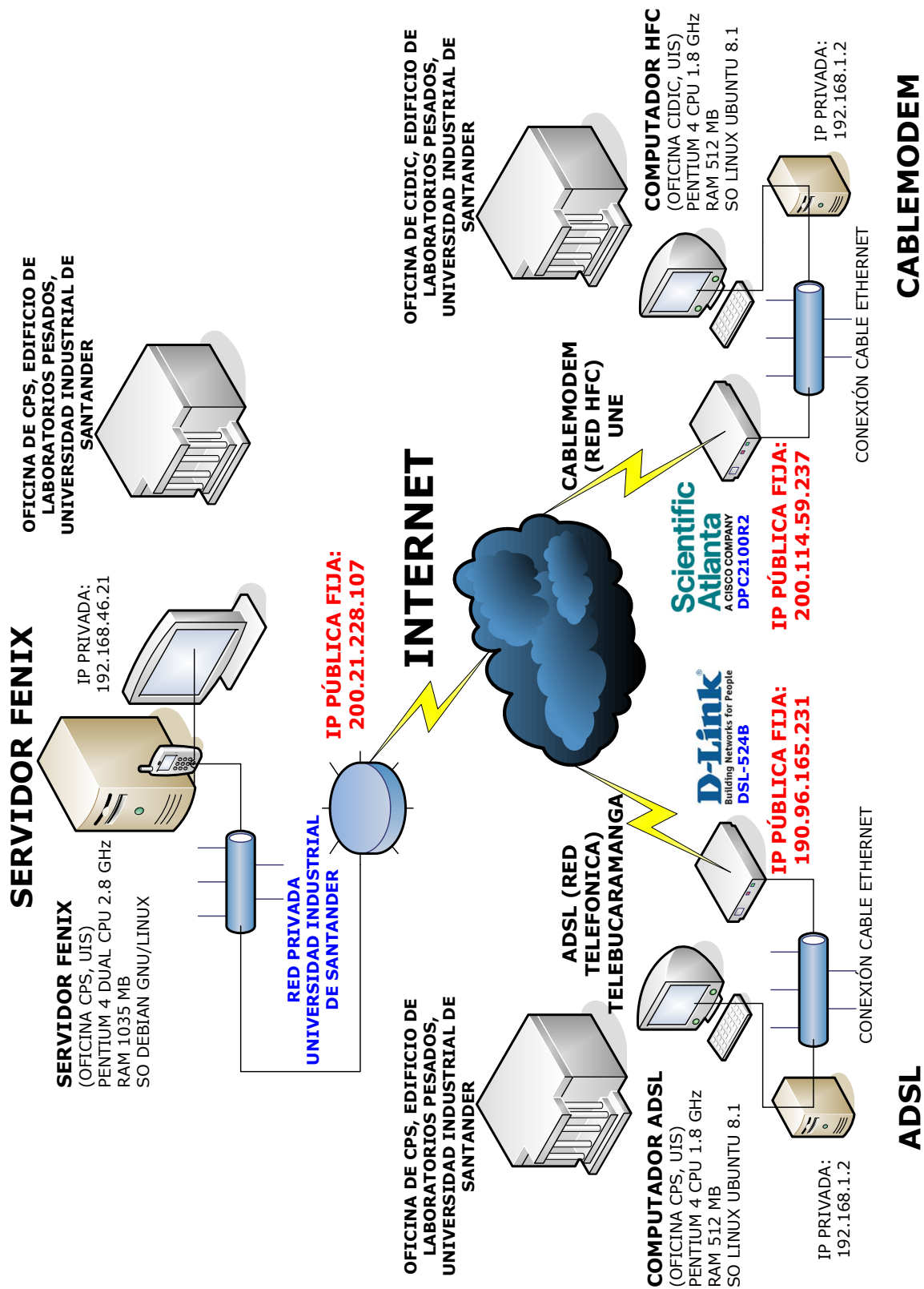


Figura 6.1: Representación de los materiales y características de los equipos empleados en la realización de pruebas.

### **6.1.3. COMPUTADOR PARA CIA**

Equipo dell pentium 4, CPU 1,8 GHz, memoria ram 512 MB, sistema operativo linux ubuntu 8.1. En la figura 6.2(c) se observa el equipo aqui descrito.

### **6.1.4. MÓDEM D-LINK DSL-524B PARA LA TEGNOLOGÍA ADSL**

Suministrado por la empresa prestadora del servicio, adecuado para trabajar con ADSL2/2+, máxima Velocidad de descarga: 24 MB, máxima velocidad de carga: 3 MB, soporta un ambiente de trabajo en un rango de temperatura: 0 - 45 grados centigrados requiere alimentación con un adaptador 110 [VAC] 60Hz / 12 [VDC] 1200 [mA] y su consumo de potencia es menor de 3 Watts. En la figura 6.2(d) se observa el equipo aquí descrito.

### **6.1.5. MÓDEM SCIENTIFIC ATLANTA DPC2100R2 PARA CIA**

Suministrado por la empresa prestadora del servicio, adecuado para trabajar en un rango de frecuencia de operación 5 MHz - 42MHz, el tipo de modulación es 64/256 QAM, permite manejar un canal de ancho de banda entre 6 y 8 MHz, su consumo máximo de potencia es de hasta 8 WATT, requiere alimentación con un adaptador de potencia de suministro de 110 [VAC] 60Hz / 10 [VDC] a 1 [A]. En la figura 6.2(e) se observa el equipo aqui descrito.

### **6.1.6. SERVICIOS CONTRATADOS**

Los servicios contratados para desarrollo del proyecto corresponden a una línea telefónica con servicio de internet ADSL 600 Kbit/s y una acometida cable coaxial con servicio de internet sobre cable CIA 1050 Kbit/s; para las tecnologías ADSL y CIA respectivamente.

### **6.1.7. DESCRIPCIÓN DE LA CONEXIÓN DE LAS REDES.**

Para lograr establecer el enlace de comunicaciones entre el servidor fénix y cualquiera de los computadores que utilizan las tecnologías ADSL o CIA, es necesario identificar



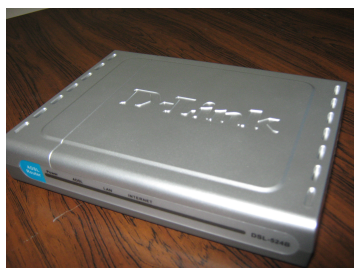
(a) Servidor Fénix



(b) Computador ADSL.



(c) Computador CIA.



(d) Módem ADSL.



(e) Cable Módem.

Figura 6.2: Materiales utilizados.

correctamente las conexiones de la redes; ya que el direccionamiento para trabajar con las herramientas se hace por medio de la IP pública, y el módem es quien direcciona la información que llega hacia la IP pública y debe ser orientada hacia el computador del usuario identificado con una dirección IP de la red privada.

Los módem se pueden configurar como *router* (enrutador) o como *bridge* (puente). Un router es un dispositivo para la interconexión de redes que permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos. Estas rutas se asignan en unas tablas que se programan en el router, denominadas tablas de traducción de dirección de red NAT (*Network Address Translation*). Un bridge conecta dos segmentos de red como una sola red usando el mismo protocolo de establecimiento de red.

Cuando el módem trabaja como router, se modifican las tablas NAT del módem asignando los puertos requeridos a la dirección IP privada que tiene asignada el computador del usuario. Cuando el módem se configura como bridge, no es necesario configurar enrutamientos especiales, pues la IP Pública corresponde a la misma IP privada. Esto hace que todo el tráfico de información pase directamente a el computador del usuario.

El servidor fénix, se encuentra formando parte de la red privada de la Universidad

Industrial de Santander, su IP privada corresponde a la 192.168.46.21 y tiene asignada la IP Pública fija 200.21.228.107; para lograr trabajar de manera adecuada con las herramientas de análisis de tráfico, fue necesario gestionar la apertura de los puertos 9000, 9001, 10000,10001, 10002.

En el computador de ADSL la IP privada corresponde a la 192.168.1.2 y tiene asignada la IP Pública fija 190.96.165.231; sobre esta red se tiene total control de manera que se puede habilitar cualquier puerto requerido ó trabajar en modo bridge.

En el computador de CIA la IP privada corresponde a la 192.168.1.2 y tiene asignada la IP Pública fija 200.114.59.237; sobre esta red se tiene total control de manera que se puede habilitar cualquier puerto requerido ó trabajar en modo bridge.

Lo descrito anteriormente se puede detallar en el gráfico que se muestra en la figura [6.1](#).

## 6.2. CONFIGURACIÓN INICIAL DE LOS EQUIPOS.

Antes de configurar los equipos, es importante mencionar que el cable módem científico Atlanta referencia: DPC2100R2 para CIA (Ver figura [6.2\(e\)](#)) y el módem D-link DSL-524B para ADSL (Ver figura [6.2\(d\)](#)), serán empleados para el procedimiento de pruebas y para la posterior implementación del enlace de datos en los puntos acordados con el proyecto SITELRED. Estos módems han sido suministrados por las empresas que suministran servicios de internet sobre CIA y ADSL.

Como se describe en el diagrama de flujo presentado en la figura [6.3](#), los computadores de ADSL y CIA fueron configurados con el sistema operativo linux ubuntu 8.10 y gestor de ventanas Xfce, por esta razón el sistema operativo se denomina Xubuntu; el servidor fénix tiene sistema operativo debian, posteriormente, se instalaron en cada equipo las herramientas de análisis de desempeño Iperf, D-ITG y Netio; se gestionó la instalación de los puntos de línea telefónica y acometida de cable coaxial, se gestionó la apertura de los puertos requeridos por las herramientas en el servidor, después, se configuraron los servidores de comunicaciones remotas con protocolos SSH y VNC con el fin de controlar remotamente los equipos, luego, se desarrollaron pruebas para verificar la configuración de los enlaces de comunicaciones entre los computadores, conectados con las tecnologías ADSL y cable módem y el servidor fénix. Finalmente, y considerando importante contrarrestar los cortes o caídas de energía, se configuró el arranque de los equipos y el inicio de sesión de manera automática con todos los programas necesarios

para operar de manera continua.

En la figura 6.4, se describe como se integra y opera el sistema completo; en este diagrama se presentan los computadores de ADSL y CIA, el servidor fénix y un equipo denominado administrador; cada uno de ellos se encuentra conectado a internet por diferentes medios, lo importante es que desde el equipo administrador se pueda acceder al resto de los equipos por medio de los protocolos de comunicaciones SSH o VNC para lograr administrar los diferentes procesos que se desarrollen.

El equipo administrador puede ser uno de los equipos involucrados en los enlaces de comunicaciones (equipo de ADSL, equipo de CIA o servidor fénix) o un equipo externo que tenga configurados los protocolos de comunicaciones SSH y VNC. El equipo administrador supervisa y controla las operaciones de cada uno de los equipos basado en la información que se almacena en un servidor de correo público, la cual es suministrada automáticamente de manera periódica por el equipo de ADSL, el equipo de CIA y el servidor fénix.

### 6.3. MÉTODOS UTILIZADOS.

De forma general, en este trabajo se utilizaron lenguajes de programación orientados al desarrollo de scripts como Bash, lenguajes orientados al procesamiento de datos tipo texto como awk, grep, sed; además, lenguajes orientados al procesamiento matemático y estadístico de datos como Octave, Matlab, Excel; herramientas para graficar como Gnuplot, Excel, Octave, Matlab y programas procesadores de texto.

En el programa desarrollado (*script*) para tomar las medidas desde los equipos configurados como cliente, figura 6.5, se desarrolla de manera secuencial la ejecución con cada una de las herramientas de desempeño, almacenando los resultados en archivos de texto, por ejemplo, anchodebanda.csv; de manera simultánea se encuentra corriendo una aplicación (*script*) que está analizando el correcto desarrollo de las actividades

## DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE CADA UNO DE LOS EQUIPOS (ADSL, HFC Y FÉNIX).

### ARRANQUE DEL SISTEMA

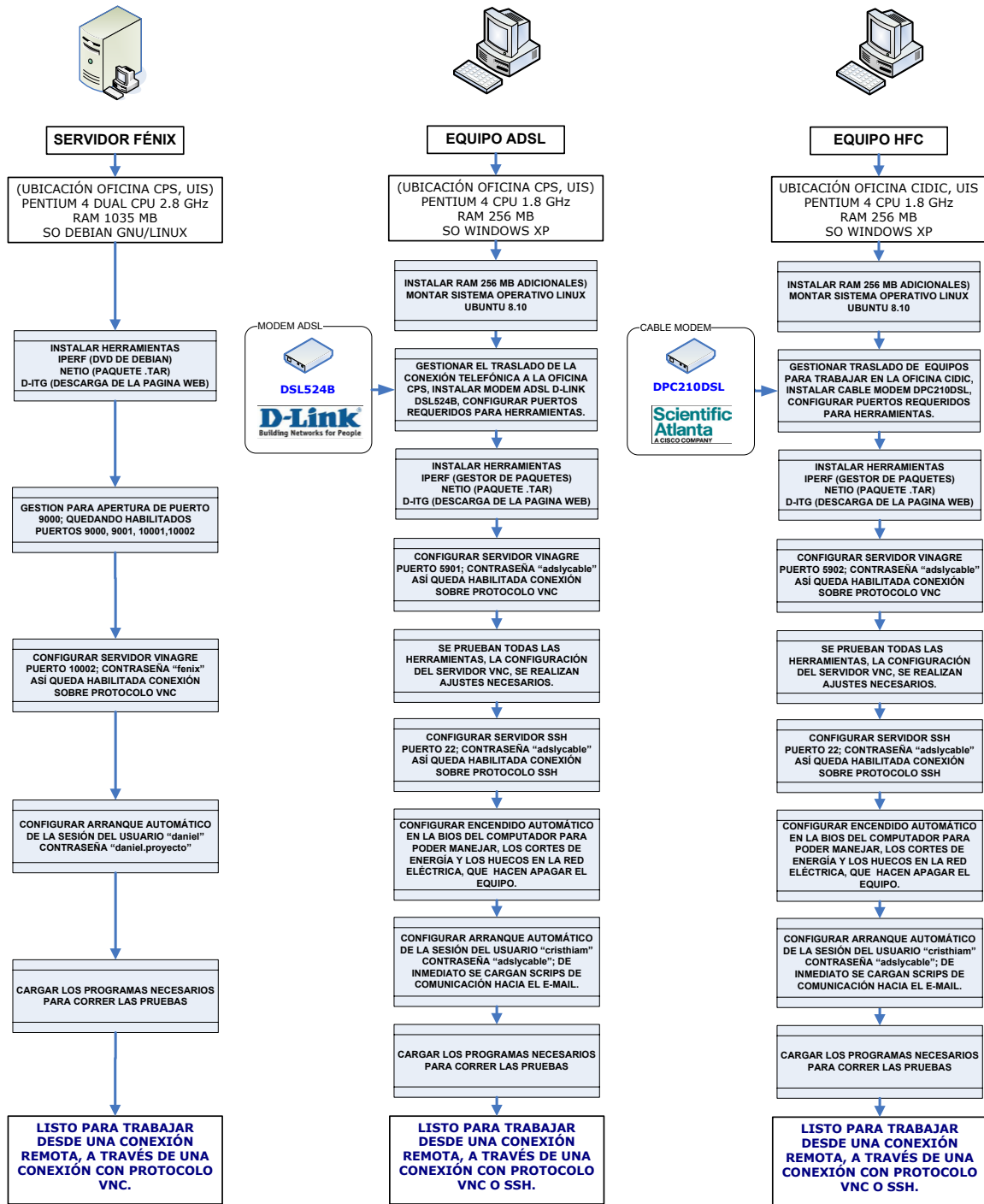


Figura 6.3: Diagrama de flujo para la configuración inicial de los equipos empleados en la realización de las pruebas.

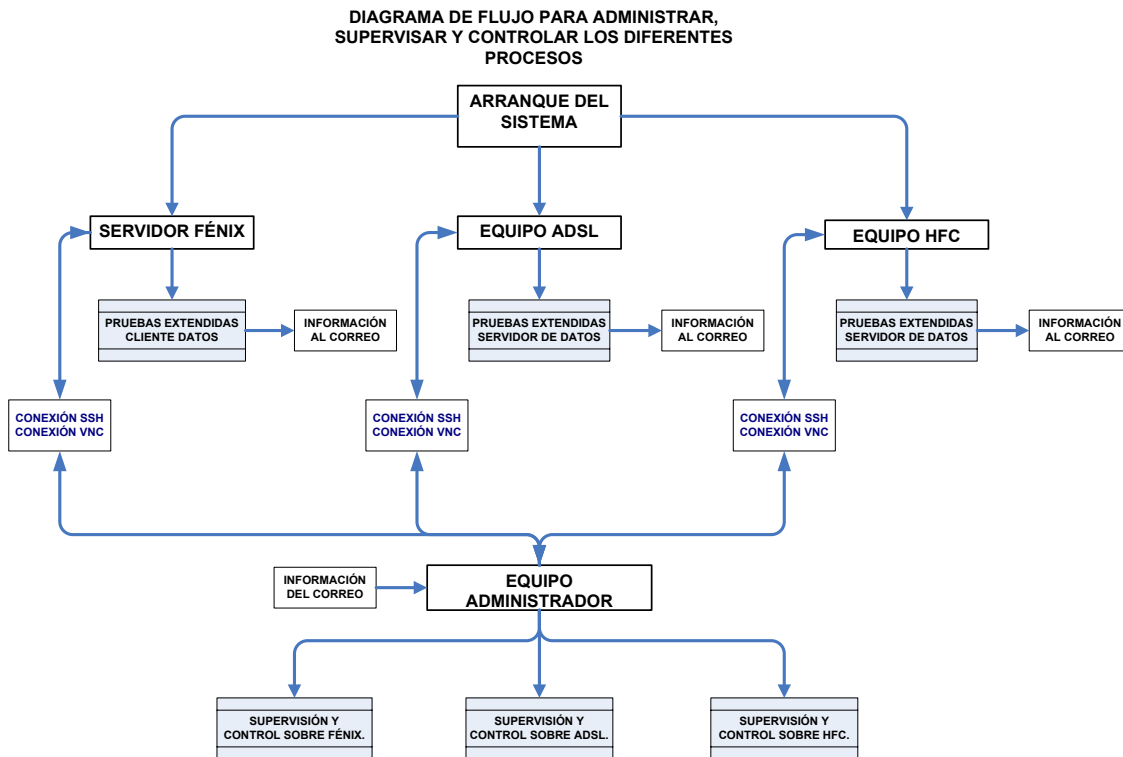


Figura 6.4: Diagrama de flujo para la supervisión y control de los equipos empleados en la realización de las pruebas.

por medio del programa administrador de procesos del sistema operativo, esta información es ordenada y enviada a un servidor de correo público por medio de un e-mail ([nombredcorreo@gmail.com](mailto:nombredcorreo@gmail.com)).

Con esta información, el administrador de procesos supervisa el correcto desempeño de cada una de las estaciones de trabajo. Los archivos de texto son almacenados y posteriormente procesados. En el equipo servidor se ejecutan de manera simultánea cuatro aplicaciones (*scripts*), tres dedicadas a los servidores de cada herramienta de desempeño y la cuarta dedicada a procesos administrativos, de manera similar al equipo configurado como cliente, los detalles se observan en la figura 6.6.

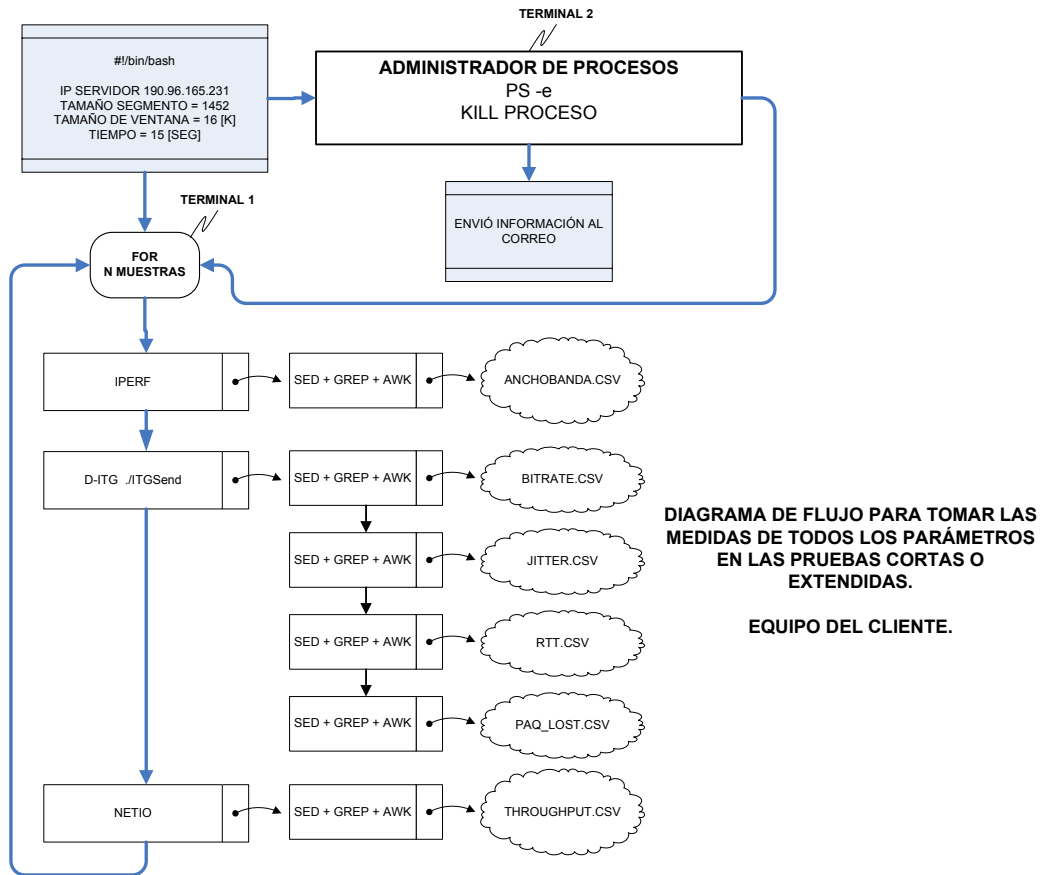


Figura 6.5: Diagramas de flujo de los programas desarrollados para los equipos empleados en la realización de las pruebas, programa del cliente.

Después de obtener los archivos de texto organizados en diferentes carpetas, son procesados por diferentes programas (*scripts*), como se muestra en el diagrama de flujo mostrado en la figura 6.7, el primer programa los extrae de todas las carpetas y organiza toda la información en un archivo de texto, el siguiente programa toma este archivo y lo organiza por días de donde se generan varios archivos de texto, uno por cada característica en cada día.

Luego, otro programa (*script*) toma las medidas que se obtienen de estos archivos y los organiza como muestras separadas por espacios de treinta minutos, para esto, se pro-

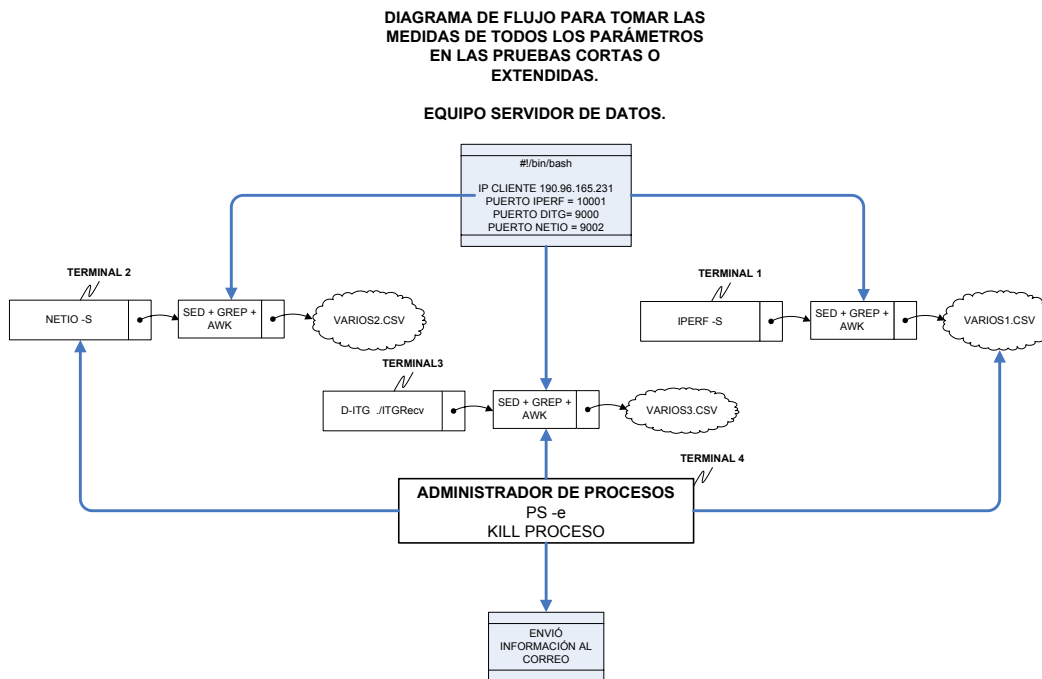


Figura 6.6: Diagramas de flujo de los programas desarrollados para los equipos empleados en la realización de las pruebas, programa del servidor.

median las muestras que existen en cada espacio de tiempo (treinta minutos), de este promedio se obtiene una nueva muestra, posteriormente, con las nuevas muestras generadas, se crea un nuevo archivo de texto, donde se encuentran organizadas las muestras en espacios de treinta minutos cada día. Con estos datos organizados se grafican y se generan hojas de cálculo para desarrollar el análisis estadístico de todos los datos, de donde se obtienen los resultados que se muestran en el capítulo 7.

Un ejemplo de los datos ya organizados y graficados se muestra en la figura 6.8(a), aquí se observa un día con muestras graficadas en intervalos de treinta minutos, y una gráfica de un resultado estadístico obtenido a partir de los datos organizados en una hoja de Excel, figura 6.8(b).

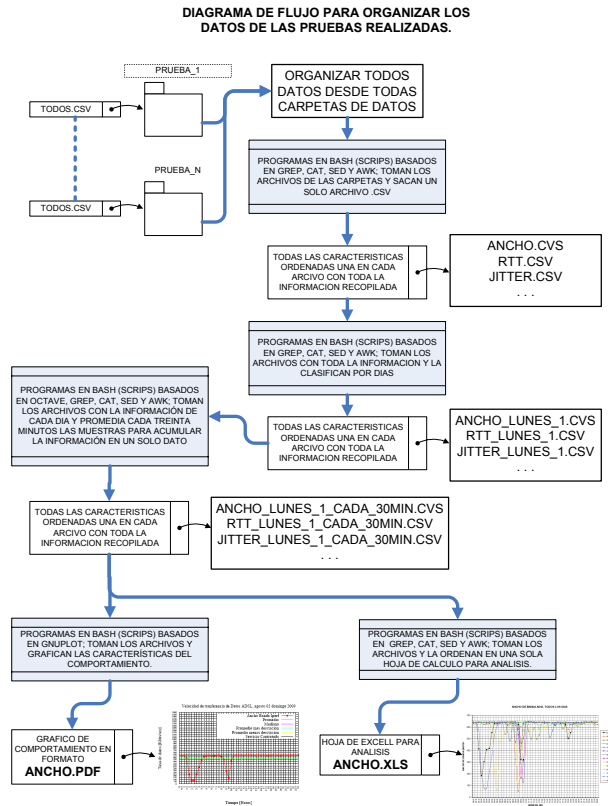
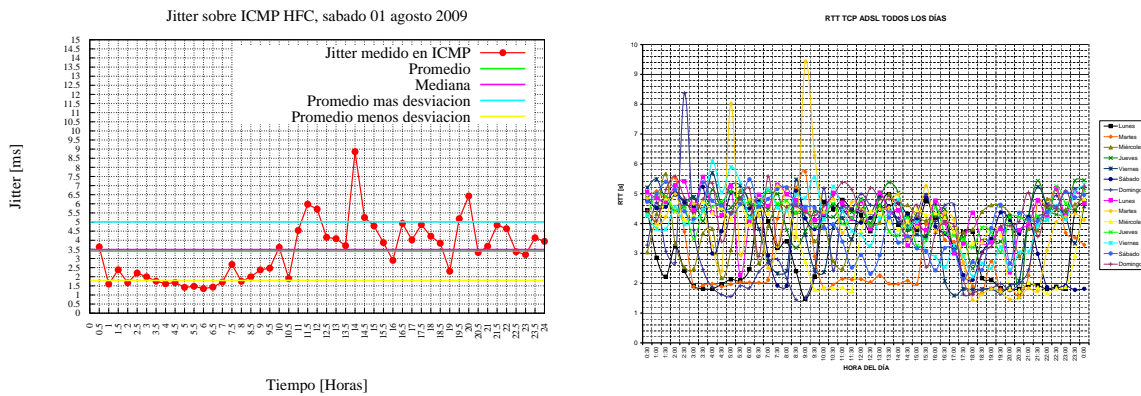


Figura 6.7: Diagrama de flujo para organizar y graficar el comportamiento de los datos obtenidos en las diferentes campañas de medida.

## 6.4. AJUSTE DE PARÁMETROS PARA LAS HERRAMIENTAS.

Para precisar al respecto de la conveniencia de un procedimiento de pruebas, se establecieron las pruebas que se mostrarán a continuación, que pretendieron orientar el ajuste final del procedimiento general de pruebas, que conllevó a un desarrollo satisfactorio y confiable del análisis del enlace de datos.



(a) Muestras cada treinta minutos durante un día (b) Muestra de un resultado estadístico obtenido a partir del procesamiento de los datos en Excel.

Figura 6.8: (a) Ejemplos de los datos organizados y graficados en un día. (b) Resultado de tipo estadístico obtenido a partir de una hoja de Excel.

#### 6.4.1. ANCHO DE BANDA (BW) y RTT VARIANDO EL TIEMPO

Para realizar este procedimiento se emplearon las herramientas iperf y D-ITG, éstas herramientas realizan mediciones de ancho de banda y rtt respectivamente. El protocolo que se ha empleado para el desarrollo de esta prueba fue TCP. Los parámetros disponibles de modificar en cada una de las herramientas permanecieron por defecto, sólo se consideraron variaciones en el tiempo de duración de la prueba en 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, y 90 segundos. Con cada tiempo de duración de la prueba se recopilaron valores de ancho de banda y rtt como se muestra en la figura 6.9. El número de repeticiones por prueba fue de diez (10). Al final se recopilaron el total de datos y se mostró gráficamente la relación entre pruebas realizadas de acuerdo a cada tiempo establecido. El objetivo de realizar estas pruebas fue el de observar el comportamiento del enlace de datos sobre estos parámetros y determinar un valor que se encuentre común dentro de los diferentes tiempos empleados para realizar dichas mediciones. Los gráficos que se obtuvieron, relacionaron al ancho de banda Vs Tiempo y al rtt Vs Tiempo.

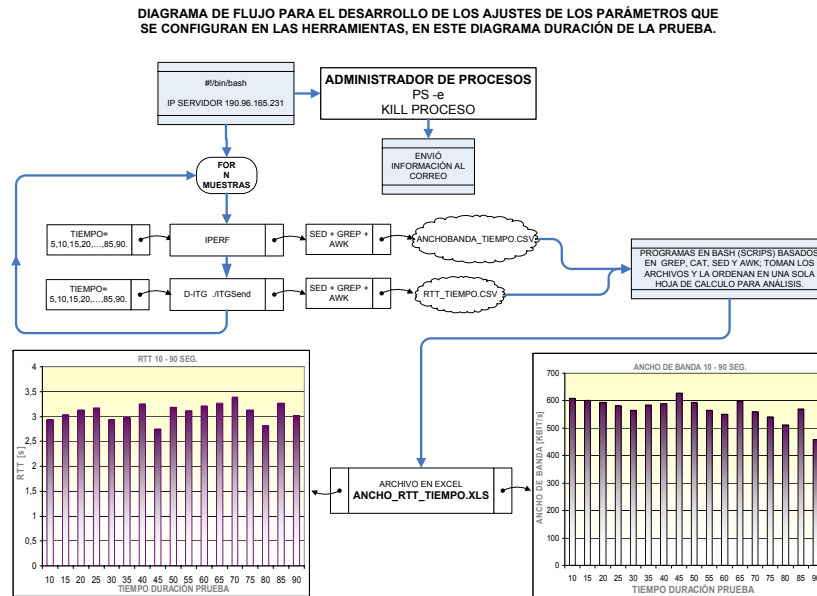


Figura 6.9: Diagrama de flujo para determinar el tiempo de duración de las pruebas.

### 6.4.2. ANCHO DE BANDA (BW) y RTT VARIANDO EL TAMAÑO DEL SEGMENTO

Se emplearon las herramientas iperf y D-ITG, sin embargo se tuvo en cuenta la modificación del MTU en 32, 64, 128, 256, 512, 1024 y 1472 bytes. El protocolo a emplear para el desarrollo de esta prueba fue TCP. El número de repeticiones por prueba fue de diez (10). Al final se recopilaron el total de datos y se mostró gráficamente la relación entre pruebas realizadas de acuerdo a cada valor del MTU como se observa en la figura 6.10, el objetivo de realizar estas pruebas fue el de ajustar el valor del MTU para el ajuste del procedimiento general de pruebas. El tiempo de duración de la prueba, fue el tiempo por defecto de la herramienta de desempeño (10 segundos). Los gráficos que se obtuvieron, relacionaron al ancho de banda Vs. MTU y al rtt Vs MTU.

### 6.4.3. ANCHO DE BANDA (BW) y RTT VARIANDO EL TAMAÑO DE LA VENTANA TCP

Se emplearon las herramientas iperf y D-ITG, sin embargo, se tendrá en cuenta la modificación del tamaño de la ventana TCP en 1, 2, 4, 8, 16, 32 y 64 Kbytes. El protocolo

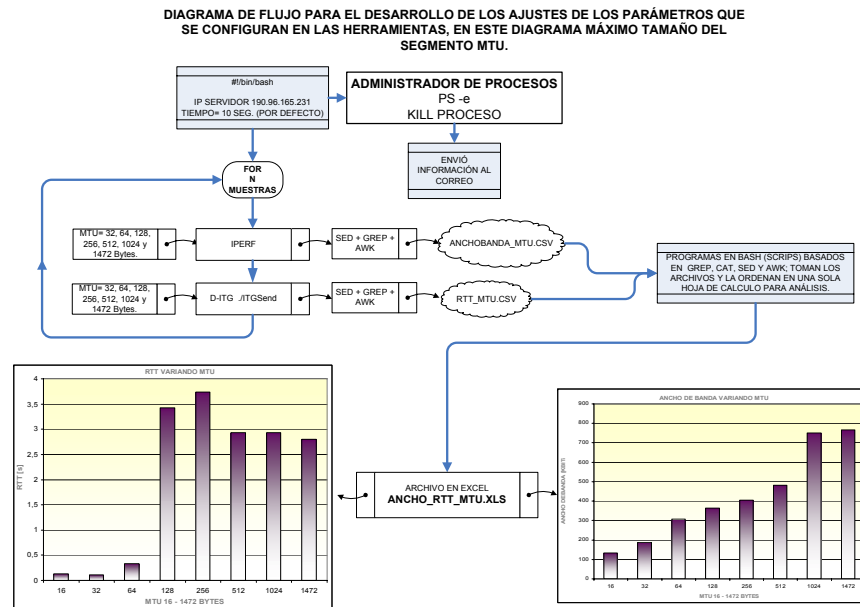


Figura 6.10: Diagrama de flujo para determinar el MTU de las pruebas.

a emplear para el desarrollo de esta prueba fue TCP. El número de repeticiones por prueba se ajustó a diez repeticiones. Al final se recopiló el total de datos y se mostró gráficamente la relación entre pruebas realizadas de acuerdo a cada valor de tamaño de ventana TCP como se muestra en la figura 6.11. El objetivo de realizar éstas pruebas fue el de ajustar el valor del tamaño de la ventana TCP, con el fin de ajustar el procedimiento general de pruebas. El tiempo de duración de la prueba, fue el tiempo por defecto de la herramienta de desempeño (10 segundos). Los gráficos que se obtuvieron relacionaron al ancho de banda Vs. tamaño de la ventana TCP y al rtt Vs. tamaño de la ventana TCP.

Luego de realizar los ajustes de los parámetros de las herramientas para las tecnologías ADSL y CIA estableciendo variaciones de tamaños de segmento, tamaños de ventana TCP y tiempo de duración, se comparan con los valores que traen por defecto las herramientas; para esto se desarrolla una serie de medidas aleatorias, que tuvieron como fin, establecer los parámetros a seleccionar para el desarrollo de las campañas de medidas, como se muestra en la figura 6.12.

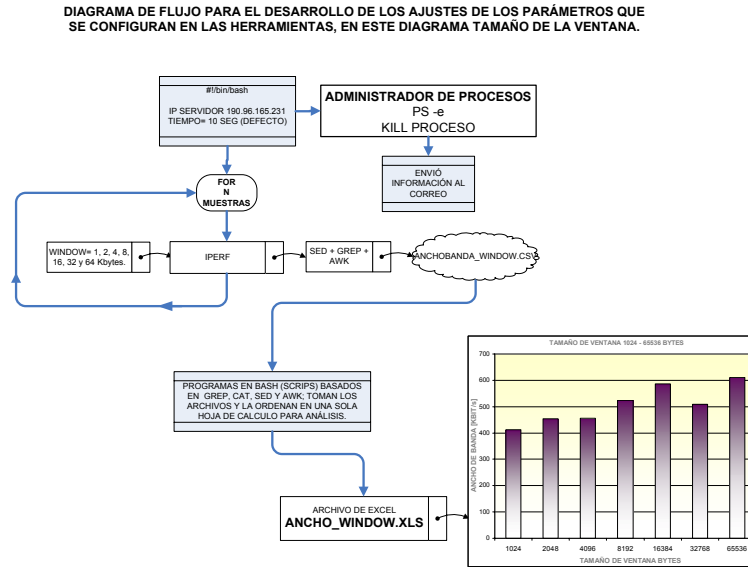


Figura 6.11: Diagrama de flujo para determinar el tamaño de la ventana TCP para las pruebas.

## 6.5. PRUEBAS EXTENDIDAS DURANTE CATORCE DÍAS.

Para el desarrollo de las pruebas extendidas se emplearon los parámetros ajustados previamente. Luego, se estableció una conexión entre dos computadores operando con un módem ADSL y otro computador empleando tecnología CIA versus un computador operando como servidor y que fue empleado como punto de referencia para la recolección de las medidas. Durante catorce días y de manera continua se recopilaron datos de ancho de banda, throughput, retardos y porcentaje de paquetes perdidos. Los resultados obtenidos de estas pruebas fueron debidamente tratados estadísticamente y sus resultados se muestran en el capítulo 7

## 6.6. PRUEBAS DE ENVÍO DE ARCHIVOS.

A continuación se describen una serie de consideraciones para analizar el comportamiento del enlace de comunicaciones punto a punto para analizar el desempeño con archivos de diferentes tamaños. En la figura 6.13 se muestra el diagrama de flujo del

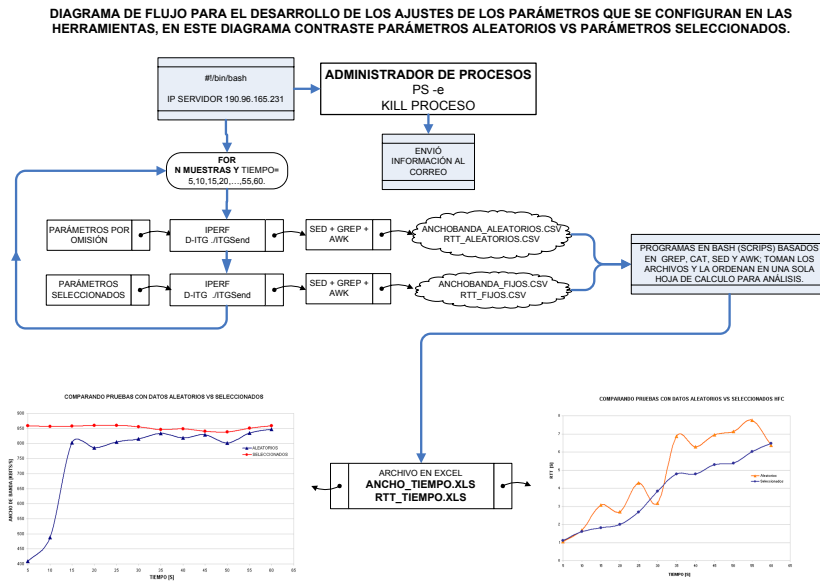


Figura 6.12: Diagrama de flujo para la comparación de los parámetros seleccionados Vs. parámetros por defecto de las herramientas de desempeño.

programa desarrollado para realizar estas pruebas. Los parámetros que se miden son el ancho de banda y el tiempo utilizado en la transferencia del archivo. Teniendo en cuenta lo anterior, se consideraron las siguientes características para la realización de estas pruebas: Tamaño MTU estable (1452 Bytes para ADSL y 1024 Bytes para CIA), tamaño de ventana TCP estable (16 Kbytes para ADSL y 8 Kbytes para CIA), medida de ancho de banda y rtt cada 15 segundos; Variación en el tamaño del archivo de descarga entre 64KB, 128KB, 256KB, 512KB, 1MB, 10MB, 100MB y 1GBytes (estos archivos fueron generados en una hoja de texto). Por último, se recopilaron las medidas de las pruebas realizadas, las cuales fueron tratadas estadísticamente.

En el diagrama de flujo de la figura 6.13, se describe el comando usado para realizar la transferencia del archivo usando la herramienta iperf (*iperf -c IPdestino -F nombrede-larchivo*), en esta figura se observa como se envía de manera secuencial los diferentes archivos de tamaños 64KB, 128KB, 256KB, 512KB, 1MB, 10MB, 100MB y 1GBytes que se encuentran almacenados en el disco duro del equipo, luego, configurados el equipo fénix como servidor de iperf y los equipos de ADSL y CIA como clientes de iperf, se envían los archivos para medir el ancho de banda en el enlace, finalmente, se toma el

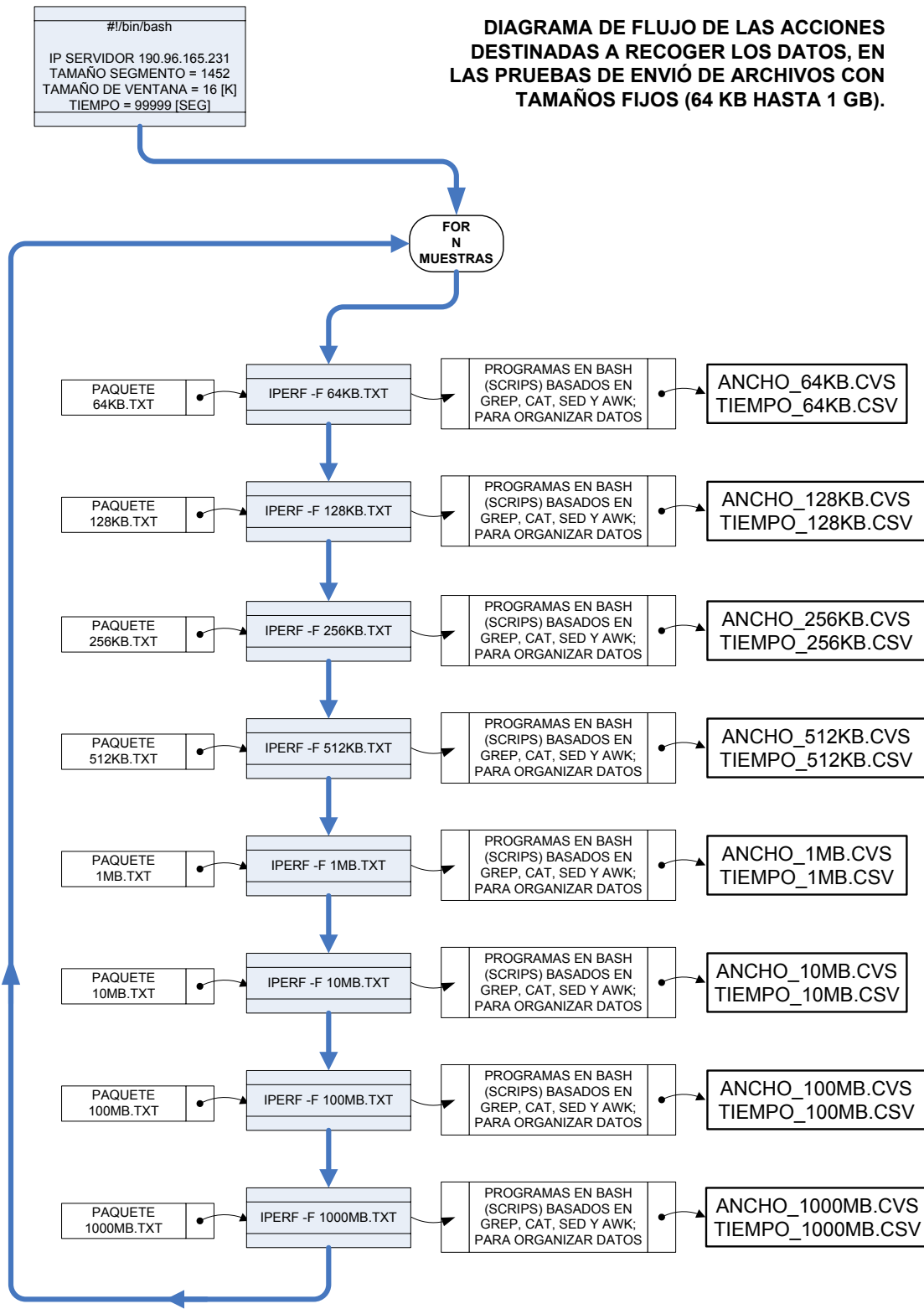


Figura 6.13: Diagrama de flujo del programa desarrollado para el envío de archivos.

tiempo empleado en recibir el archivo y los datos de ancho de banda registrados durante la transferencia.

En la figura 6.14 se describe el esquema para el tratamiento estadístico de los datos de las pruebas de descarga de archivos utilizando tecnologías ADSL y CIA. En los reportes se muestra un gráfico del tamaño del archivo versus el tiempo empleado en la descarga, también se considera el comportamiento del tamaño de archivo versus el ancho de banda promedio empleado durante la transferencia del archivo. Para el caso del reporte que involucra el tiempo, se utiliza una escala logarítmica para apreciar de forma adecuada el comportamiento.

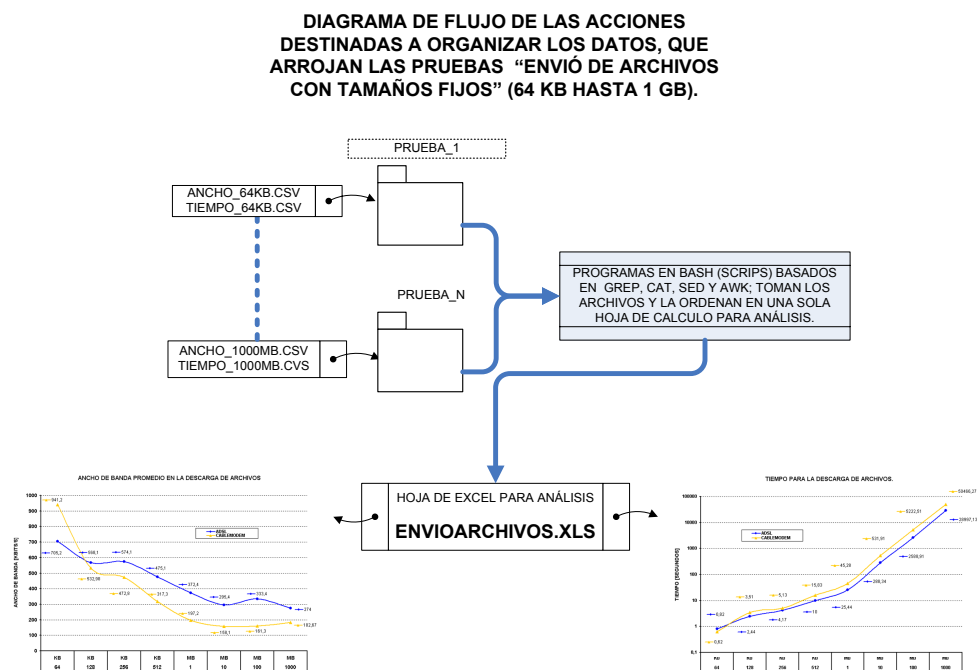


Figura 6.14: Diagrama de flujo de los eventos para obtener los reportes del envío de archivos.

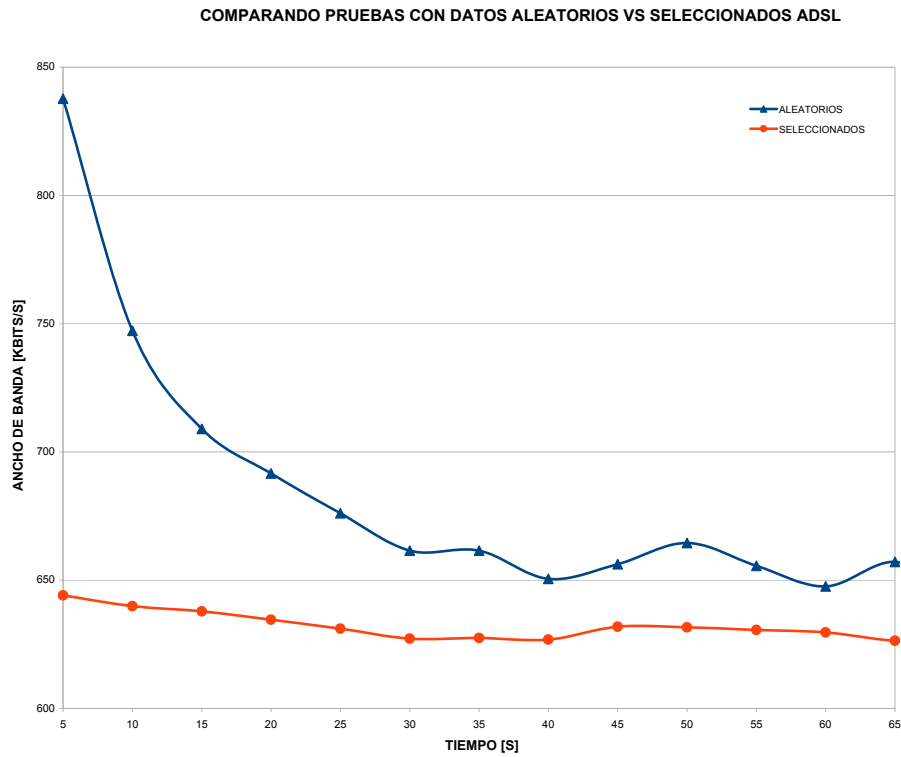
# Capítulo 7

## RESULTADOS.

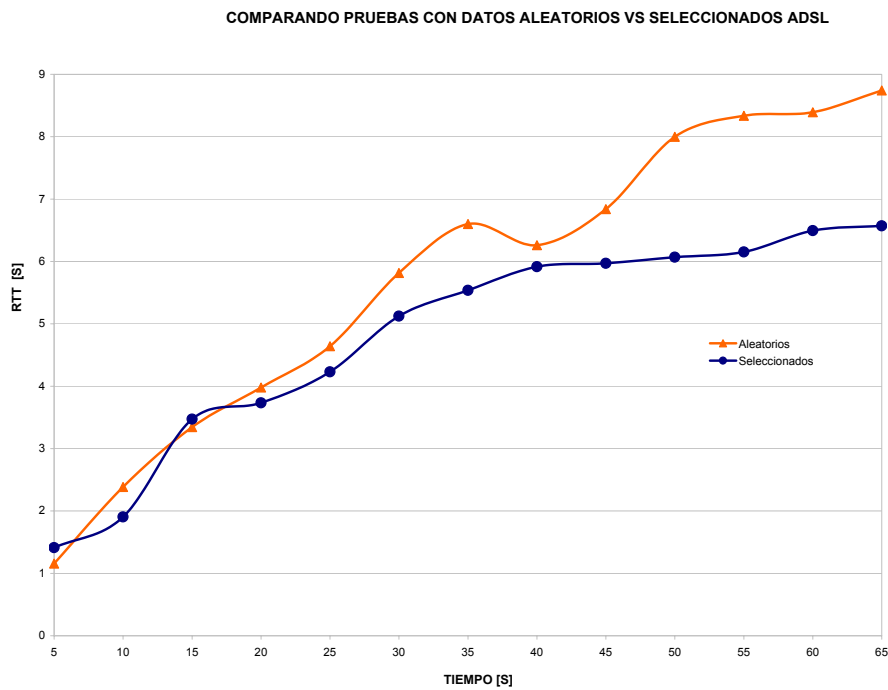
### 7.1. AJUSTE DE LOS PARÁMETROS DE LAS HERRAMIENTAS.

Después del ajuste de los parámetros de las herramientas (MTU, tiempo, Tamaño de ventana), se realizan pruebas en condiciones similares para comparar los comportamientos de las medidas con los parámetros por omisión de las herramientas y las medidas con los parámetros seleccionados; la comparación de los parámetros de la tecnología ADSL se observa en las figuras [7.1\(a\)](#) y [7.1\(b\)](#).

La comparación de los parámetros de la tecnología CIA se observa en las figuras [7.2\(a\)](#) y [7.2\(b\)](#).

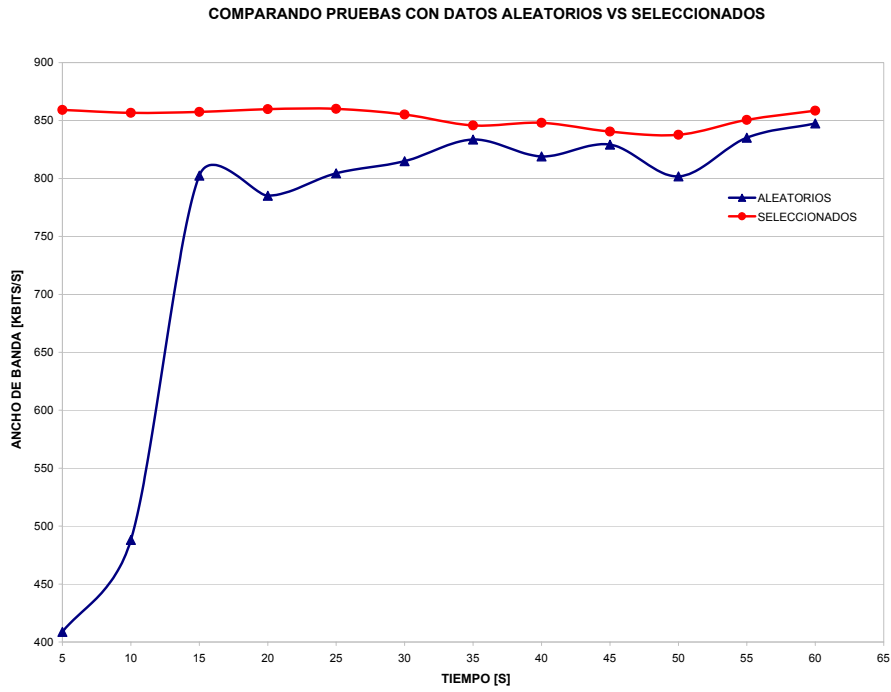


(a) Comparando medidas de ancho de banda para ADSL.

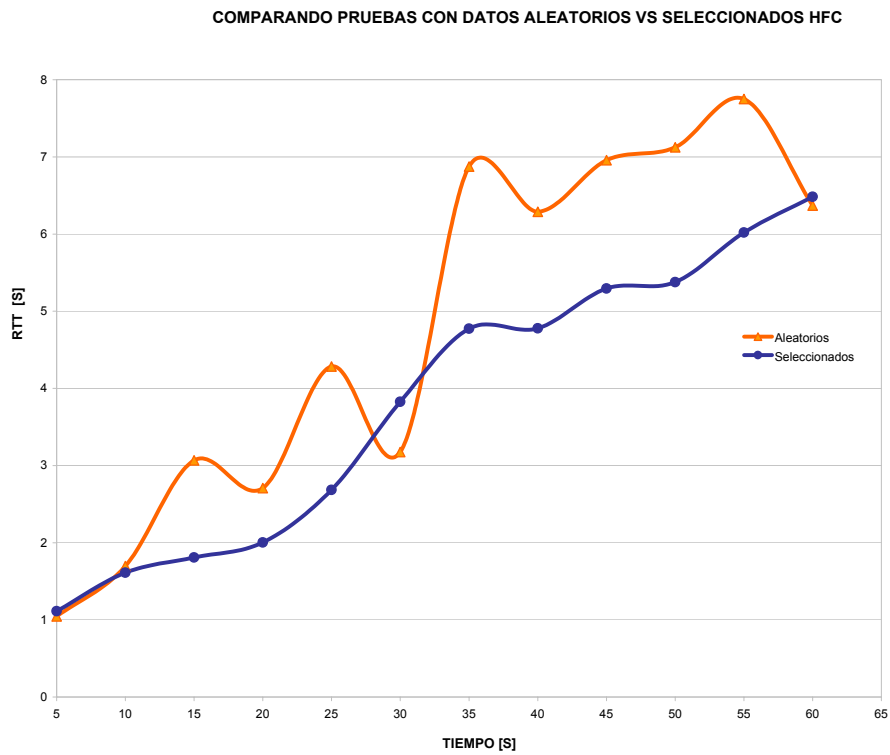


(b) Comparando medidas de rtt para ADSL.

Figura 7.1: Resultados del ajuste de los parámetros seleccionados para ADSL.



(a) Comparando medidas de ancho de banda para CIA.



(b) Comparando medidas de rtt para CIA.

Figura 7.2: Resultados del ajuste de los parámetros seleccionados para CIA.

## 7.2. PRUEBAS EXTENDIDAS DE 14 DÍAS CONTINUOS

### 7.2.1. PRUEBAS EXTENDIDAS ADSL

Las características medidas durante catorce días para la tecnología ADSL son presentadas a continuación, en el se describen el ancho de banda (7.2.1.1), el rtt medido sobre TCP (7.2.1.2), la latencia medida sobre TCP (7.2.1.3), el jitter del rtt sobre TCP (7.2.1.4), el jitter en la latencia sobre TCP (7.2.1.5), el rtt medido sobre ICMP (7.2.1.6), el jitter de rtt medido sobre ICMP (7.2.1.7), el Porcentaje de paquetes perdidos sobre ICMP (7.2.1.8) y finalmente el throughput (7.2.1.9).

### 7.2.1.1. Ancho de banda

En la figura 7.3 se muestra la medida del ancho de banda en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.4 se presentan las medidas estadísticas por días del ancho de banda; después, en la figura 7.5 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.6 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

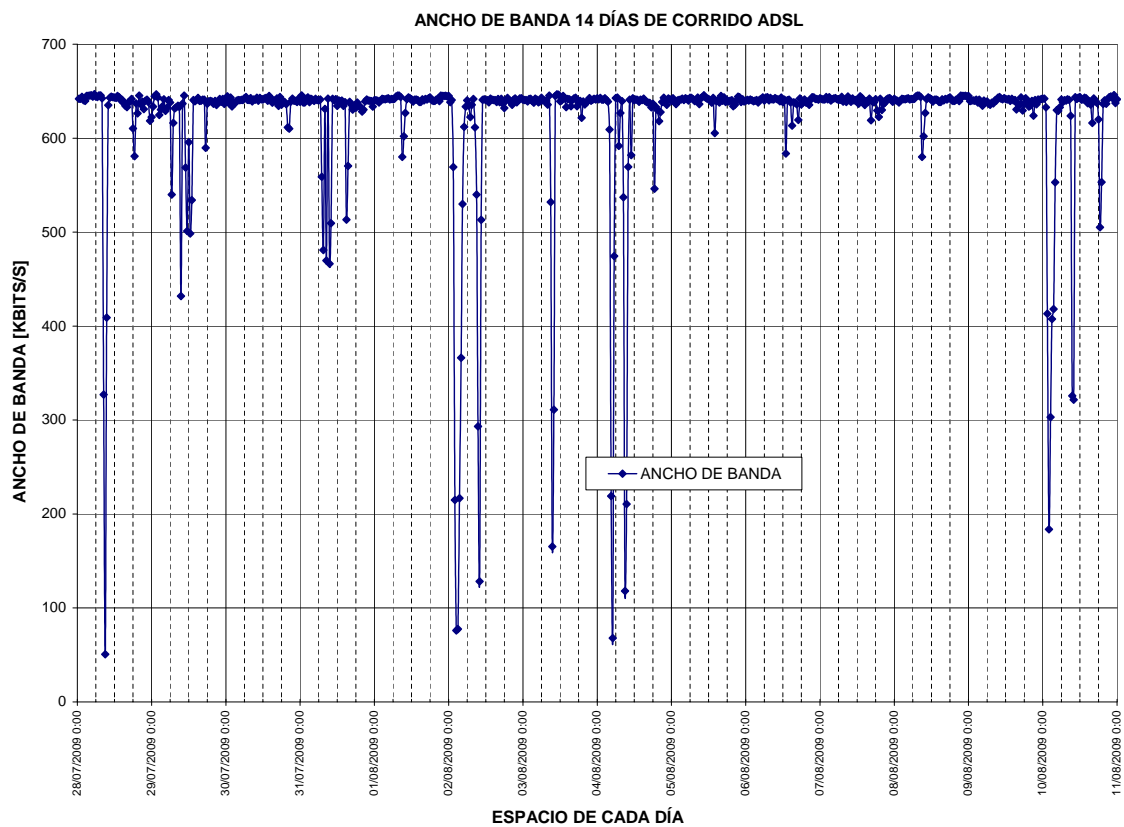


Figura 7.3: Ancho de banda medido sobre ADSL continuamente durante catorce días.

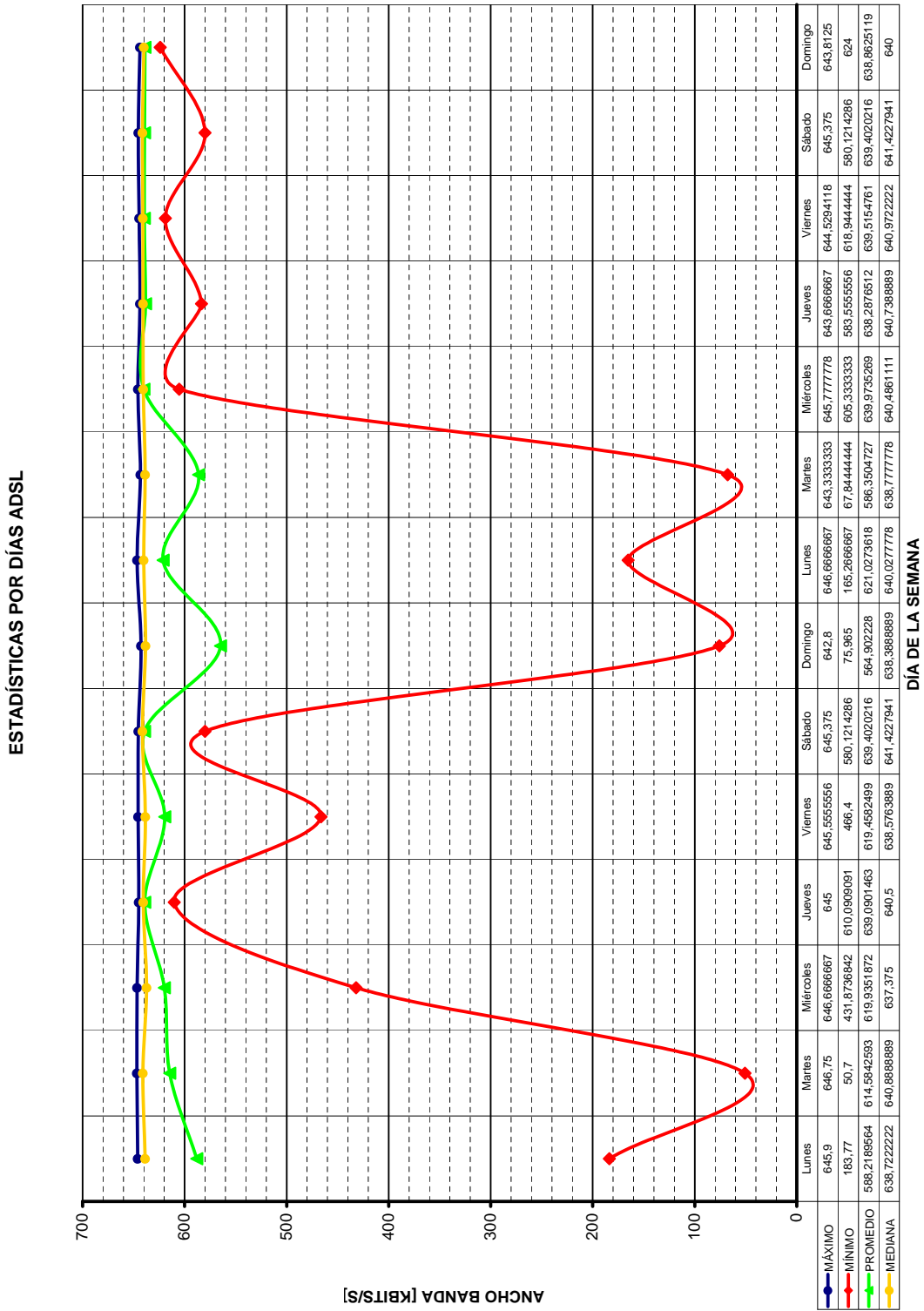


Figura 7.4: Medidas estadísticas del ancho de banda medido sobre ADSL, presentadas cada día.

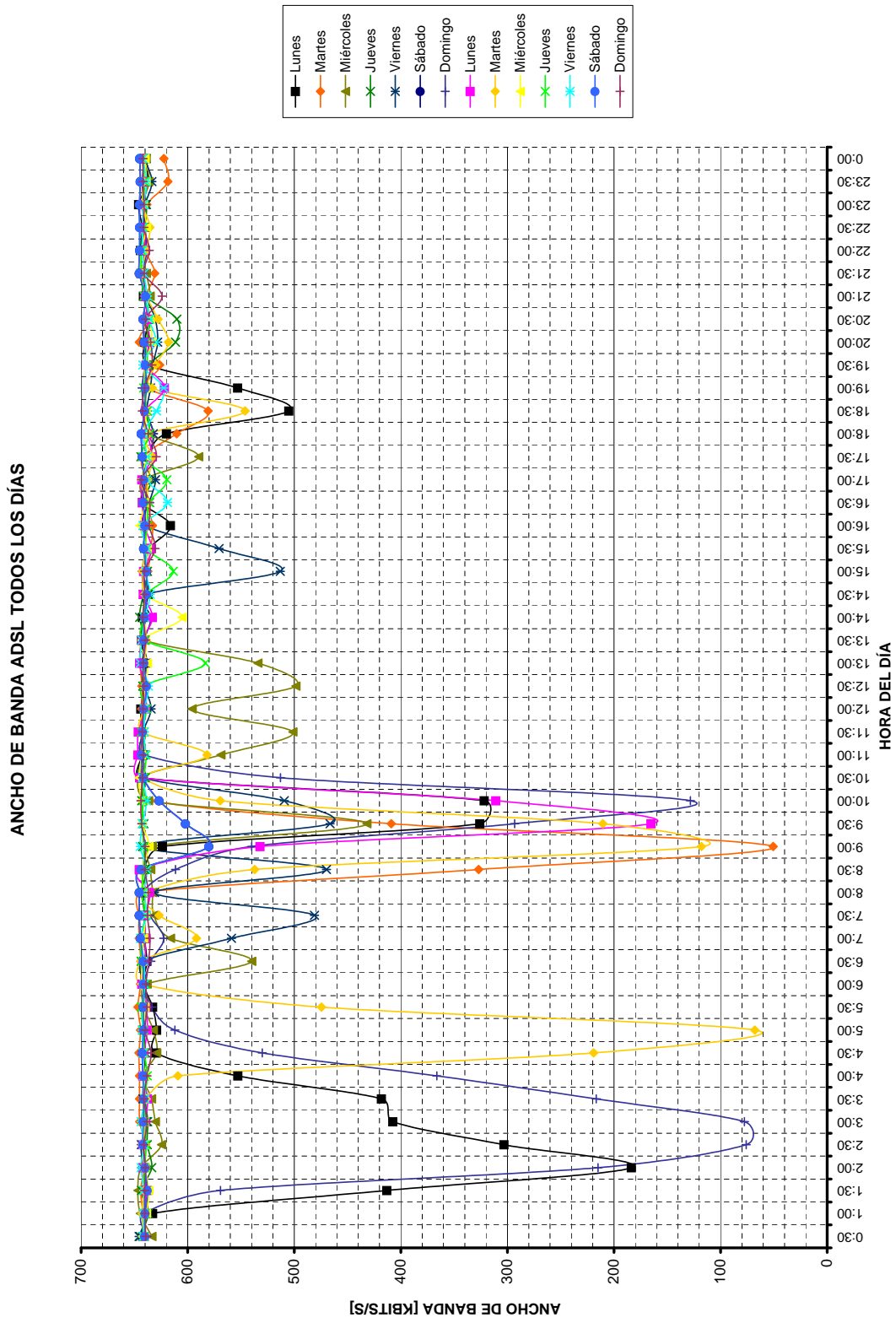


Figura 7.5: Ancho de banda medido sobre ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

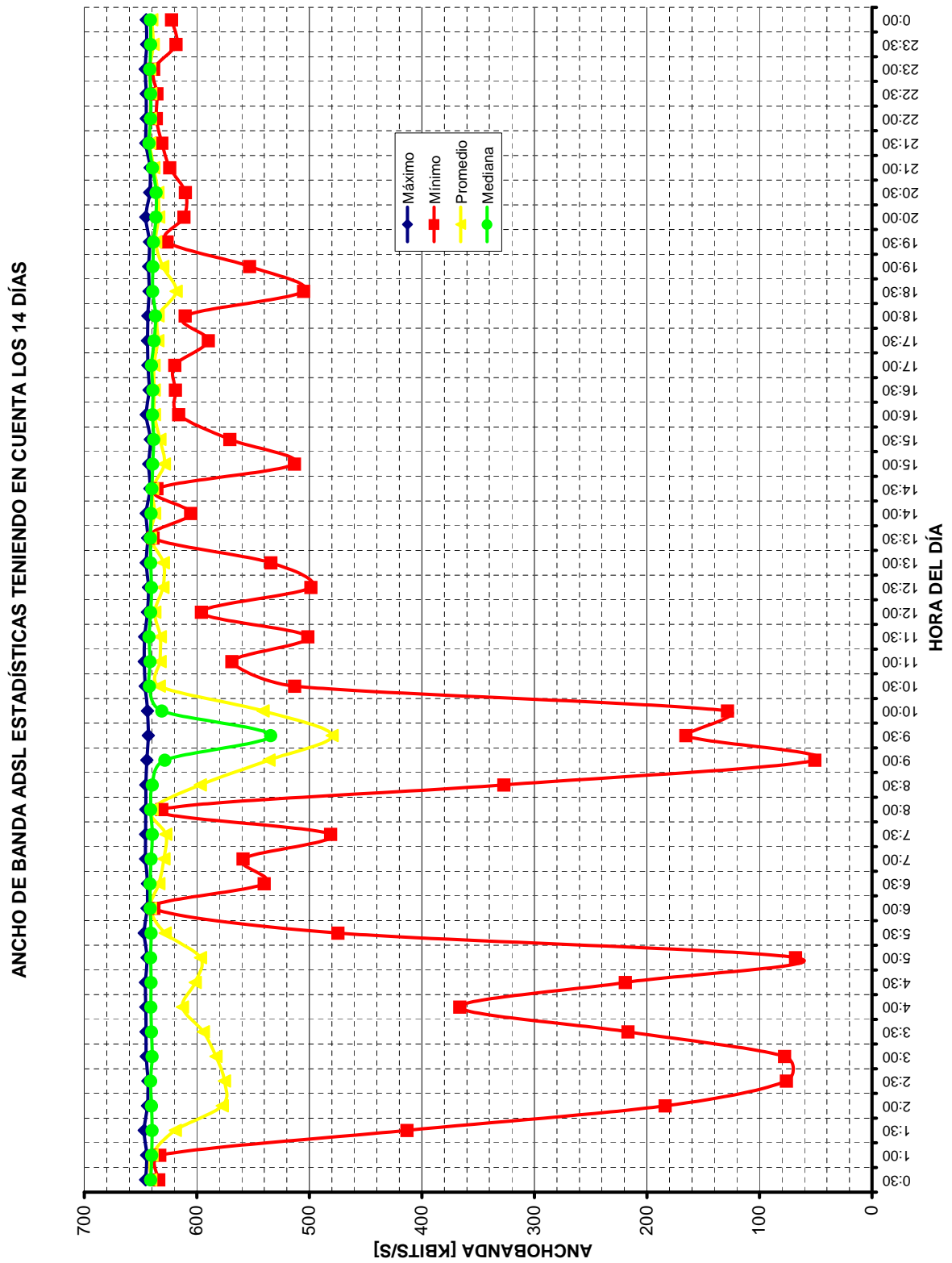


Figura 7.6: Ancho de banda medido sobre ADSL, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.1.2. Rtt medido sobre TCP.

En la figura 7.7 se muestra la medida del rtt medido sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.8 se presentan las medidas estadísticas por días del rtt medido sobre TCP; después, en la figura 7.9 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.10 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

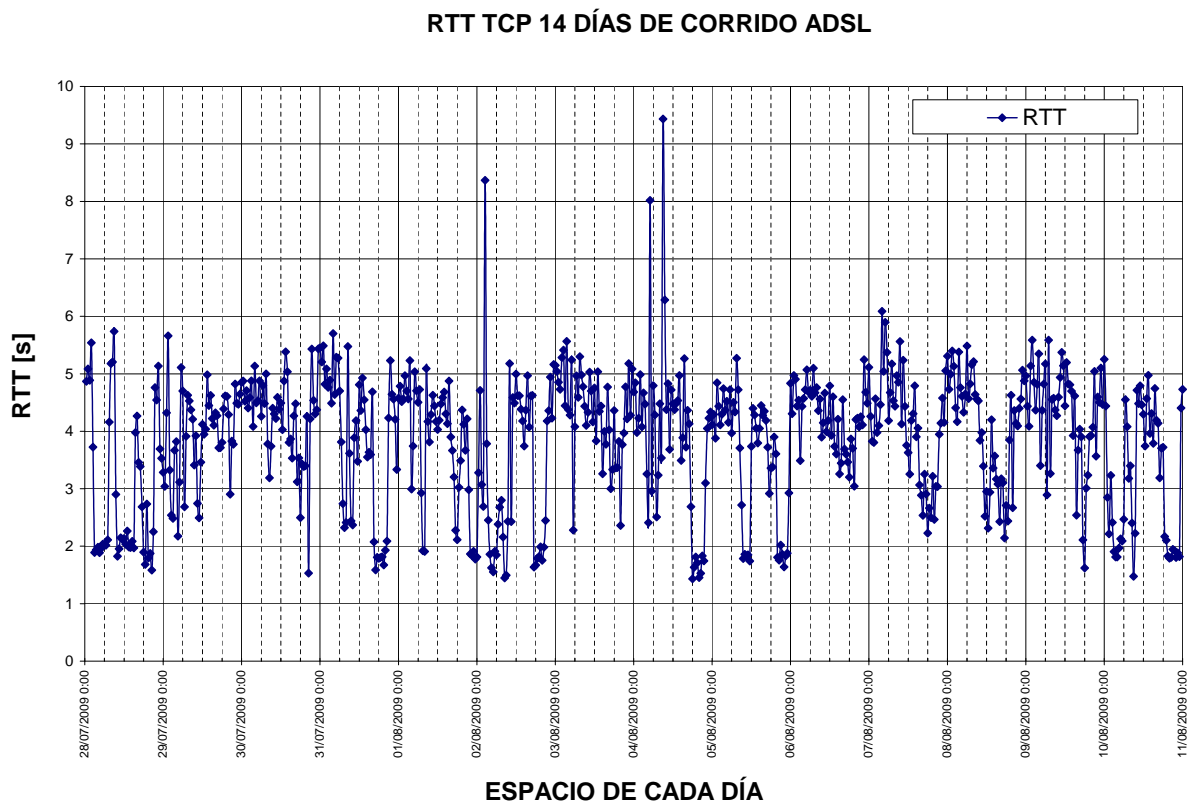


Figura 7.7: RTT medido sobre TCP medido para ADSL continuamente durante catorce días.

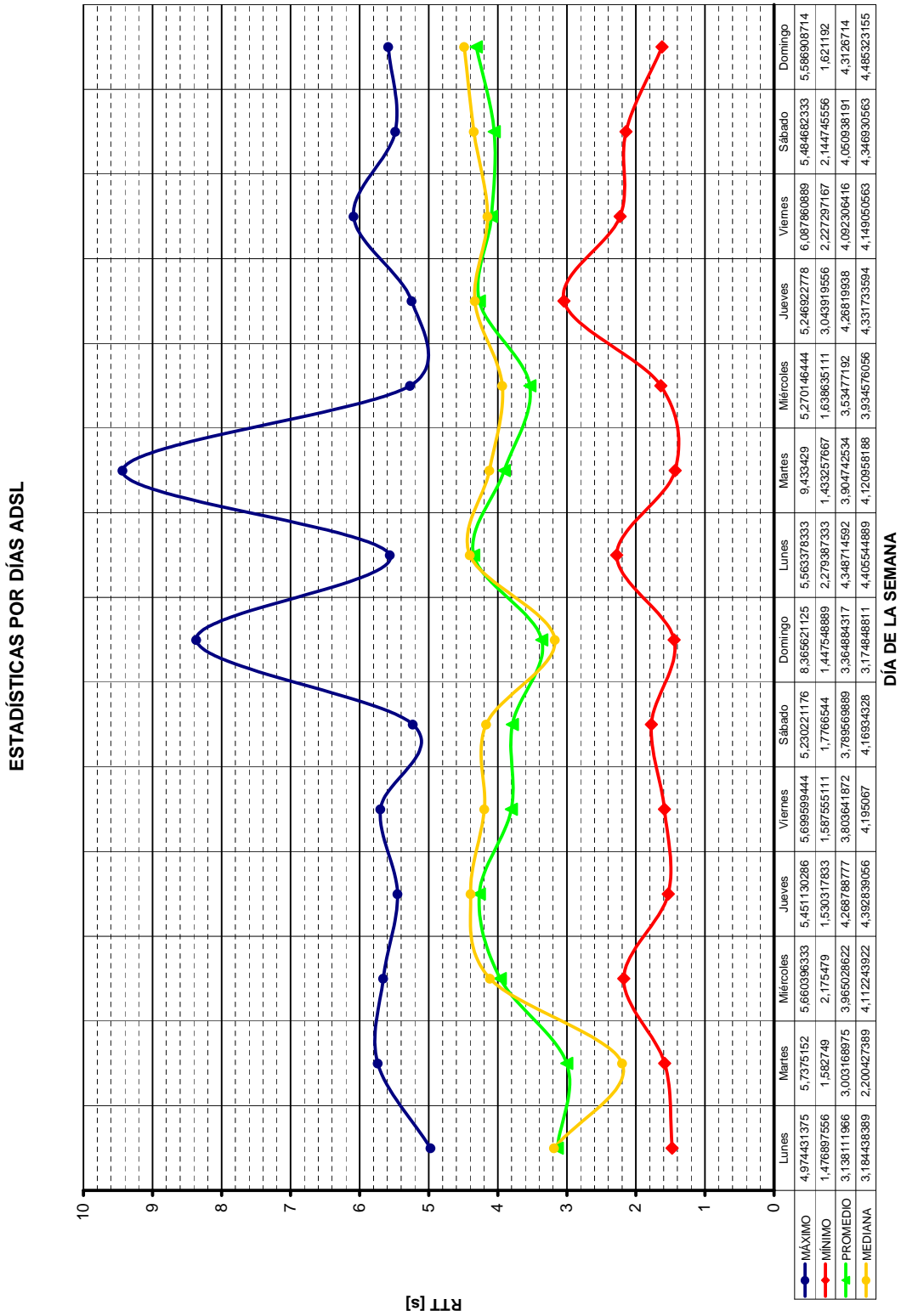


Figura 7.8: Medidas estadísticas del rtt sobre TCP medido para ADSL, presentadas cada día.

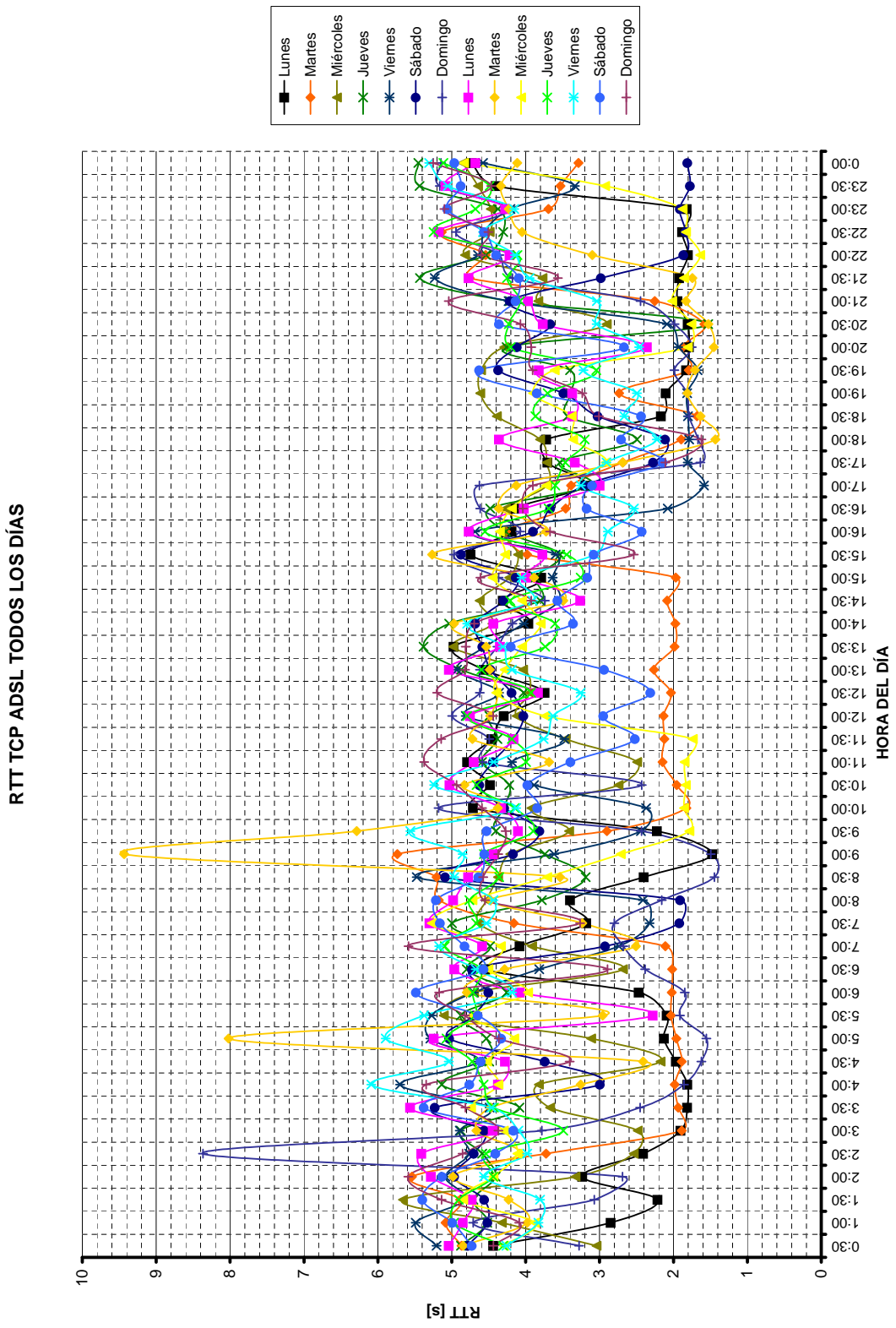


Figura 7.9: RTT sobre TCP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

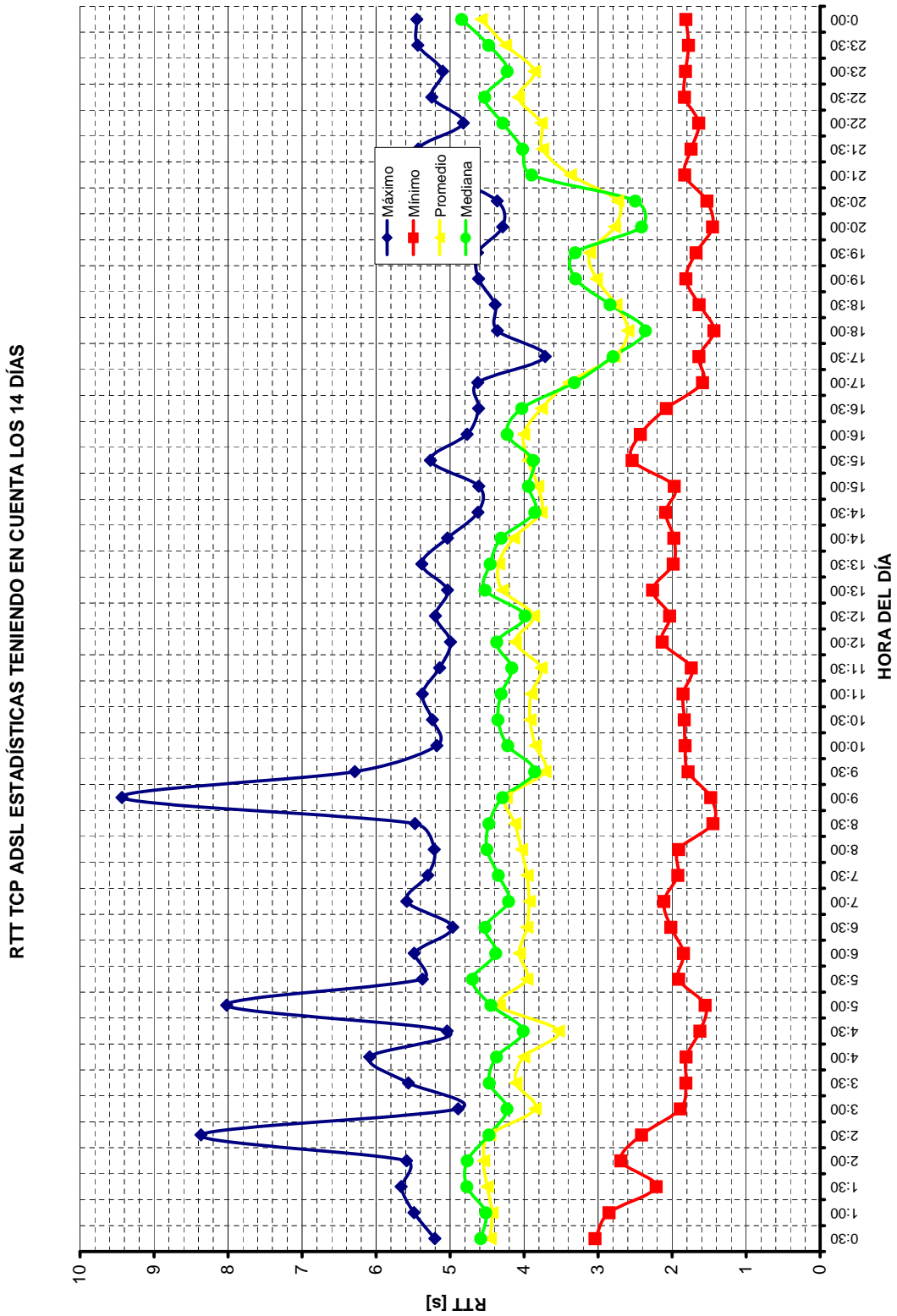


Figura 7.10: Rtt sobre TCP medido para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.1.3. Latencia medida sobre TCP

En la figura 7.11 se muestra la medida de la latencia medida sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.12 se presentan las medidas estadísticas por días de la latencia medida sobre TCP; después, en la figura 7.13 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.14 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

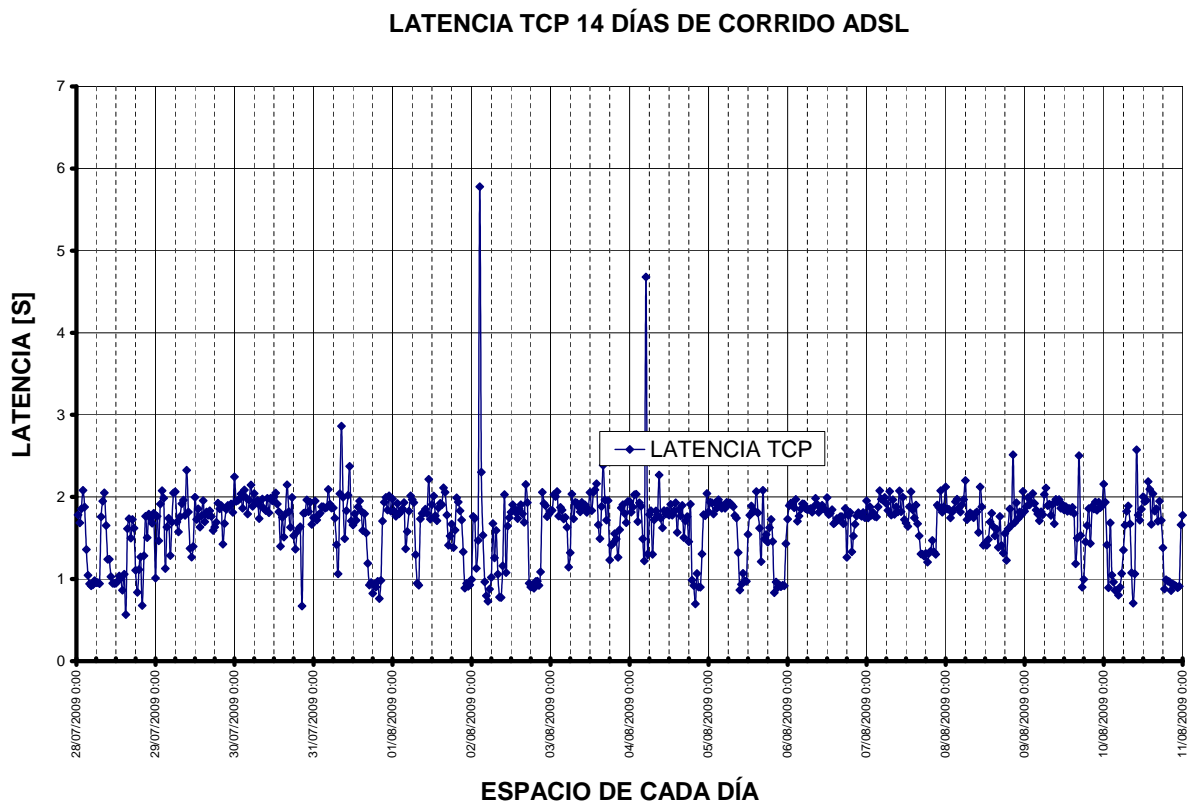


Figura 7.11: Latencia sobre TCP medida para ADSL continuamente durante catorce días.



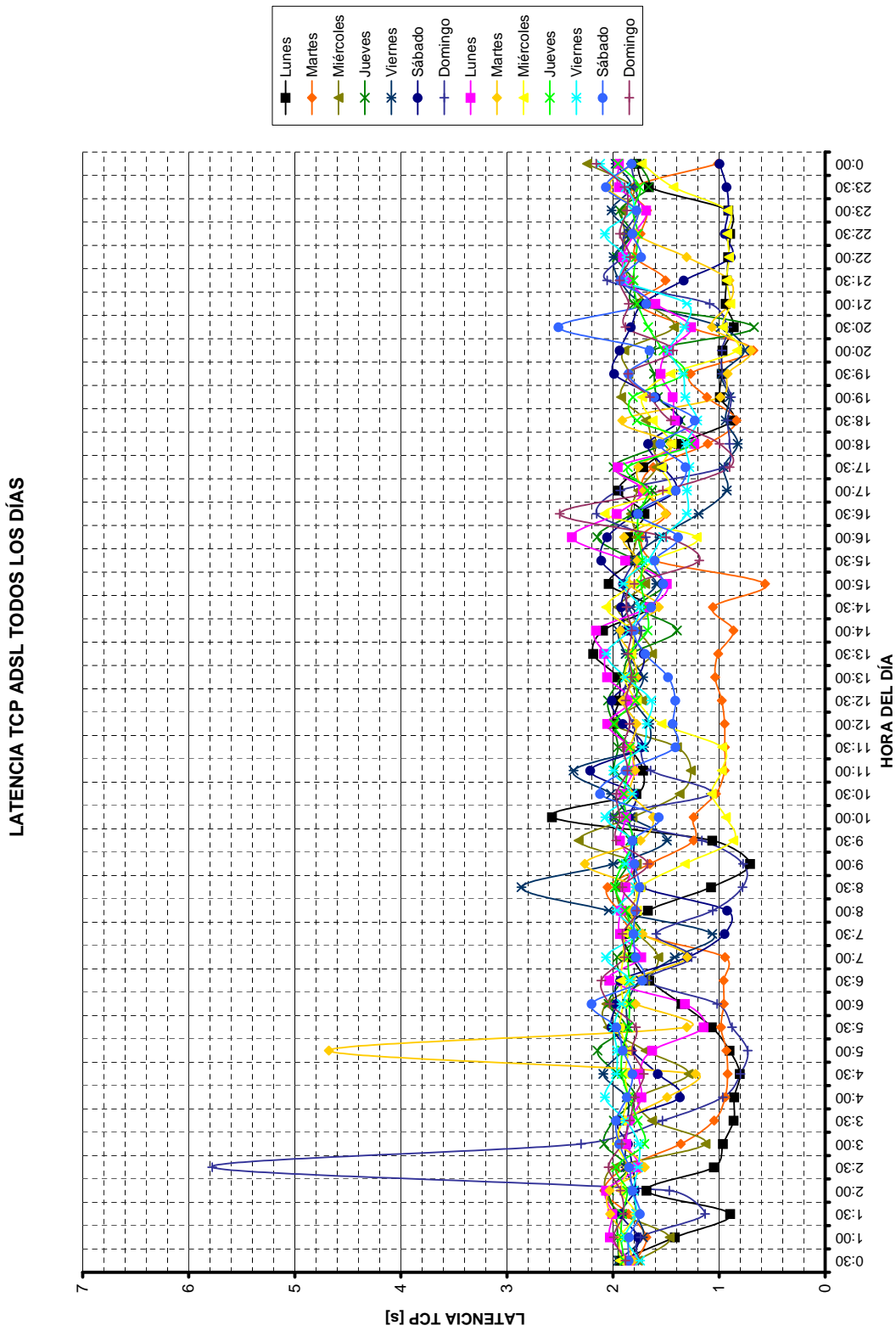


Figura 7.13: Latencia sobre TCP medida para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

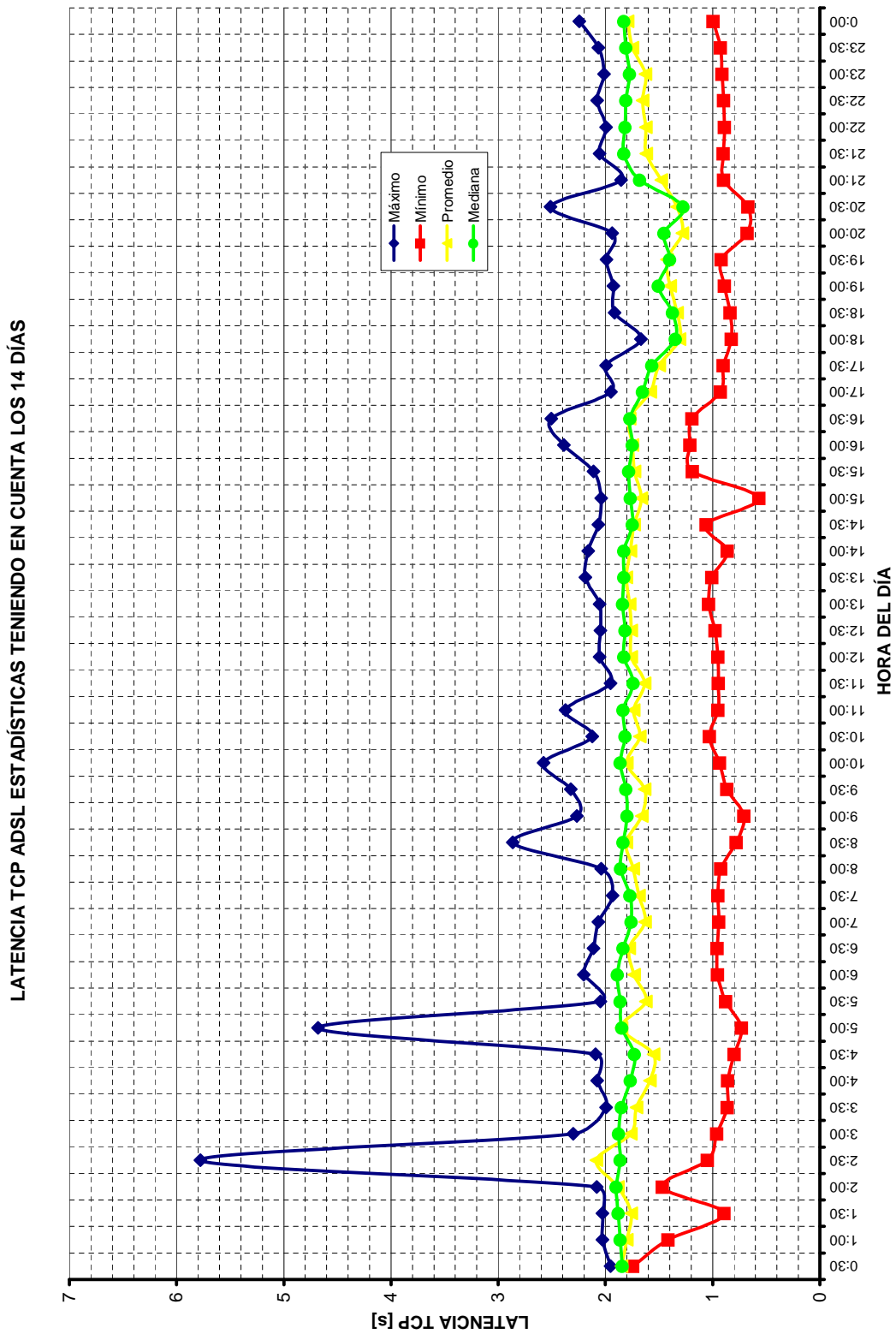


Figura 7.14: Latencia medida sobre TCP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día.

#### 7.2.1.4. Jitter del rtt sobre TCP

En la figura 7.15 se muestra la medida del jitter del rtt sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.16 se presentan las medidas estadísticas por días del jitter del rtt sobre TCP; después, en la figura 7.17 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.18 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

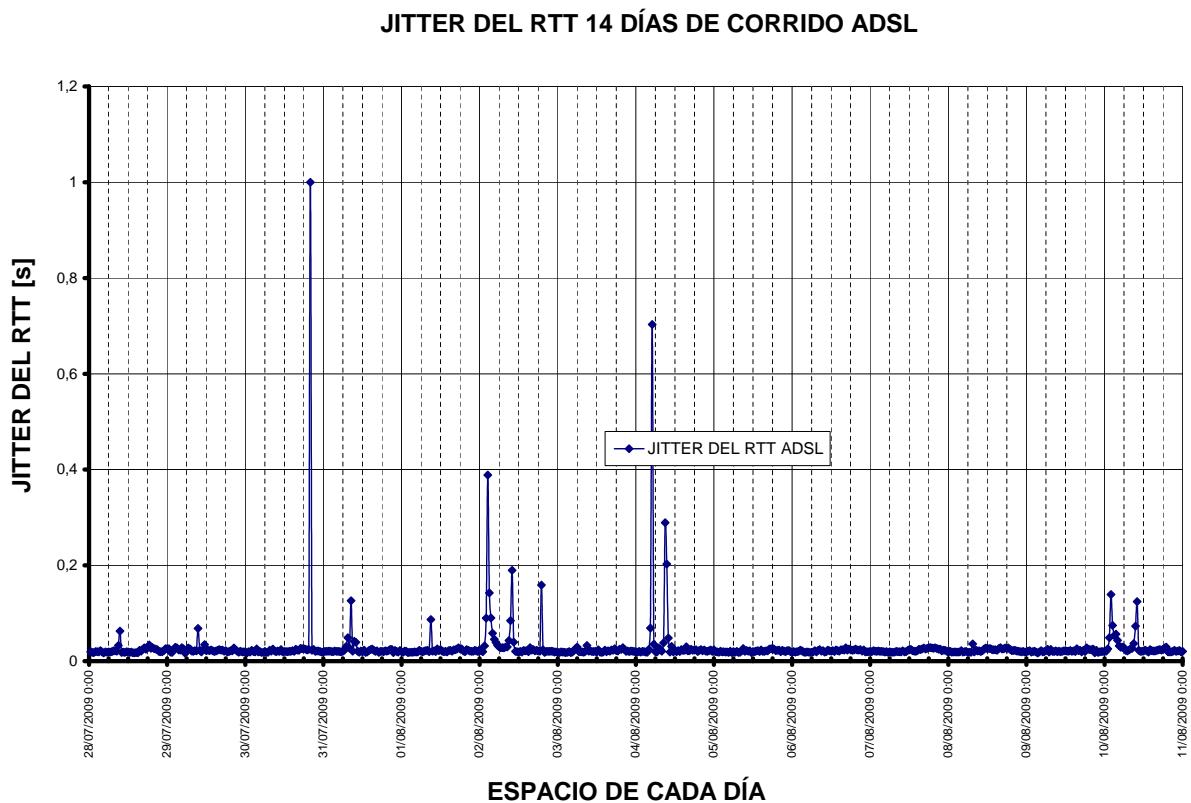


Figura 7.15: Jitter del rtt sobre TCP medido para ADSL continuamente durante catorce días.

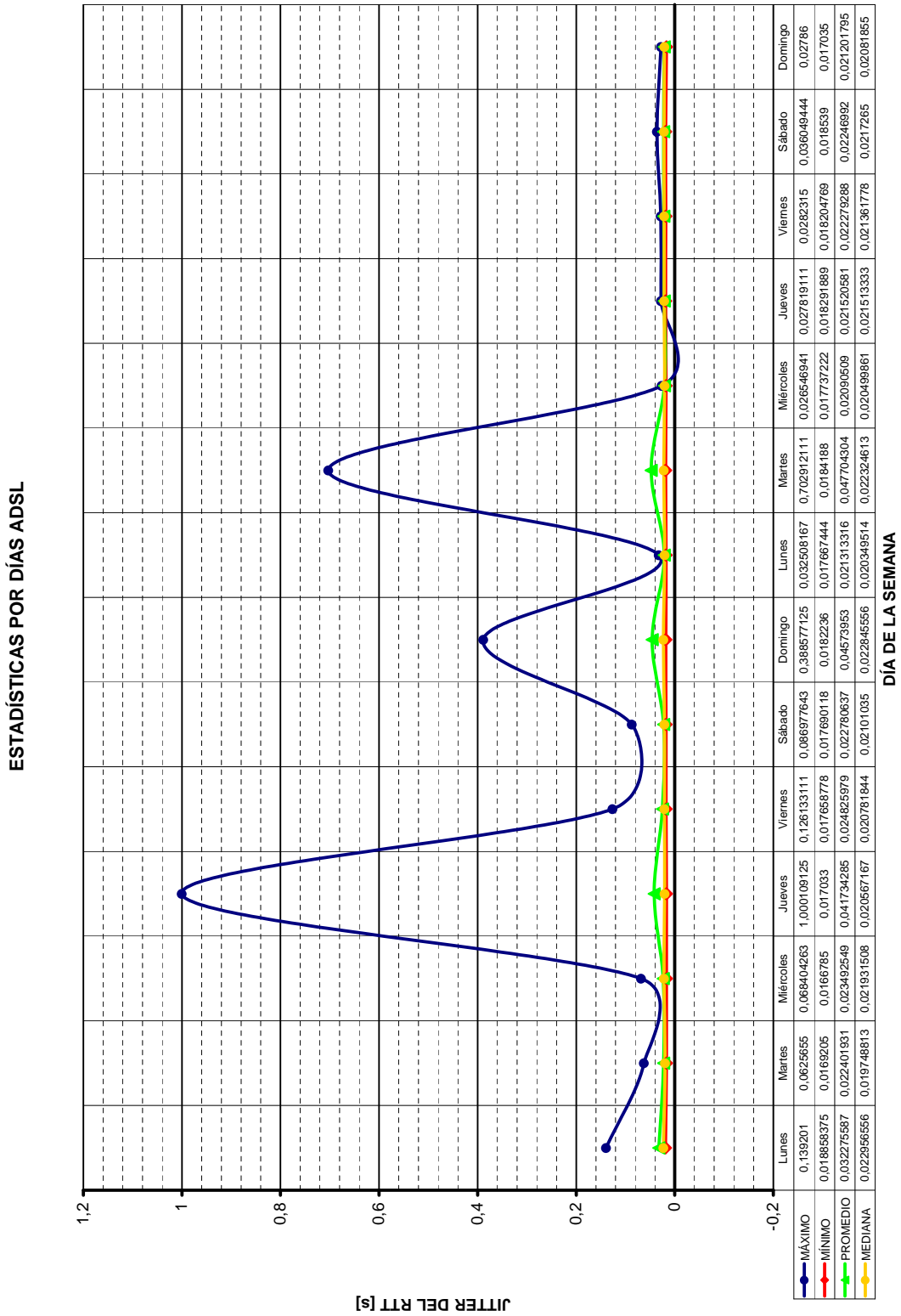


Figura 7.16: Medidas estadísticas del jitter del rtt sobre TCP medido para ADSL, presentadas cada día.

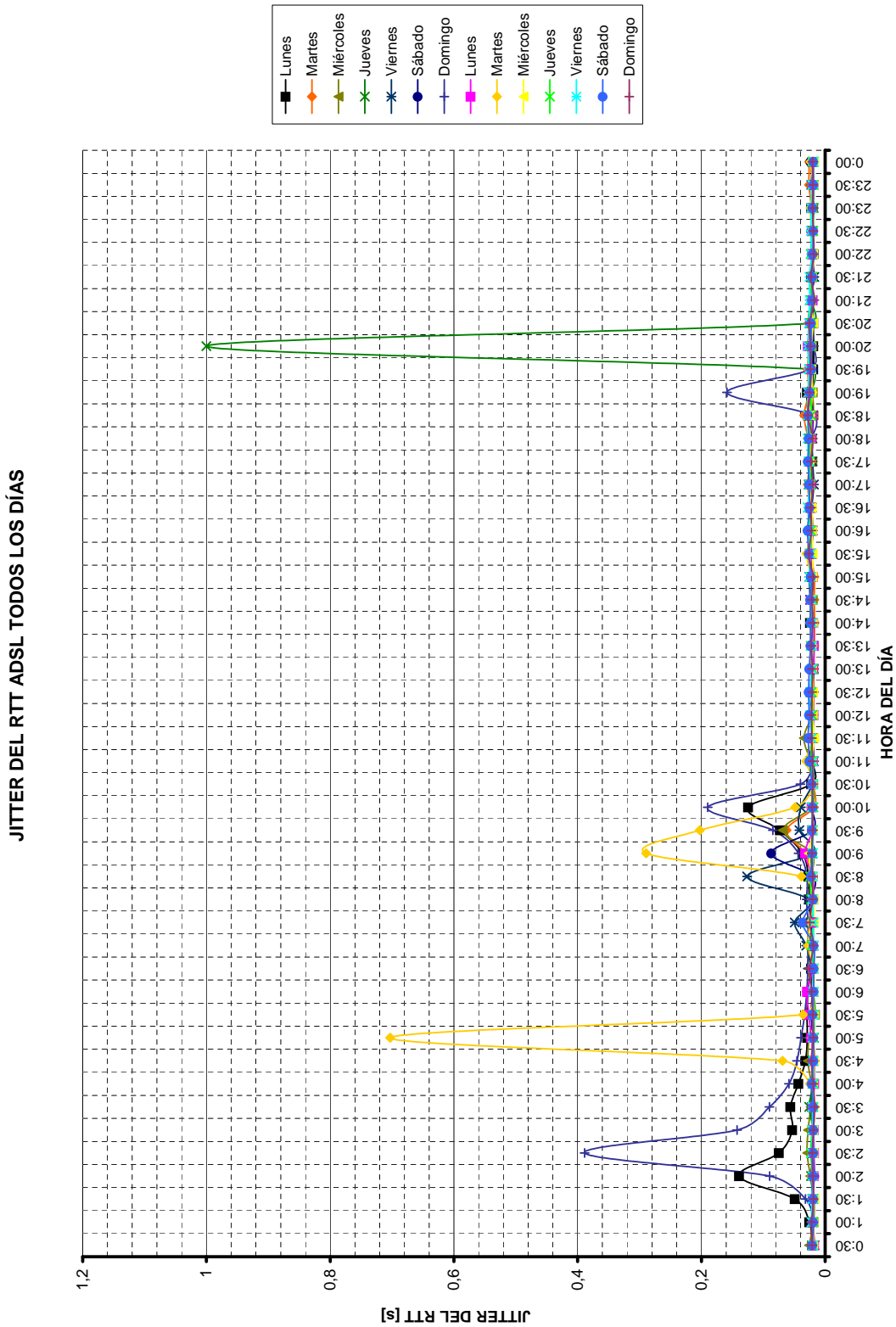


Figura 7.17: Jitter del rtt sobre TCP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

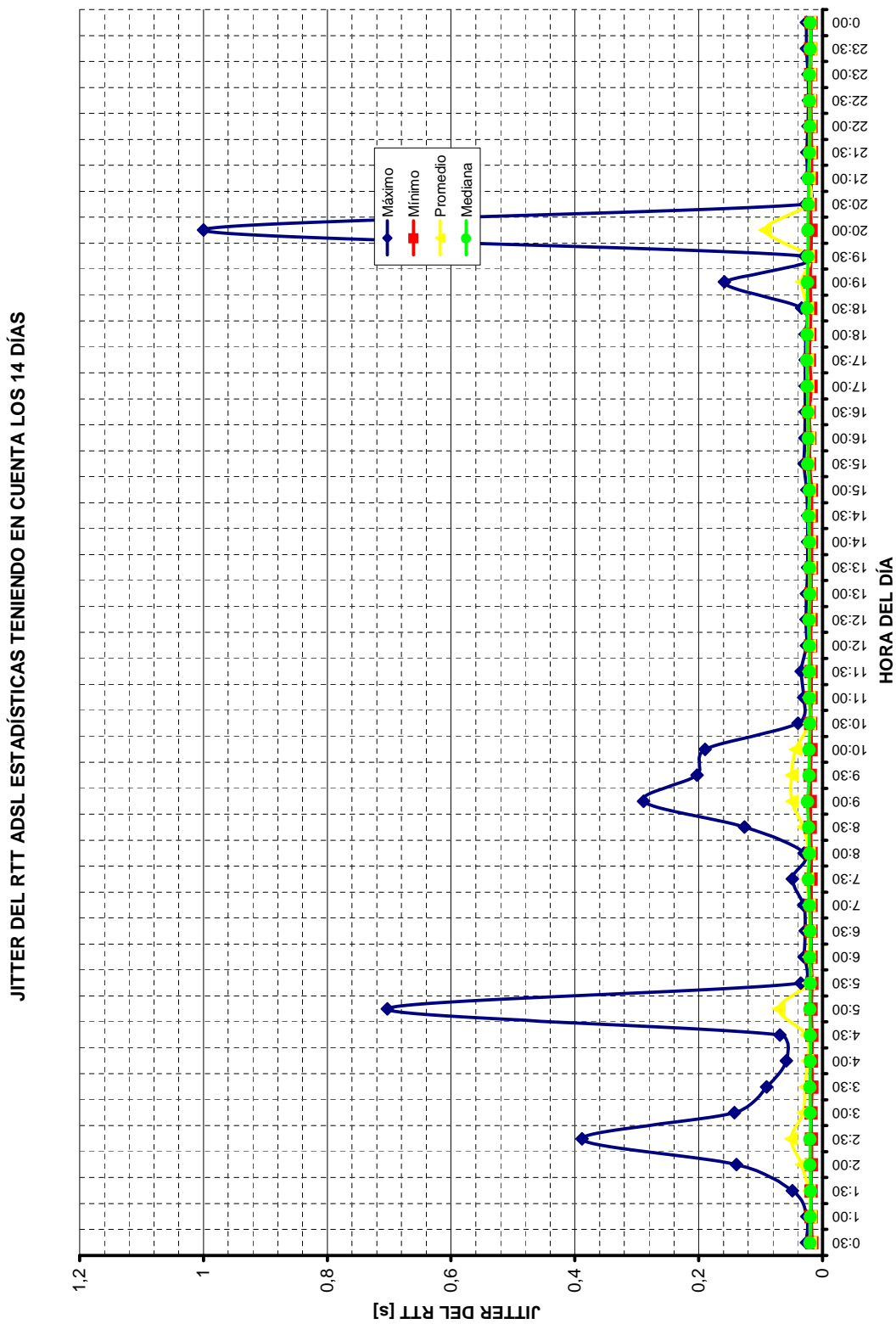


Figura 7.18: Jitter del rtt sobre TCP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.1.5. Jitter en la latencia sobre TCP

En la figura 7.19 se muestra la medida del jitter en la latencia sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.20 se presentan las medidas estadísticas por días del jitter en la latencia sobre TCP; después, en la figura 7.21 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.22 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

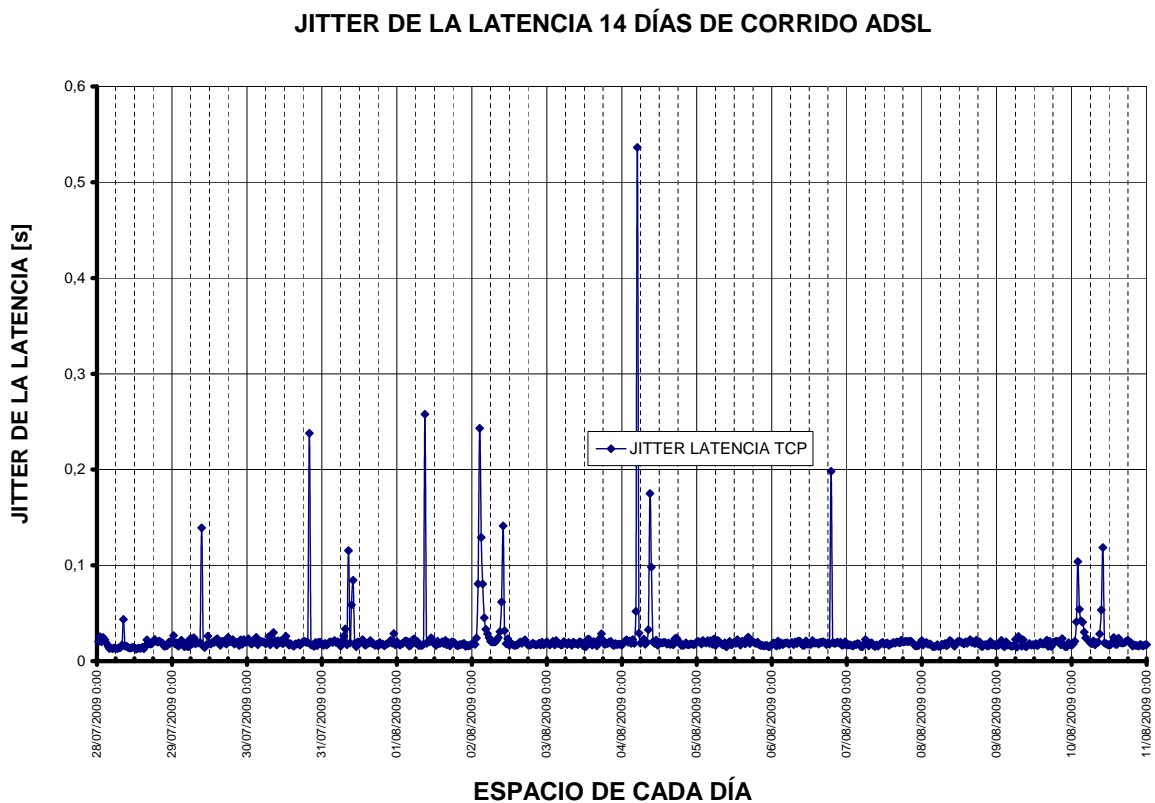


Figura 7.19: Jitter en la latencia sobre TCP medido para ADSL continuamente durante catorce días.

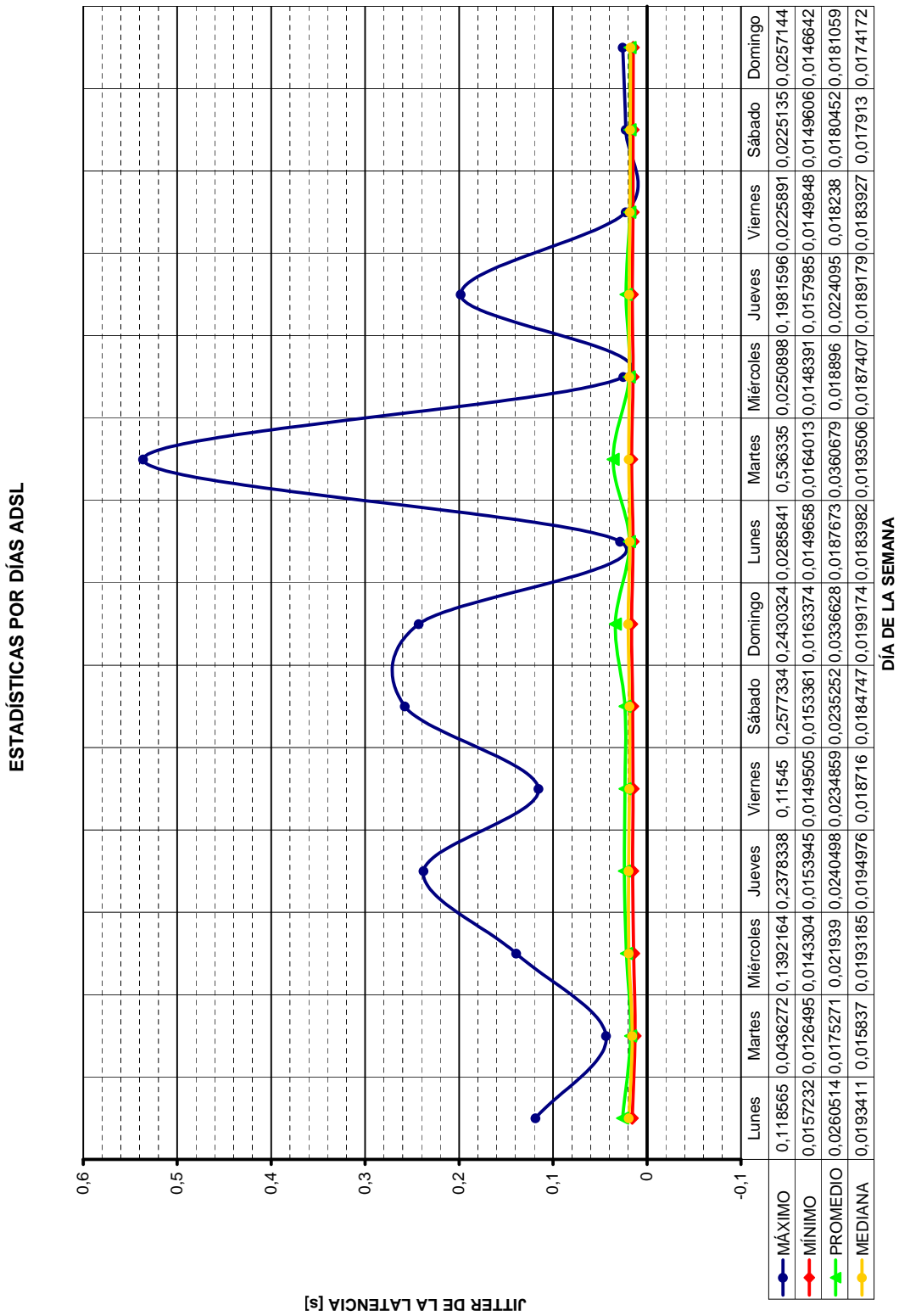


Figura 7.20: Medidas estadísticas del jitter en la latencia sobre TCP medido para ADSL, presentadas cada día.

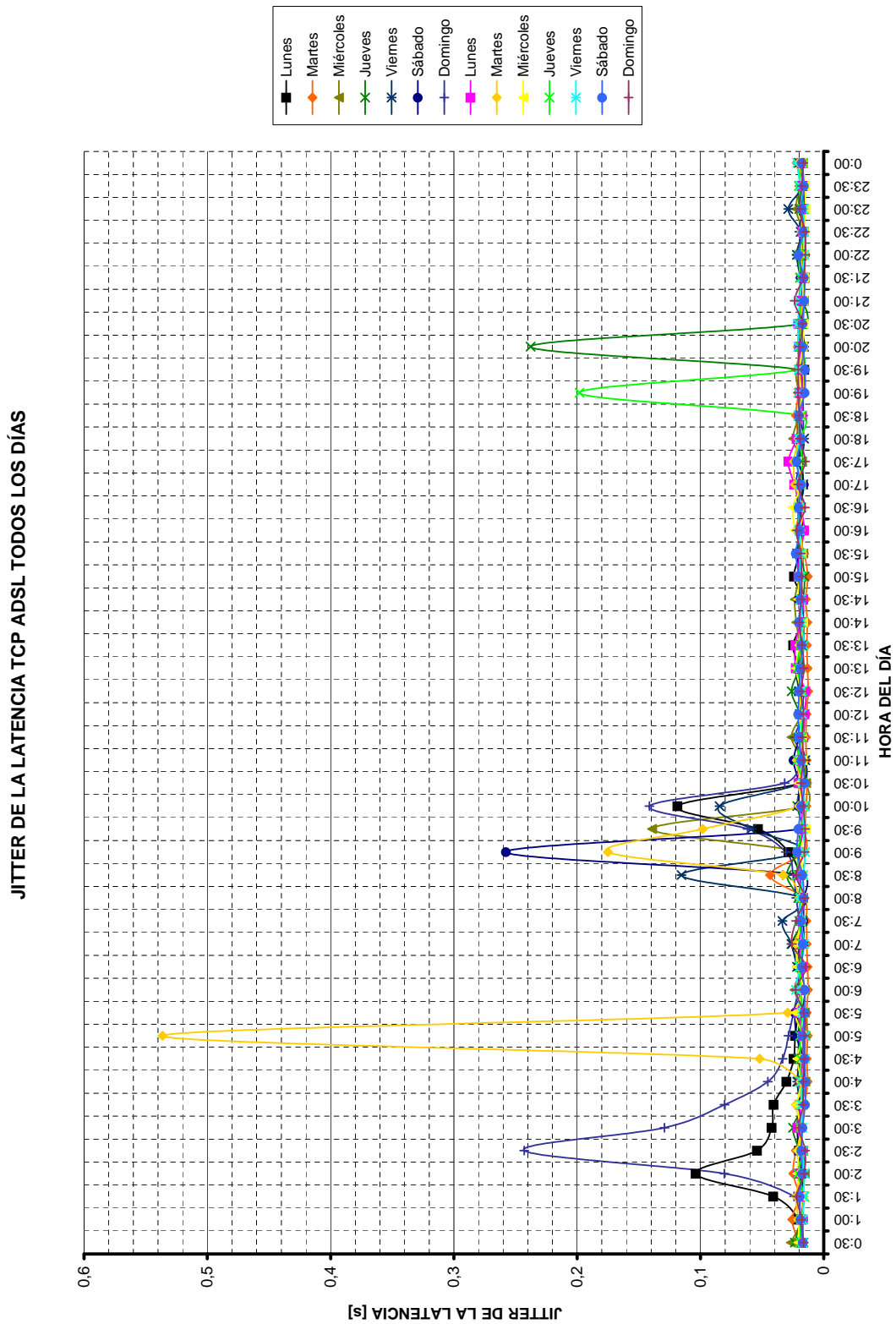


Figura 7.21: Jitter en la latencia sobre TCP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

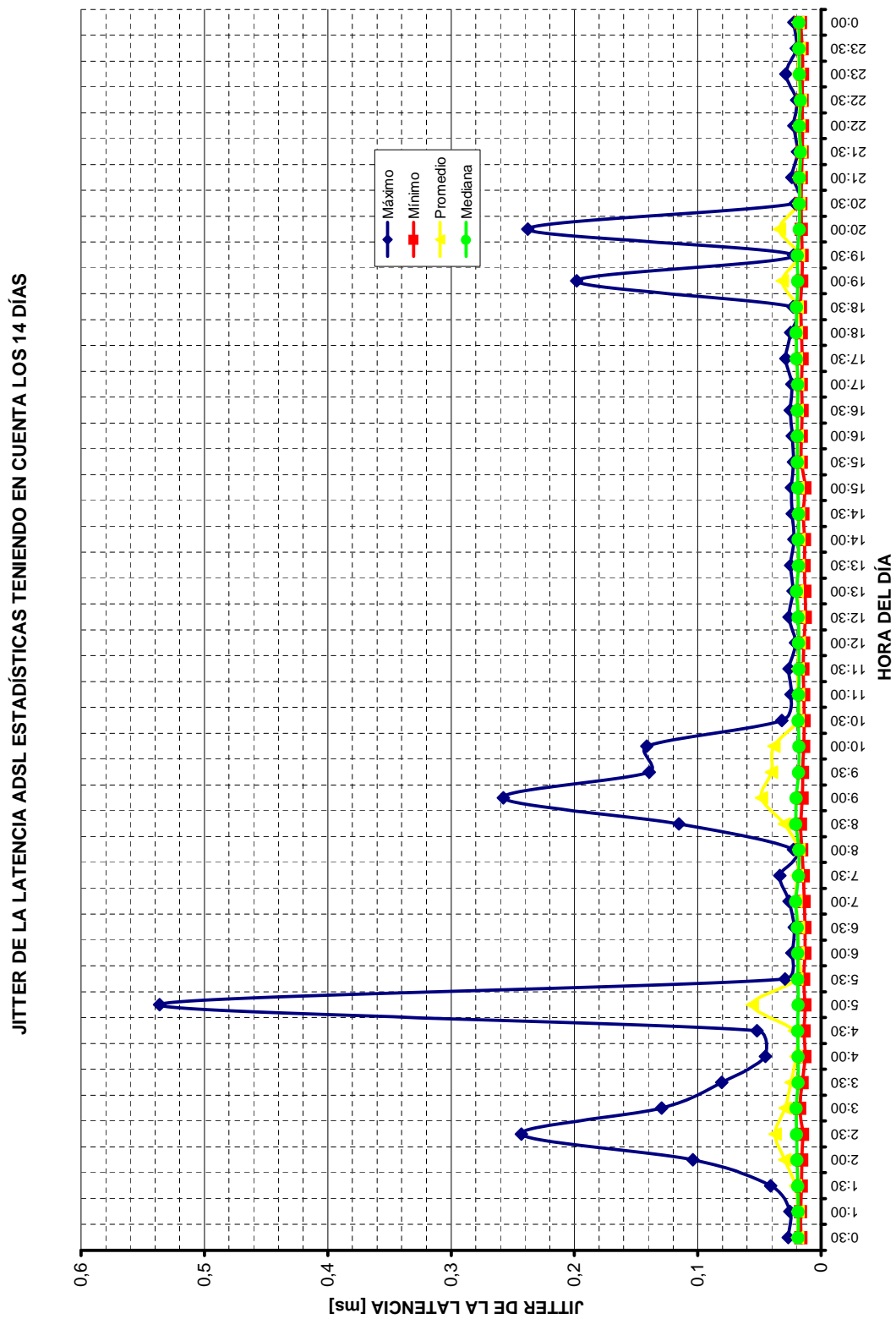


Figura 7.22: Jitter en la latencia sobre TCP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.1.6. Rtt medido sobre ICMP.

En la figura 7.23 se muestra la medida del rtt medido sobre ICMP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.24 se presentan las medidas estadísticas por días del rtt medido sobre ICMP; después, en la figura 7.25 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.26 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

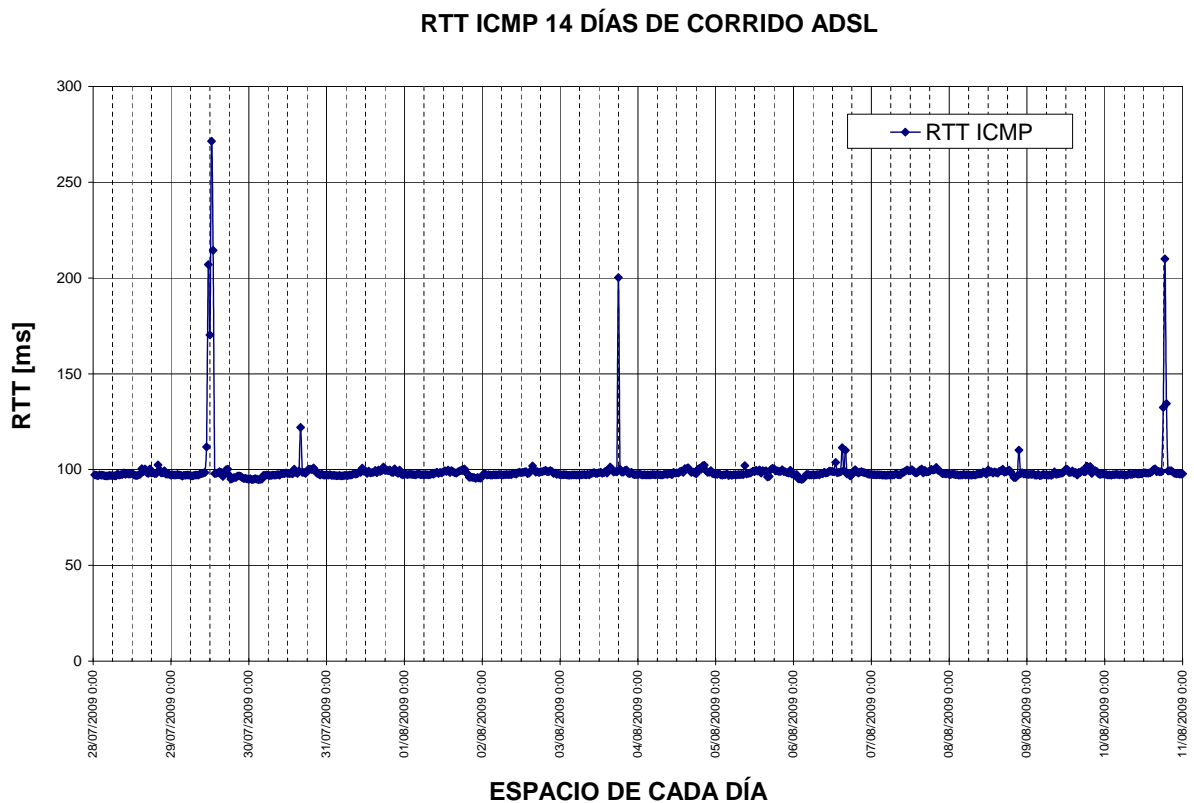


Figura 7.23: Rtt medido sobre ICMP medido para ADSL continuamente durante catorce días.

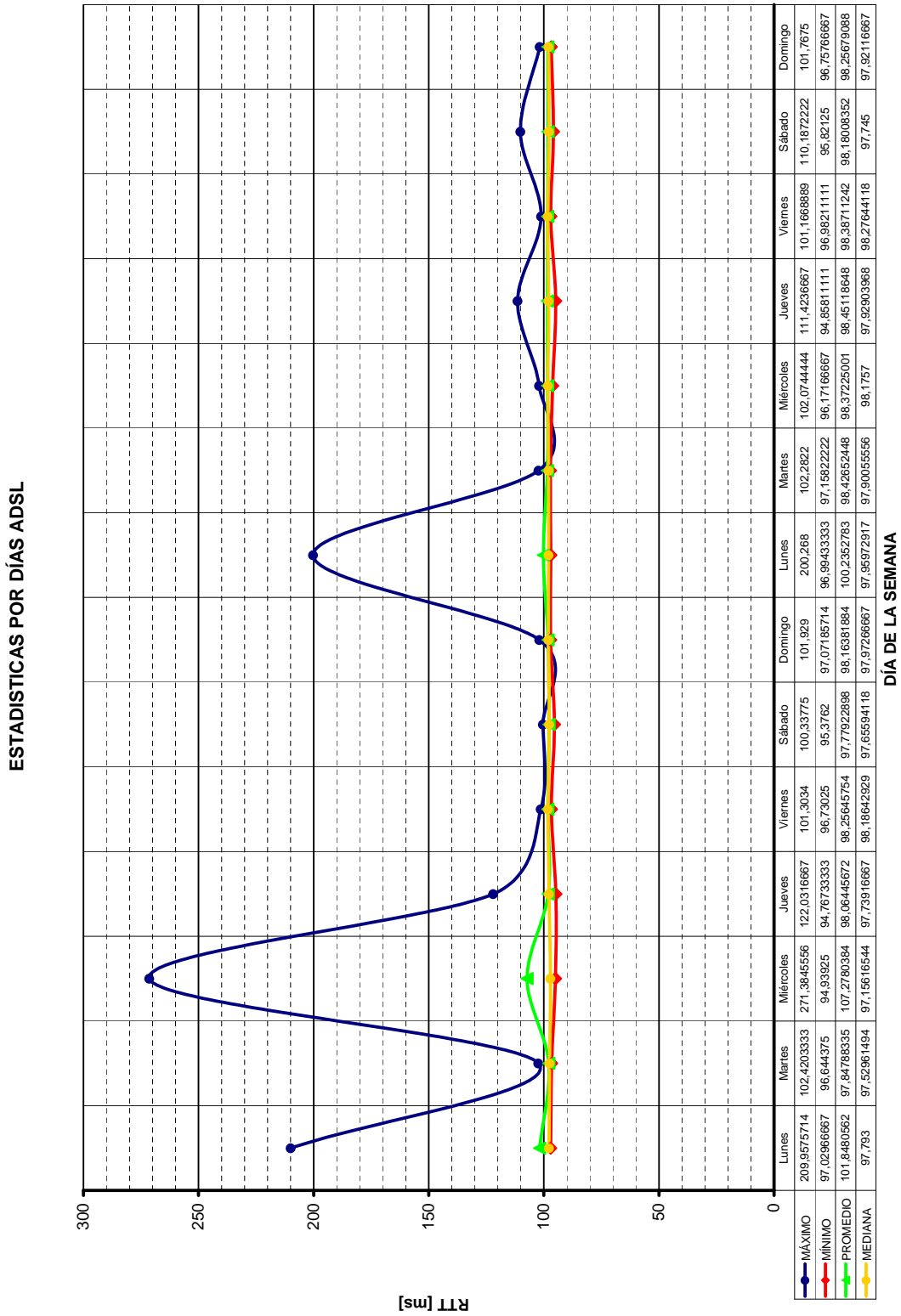


Figura 7.24: Medidas estadísticas del rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentadas cada día.

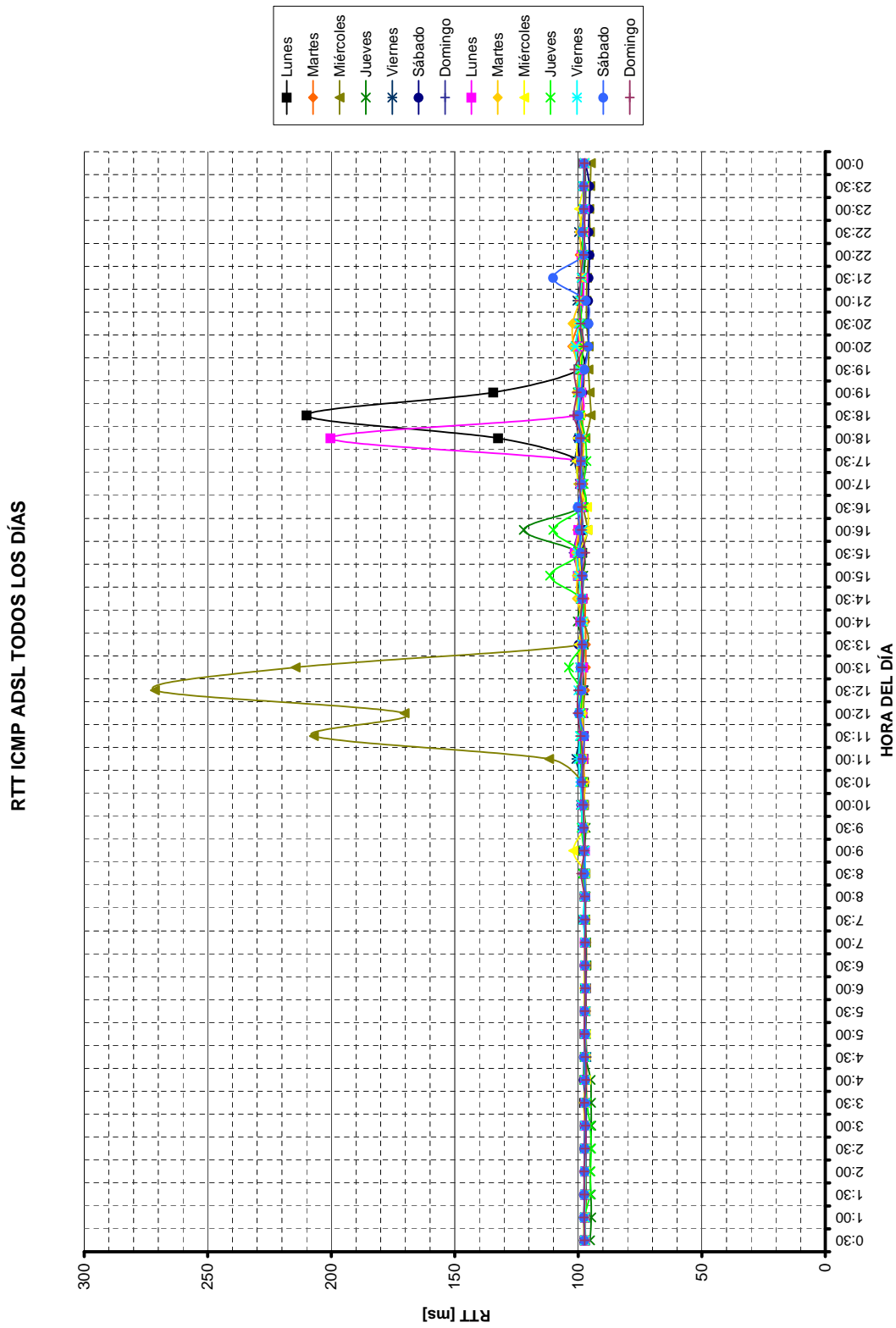


Figura 7.25: Rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

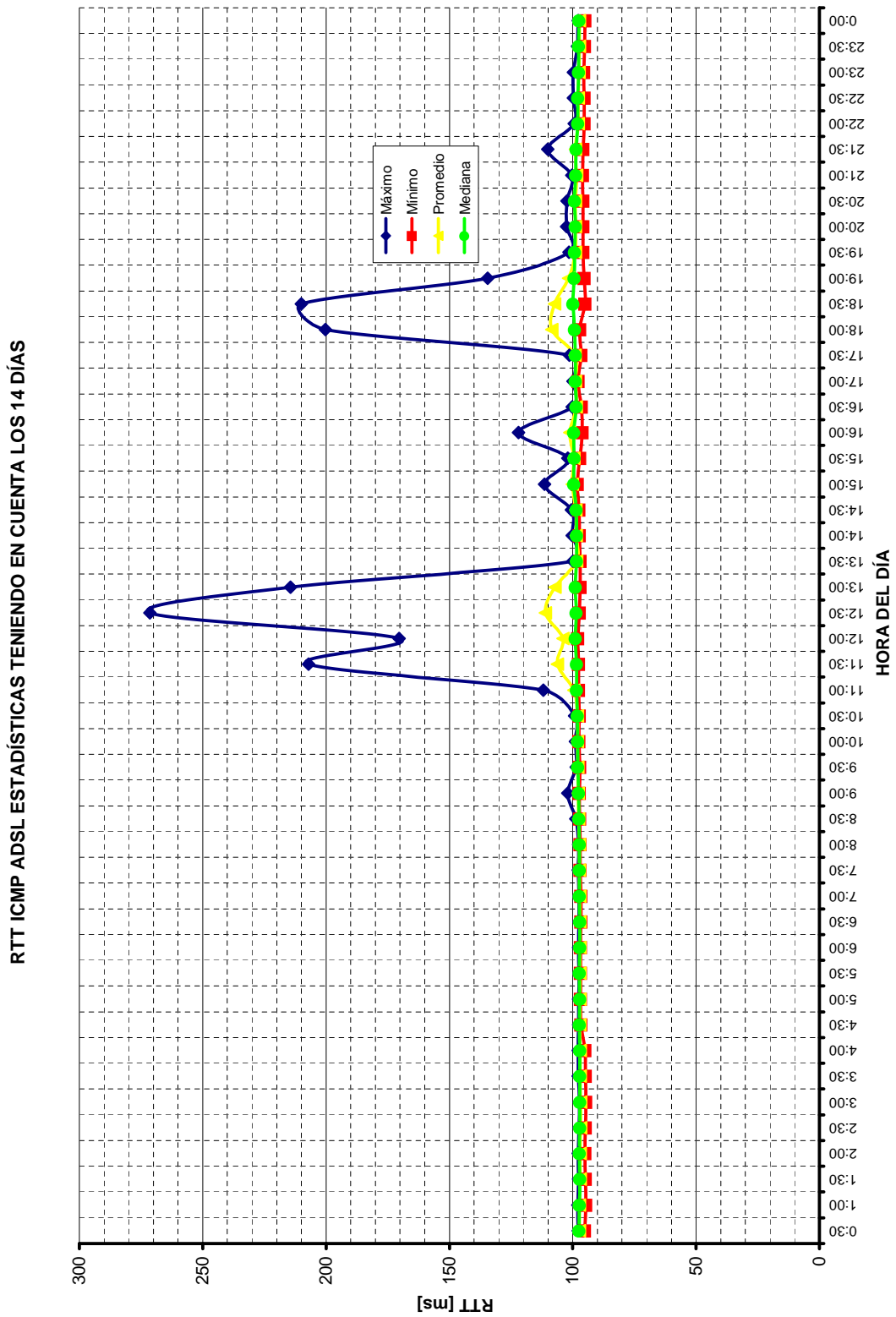


Figura 7.26: Rtt medido sobre ICMP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.1.7. Jitter de rtt medido sobre ICMP.

En la figura 7.27 se muestra la medida del jitter de rtt medido sobre ICMP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.28 se presentan las medidas estadísticas por días del jitter de rtt medido sobre ICMP; después, en la figura 7.29 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.30 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

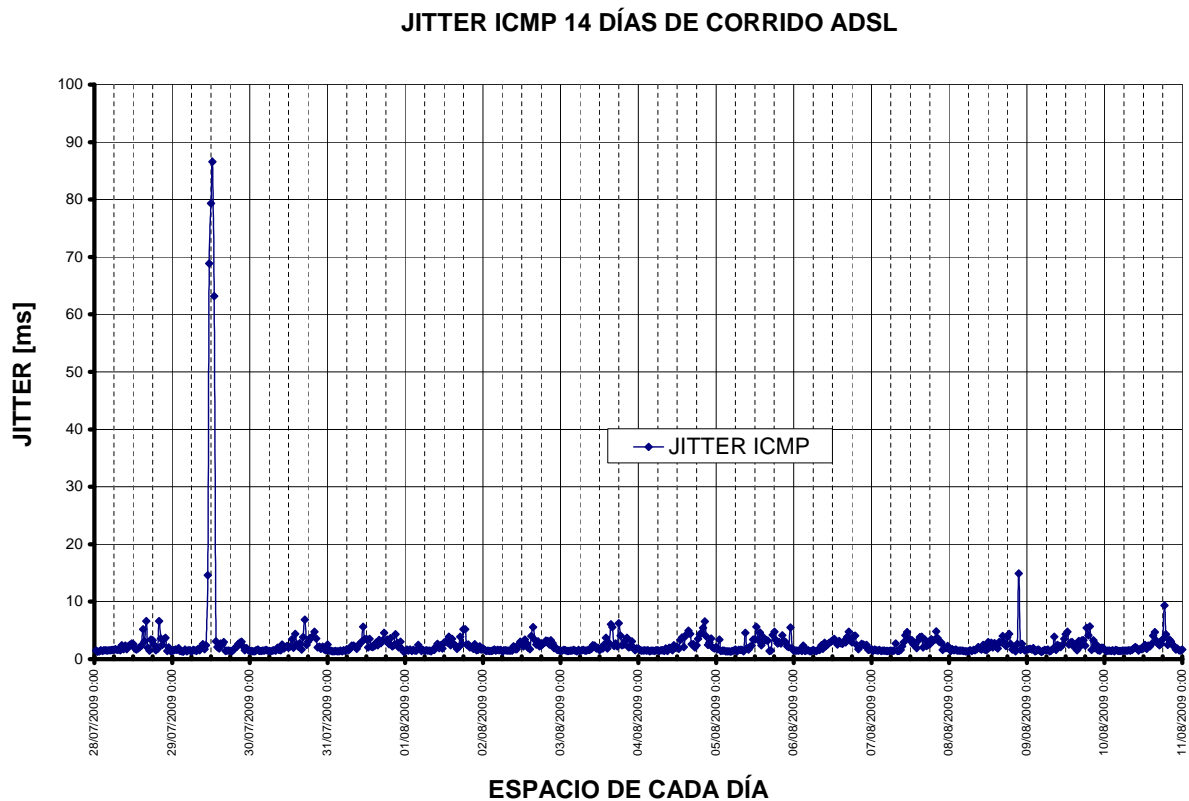


Figura 7.27: Jitter de rtt medido sobre ICMP medido para ADSL continuamente durante catorce días.

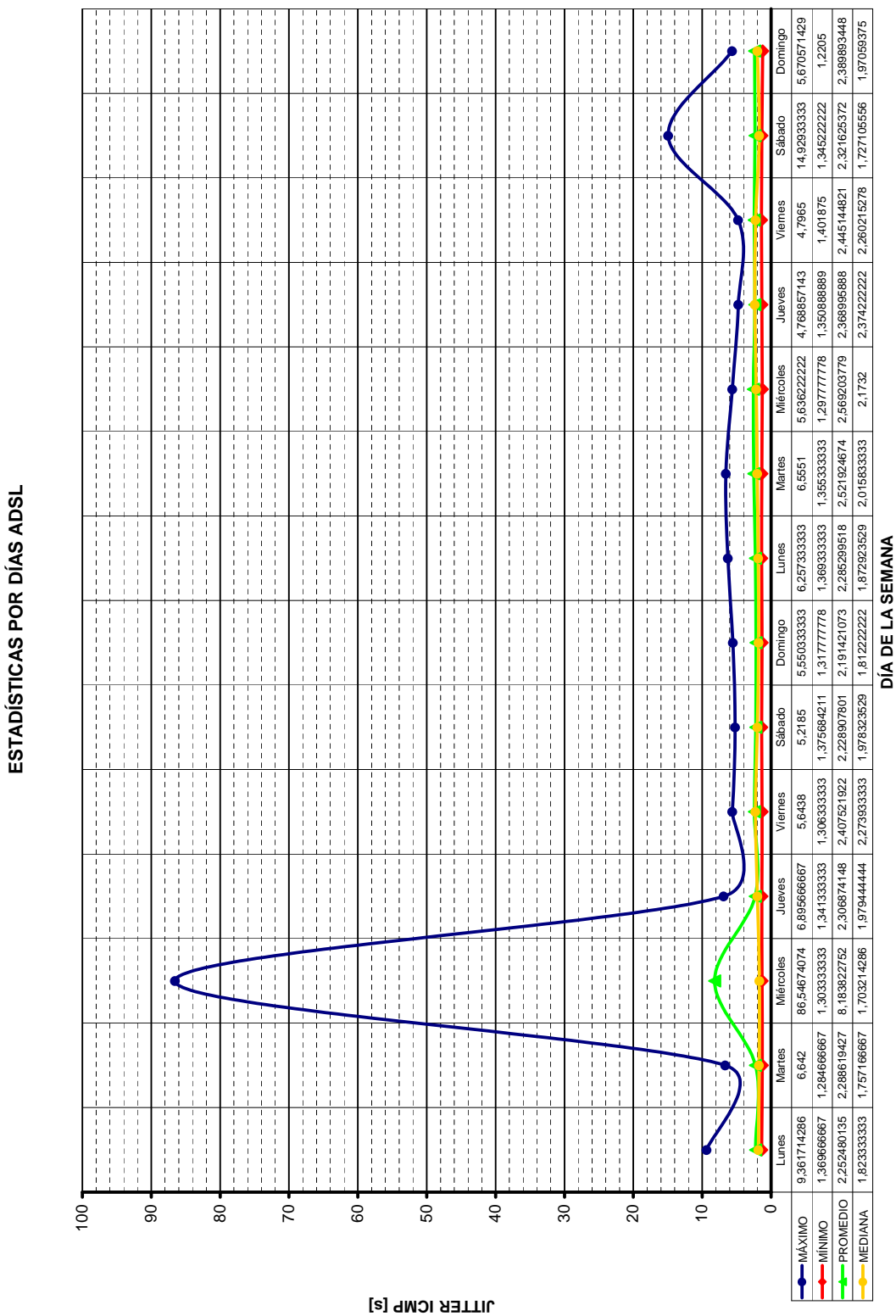


Figura 7.28: Medidas estadísticas del jitter de rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentadas cada día.

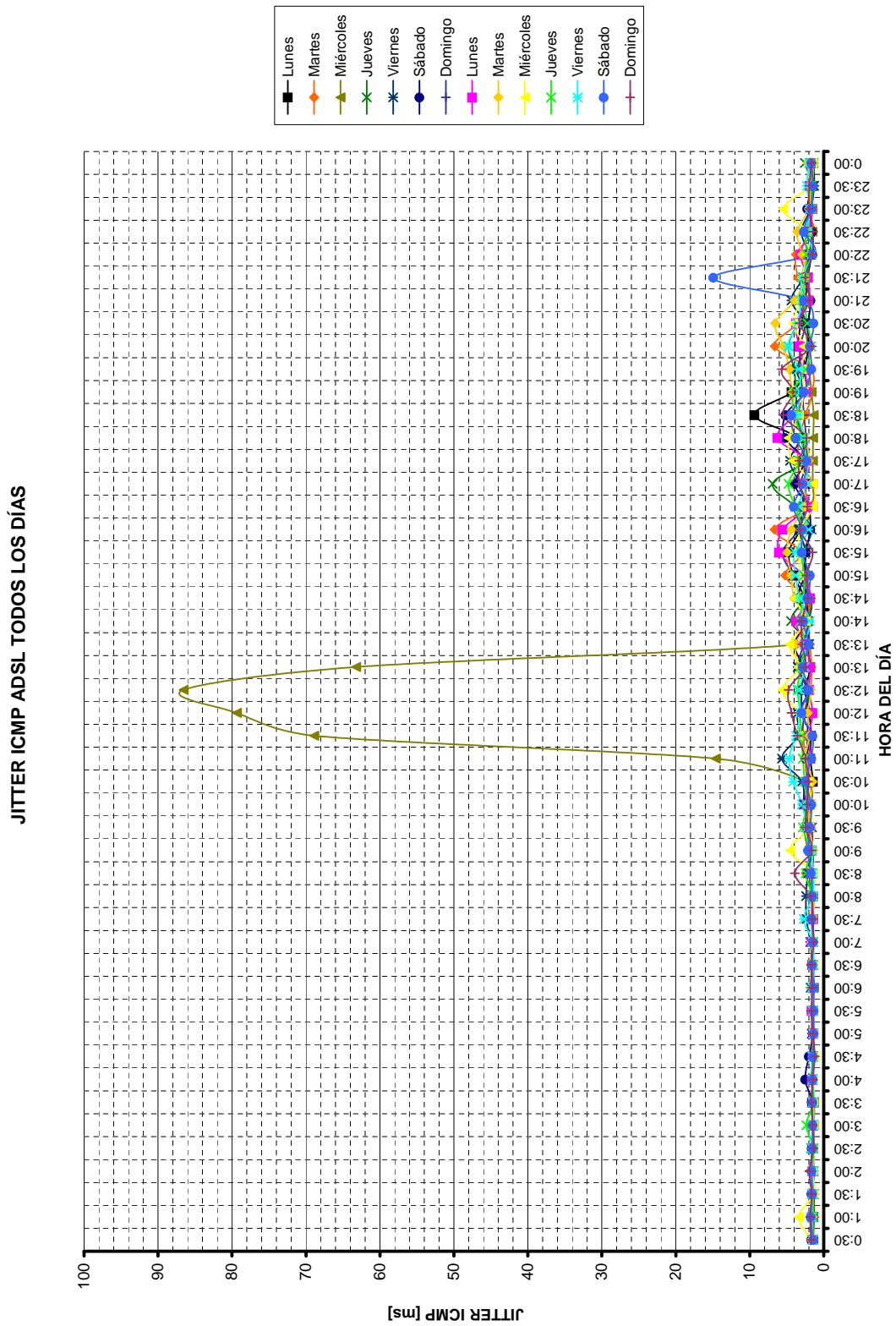


Figura 7.29: Jitter de rtt sobre ICMP medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

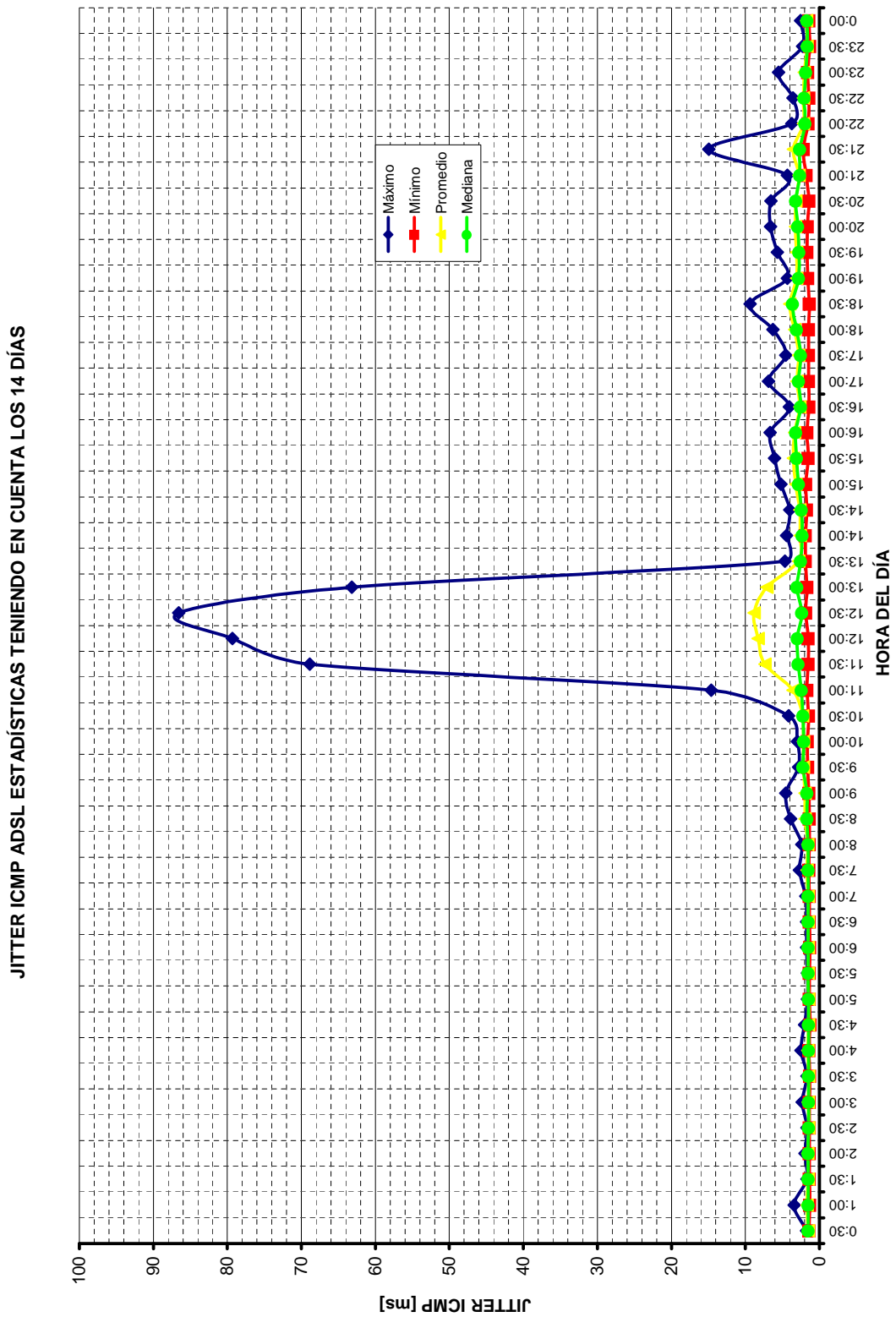


Figura 7.30: jitter del rtt medido sobre ICMP para ADSL, presentando medidas estadísticas, cada treinta minutos durante un día.

**7.2.1.8. Porcentaje de paquetes perdidos sobre ICMP.**

En la figura 7.31 se muestra la medida del porcentaje de paquetes perdidos medido sobre ICMP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.32 se presentan las medidas estadísticas por días del porcentaje de paquetes perdidos medido sobre ICMP; después, en la figura 7.33 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.34 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

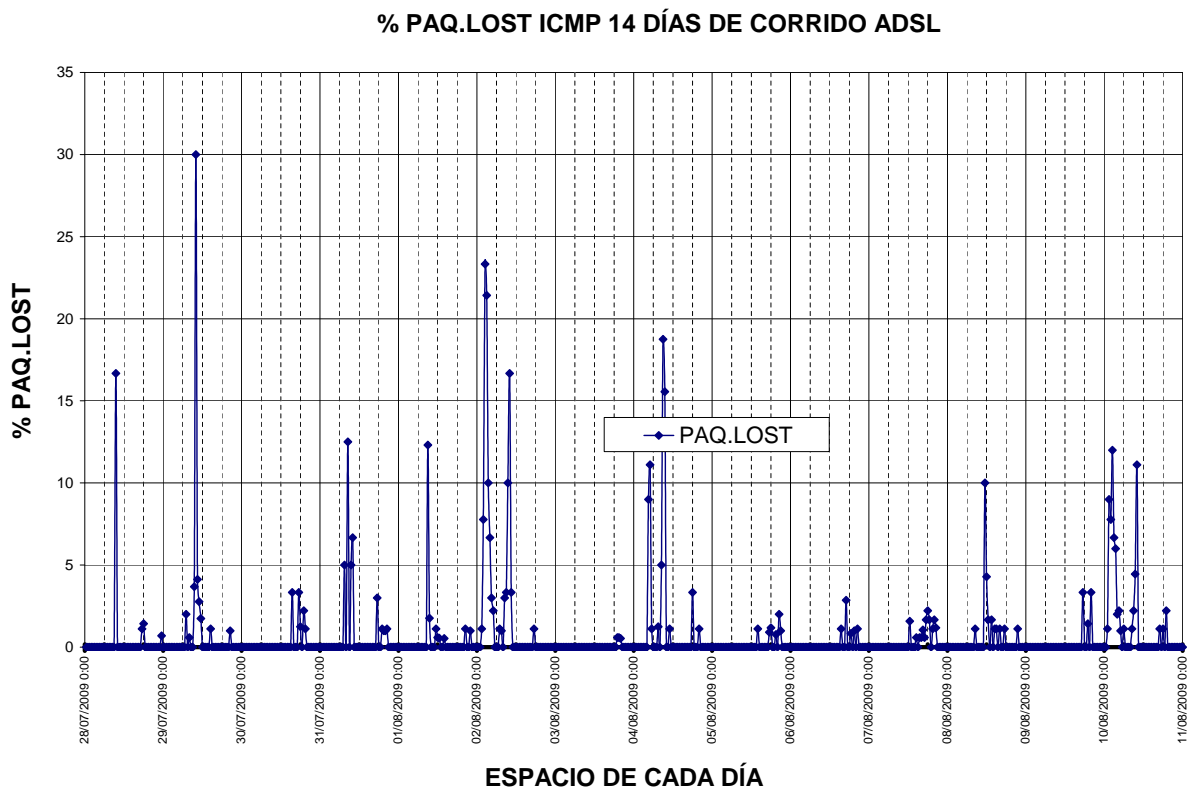


Figura 7.31: Porcentaje de paquetes perdidos para ADSL continuamente durante catorce días.

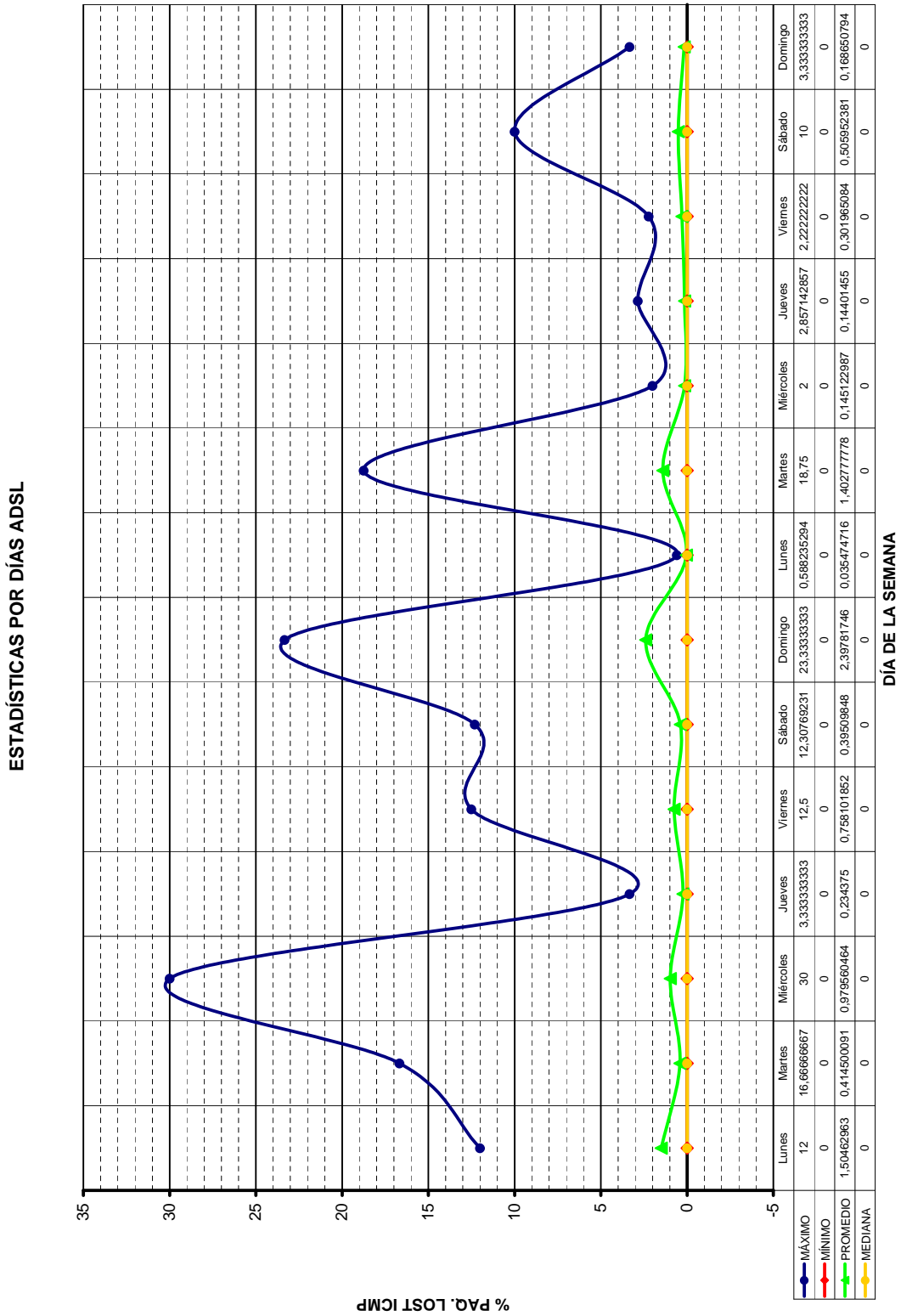


Figura 7.32: Medidas estadísticas del Porcentaje de paquetes perdidos para ADSL ICMP medida para ADSL, presentadas cada día.

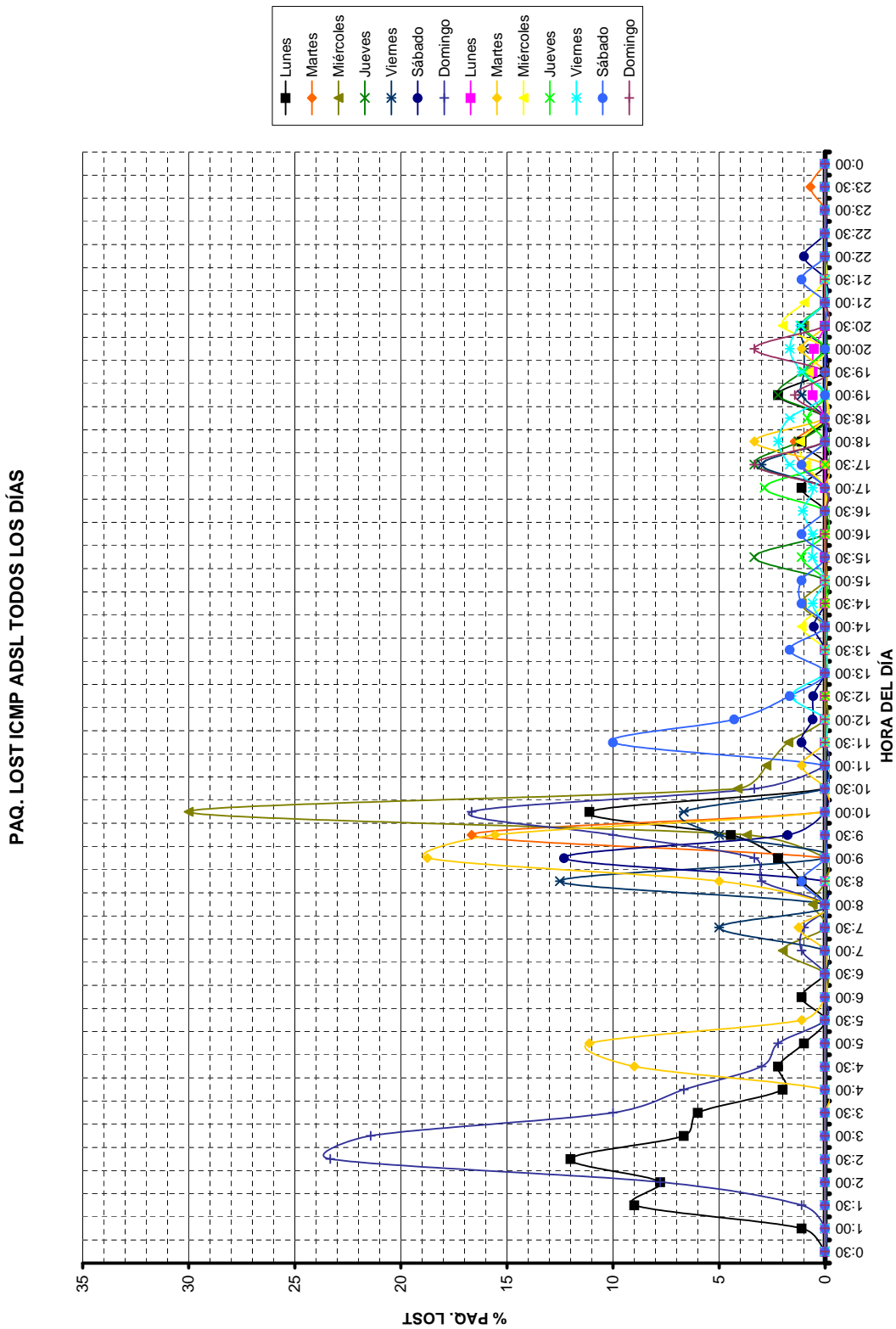


Figura 7.33: Porcentaje de paquetes perdidos para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

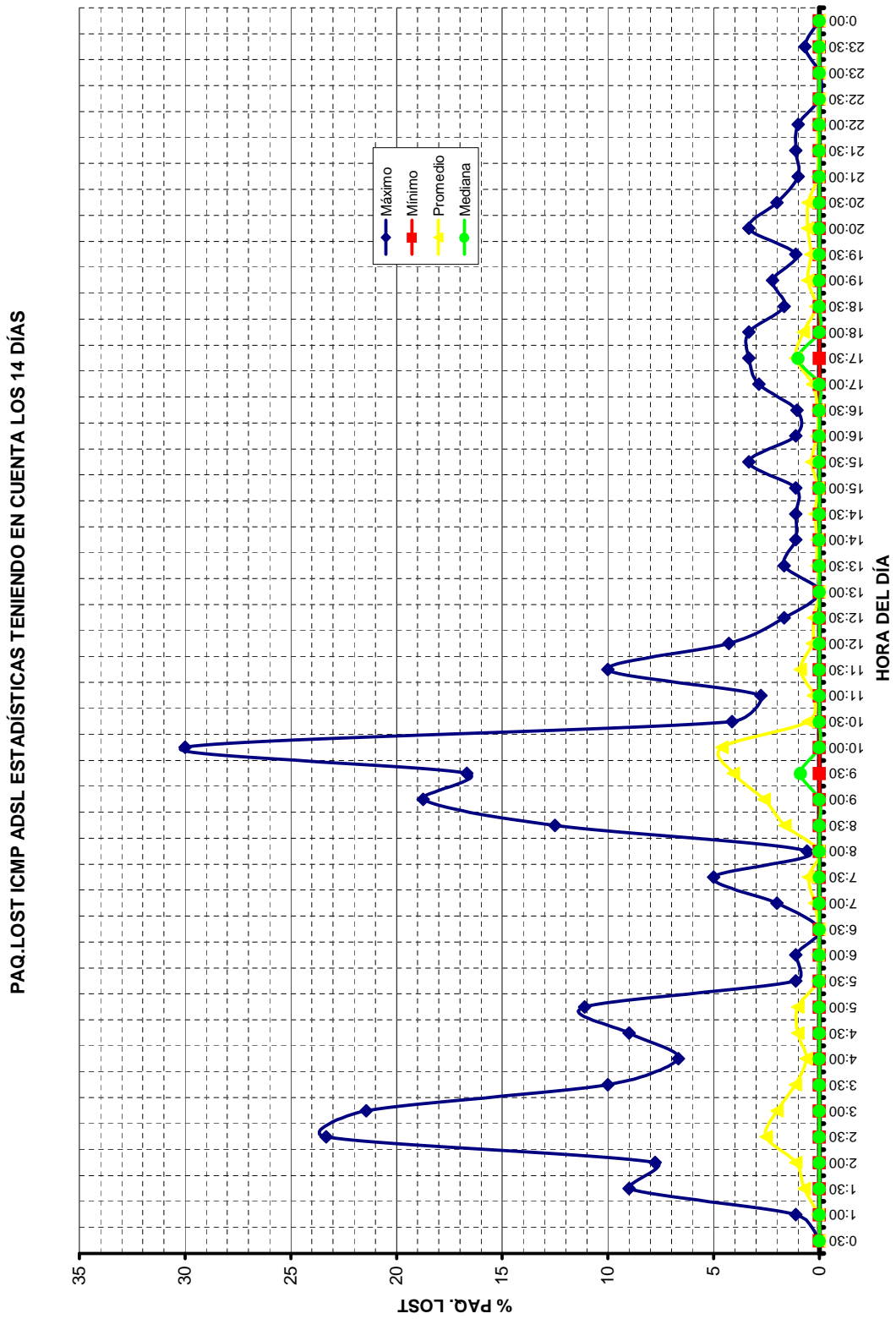


Figura 7.34: Medidas estadísticas, presentadas cada treinta minutos durante un día, del Porcentaje de paquetes perdidos medido sobre ICMP para ADSL.

### 7.2.1.9. Throughput.

En la figura 7.35 se muestra la medida del throughput en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.36 se presentan las medidas estadísticas por días del throughput; después, en la figura 7.37 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.38 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

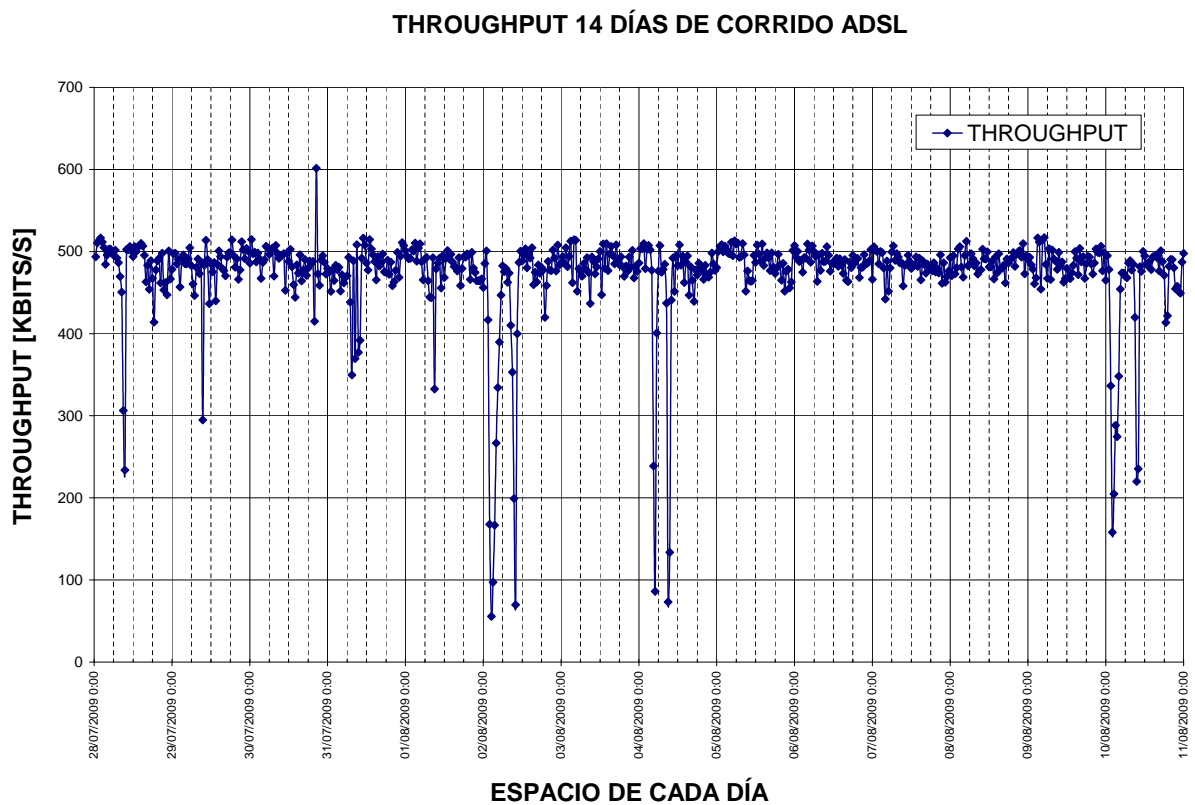


Figura 7.35: Throughput medido para ADSL continuamente durante catorce días.

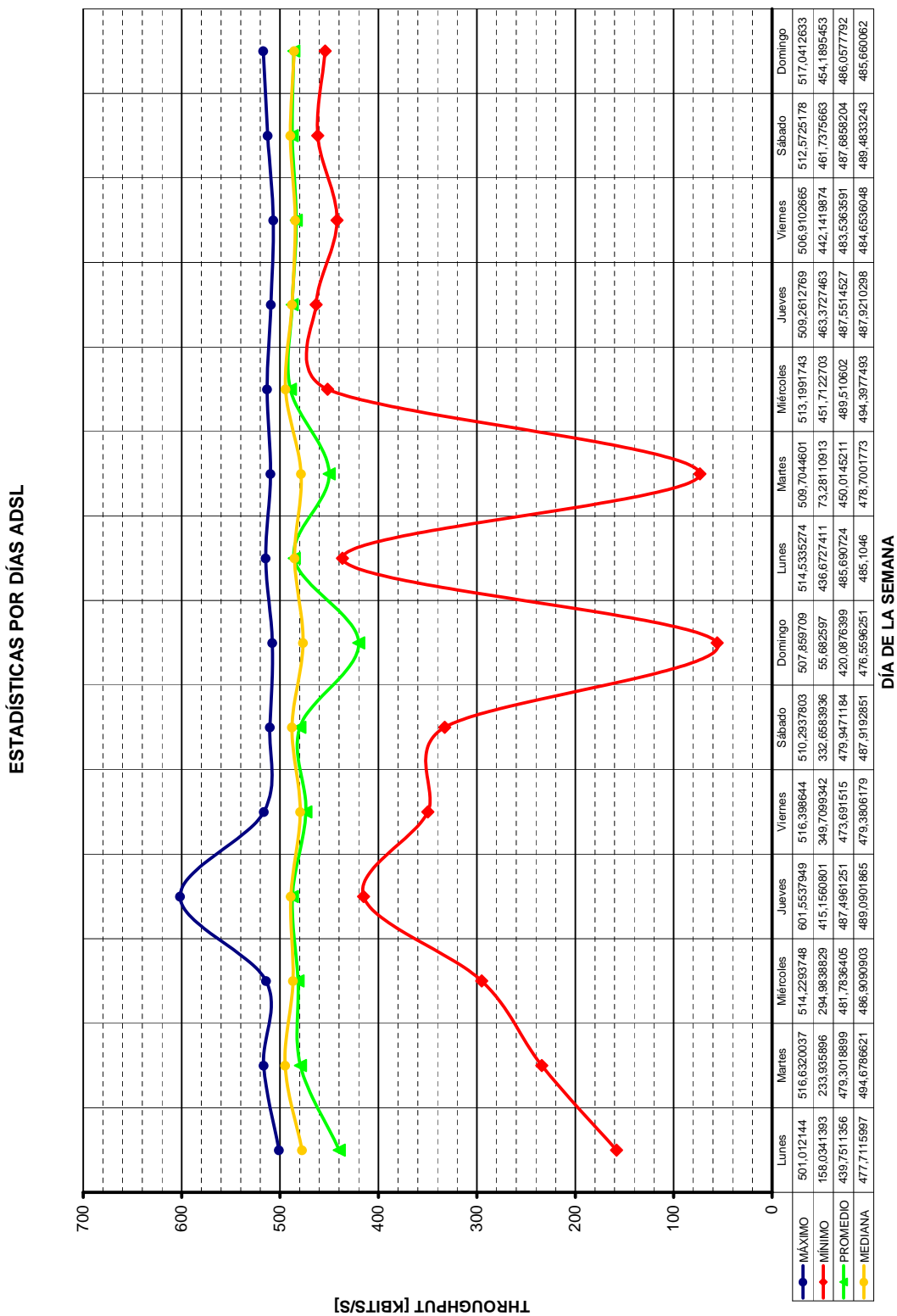


Figura 7.36: Medidas estadísticas del throughput para ADSL, presentadas cada día.

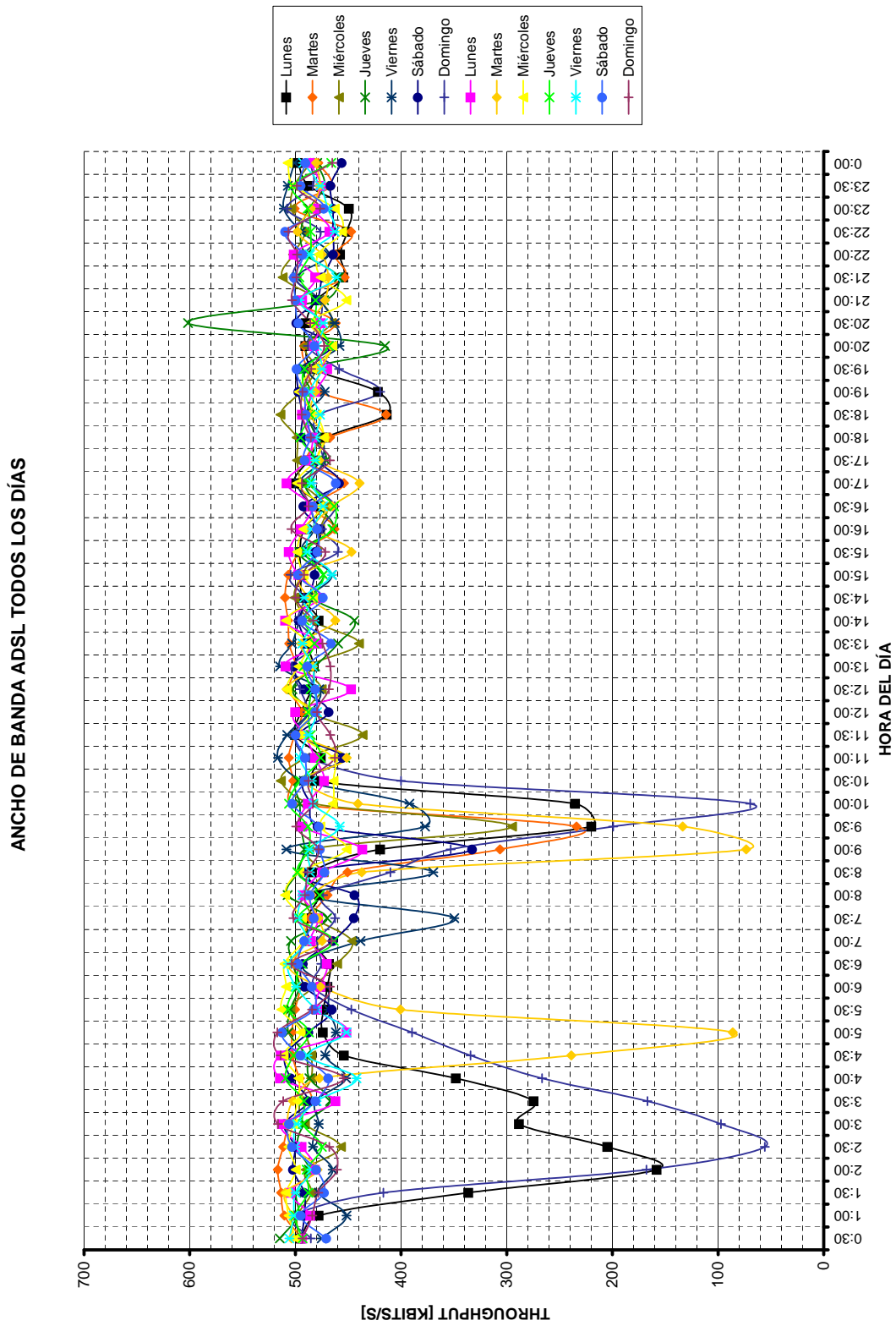


Figura 7.37: Throughput medido para ADSL, presentando todos los días simultáneamente.

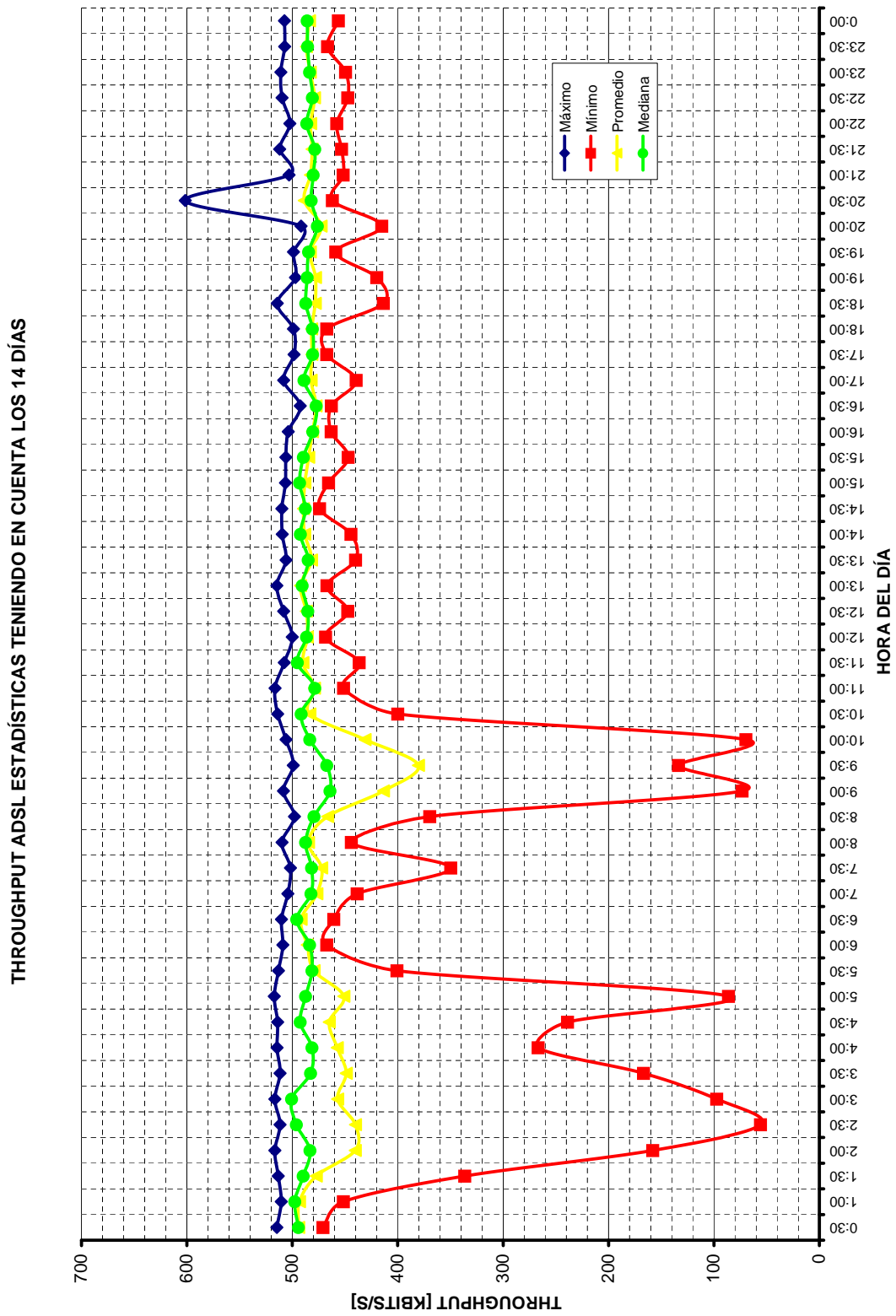


Figura 7.38: Medidas estadísticas del throughput para ADSL, presentadas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2. PRUEBAS EXTENDIDAS CIA.

Las características medidas durante catorce días para la tecnología CIA son presentadas a continuación, en el se describen el ancho de banda (7.2.2.1), el rtt medido sobre TCP (7.2.2.2), la latencia medida sobre TCP (7.2.2.3), el jitter del rtt sobre TCP (7.2.2.4), el jitter en la latencia sobre TCP (7.2.2.5), el rtt medido sobre ICMP (7.2.2.6), el jitter de rtt medido sobre ICMP (7.2.2.7), el Porcentaje de paquetes perdidos sobre ICMP (7.2.2.8) y finalmente el throughput (7.2.2.9).

### 7.2.2.1. Ancho de banda

En la figura 7.39 se muestra la medida del ancho de banda en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.40 se presentan las medidas estadísticas por días del ancho de banda; después, en la figura 7.41 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.42 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

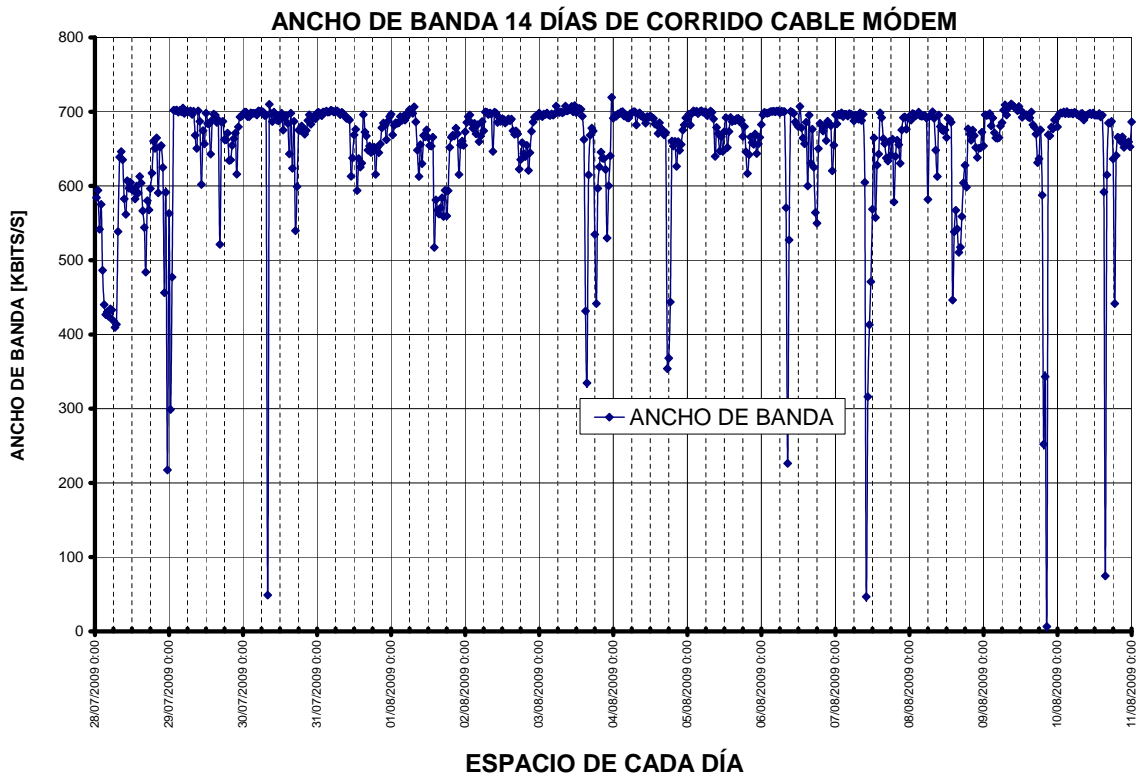


Figura 7.39: Ancho de banda medido sobre CIA continuamente durante catorce días.

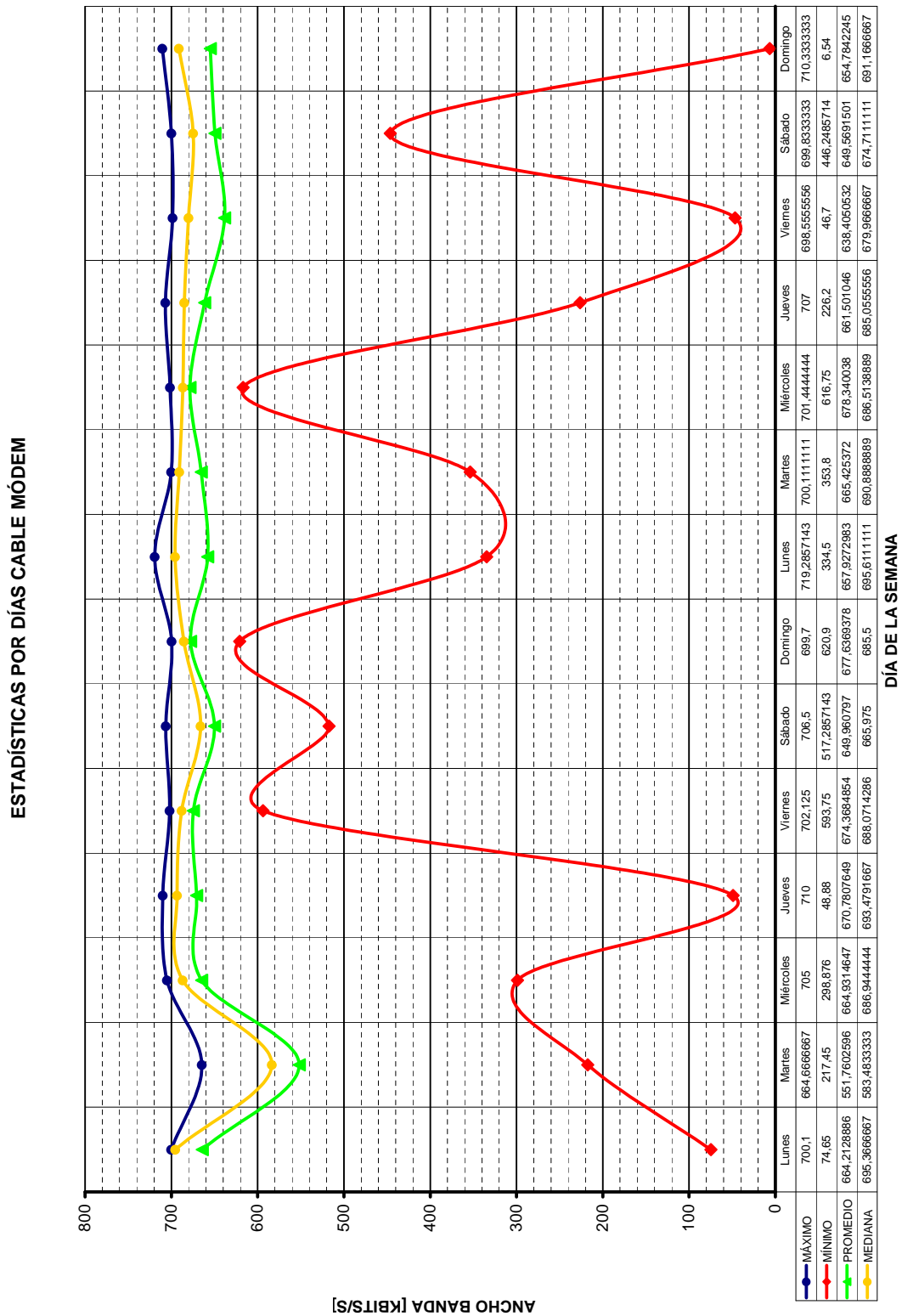


Figura 7.40: Medidas estadísticas del Ancho de banda medido sobre CIA, presentadas cada día.

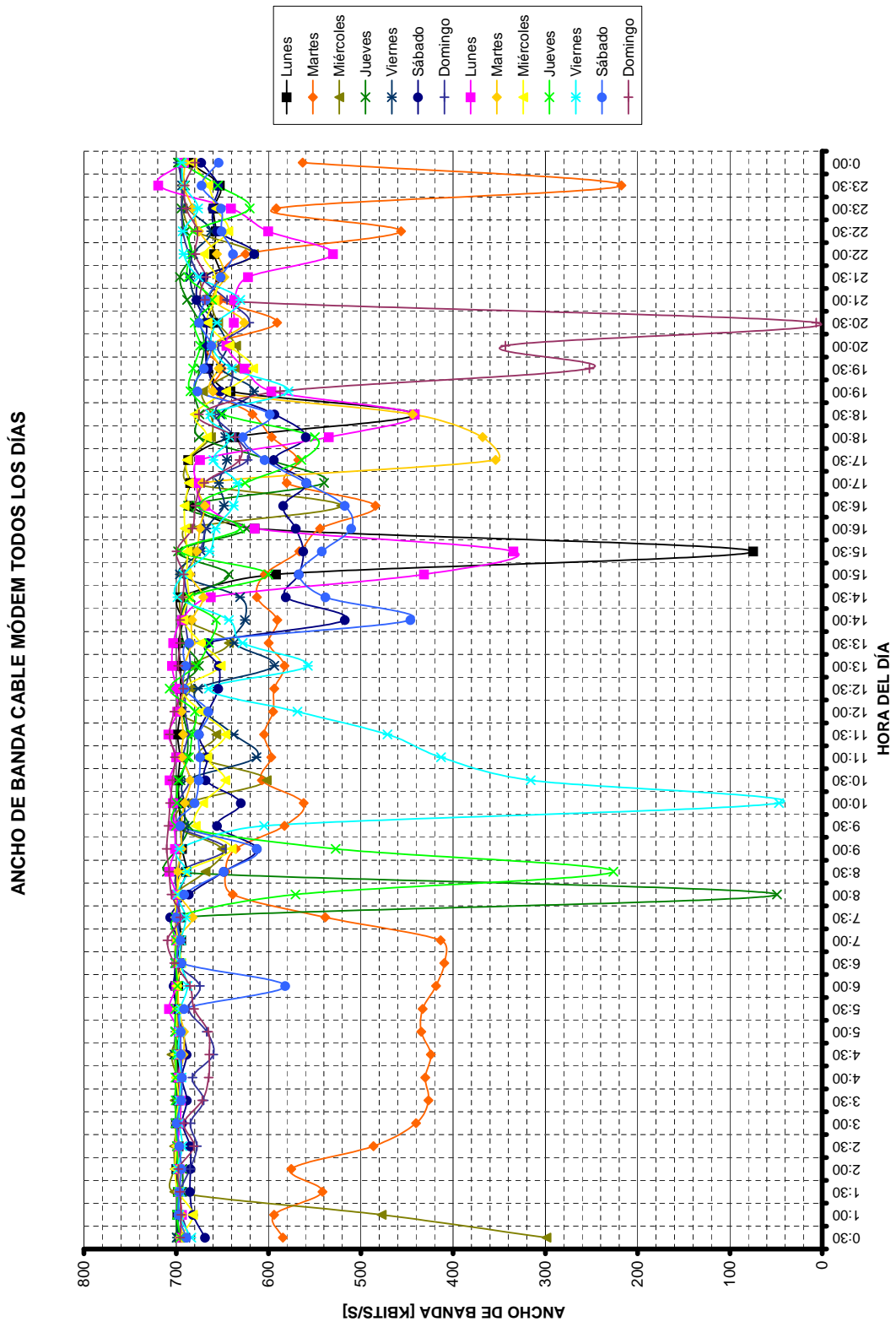


Figura 7.41: Ancho de banda medido sobre CIA, presentando todos los días simultáneamente..

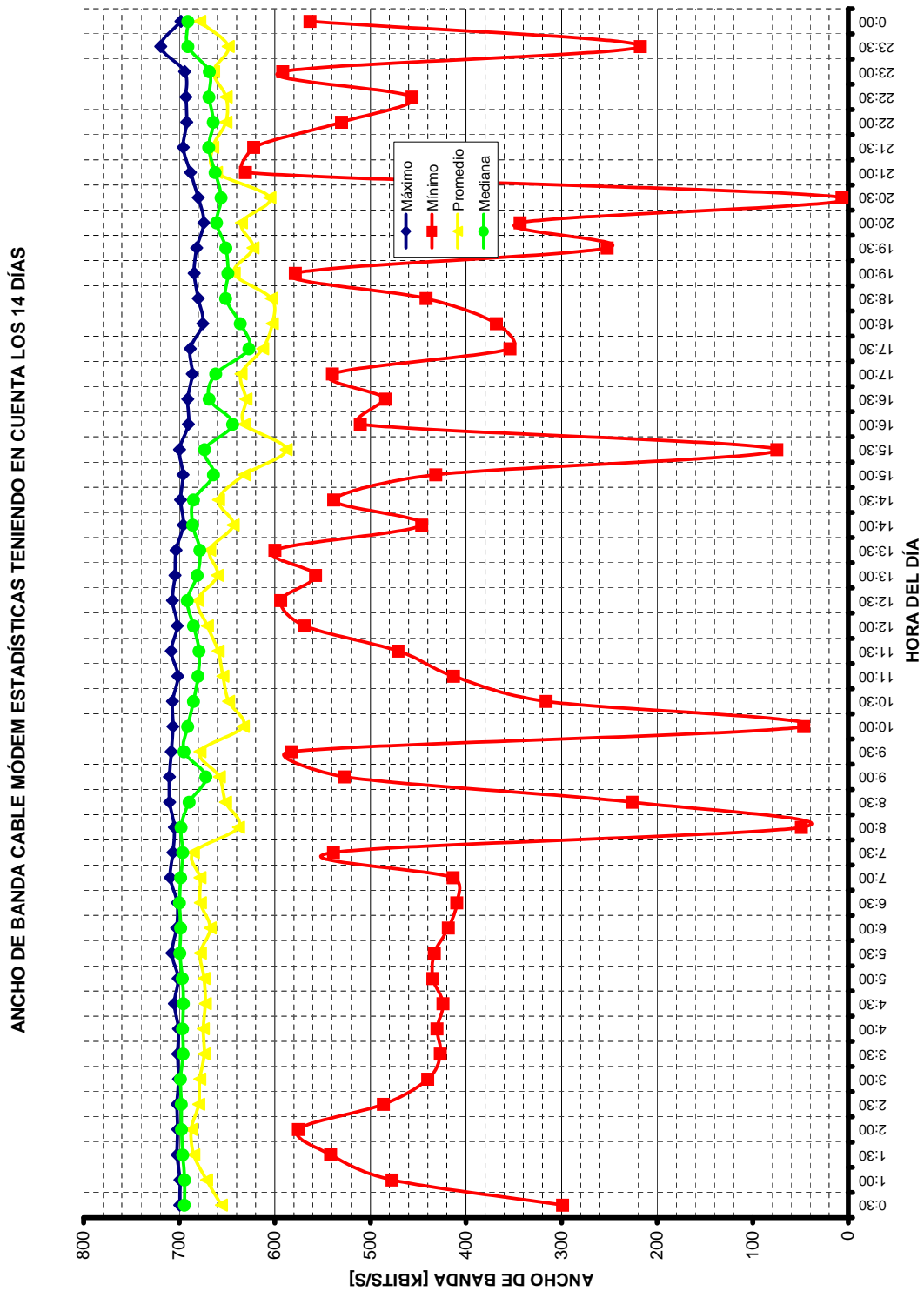


Figura 7.42: Ancho de banda medido sobre CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2.2. Rtt medido sobre TCP.

En la figura 7.43 se muestra la medida del rtt medido sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.44 se presentan las medidas estadísticas por días del rtt medido sobre TCP; después, en la figura 7.45 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.46 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

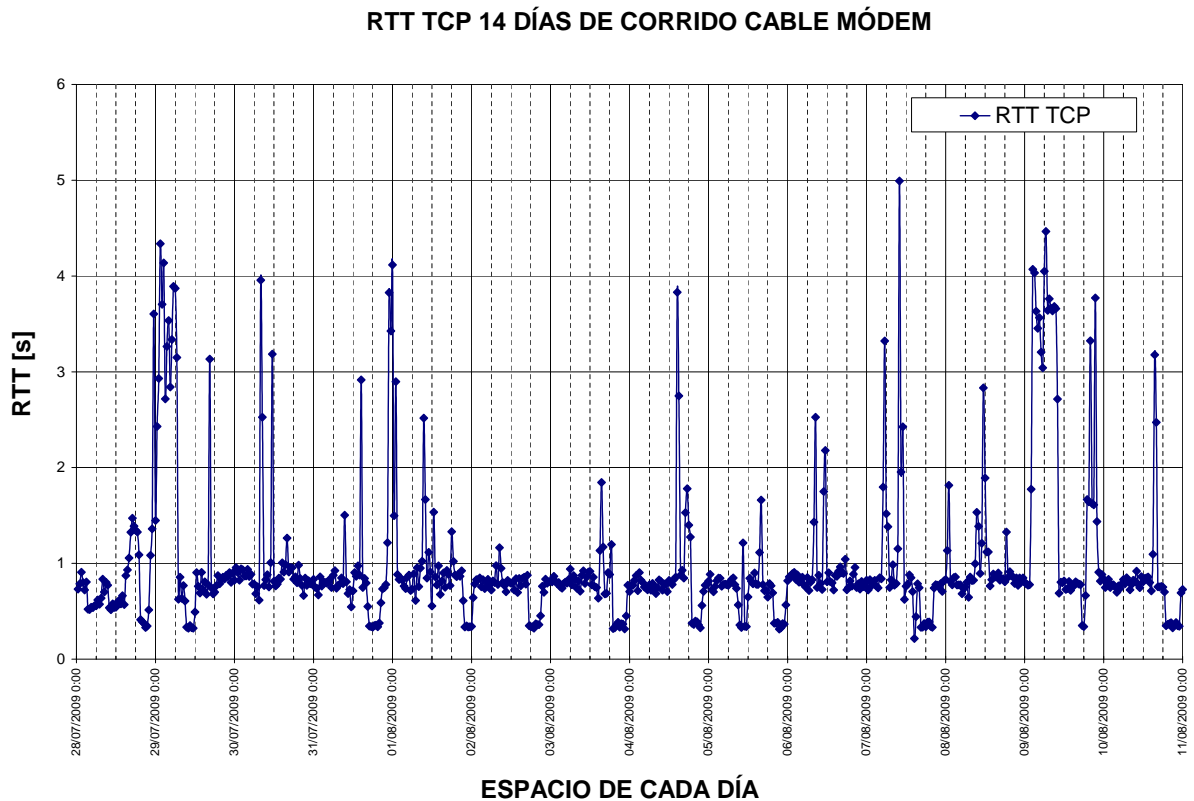


Figura 7.43: RTT medido sobre TCP medido para CIA continuamente durante catorce días.

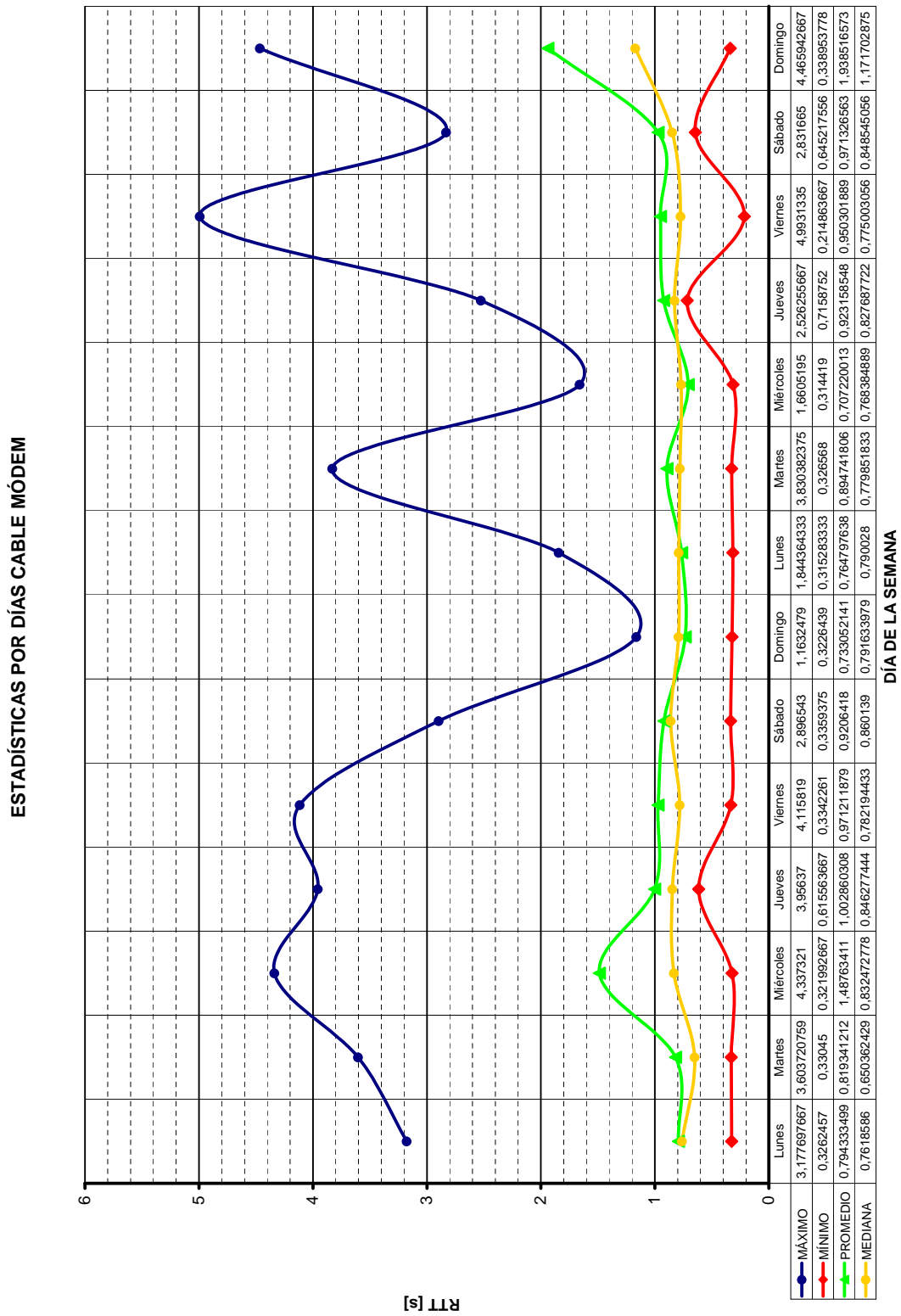


Figura 7.44: Medidas estadísticas del rtt sobre TCP medido para CIA, presentadas cada día.

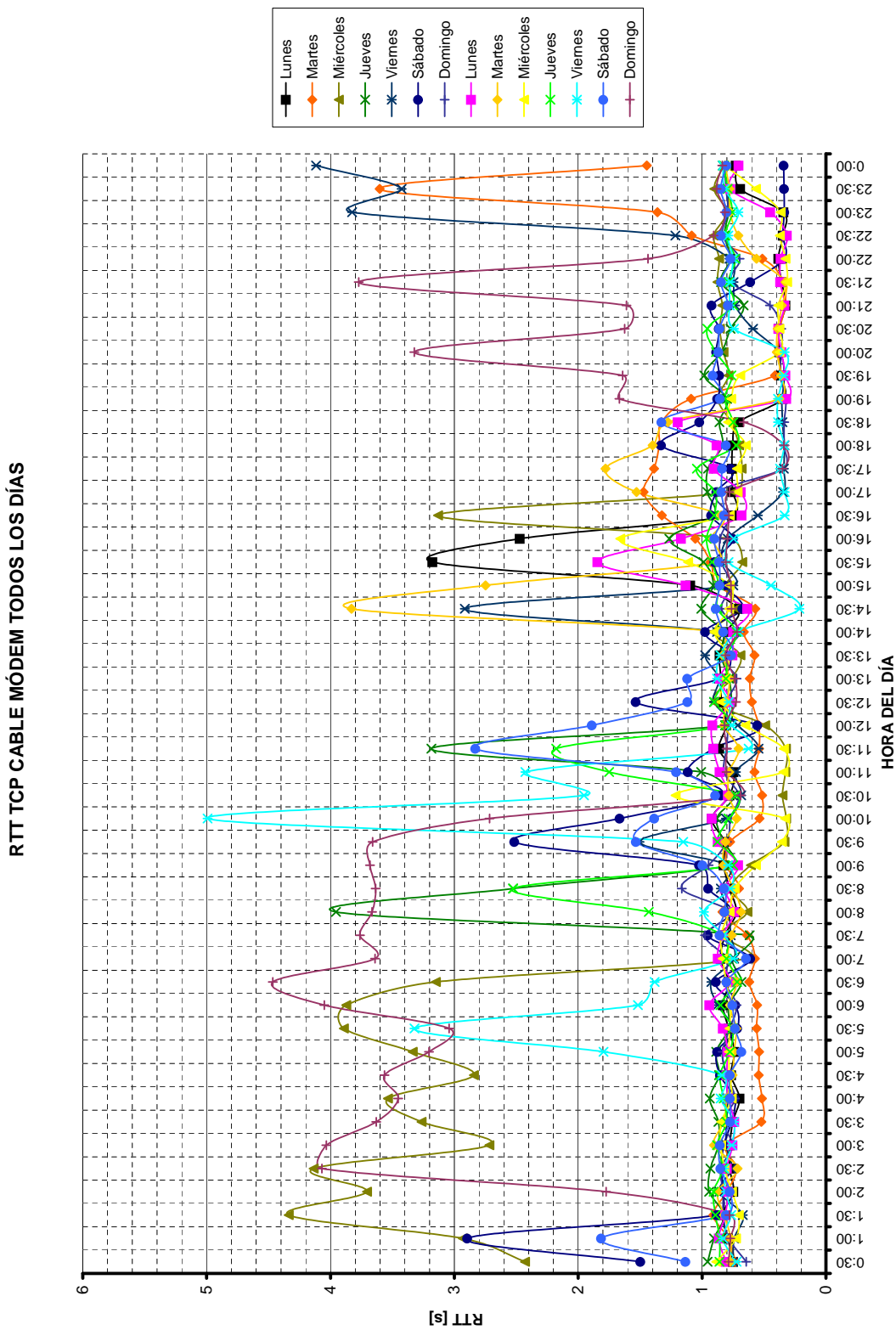


Figura 7.45: RTT sobre TCP medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente.

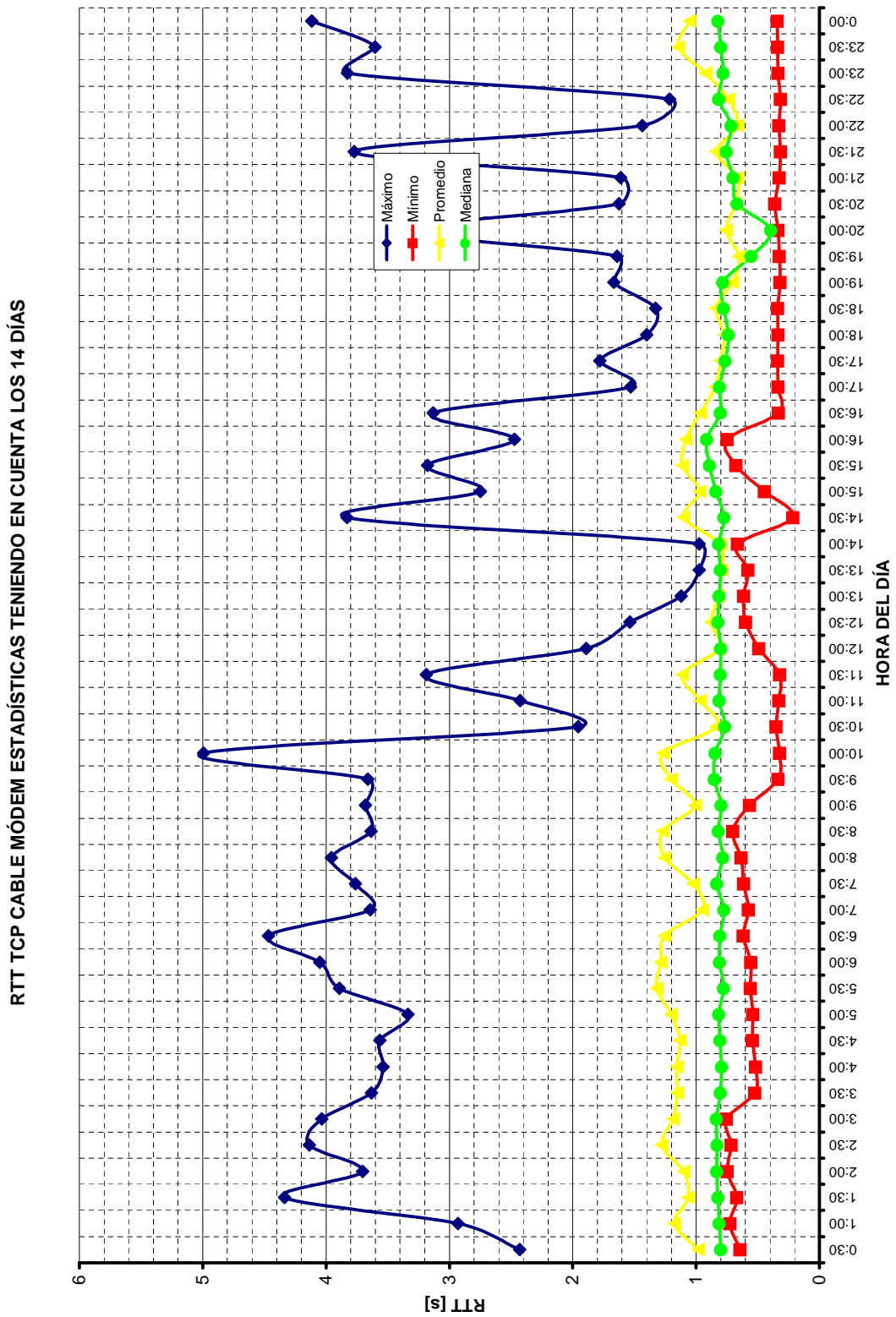


Figura 7.46: Rtt medido sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2.3. Latencia medida sobre TCP

En la figura 7.47 se muestra la medida de la latencia medida sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.48 se presentan las medidas estadísticas por días de la latencia medida sobre TCP; después, en la figura 7.49 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.50 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

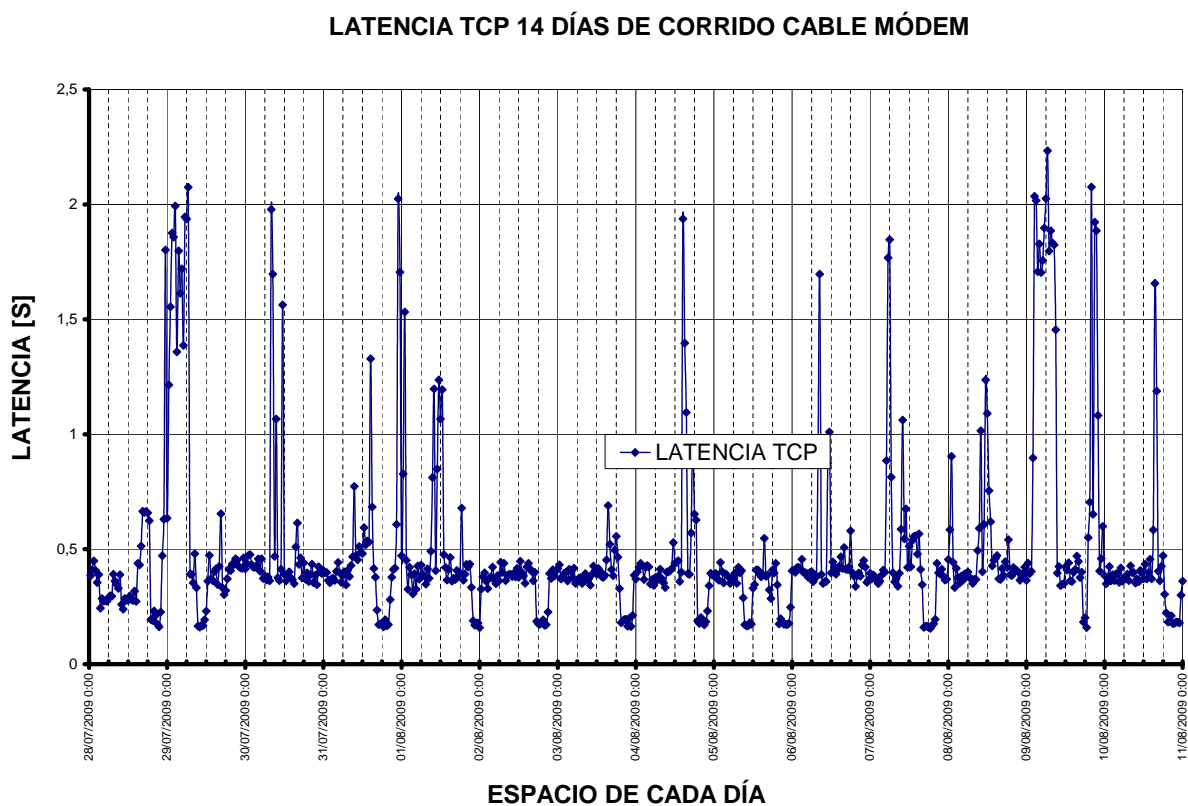


Figura 7.47: Latencia medida para CIA continuamente durante catorce días.

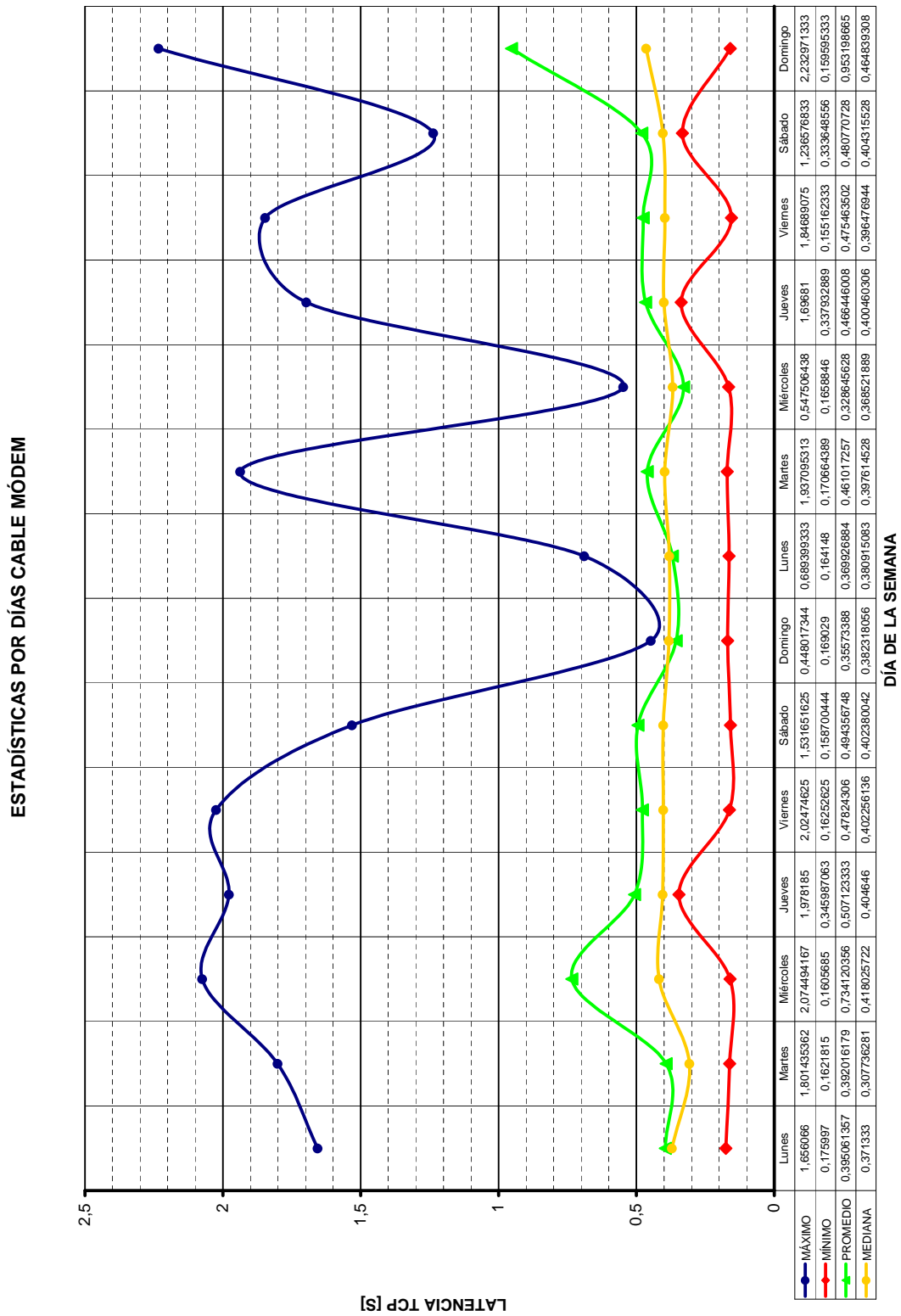


Figura 7.48: Medidas estadísticas de la latencia medida para CIA, presentadas cada día.

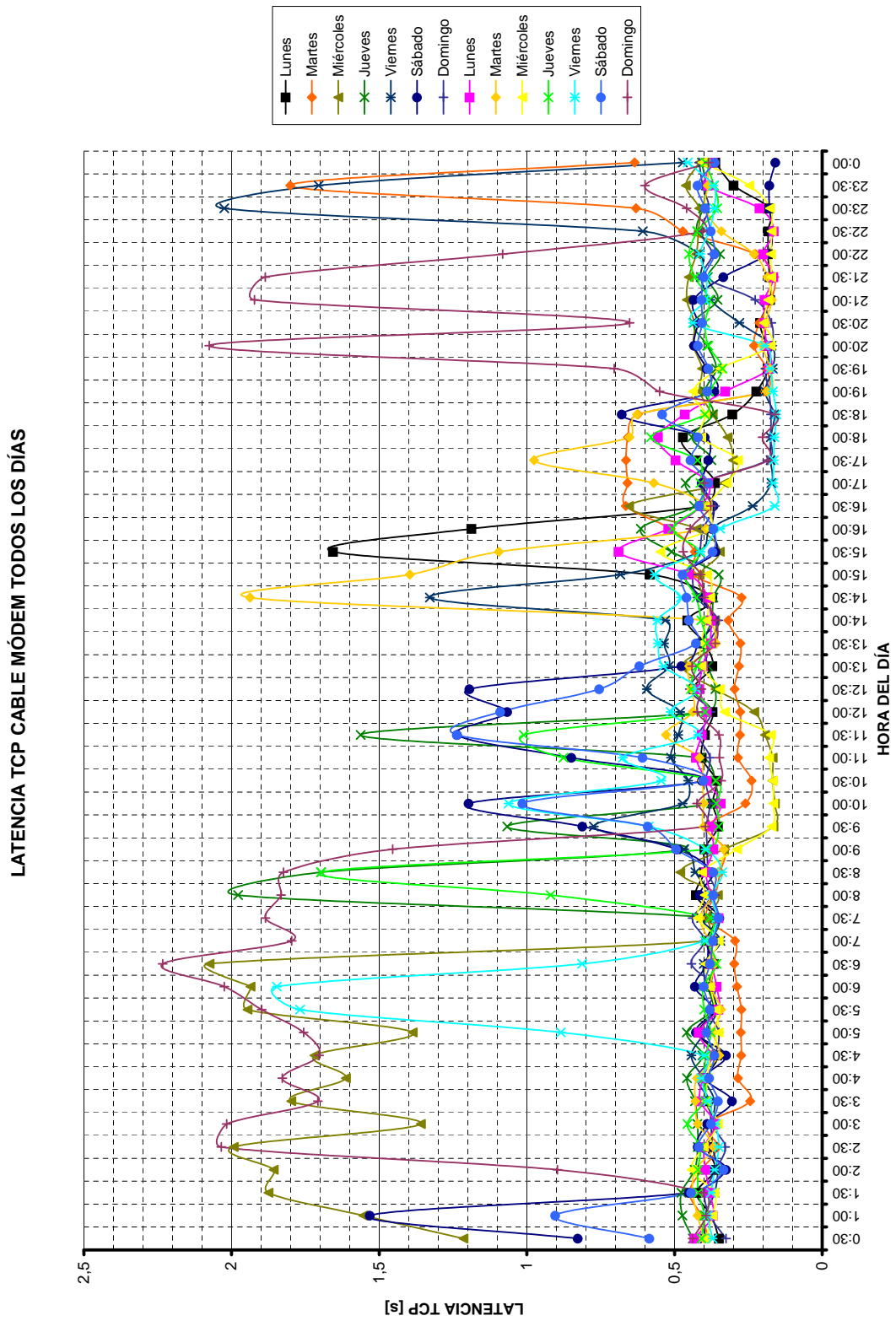


Figura 7.49: Latencia medida para CIA, presentando todos los días simultáneamente.

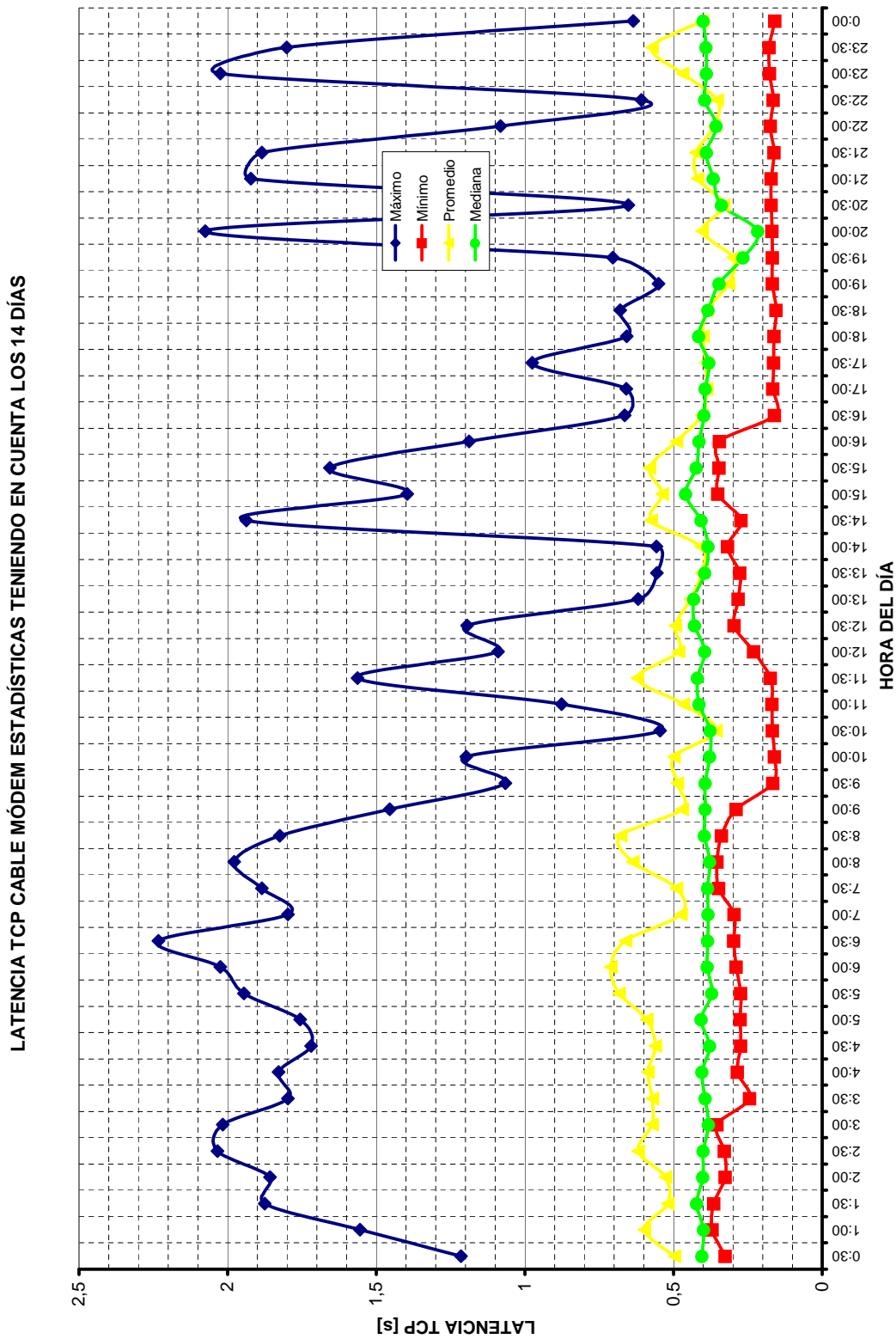


Figura 7.50: Latencia sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

#### 7.2.2.4. Jitter del rtt sobre TCP

En la figura 7.51 se muestra la medida del jitter del rtt sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.52 se presentan las medidas estadísticas por días del jitter del rtt sobre TCP; después, en la figura 7.53 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.54 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

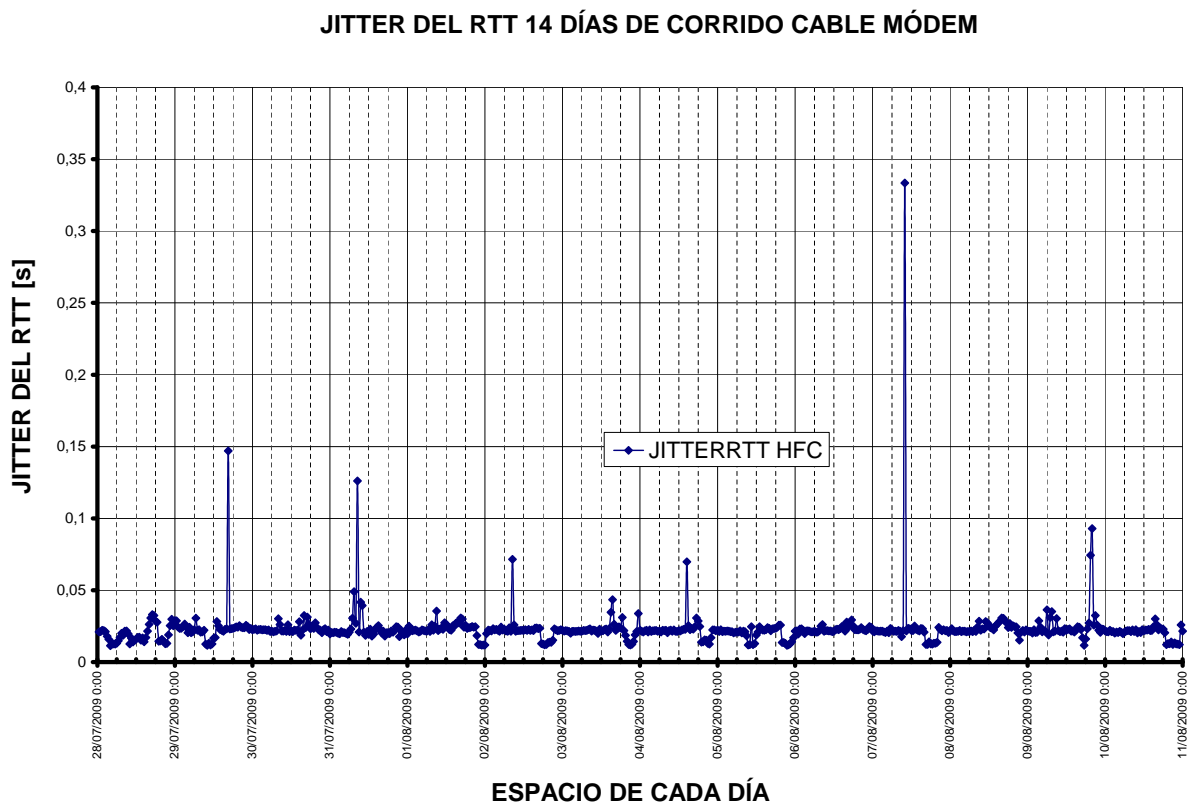


Figura 7.51: Jitter del rtt medido para CIA continuamente durante catorce días.

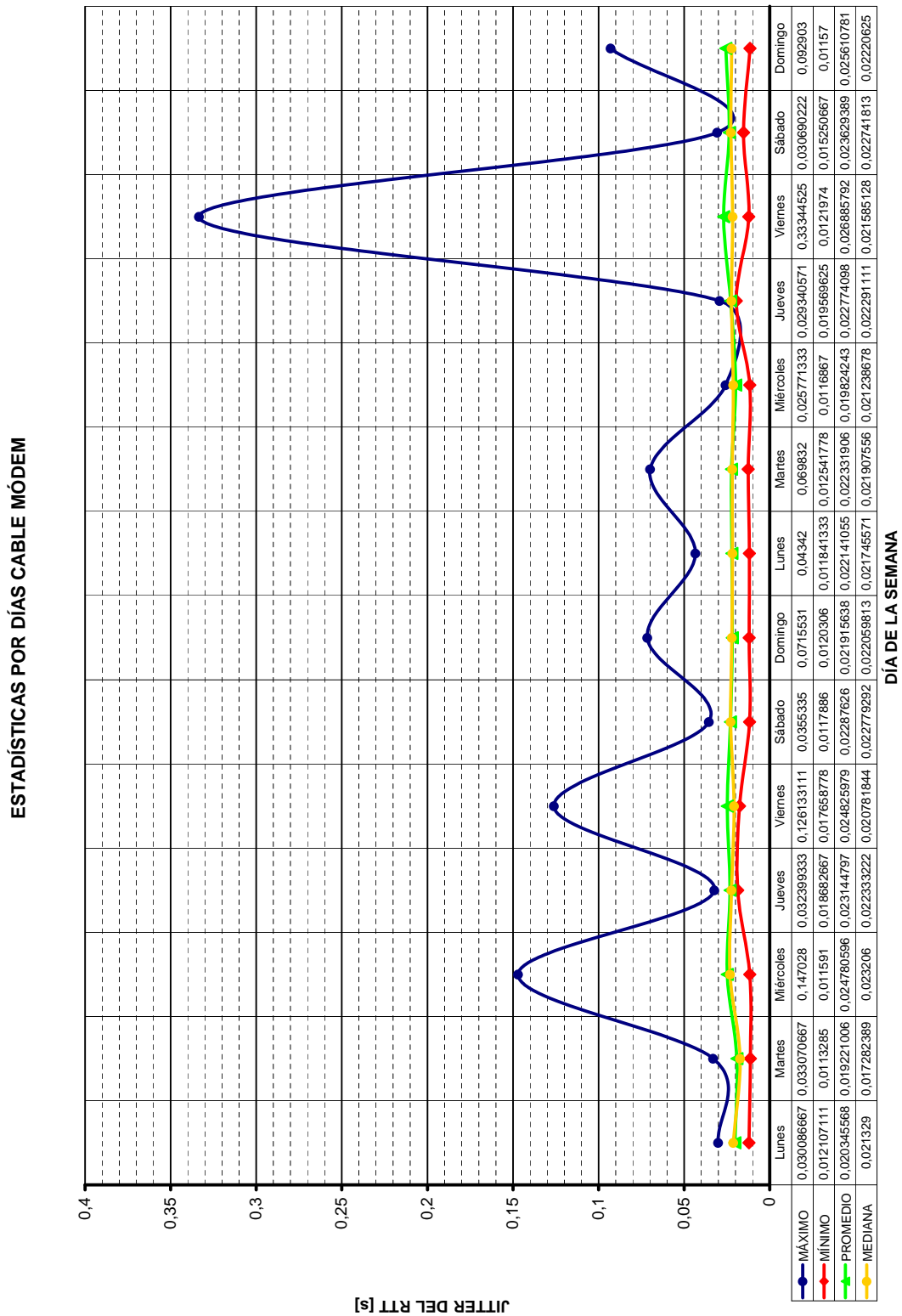


Figura 7.52: Medidas estadísticas del jitter del rtt medido para CIA, presentadas cada día.

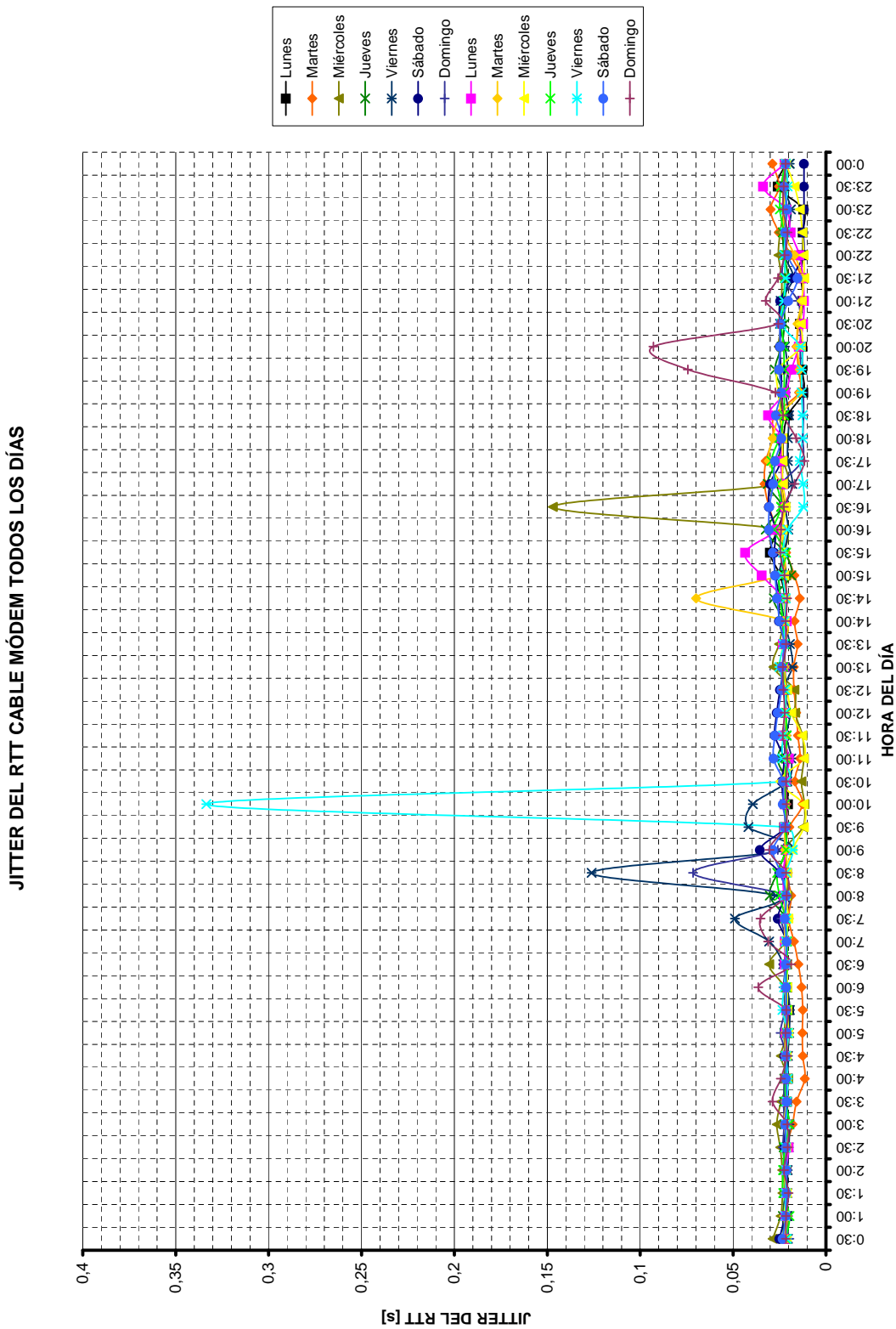


Figura 7.53: Jitter del rtt medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente.

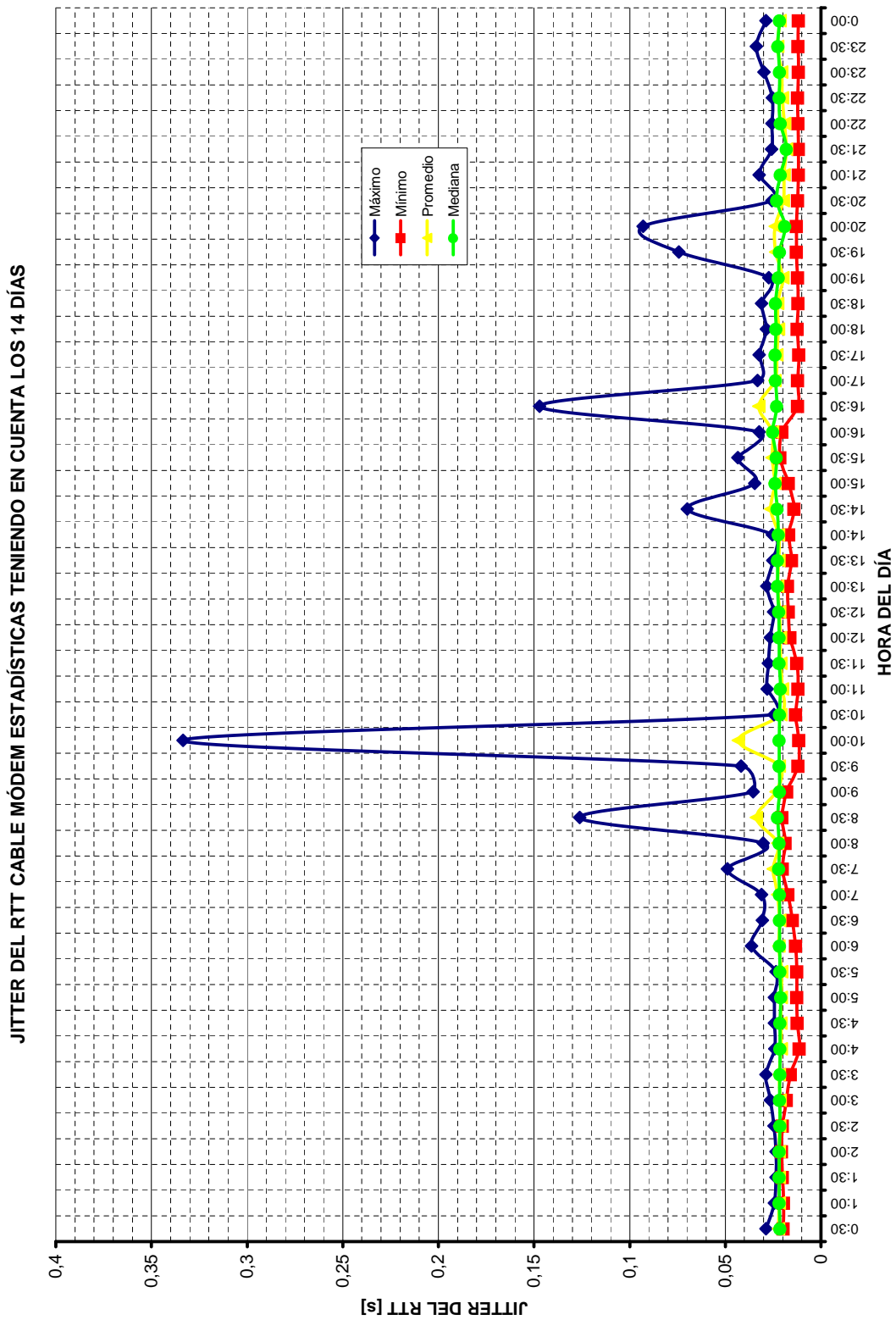


Figura 7.54: Jitter del rtt sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2.5. Jitter en la latencia sobre TCP

En la figura 7.55 se muestra la medida del jitter en la latencia sobre TCP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.56 se presentan las medidas estadísticas por días del jitter en la latencia sobre TCP; después, en la figura 7.57 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.58 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

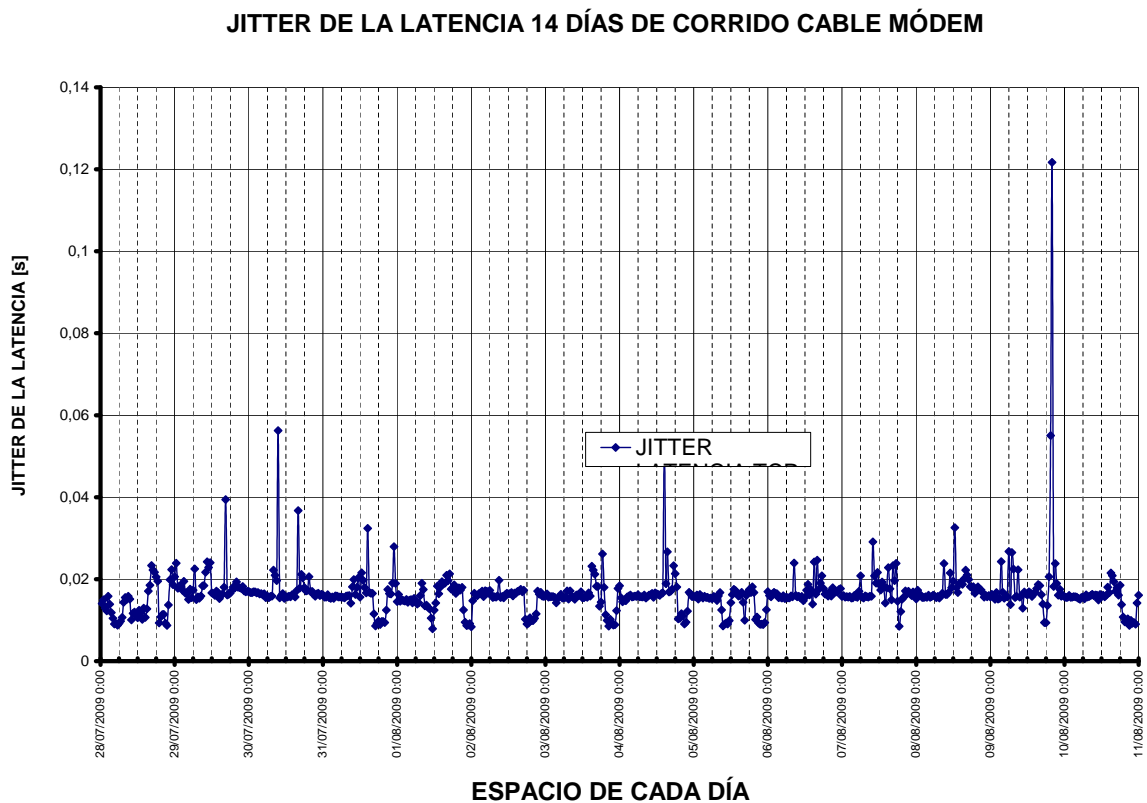


Figura 7.55: Jitter en la latencia medido para CIA continuamente durante catorce días.



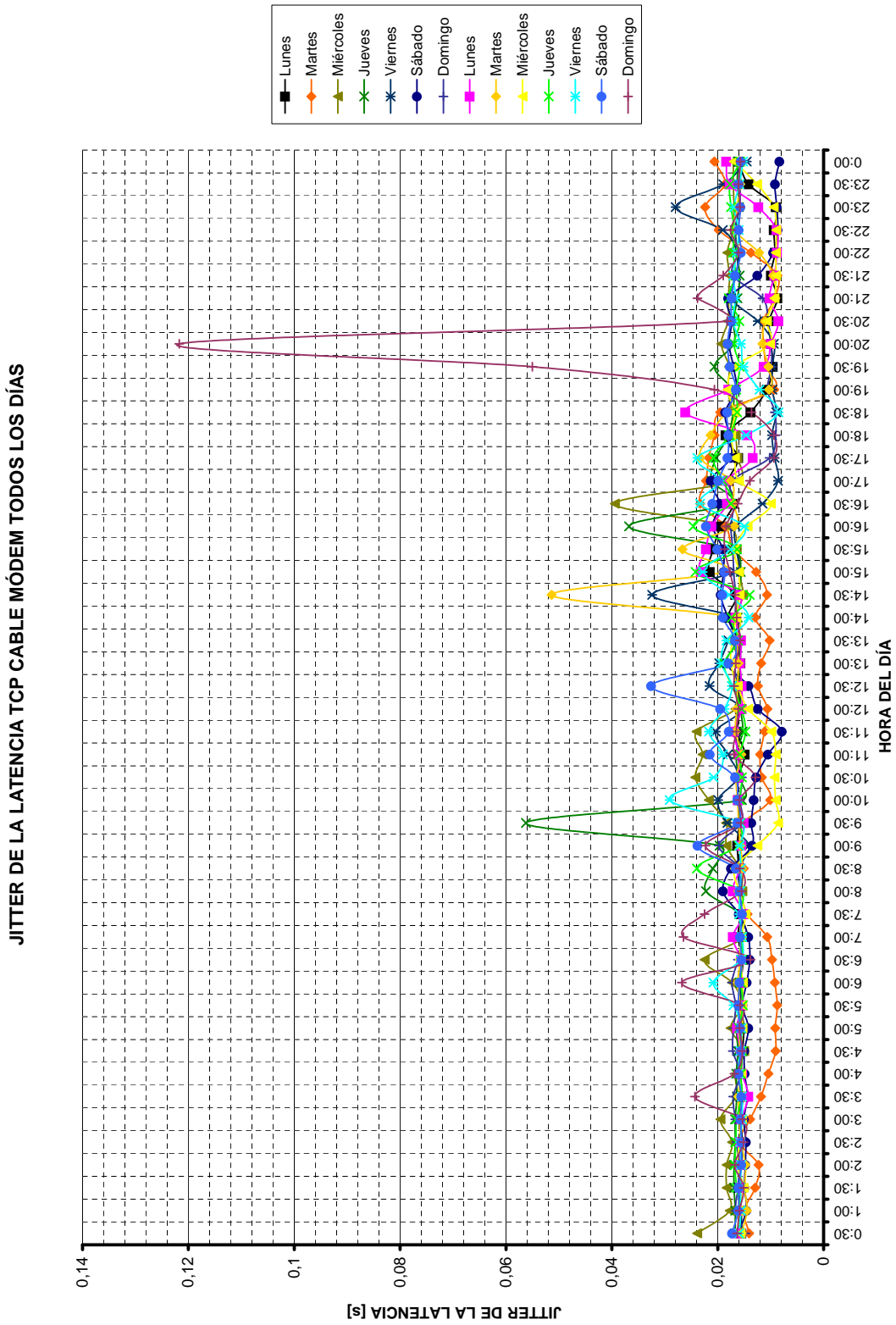


Figura 7.57: Jitter en la latencia medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente.

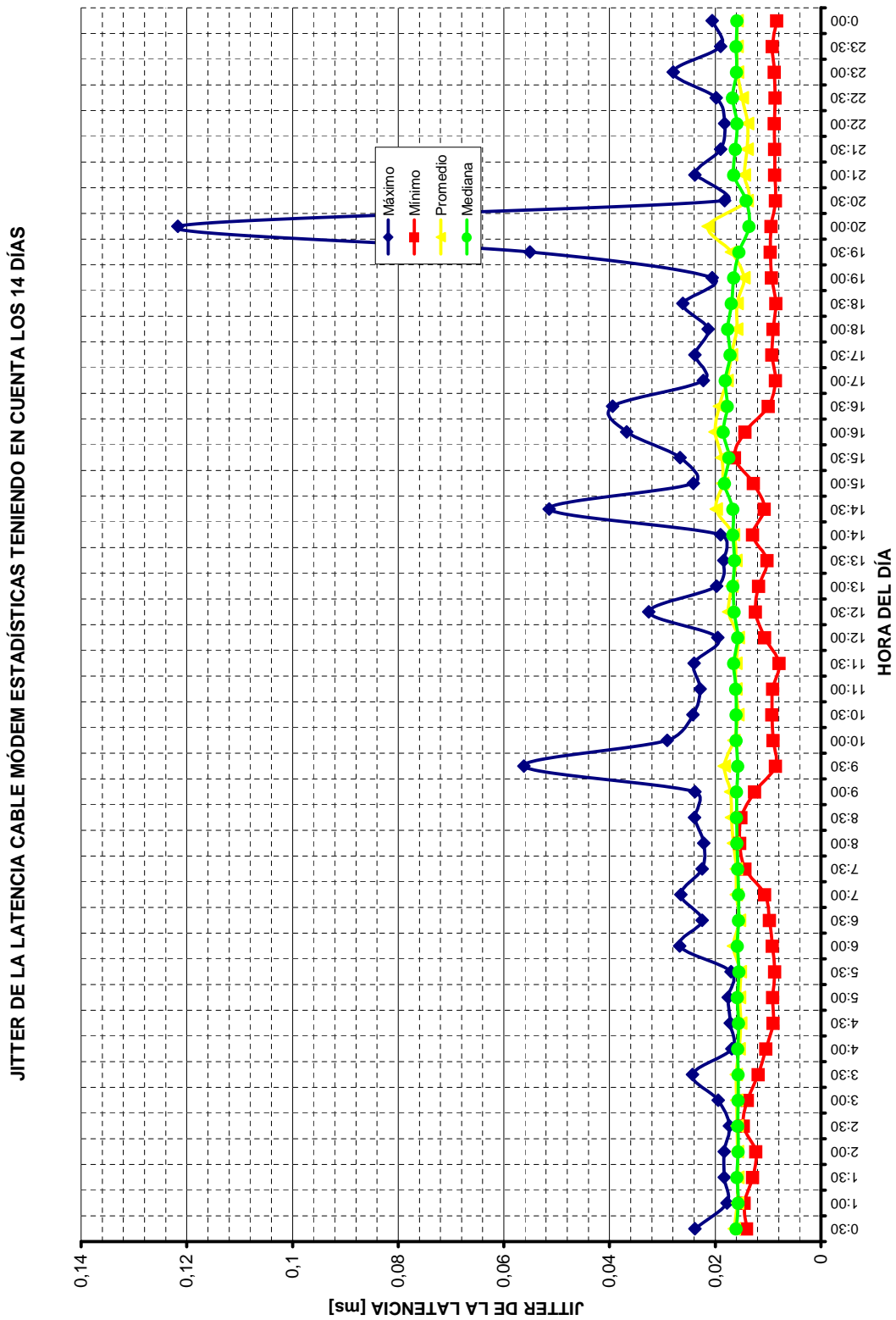


Figura 7.58: Jitter en la latencia sobre TCP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2.6. RTT medido sobre ICMP.

En la figura 7.59 se muestra la medida del rtt medido sobre ICMP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.60 se presentan las medidas estadísticas por días del rtt medido sobre ICMP; después, en la figura 7.61 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.62 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

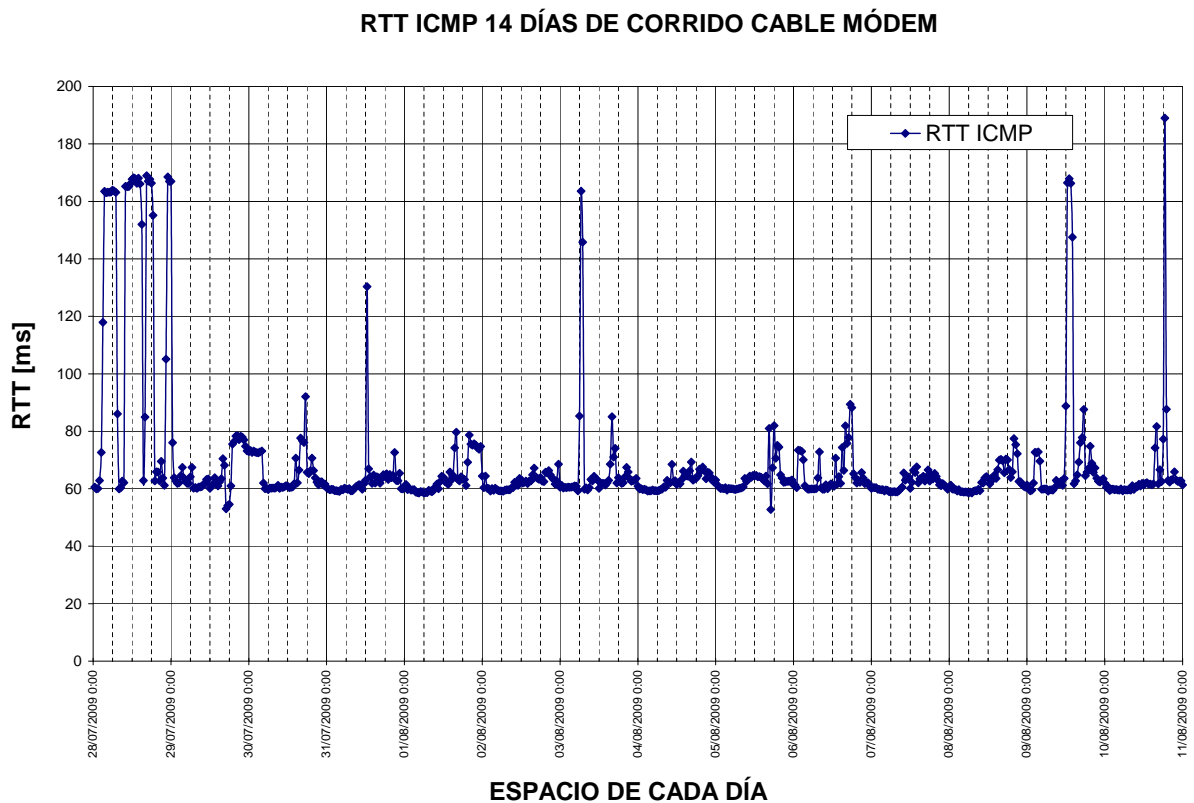


Figura 7.59: RTT sobre ICMP para CIA continuamente durante catorce días.

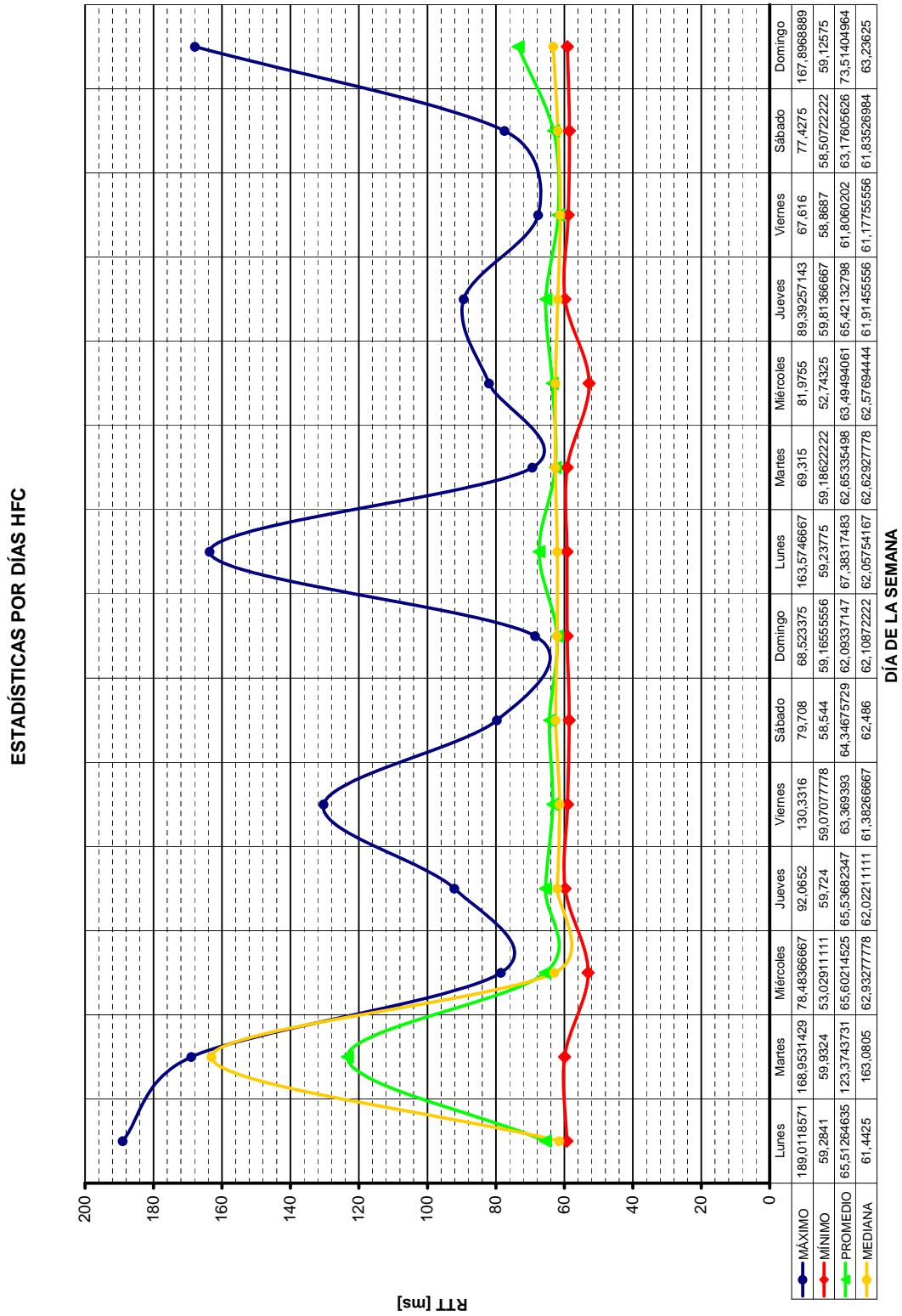


Figura 7.60: Medidas estadísticas del rtt sobre ICMP para CIA, presentadas cada día.

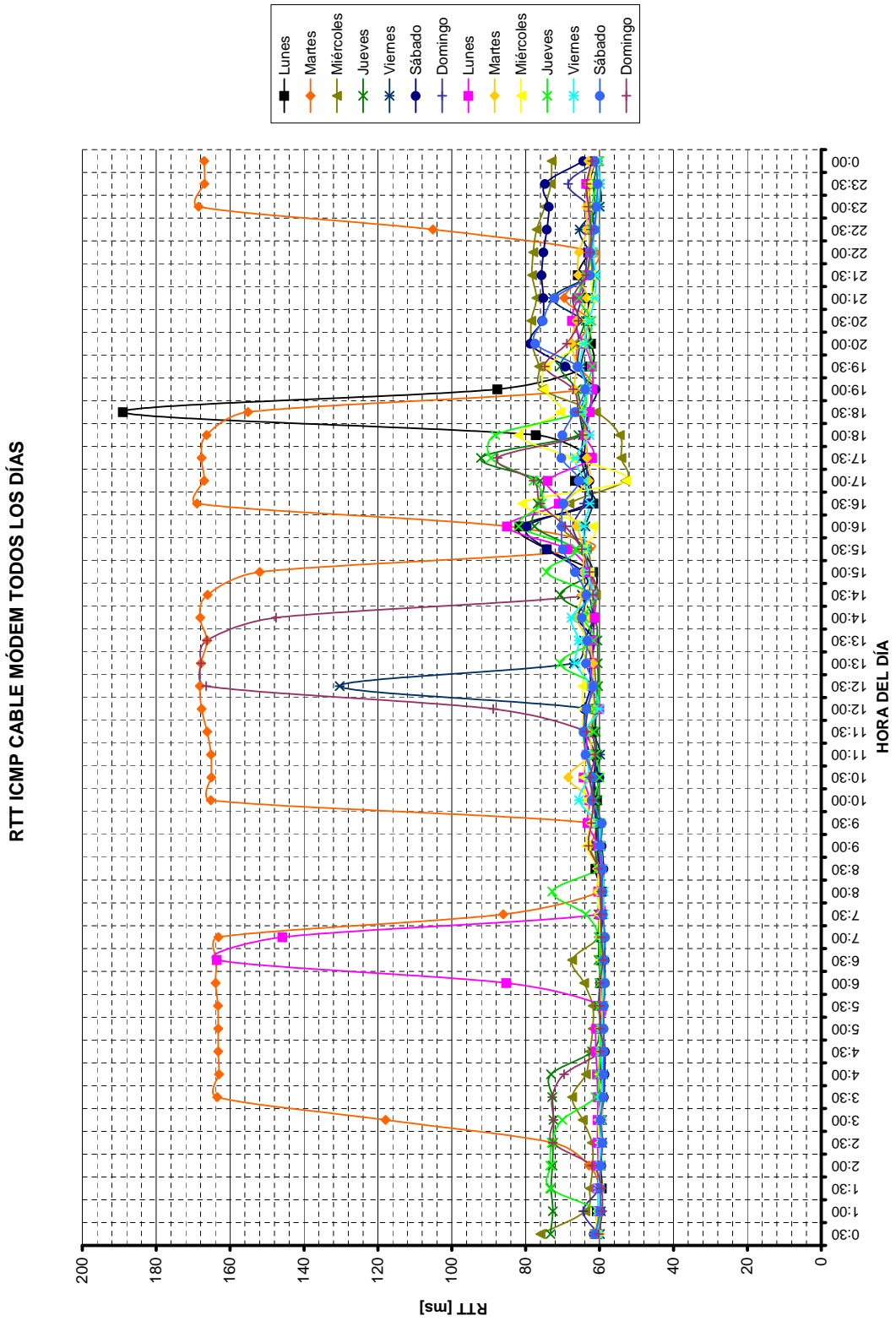


Figura 7.61: RTT sobre ICMP para CIA, presentando todos los días simultáneamente.

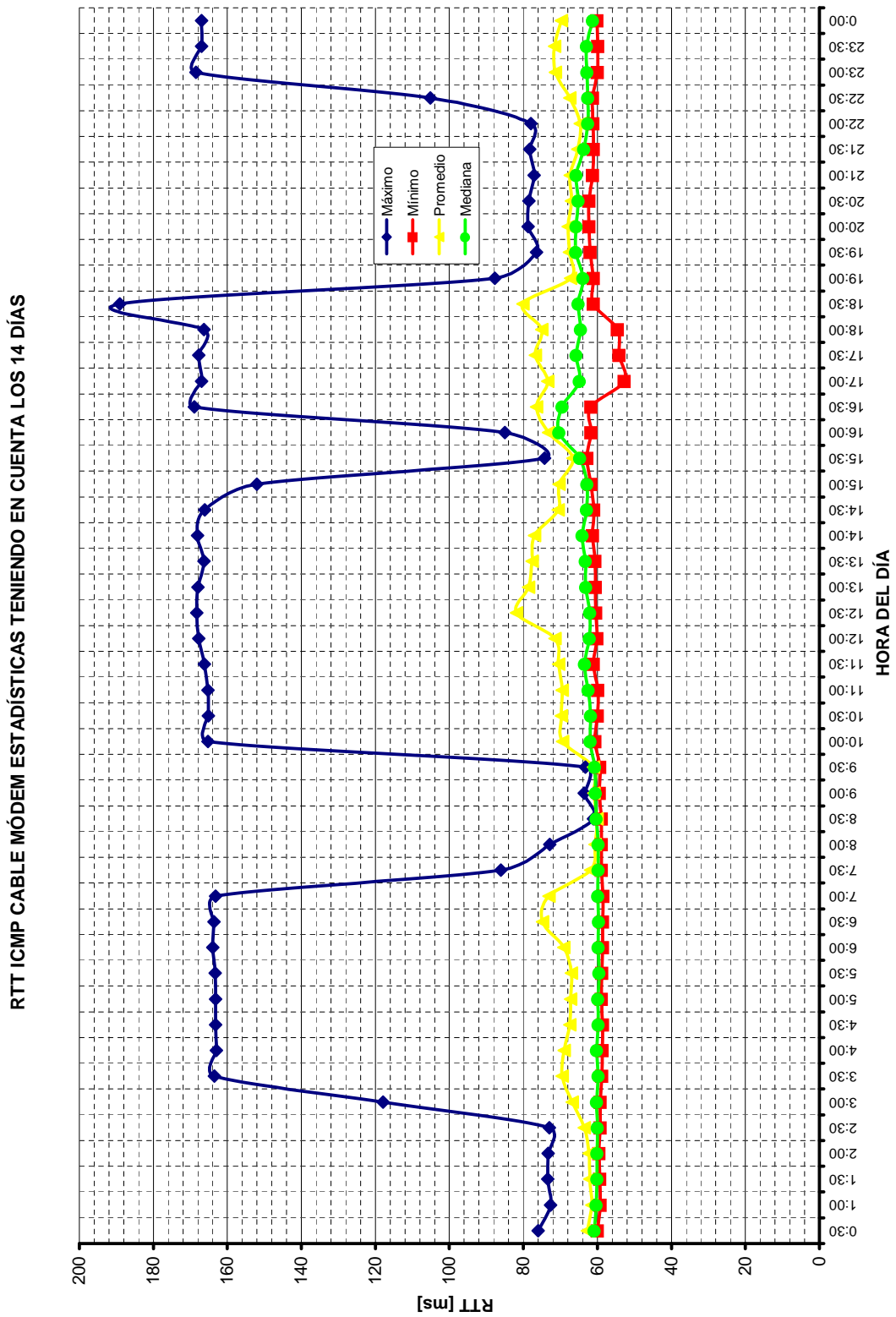


Figura 7.62: Rtt sobre ICMP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2.7. Jitter de rtt medido sobre ICMP.

En la figura 7.63 se muestra la medida del jitter de rtt medido sobre ICMP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.64 se presentan las medidas estadísticas por días del jitter de rtt medido sobre ICMP; después, en la figura 7.65 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.66 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

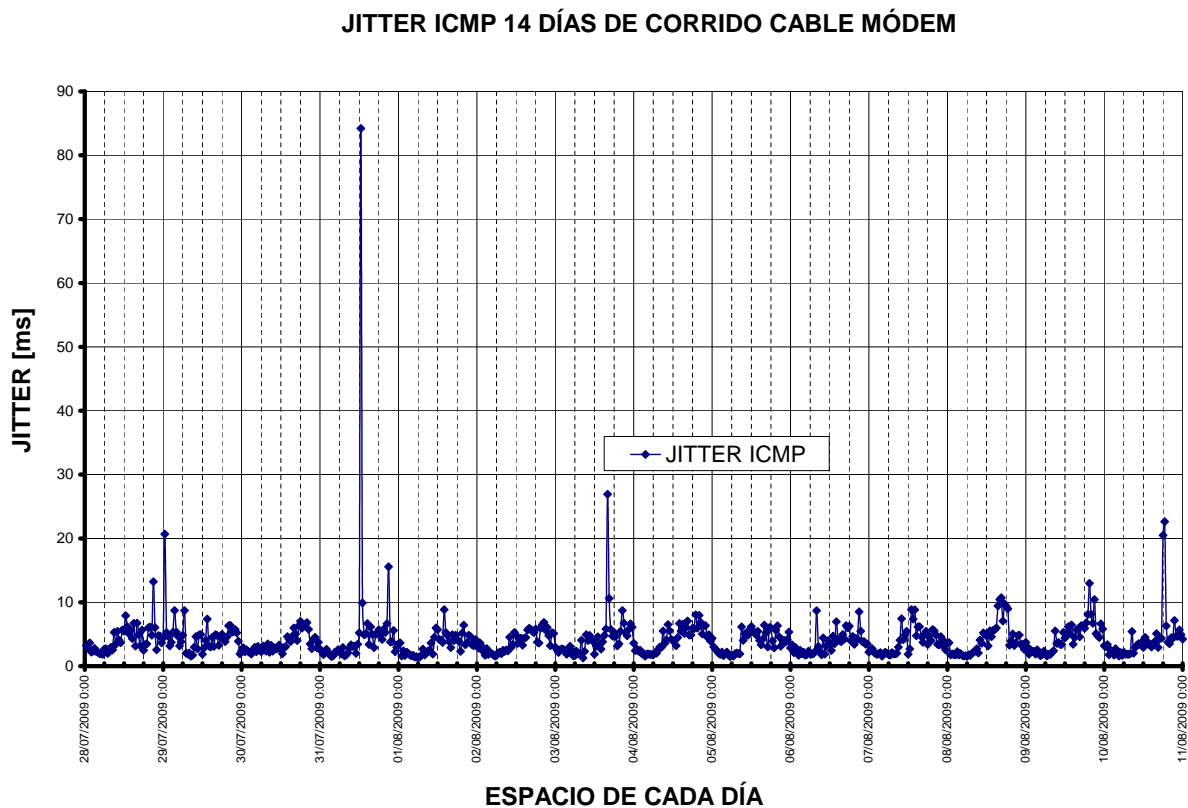


Figura 7.63: Jitter de rtt sobre ICMP para CIA continuamente durante catorce días.

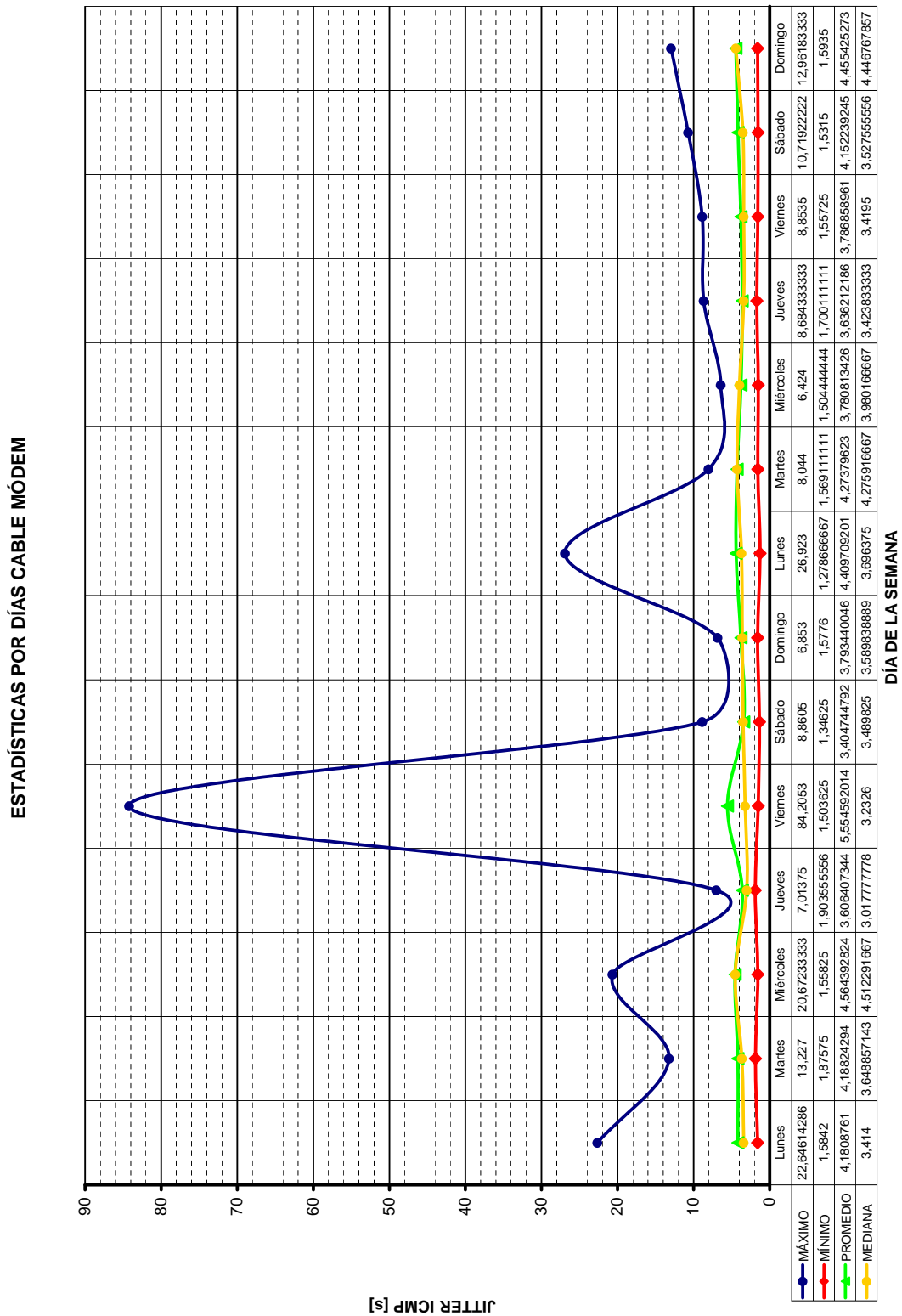


Figura 7.64: Medidas estadísticas del jitter de rtt sobre ICMP para CIA, presentadas cada día.

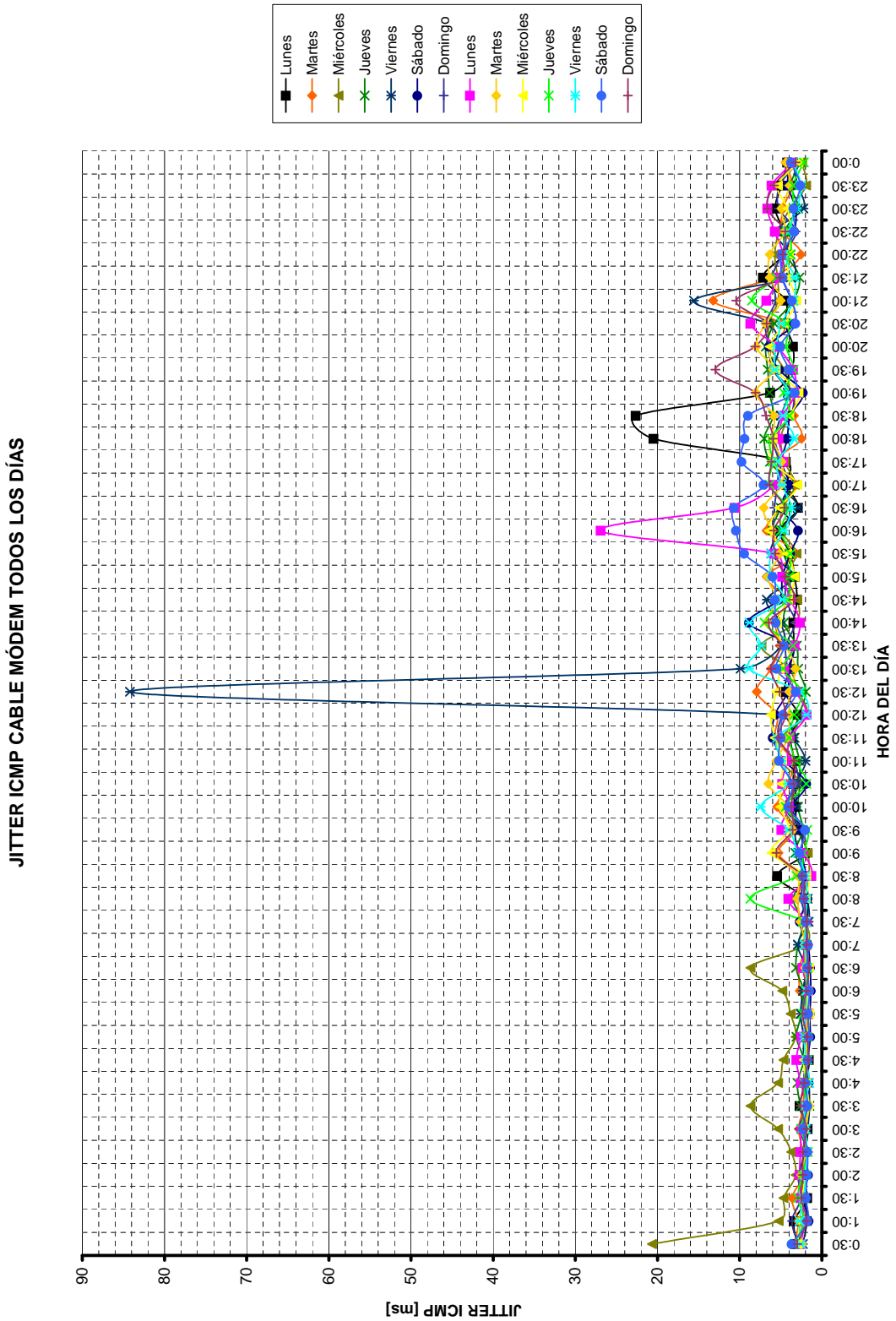


Figura 7.65: Jitter de rtt sobre ICMP para CIA, presentando todos los días simultáneamente.

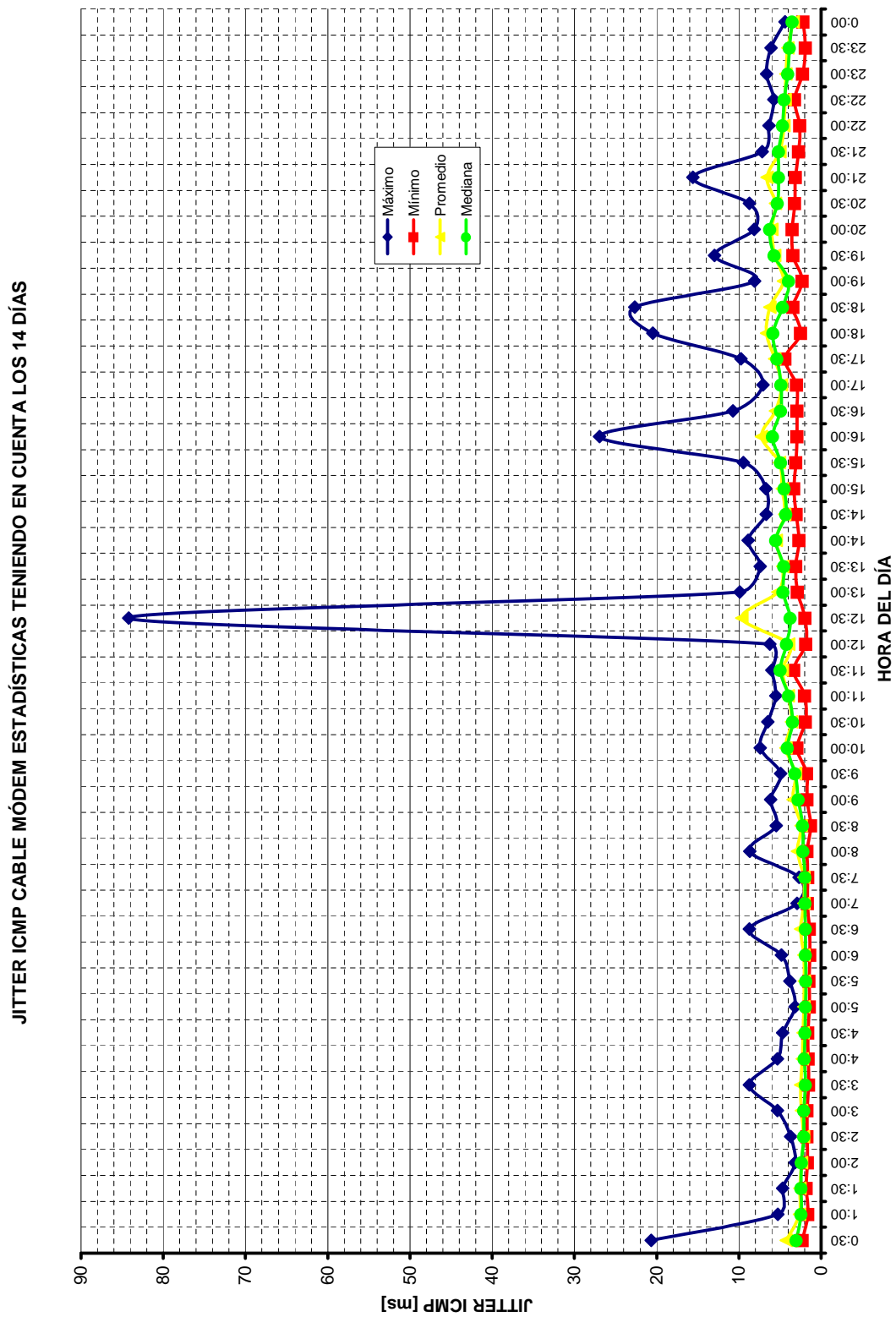


Figura 7.66: jitter del rtt sobre ICMP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2.8. Porcentaje de paquetes perdidos sobre ICMP.

En la figura 7.67 se muestra la medida del porcentaje de paquetes perdidos medido sobre ICMP en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.68 se presentan las medidas estadísticas por días del porcentaje de paquetes perdidos medido sobre ICMP; después, en la figura 7.69 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.70 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

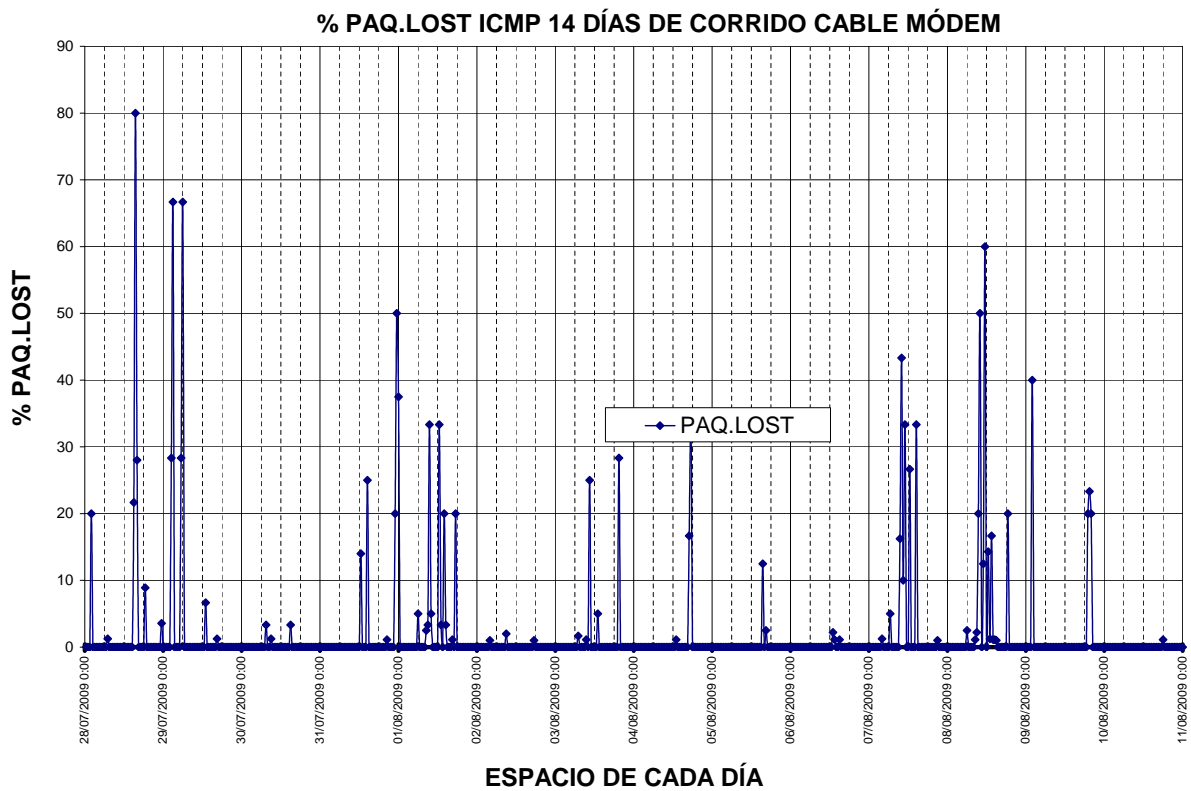


Figura 7.67: Porcentaje paquetes perdidos en CIA continuamente durante catorce días.

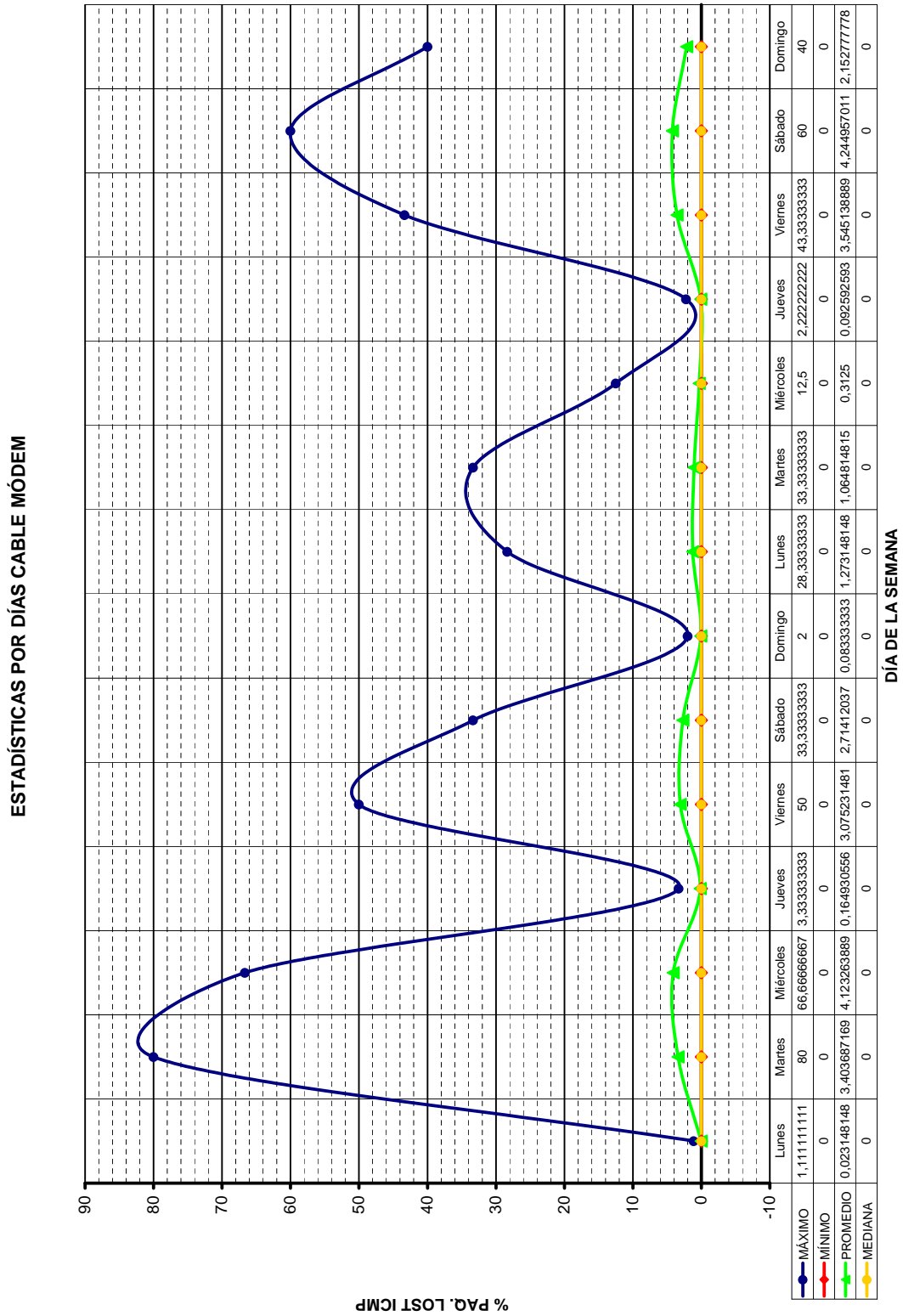


Figura 7.68: Medidas estadísticas para CIA, presentadas cada día.

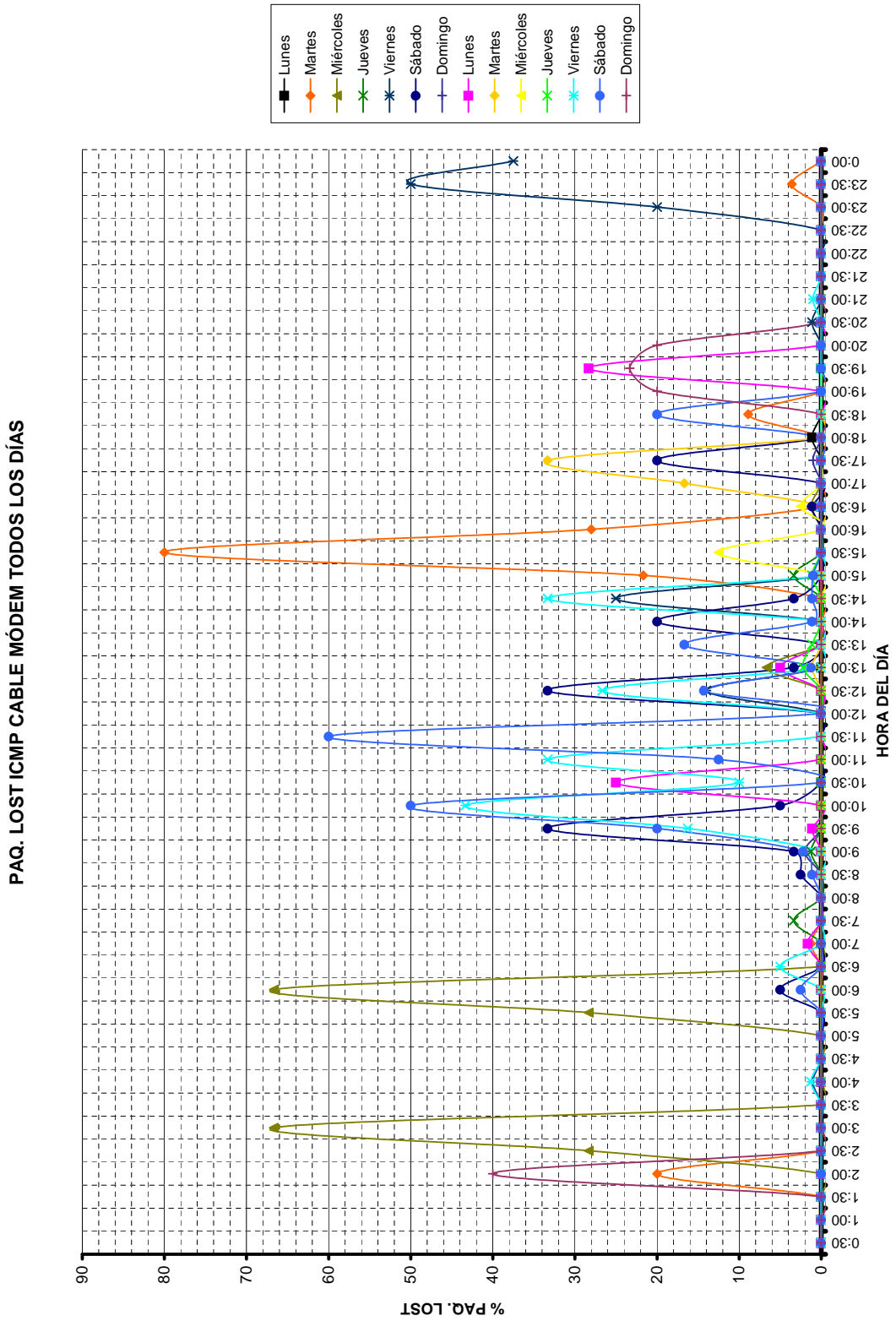


Figura 7.69: Porcentaje paquetes perdidos en CIA, presentando todos los días simultáneamente.

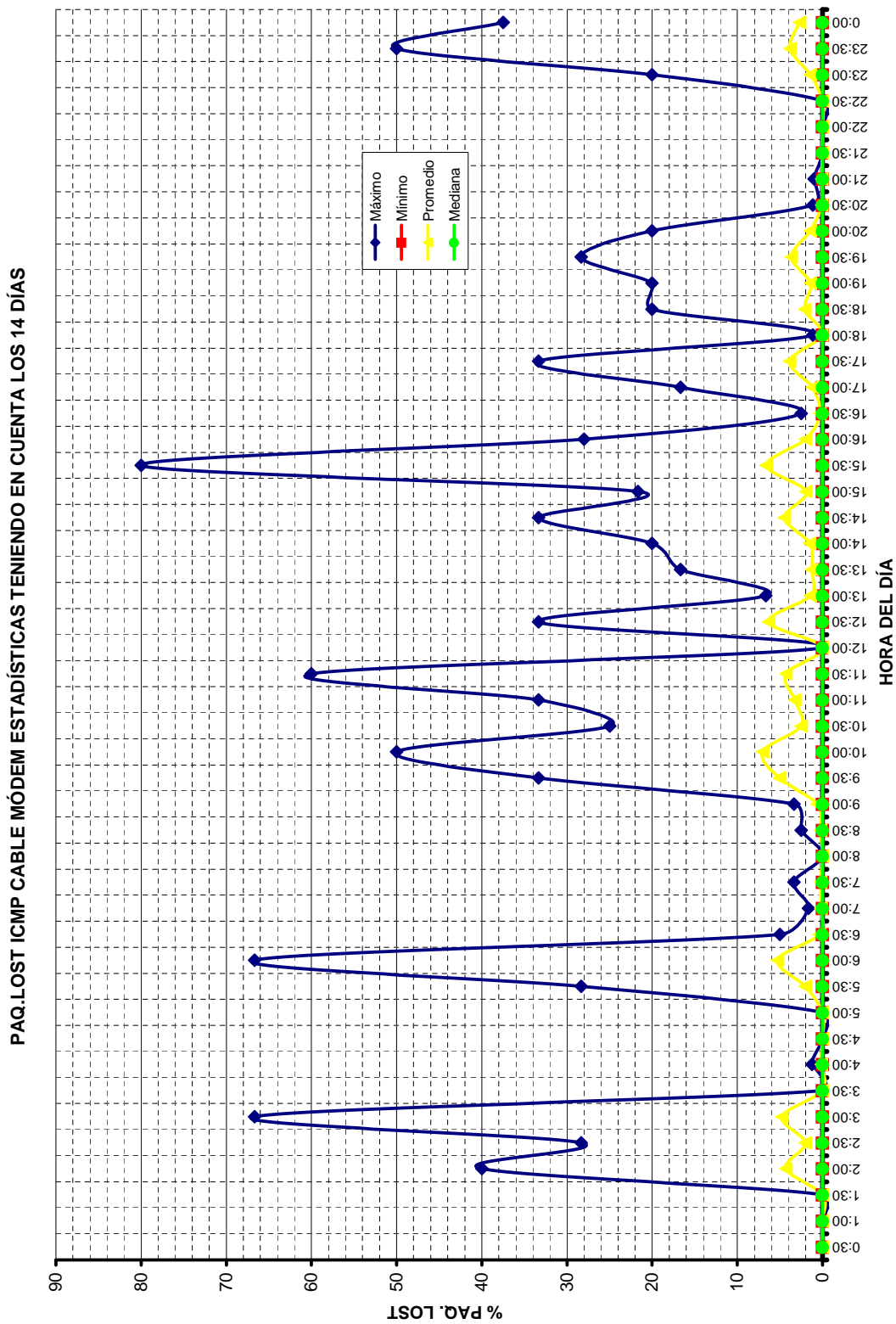


Figura 7.70: Porcentaje de paquetes perdidos sobre ICMP para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.2.9. Throughput.

En la figura 7.71 se muestra la medida del throughput en espacios de treinta minutos, recolectada durante los catorce días en un solo gráfico, luego, en la figura 7.72 se presentan las medidas estadísticas por días del throughput; después, en la figura 7.73 se muestran las medidas de todos los días, en espacios de treinta minutos, presentadas de manera superpuesta; finalmente, en la figura 7.74 se muestran las medidas estadísticas presentadas en cada una de las muestras recopiladas cada treinta minutos.

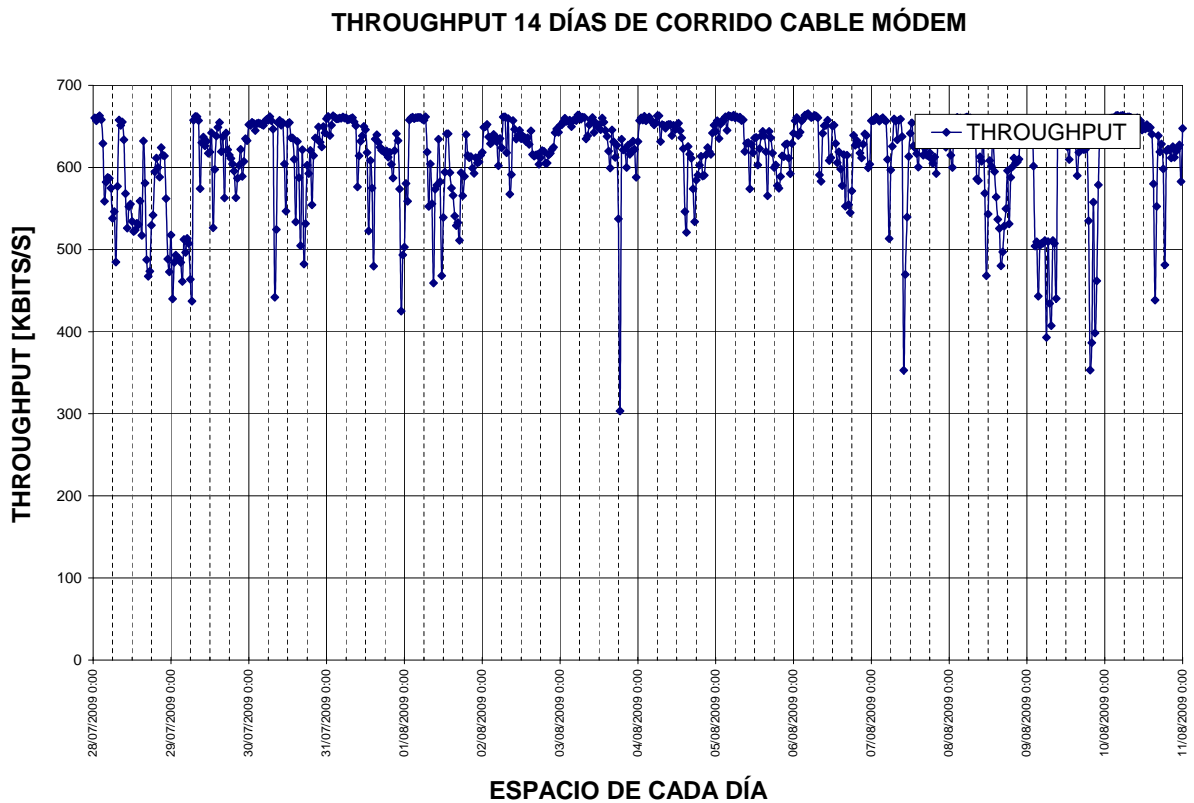


Figura 7.71: Throughput medido para CIA continuamente durante catorce días.

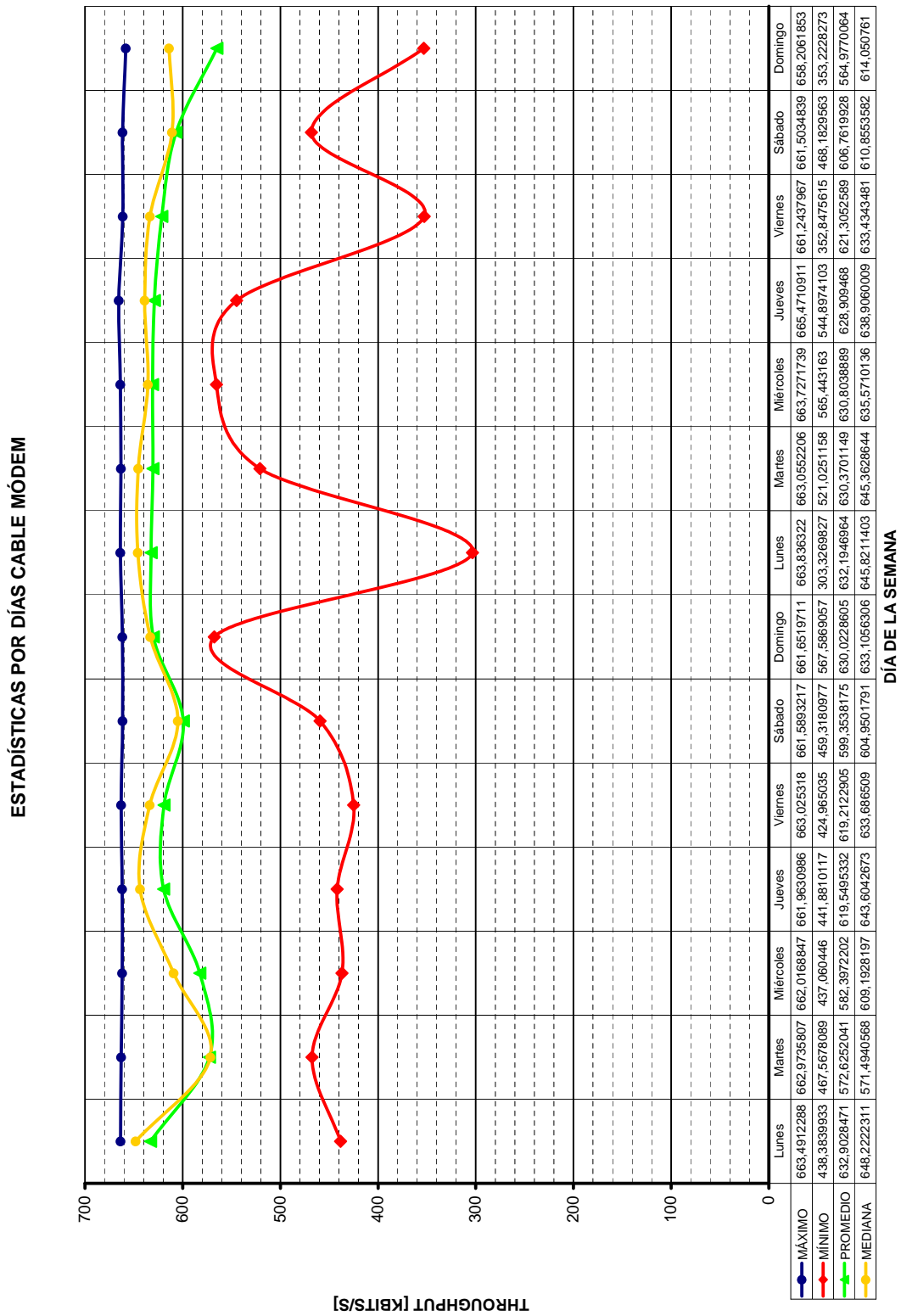


Figura 7.72: Medidas estadísticas del throughput para CIA, presentadas cada día.

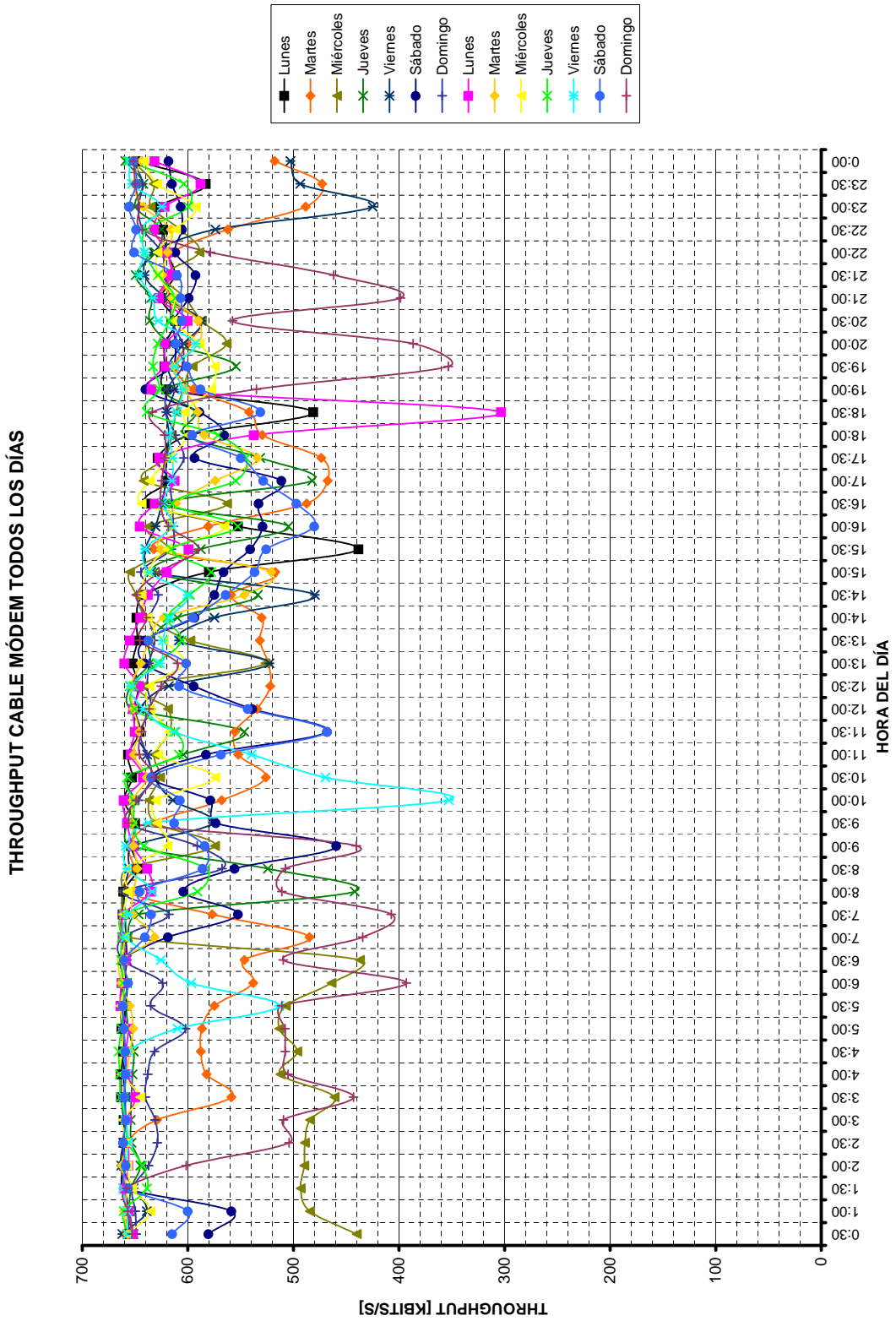


Figura 7.73: Throughput medido para CIA, presentando todos los días simultáneamente.

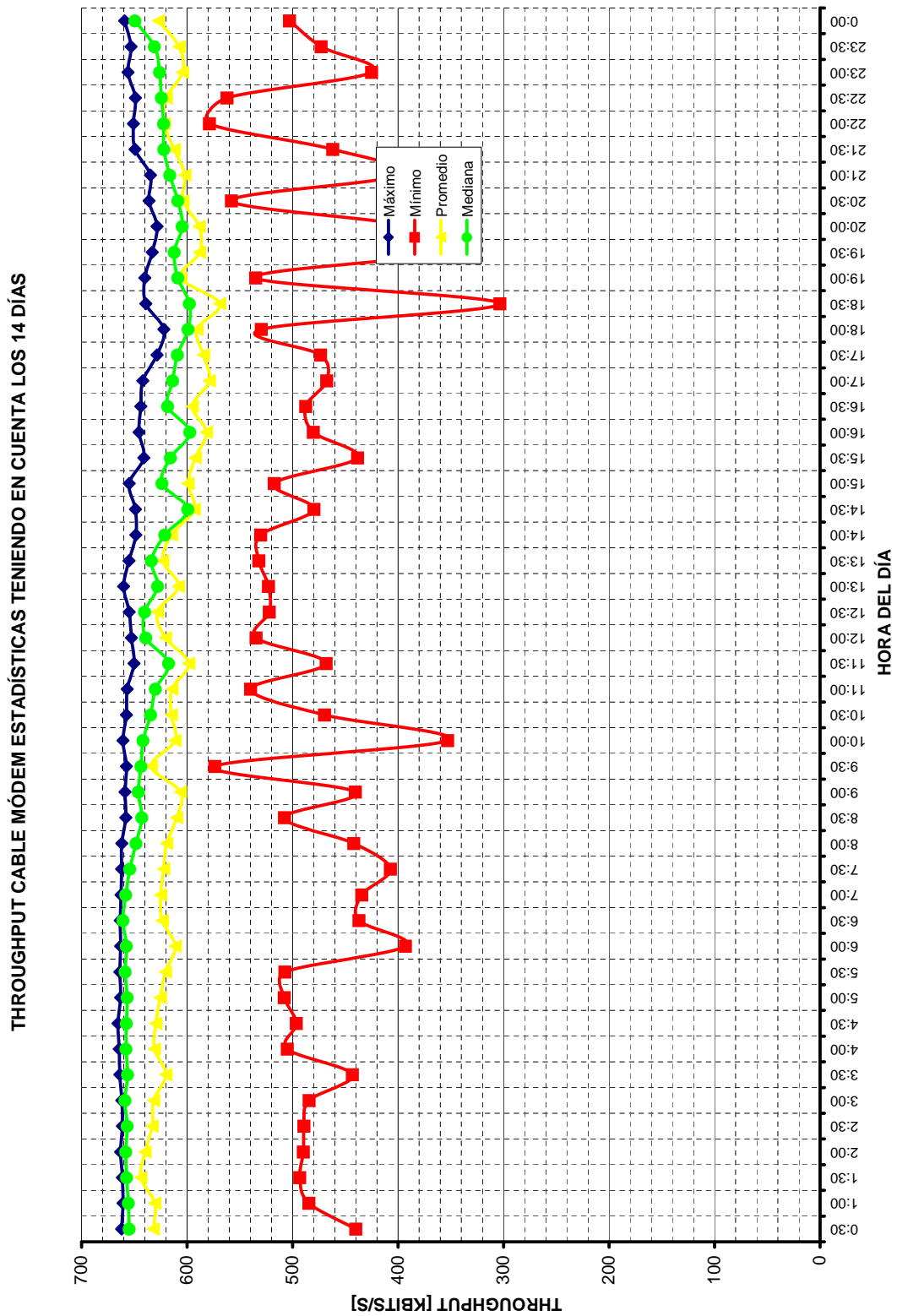


Figura 7.74: Throughput para CIA, presentando medidas estadísticas cada treinta minutos durante un día.

### 7.2.3. PRUEBAS EXTENDIDAS SUCESOS

Durante el desarrollo de las medidas, catorce días, se presentaron una serie de sucesos que son descritos en la figura 7.75, se puede apreciar el día y la hora del suceso ocurrido, así como las acciones que se ejecutaron para continuar con el desarrollo de las campañas de medida.

DIA	DIA	MES	HORA	SUCESOS OCURRIDOS	ACCIONES
MARTES	28	JULIO	15:50	CAIDA RED DATOS PROBLEMAS CON LAS HERRAMIENTAS	ALMACENAR INFORMACION - REINICIO DEL SISTEMA
MARTES	28	JULIO	17:35	CAIDA RED ELECTRICA REINICIAN SISTEMAS SIN UPS	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
MARTES	28	JULIO	18:40	CORTE DE LUZ ELECTRICA UIS TOTAL	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
MIERCO	29	JULIO	08:00	CORTE LUZ UIS	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
JUEVES	30	JULIO	14:10	NO CONECTA SERVIDOR FENIX CON EQUIPOS, EQUIPOS RECALENTADOS APAGARON	REINICIAR EQUIPOS DE FORMA MANUAL- ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
VIERNES	31	JULIO	10:09	CONFLICTO RED HFC	CERRAR HFC MEDIR SOLO ADSL
VIERNES	31	JULIO	11:56	REINICIO DE CADA EQUIPO ADSL Y HFC	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
VIERNES	31	JULIO	15:05	CAIDA TENSION APAGARON EQUIPOS	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
VIERNES	31	JULIO	16:16	MANTENIMIENTO EQUIPOS ESCRITORIO, RECALENTAMIENTO DE PROCESADOR LOS APAGÓ, CAMBIO POR PORTÁTILES	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
VIERNES	31	JULIO	22:13	CAIDA RED HFC	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
LUNES	3	AGOSTO	15:20	CAIDA RED	REINICIAR EQUIPOS DE FORMA MANUAL- ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
LUNES	3	AGOSTO	18:04	CAIDA LUZ	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
MARTES	4	AGOSTO	14:20	MANTENIMIENTO EQUIPOS ESCRITORIO, RECALENTAMIENTO DE PROCESADOR LOS APAGÓ, CAMBIO POR PORTÁTILES	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
MARTES	4	AGOSTO	17:35	MULTIPLES CAIDAS DE ENERGIA APAGAN SISTEMA	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
JUEVES	6	AGOSTO	08:00	CAIDA LUZ ELECTRICA PICO TENCISION	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
JUEVES	6	AGOSTO	08:00	CAIDA DE RED HFC	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
JUEVES	6	AGOSTO	16:56	CAIDA DE TENSION APAGAN EQUIPOS	ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
JUEVES	6	AGOSTO	17:37	CAIDA HFC POR RED PARECE	REINICIAR EQUIPOS DE FORMA MANUAL- ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
VIERNES	7	AGOSTO	10:11	CAIDA DE RED HFC	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
VIERNES	7	AGOSTO	15:52	CAIDA RED HFC	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
SABADO	8	AGOSTO	16:16	MANTENIMIENTO EQUIPOS ESCRITORIO, RECALENTAMIENTO DE PROCESADOR LOS APAGÓ, CAMBIO POR PORTÁTILES	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
SABADO	8	AGOSTO	18:36	CAIDA RED POR CULPA DE HFC	REINICIAR EQUIPOS DE FORMA MANUAL- ALMACENAR INFORMACION - CONFIGURAR SISTEMA
DOMINGO	9	AGOSTO	15:30	CAIDA RED HFC	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
DOMINGO	9	AGOSTO	14:50	INESTABILIDAD POR CORTE DE LUZ Y RED CAIDA POR LLUVIAS	ALMACENO INFORMACION - REINICIO UN LADO - MIDO EN EL OTRO
MARTES	11	AGOSTO	21:48	CAIDA HFC	SALE DE SERVICIO COMPUTADOR HFC POR RAYO- ALMACENO INFORMACION

Figura 7.75: Sucesos ocurridos durante la ejecución de las campañas de medidas durante catorce días.

## 7.3. PRUEBAS ENVÍO DE ARCHIVOS

Para observar el desempeño de cada uno de los enlaces al variar el tamaño del archivo de manera que se midieran los tiempos promedios de la transmisión y el ancho de banda que se utiliza en estas tareas. En la figura 7.76 se muestra el comportamiento del ancho de banda que requiere cada uno de los enlaces de comunicaciones para completar exitosamente la recepción de la información, en cada uno de los enlaces de comunicaciones, al variar el tamaño del archivo enviado. En la figura 7.77 se muestra el

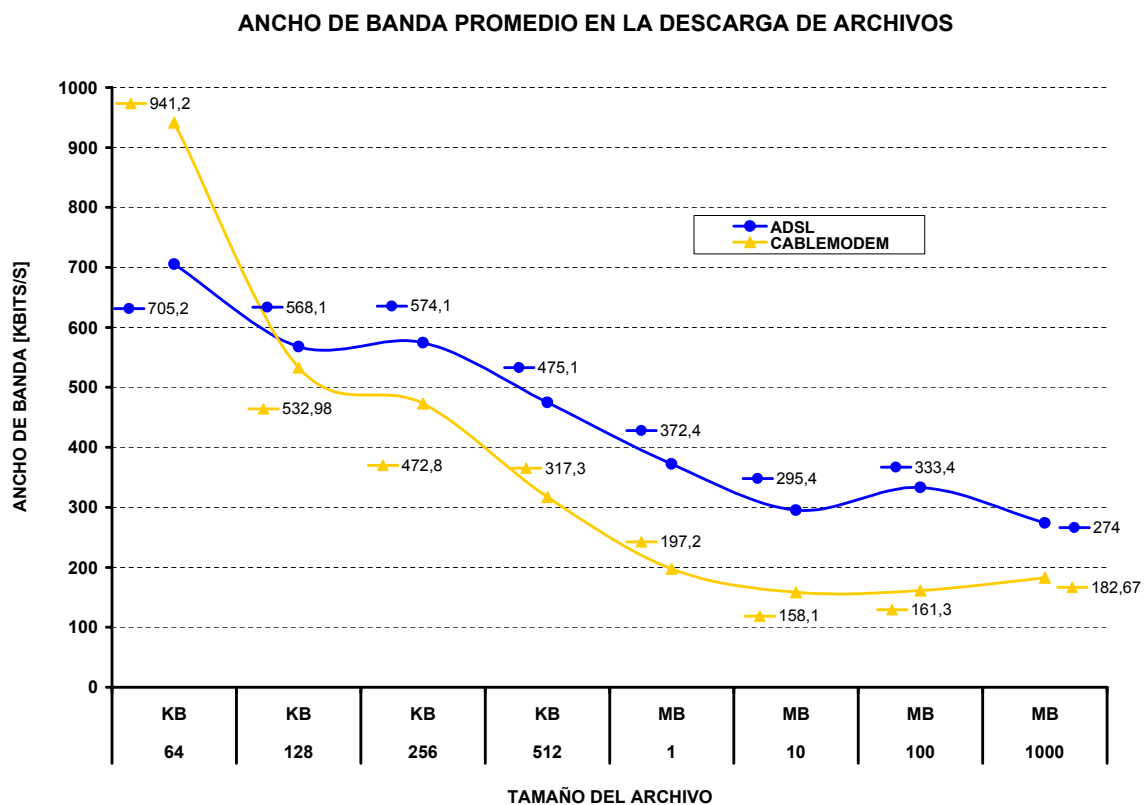


Figura 7.76: Comparación del envío de archivos, tamaño Vs. ancho de banda.

comportamiento del tiempo que requiere cada uno de los enlaces de comunicaciones para completar exitosamente la recepción de la información; al variar el tamaño del archivo enviado

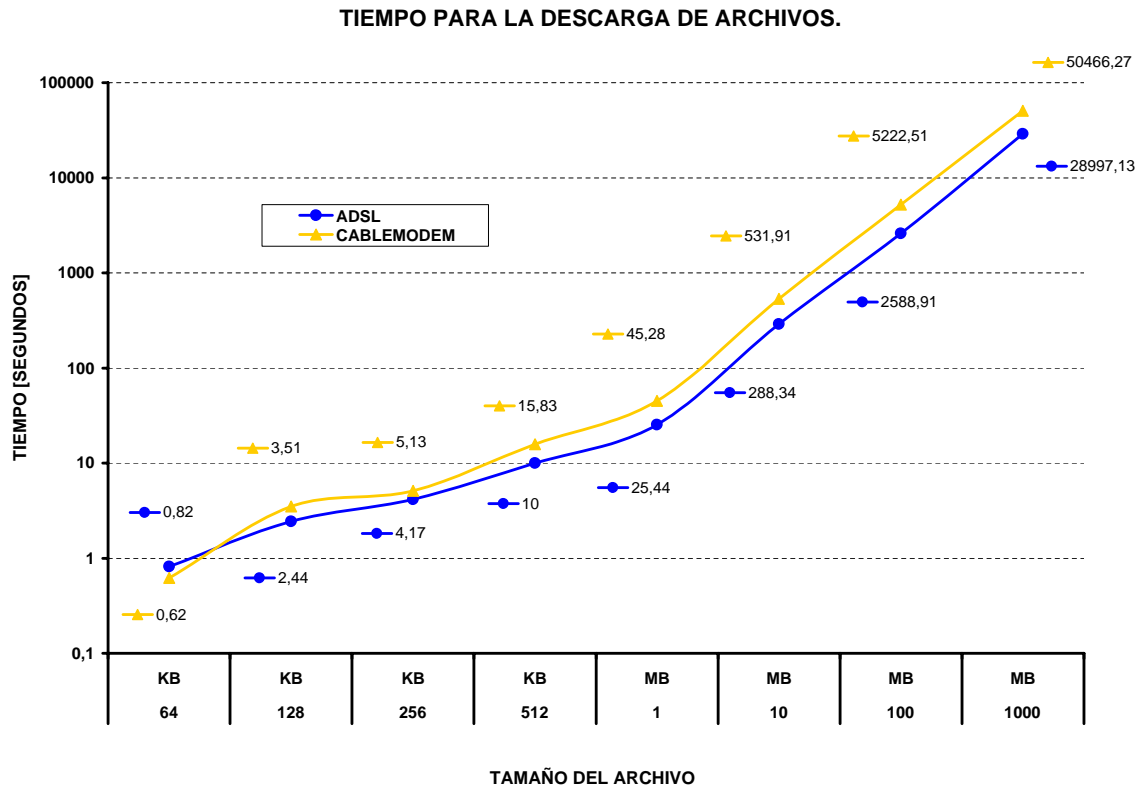


Figura 7.77: Comparación del envío de archivos, tamaño Vs. tiempo de descarga.

## 7.4. OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

En esta sección se presentan algunas observaciones, acerca de los resultados obtenidos en el desarrollo de las pruebas extendidas y las pruebas de envío de archivos realizadas con las tecnologías ADSL y CIA respectivamente.

### 7.4.1. ACERCA DEL AJUSTE DE LOS PARÁMETROS.

Al realizar la selección de los parámetros con los cuales se realizaron las pruebas de larga duración y las pruebas de envío de archivos para las tecnologías ADSL y CIA, se pudo observar claramente que los valores seleccionados (Tamaño de segmento, el tamaño de la ventana TCP y el tiempo de duración de la prueba), arrojaron mediciones más

estables y confiables con respecto a los parámetros por defecto.

Para tiempos mayores de 35 segundos, se observa estabilidad en las medidas realizadas con las herramientas, lo anterior teniendo en cuenta los parámetros establecidos por defecto y los parámetros ajustados, sin embargo para tiempos menores, las medidas con los parámetros por omisión no fueron lo suficientemente estables, lo que sugiere que para tiempos menores de 35 segundos, se debe realizar un ajuste de los parámetros que favorezcan la decisión de recopilar mediciones con las herramientas seleccionadas. En la tabla 7.1 se muestran los parámetros seleccionados para realizar las pruebas con las tecnologías ADSL y CIA.

<b>Tecnología</b>	<b>ADSL</b>	<b>Cable Módem</b>
tamaño de ventana	16 KBytes	8KBytes
Tamaño de segmento	1452 Bytes	1024 Bytes
tiempo de duración	15 segundos	15 segundos

Tabla 7.1: Parámetros seleccionados para el desarrollo de las pruebas.

Para la selección de los parámetros adecuados para la realización de pruebas extendidas y pruebas de envío de archivos, se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, con el fin de ajustar estos parámetros, es decir, reconocer cuales parámetros funcionan correctamente y con mayor eficiencia.

#### **7.4.2. ACERCA DE LAS PRUEBAS EXTENDIDAS EMPLEANDO TECNOLOGÍA CIA.**

El ancho de banda medido durante el desarrollo de las pruebas extendidas durante 14 días, estuvo por el orden de 700 Kbit/s, mientras que el servicio contratado fue de 1050 Kbit/s. El throughput medido durante el desarrollo de las pruebas extendidas durante 14 días, estuvo por el orden de 670 Kbit/s para CIA; mientras que para la tecnología ADSL fue de 500 kbit/seg aproximadamente. Para reconocer estos valores aproximados, se tomó en cuenta el valor de la mediana, que representa la medida del servicio prestado por el proveedor. Para las medidas de ancho de banda y throughput, los niveles mínimos que se tienen en las medidas estadísticas, representan la peores condiciones que ocurrieron durante la prestación del servicio mientras se realizaron las

pruebas, éstas podrían considerarse para la proyección de un sistema de transferencia de datos a implementarse a futuro. Para los retardos (Rtt, latencia, jitter) y el porcentaje de paquetes perdidos, los niveles máximos que se tienen en las medidas estadísticas, representan las peores condiciones en la prestación del servicio. Por lo que también se sugiere sean tenidas en cuenta en la proyección de un sistema de transferencia de datos, como las características para diseñar sobre el peor caso. A continuación se presentan algunas observaciones que se consideran relevantes, a partir de los gráficos de las pruebas realizadas durante 14 días de forma continua.

El ancho de banda fue de aproximadamente 700 kbit/seg y su pico más bajo se obtuvo en 5 kbit/s, figura 7.42. El rtt sobre TCP fue de 0.8 segundos aproximadamente, se presentaron diversas fluctuaciones en periodos de hasta 9 horas, su pico máximo fue de 5 segundos, y su pico mínimo fue de 0.2 segundos aproximadamente, figura 7.46. La latencia medida sobre TCP es 0.4 segundos, su pico máximo fue de aproximadamente 2.3 segundos y su pico mínimo fue de 0.3 segundos, figura 7.50.

El jitter del rtt medido sobre TCP fue de 20 milisegundos, su pico máximo fue de aproximadamente 0.35 segundos, su pico mínimo permaneció por el orden de 20 ms. Figura 7.54. El jitter en la latencia sobre TCP fue de 18 milisegundos, su pico máximo fue de aproximadamente 130 milisegundos, su pico mínimo permaneció por el orden de 10 milisegundos. Como característica importante se puede observar que las medidas del jitter en el rtt y el jitter de la latencia son similares, figura 7.58. El rtt sobre ICMP fue de 60 milisegundos, el pico más alto ocurrió en 180 milisegundos, el pico mínimo se mantuvo por el orden de 55 milisegundos. Se presentaron fluctuaciones significativas en espacios de hasta 5 horas, figura 7.62. El jitter del rtt sobre ICMP fue de 0.2 milisegundos, su pico más alto fue de 85 milisegundos, figura 7.66. El porcentaje de paquetes perdidos fue casi despreciable, sin embargo, su pico más alto estuvo cercano al 80 por ciento de paquetes perdidos, figura 7.70. El throughput fue de 670 kbit/s aproximadamente, su pico más alto estuvo en 675 kbit/s y su pico más bajo estuvo en 370 kbit/s aproximadamente, figura 7.74.

### **7.4.3. ACERCA DE LAS PRUEBAS EXTENDIDAS EMPLEANDO TECNOLOGÍA ADSL.**

El ancho de banda medido durante el desarrollo de las pruebas extendidas durante 14 días, estuvo por el orden de 620 Kbit/s, mientras que el servicio contratado fue

de 600 Kbit/s. El throughput medido durante el desarrollo de las pruebas extendidas durante 14 días, estuvo por el orden de 500 Kbit/s para ADSL, mientras que en el caso de CIA fue de 670 kbit/s

Para las medidas de ancho de banda y throughput, los niveles mínimos que se tienen en las medidas estadísticas, representan la peores condiciones que ocurrieron durante la prestación del servicio mientras se realizaron las pruebas, éstas podrían considerarse para la proyección de un sistema de transferencia de datos a implementarse a futuro. Para los retardos (Rtt, latencia, jitter) y el porcentaje de paquetes perdidos, los niveles máximos que se tienen en las medidas estadísticas, representan las peores condiciones en la prestación del servicio. Por lo que también se sugiere sean tenidas en cuenta en la proyección de un sistema de transferencia de datos, como las características para diseñar sobre el peor caso.

El ancho de banda fue de aproximadamente 640 kbit/seg y su pico más bajo se obtuvo en 50 kbit/s, figura 7.6. El rtt sobre TCP fue de 4,3 segundos aproximadamente, se presentaron diversas fluctuaciones en periodos de hasta 30 minutos, su pico máximo fue de 9,7 segundos, y su pico mínimo estuvo cerca de los 2 segundos, figura 7.10. La latencia medida sobre TCP es 1.8 segundos, su pico máximo fue de aproximadamente 5.7 segundos, su pico mínimo fue de 0.5 segundos, figura 7.14.

El jitter del rtt medido sobre TCP fue de 20 milisegundos, su pico máximo fue de aproximadamente 1 segundo, su pico mínimo permaneció por el orden de 20 ms, figura 7.18. El jitter en la Latencia sobre TCP fue de 20 milisegundos, su pico máximo fue de aproximadamente 0.5 segundos, su pico mínimo permaneció por el orden de 15 milisegundos. Como característica relevante, se observa que estos valores son similares a los del jitter del rtt medido sobre TCP, figura 7.22. El rtt sobre ICMP fue de 98 milisegundos, el pico más alto fue de 270 milisegundos, el pico mínimo se mantuvo por el orden de 98 milisegundos, figura 7.26. El jitter del rtt sobre ICMP fue de 2 milisegundos, su pico más alto fue de 90 milisegundos, figura 7.30. El porcentaje de paquetes perdidos fue casi despreciable, sin embargo, su pico más alto estuvo cercano al 30 por ciento de paquetes perdidos, figura 7.34. El throughput fue de 500 kbit/s aproximadamente, su pico más alto estuvo en 600 kbit/s y su pico más bajo estuvo en 50 kbit/s aproximadamente, figura 7.38.

#### 7.4.4. ACERCA DEL ENVÍO DE ARCHIVOS.

El ancho de banda que se midió mientras se desarrolló el envío de archivos, decreció a medida que se aumentaba el tamaño del archivo; con archivos muy pequeños las redes se desempeñan muy bien trabajando con TCP, pero cuando el archivo empieza a crecer el desempeño del enlace cambia de manera drástica, para el caso de CIA pasar de 64 KB a 256 KB significó una pérdida de casi el 50 por ciento de su capacidad. Para ADSL el mismo cambio sólo representó una caída del 18 por ciento de la capacidad manejada con los archivos de 64 KB. La tecnología ADSL soportó archivos de hasta 10 MB antes que el ancho de banda cayera por debajo del 50 por ciento del valor mostrado al manejar archivos de 64 KB, la tecnología CIA mostró este cambio cuando manejaba archivos de 512 KB, ver figura 7.76.

El tiempo requerido para descargar los archivos aumenta de manera no lineal con respecto al cambio que realiza el tamaño del archivo que se está manejando; con CIA el cambio en el archivo de 512 KB al doble 1 MB, representó un cambio en el tiempo de descarga de casi tres veces el tiempo requerido descargar el archivo de 512 KB, esto es de 15,83 segundos pasó a 45,26 segundos para la descarga del archivo de 1 MB. El comportamiento del enlace con ADSL fue un poco mas lineal, pues cuando se hacía un cambio del tamaño del archivo al doble del tamaño (de 256 KB pasar a 512 KB), el tiempo requerido también se aproximaba al doble del tiempo requerido en el archivo pequeño (4,17 segundos a 10 segundos). Para una proyección se puede tener en cuenta los tiempos requeridos para hacer el muestreo de múltiples sensores, de acuerdo al archivo que se desee procesar, ver figura 7.77.

## Capítulo 8

# DISPONIBILIDAD Y COBERTURA DE LOS SERVICIOS.

En el presente capítulo se presenta una descripción acerca de la disponibilidad de utilizar servicios de Internet en el área metropolitana de Bucaramanga, empleando las tecnologías ADSL y CIA.

### 8.1. PROVEEDORES DE SERVICIOS DE INTERNET CON TECNOLOGÍA ADSL Y CIA.

Un proveedor de servicios de internet ISP (*Internet Service Provider*), es una empresa que se dedica a suministrar internet a sus usuarios empleando las redes que posean, y a dar el mantenimiento necesario para que el acceso funcione de manera adecuada. El avance de la tecnología ha permitido que el acceso a internet pueda realizarse desde un gran número de dispositivos, los teléfonos móviles, el asistente digital personal PDA (*Personal Digital Assistant*), los computadores personales y el uso de tecnologías inalámbricas de transmisión de datos (GSM, WAP, GPRS, 3G, HSDPA, Wifi, entre otras) [62]. Por consiguiente, los ISP han tenido que adaptarse a las necesidades móviles de la vida actual, y asumir el reto tecnológico que esto plantea. Pero además de las conexiones telefónicas e inalámbricas, también ofrecen acceso a internet a través de las líneas de televisión por cable y de las transmisiones de la nueva televisión digital

terrestre (TDT) [62]. Actualmente se adelanta una fase de pruebas para determinar la calidad del acceso a internet empleando tecnología de comunicaciones mediante cable eléctrico PLC (*Power Line Communications*).

### **8.1.1. UNE, EPM TELECOMUNICACIONES**

UNE es una empresa de telecomunicaciones colombiana creada en 2006, que pertenece a las empresas públicas de Medellín que a su vez es propiedad del Municipio de Medellín, UNE agrupa a varias empresas del sector de las telecomunicaciones y presta sus servicios de telecomunicaciones a nivel nacional. UNE presta sus servicios en las siguientes ciudades Colombianas: Medellín, Bogotá, Cali, Popayán, Barranquilla, Cartagena, Pereira, Cúcuta, Bucaramanga, Armenia y Manizales, así como en diversas zonas rurales de los departamentos que corresponden a estas ciudades [63].

A continuación se presentan algunos de los servicios que presta esta ISP en Colombia:

- **Internet Banda Ancha:** UNE presta servicios de internet conmutado, banda ancha alámbrica e inalámbrico en varias ciudades de Colombia. Actualmente las velocidades en sus servicios van desde "500k" hasta 4000k, para prestar estos servicios, tiene varias tecnologías: ADSL, Wimax y CIA.
- **Telefonía larga distancia** en Medellín, Pereira, Manizales y Bogotá así como en sus departamentos respectivos.
- **Wimax** en Medellín, Pereira, Manizales, Bogotá, Cali, Popayán, Cúcuta, Bucaramanga, Pasto, Ibagué, Cartagena, Barranquilla y Villavicencio.
- **CIA:** Esta red presta servicios de televisión por cable, y tiene cubrimiento en ciudades como Cartagena, Bucaramanga, Medellín, Buga, Armenia, Manizales y Pereira [63].

### **8.1.2. TELEBUCARAMANGA**

Telebucaramanga es una compañía que brinda servicios de telecomunicaciones en Colombia, específicamente en el departamento de Santander. En el caso de los servicios de internet, empleando tecnología ADSL se puede afirmar que suministra servicios desde 350 kbit/s hasta 4000 kbit/s. los servicios que presta son

principalmente de tipo comercial y residencial [64]. A continuación se presentan algunos de los servicios que presta esta ISP en Colombia:

- **Internet Conmutado:** permite conectarse a internet sin contratos, ni cargos fijos, únicamente cancelando el tiempo que usted esté navegando.
- **Internet inalámbrico:** Los usuarios que disponen de un computador de escritorio, una computadora portátil o un PDA con el puerto (802.11) pueden conectarse al servicio de internet de forma inalámbrica en los principales sitios públicos de la ciudad.
- **Banda Ancha:** Este servicio le permite establecer la conexión a la red de internet a través del par de cobre de la línea telefónica convencional, utilizando la línea telefónica como medio, sin interferir el servicio habitual de voz [64].

## 8.2. TECNOLOGÍA ADSL.

En el área metropolitana de Bucaramanga el principal proveedor de servicios de internet con tecnología ADSL es Telebucaramanga, ya que cubre en un gran porcentaje, el suministro de servicios de internet con tecnología ADSL. En razón al número de transformadores de energía que existen en la zona metropolitana de Bucaramanga (3585 aprox.) brinda una cobertura de hasta un 97 por ciento.

Luego de solicitar de manera formal, información acerca de las zonas en las cuales la empresa Telebucaramanga suministra servicios de internet, ésta entidad emitió respuesta a la solicitud planteada, en donde se especifican los lugares en los cuales existe cobertura de servicios de internet, lo anterior con base al número de transformadores que tiene la Eléctricadora de Santander ESSA. De la cobertura de los servicios con ADSL se puede decir que cubren una amplia zona en el área metropolitana de Bucaramanga, como se mencionó anteriormente, cubren en gran medida, los servicios de internet en las zonas en donde existen transformadores de energía. De lo anterior, se puede considerar factible la instalación de un sistema de telemetría, empleando este tipo de tecnología. En la tabla 8.1 se muestra un ejemplo acerca de la ubicación de cuatro de los 3585 transformadores que existen en el área metropolitana de Bucaramanga, en ella se describe el propietario, el código del transformador (Asignado por la electrificadora), dirección en donde se

encuentra ubicado el transformador, el nombre del barrio, el municipio al cual pertenece (para el caso particular, todos los transformadores están ubicados en Bucaramanga) y la existencia o no de la cobertura.

PROPIETARIO	CODIGO	DIRECCION	BARRIO	MUNICIPIO	COBERTURA
PARTICULAR	701643	CRA 19 18-44	SAN FRANCISCO	B/MANGA	SI
PARTICULAR	701660	CLL 21 17-34	SAN FRANCISCO	B/MANGA	SI
ESSA ESP	10167	0	VEREDA SAN CAYETANO	B/MANGA	NO
ESSA ESP	10168	0	VEREDA SAN CAYETANO	B/MANGA	NO

Tabla 8.1: Ejemplo de la descripción de la ubicación de los transformadores y la cobertura.

### 8.3. TECNOLOGÍA CIA

En el área metropolitana de Bucaramanga el principal proveedor de servicios de internet sobre cable (CIA) es UNE EPM Telecomunicaciones, ya que cubre buena parte del área metropolitana de Bucaramanga con sus servicios de internet. Luego de solicitar de manera formal, información acerca de las zonas en las cuales la empresa UNE EPM Telecomunicaciones suministra servicios de internet, esta entidad respondió ante dicha solicitud con un reporte en el cual se muestran los lugares en los cuales se suministra cobertura de servicios de internet con CIA. En la tabla 8.2 se muestra un ejemplo en donde se especifica el número del Nodo, el nombre del Barrio, el tipo de servicio prestado (Unidireccional, Bidireccional, Mixto) y el área de cobertura especificada con la dirección en la cual se encuentra ubicado el servicio. Para el interés de este proyecto, se tendrá en cuenta únicamente los servicios Bidireccional y Mixto, ya que en el caso del servicio Unidireccional, es decir servicios de televisión por cable, no se suministra internet [63].

De la cobertura de los servicios con CIA se puede decir que cubren un parte importante del área metropolitana de Bucaramanga, sin embargo se debe tener en cuenta que aún no se encuentra cubierta la totalidad del área metropolitana, sobretodo en zonas alejadas en donde no se dispone de estos servicios de internet sobre Cable, por lo que puede considerarse factible la instalación de un sistema

de telemetría, empleando este tipo de tecnología con algunas restricciones, como el cubrimiento parcial de esta tecnología en la zona metropolitana de Bucaramanga [63].

<b>NODO</b>	<b>BARRIO</b>	<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>AREA DE COBERTURA</b>
13	Plaza Mayor	MIXTO	Desde la cr 3 hasta la 8A entre calles 55 A y 63B, incluyendo canelos desde la cr 1, Samanes I (Unidirección)
77	SAN CRISTOBAL	BIDIRECCION	SAN CRISTOBAL, CABECERA DEL LLANO, SAN MARCOS
24	Provenza	UNIDIRECCION	Entre calles 100 y 114 entre carreras 29 y 33 ( Asturias, Diamante I,)

Tabla 8.2: Ejemplo de cobertura de internet con CIA.



## Capítulo 9

# IMPLEMENTACIÓN DE LOS ENLACES DE COMUNICACIONES.

### 9.1. MATERIALES

En la tabla 9.1 se enumeran los materiales empleados en la realización y puesta en servicio del enlace de comunicaciones punto a punto en el sitio acordado con el proyecto SITELRED. La instalación comprende los equipos de adquisición de datos (equipo de medida de la calidad de la energía eléctrica, gateway de ZigBee), acometida eléctrica de potencia (líneas de energía eléctrica, fusibles, toma múltiple), los equipos de comunicaciones (módem de la tecnología requerida y router Linksys para poder acceder al equipo por conexión inalámbrica), las cajas que almacenan todos los equipos y el soporte que permite mantener las cajas soportadas al poste.

### 9.2. MÉTODO

Para la implementación es necesario acoplar los materiales antes mencionadas en dos cajas de 46\*46\*20, que están sostenidas por un acople metálico diseñado previamente, en la figura 9.1(e) se observan las dos cajas unidas y soportada en el poste por un marco metálico.

<b>CANTIDAD</b>	<b>NOMBRE DEL MATERIAL</b>
4	Cajas herméticas de 43*43*20 marca TablePlast
10	Preñoestopas de 1/2 pulgada
1	Tubo de Silicona Líquida
2	Acople metálico para soportar dos cajas de 46*46*20
4	Portafusible * 3 fusibles
2	Regleta eléctrica de 4 puestos para empalme de cables
2	Multitoma de 5 puestos
40 [m]	Alambre calibre 10 Centelsa
20 [m]	Alambre calibre 12 Centelsa
1	Módem tecnología cable módem ref. Scientific Atlanta DPC2100R2
1	Módem tecnología ADSL ref. D-LINK DSL 524 B
40 [m]	Cable UTP categoría 5
4 [m]	Riel Din
50	Tornillos golosos de 3/4 de pulgada con arandela
50	Tornillo + tuerca + arandela de 3 pulgadas
2	Equipos medidores de calidad de energía
2	Router Wi-Fi Linksys
50	Amarres plásticos de 15 cm
8 [m]	Zuncho metálico de 3/4 de pulgada.
10	Ganchos para zuncho metalico de 3/4 de pulgada.
2	Rollos de cinta eléctrica marca 3M

Tabla 9.1: Materiales para implementar los enlaces de comunicaciones.

En la figura 9.1(a) se muestra la distribución que tiene la caja que almacena los equipos de comunicaciones, aquí se encuentran el router linksys, un módem y el gateway zigbee. En la figura 9.1(b) se describe los componentes de potencia eléctrica y el analizador de calidad de energía. En la figura 9.1(c) se encuentran las dos cajas sin tapas antes de ser montadas en el marco, en la figura 9.1(d) se aprecia el aspecto de una caja cerrada bien sea con los equipos de comunicaciones, o con el equipo analizador de calidad de la energía; finalmente en la figura 9.1(e) se detalla como espalda con espalda sobre el marco son montadas las dos cajas y unidas al poste por medio de cinta de acero inoxidable.



(a) Caja de comunicaciones, módem y routers



(b) Caja del analizador de redes eléctricas y acometidas.



(c) Dos cajas sin tapas; listas con todos los materiales y las conexiones.



(d) Caja cerrada.



(e) Cajas armadas listas para instalar en el poste.

Figura 9.1: Descripción de la distribución de los materiales en las cajas que se instalarán en los postes.



# Capítulo 10

## CONCLUSIONES.

La cobertura de los servicios de internet con la tecnología ADSL es considerablemente superior a la cobertura de la tecnología CIA, por lo que la decisión de implementar un sistema de telemetría empleando tecnología ADSL tiene gran favorabilidad en el evento de la cobertura de los servicios de internet en comparación con la tecnología CIA (Ver capítulo 8).

El ajuste de los parámetros (tiempo de duración de la prueba, MTU y tamaño de la ventana TCP) de las herramientas (iperf y D-ITG) para medir el desempeño del enlace de comunicaciones, lograron hacer confiables las medidas sobre las características de la tasa de transferencia efectiva de datos, permitiendo observar eventos dinámicos (caídas del ancho de banda y throughput, aumento en los retardos, pérdidas de paquetes) en las campañas de medida que se desarrollaron durante 14 días continuos sobre los enlaces establecidos con las tecnologías ADSL y CIA. (Ver figuras 7.1(a), 7.1(b), 7.2(a) y 7.2(b)).

Al comparar los datos obtenidos en las pruebas de ajuste de los parámetros de las herramientas iperf y D-ITG, se encontró similitud en las medidas cuando los tiempos eran mayores a 35 segundos. Cuando el tiempo era menor a 35 segundos, se observaron variaciones significativas en los datos obtenidos con los parámetros por defecto, mientras que en las medidas realizadas con los parámetros ajustados se conserva una desviación pequeña (Ver figuras 7.1(a), 7.1(b), 7.2(a) y 7.2(b)).

El valor del jitter medido en el rtt sobre TCP , es similar al valor del jitter medi-

do en la latencia sobre TCP , esto se presenta tanto para la tecnología ADSL (ver secciones (7.2.1.4) y (7.2.1.5)) como para la tecnología CIA (ver secciones (7.2.2.4) y (7.2.2.5)), se recomienda en la elaboración de futuros trabajos, tener en cuenta sólo una de éstas medidas.

En las tecnologías ADSL y CIA se debe tener en cuenta que para realizar descargas de archivos desde un gateway es necesario tener en cuenta que debe existir un alto ancho de banda disponible, pequeños retardos y que el porcentaje de paquetes perdidos sea muy pequeño. Durante al menos 5 días, se registraron fluctuaciones considerables en la medida del ancho de banda de la tecnología ADSL (Ver figura 7.5), que afectaron el funcionamiento del sistema de comunicaciones implementado. Estas fluctuaciones se presentaron en horarios comprendidos entre las 8:00 a.m y las 10:00 a.m.

De acuerdo a lo anterior se deben considerar éstas características en determinadas franjas de horario específicos, para ADSL se recomienda revisar las estadísticas del ancho de banda (Ver figura 7.6), las estadísticas del throughput (Ver figura 7.38), las estadísticas del rtt sobre TCP (Ver figura 7.10) y las estadísticas del porcentaje de paquetes perdidos (Ver figura 7.34). Se recomienda utilizar las franjas desde la 00:00 a.m hasta las 1:00 a.m, desde las 4:00 p.m hasta las 5:00 p.m, y desde las 7:30 p.m hasta las 11:59 p.m, para buscar eficiencia en el sistema de comunicaciones.

En la tecnología CIA, Para analizar éstas características en una o varias horas específicas, se recomienda revisar las estadísticas del ancho de banda (Ver figura 7.42), las estadísticas del throughput (Ver figura 7.74), las estadísticas del rtt sobre TCP (Ver figura 7.46) y las estadísticas del porcentaje de paquetes perdidos (Ver figura 7.70). Se recomienda utilizar las franjas desde la 1:00 a.m hasta las 2:00 a.m y desde las 9:30 p.m hasta las 11:30 p.m, para buscar eficiencia en el sistema de comunicaciones.

A partir del tiempo requerido o destinado por el equipo supervisor del sistema de telemetría, se puede ajustar el tamaño del archivo que se debe suministrar en cada uno de los gateway, con este dato y remitiéndose a la figura 7.77 se puede aproximar el tamaño del archivo con el que se debe trabajar. Basados en el comportamiento observado en las campañas de medidas, el cual se encuentra registrado en las figuras 7.76 y 7.77, se recomienda trabajar con archivos menores o iguales a 512 KB, para asegurar

un desempeño óptimo del enlace y que los tiempos en el intercambio de los archivos no supere los 16 segundos.



# Capítulo 11

## TRABAJOS FUTUROS.

En este proyecto se utilizó el servidor fénix como punto de referencia para los dos enlaces de comunicaciones, en la tabla de sucesos se aprecia que la mayoría de inconvenientes obtenidos ocurrieron por la dependencia de las instalaciones de una red privada, tanto en los aspectos de energía eléctrica como en la red privada de comunicaciones.

De acuerdo a lo anterior, se propone emplear equipos de mejor rendimiento y mayor capacidad, realizar las campañas de medidas teniendo como referencia un punto final de la red pública, para poder administrarlo totalmente; adicional a esto, instalar unas UPS para respaldar los equipos y los módems utilizados para permitir medir de manera continua con menos contratiempos.

Un trabajo adicional puede consistir en el desarrollo de una herramienta de software que sea capaz de integrar y administrar los procesos requeridos para la configuración, almacenamiento, análisis estadístico de los datos; de diferentes herramientas para el análisis de desempeño de los enlaces de comunicaciones.

Para otro trabajo, se propone desarrollar una herramienta de hardware-software que permita sincronizar los relojes internos de los computadores involucrados en el desarrollo de pruebas de análisis de desempeño de un enlace de comunicaciones, logrando comparar niveles de microsegundos o nano-segundos y mejorar las medidas de los retardos relacionados con la latencia.



# Bibliografía

- [1] F. Tropeano, “Mediciones Sobre Redes De Comunicaciones De Datos,” *AHCIET, Revista de Telecomunicaciones*, no. 95, 2003.
- [2] M. J. Álvarez, A. P. Flórez, and Y. A. Rodríguez, “Diseño e implementación de una metodología para la evaluación de una red inalámbrica (WLAN 802.11b).” Proyecto de pregrado de la Universidad Industrial de Santander, 2004.
- [3] S. G. Pinzón, “Predicción de la tasa de Throughput en una red inalámbrica (WLAN 802.11b).” Proyecto de pregrado de la Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [4] O. Gualdrón. (2008, Julio) “generalidades redes comunicaciones”. Universidad Industrial de Santander. [Internet]. Visite: <http://groups.google.com.co/group/tcpip/files?hl=es>
- [5] W. Goralski, *Tecnologías ADSL y xDSL*. Mc Graw-Hill, España., 2002.
- [6] J. A. Carballar, *ADSL Guía del Usuario*. Alfaomega, México., 2003.
- [7] (2008, Julio) “tutoriales de comunicaciones”. TECHFAQ. [Internet]. Visite: <http://www.tech-faq.com/networking-tutorials.shtml>
- [8] J. A. Carballar, *ADSL*. Alfaomega, México., 2003.
- [9] D. Reynders and E. R. Wright, *Practical Fundamentals of Telecommunications and Wireless Communications*. IDC Technologies Pty Ltd, Australia., 2008.
- [10] T. Kessler and W. Henkel, “Simulation of ADSL over ISDN on German subscriber lines,” *Communications Letters, IEEE*, vol. 1, no. 5, pp. 124–126, 1997.
- [11] G. Long, M. Kamali, A. Fazlollahi, and V. R. C. Inc., “Competition stimulates technology advances: experiences from ADSL development in Japan,” *Communications Magazine, IEEE*, vol. 43, no. 9, pp. 110–115, Sept 2005.

- [12] J. Kiniry and P. C. C. Metz. California Inst. of Technol., “Cable modems: cable TV delivers the Internet,” *Internet Computing, IEEE*, vol. 2, no. 3, pp. 12–15, May/June 1998.
- [13] M. Sadiku and C. Aduba., “Cable modem technology,” *Potentials, IEEE*, vol. 19, no. 4, pp. 26–27, Oct/Nov 2000.
- [14] D. Fellows and D. Jones., “DOCSISTM cable modem technology,” *Communications Magazine, IEEE*, vol. 39, no. 3, pp. 202–209, Mar 2001.
- [15] J. M. Huidobro, *Comunicaciones: interfaces, módems, protocolos, redes y normas*. Paraninfo, Madrid., 1992.
- [16] J. A. Carballar., *El libro de las comunicaciones del PC: técnica, programación y aplicaciones*. Alfaomega, México., 1997.
- [17] (2009, Abril) “protocolo tcp, protocolo icmp, protocolo udp, capa de transporte”. [Internet]. Visite: <http://www.saulo.net/pub/tcpip/b.htm>
- [18] (2009, Enero) “rfc petición de comentarios”. Kioskea.net. [Internet]. Visite: <http://es.kioskea.net/contents/internet/rfc.php3>
- [19] J. A. Carballar., *SEGURIDAD PARA COMUNICACIONES INALÁMBRICAS : REDES, PROTOCOLOS, CRIPTOGRAFÍA Y SOLUCIONES*. McGraw-Hill, Madrid., 2003.
- [20] J. M. H. David Roldán, *COMUNICACIONES EN REDES WLAN : WIFI, VOLP, MULTIMEDIA, SEGURIDAD*. Creaciones Copyright, Madrid., 2006.
- [21] (2009, mayo) “rfc petición de comentarios”. Kioskea.net. [Internet]. Visite: <http://www.rfc-editor.org/>
- [22] (2009, Enero) “el protocolo icmp”. Kioskea.net. [Internet]. Visite: <http://es.kioskea.net/contents/internet/icmp.php3>
- [23] (2009, mayo) “nmap advanced”. ConfusedMInd. [Internet]. Visite: <http://www.arrakis.es/~pjleon/rfc-es/rfc/rfc0792-es.txt>
- [24] G. C. RUNGER. and D. C. MONTGOMERY, *PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA APLICADA A LA INGENIERÍA*. McGraw-Hill, México., 1997.

- [25] (2009, mayo) “mediana”. Trans.96A # 75 D -10 Int 27 - Tel: (57) (1) 2290010. [Internet]. Visite: [http://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a\\_9.html](http://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a_9.html)
- [26] T. A. Sweeney, D. J. Anderson, and D. R. Williams, *Estadística para Administración y Economía*. Thomson,México., 2001.
- [27] A. G. Martínez. (2009, junio) “media, mediana, moda”. Trans.96A # 75 D -10 Int 27 - Tel: (57) (1) 2290010. [Internet]. Visite: <http://www.spssfree.com/spss/analisis1.html>
- [28] J. L. Arnoldk, J. Milton, J. Susan, and C. Magallanes, *Probabilidad y estadística:con aplicaciones para ingeniería y ciencias computacionales*. Mc Graw-Hill,México., 2004.
- [29] (2009, junio) “mediana”. Wikipedia. [Internet]. Visite: [http://es.wikipedia.org/wiki/Mediana\\_\(estad%C3%ADstica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Mediana_(estad%C3%ADstica))
- [30] G. C. Montgomery and D. C. Runger, *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. Mc Graw-Hill,México., 1996.
- [31] M. Dischinger, A. Haeberlen, K. P. Gummadi, and S. Saroiu., “Characterizing Residential Broadband Networks,” *IEEE*, vol. 39, Oct 2007.
- [32] K. Cho, K. Fukuda, H. Esaki, and A. Kato., “The Impact and Implications of the Growth in Residential User-to-User Traffic,” *IEEE*, Sep 2006.
- [33] T. Oetiker and D. Rand. (2009, Agosto) “multi router traffic grapher”. MRTG. [Internet]. Visite: <http://oss.oetiker.ch/mrtg/>
- [34] T.Ñguyen and S. U. of Technol. Melbourne Vic. Australia. G.J. Armitage. Centre for Adv. Internet Architectures, “Experimentally derived interactions between TCP traffic and service quality over DOCSIS cable links,” *Global Telecommunications Conference, 2004. GLOBECOM '04. IEEE*, vol. 3, pp. 1314–1318, Nov/Dic 2004.
- [35] M. Muuss. (2009, Octubre) “ttcp/nttcp/nuttcp/ipperf versions”. [Internet]. Visite: <http://sd.wareonearth.com/~phil/net/ttcp/>

- [36] (2009, Octubre) “consideraciones sobre la capacidad y calidad de los enlaces proyecto: Red de datos comunitaria san juan”. MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA. [Internet]. Visite: [http://infraestructura.sanjuan.gov.ar/licitacion.01-07/pdf\\_p/09-AnexoIII-medicion\\_de\\_ancho\\_de\\_banda.pdf/](http://infraestructura.sanjuan.gov.ar/licitacion.01-07/pdf_p/09-AnexoIII-medicion_de_ancho_de_banda.pdf/)
- [37] A. Tirumala, L. Cottrell, and T. Dunigan, “Measuring end-to-end bandwidth with Iperf using Web100,” Proyecto CS Dept. University of Illinois, SLAC. Stanford University, ORNL., 2003.
- [38] J. Castilleja. (2009, Octubre) “pruebas experimentales para la medición de parámetros que determinan la calidad del servicio”. Autónoma Nuevo León. [Internet]. Visite: [http://www.cudi.edu.mx/primavera2003/presentaciones/juan\\_castilleja.pdf](http://www.cudi.edu.mx/primavera2003/presentaciones/juan_castilleja.pdf)
- [39] A. Hoffstadt, C. Maureira, S. Morales, G. Zamora, and I. Villacura. (2008, Noviembre) “construcción de un sistema operativo auto-arrancable para rescate de sistemas dañados”. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile. [Internet]. Visite: <https://trac.inf.utfsm.cl/proyectos/livecd/attachment/wiki/WikiStart/livecd.3.pdf>
- [40] S. Schuh, “Migrating Small Business Networks To IPv6,” Proyecto Universidad Wien., 2006.
- [41] S. Maier, D. Herrscher, K. R. of Parallel, and D. S. (IPVS)., “Experiences with Node Virtualization for Scalable Network Emulation,” *Computer Communications Journal*, Feb 2007.
- [42] (2008, Noviembre) “to measure the ethernet network throughput”. SSV EMBEDDED SYSTEMS 2006, mHT5280-43.doc, Rev. 1.00. [Internet]. Visite: <http://www.dilnetpc.com/mHT5280-43.pdf>
- [43] G. Alonso, P. Stuedi, and S. Graf, “Implementing a virtual network interface for Linux 2.6,” Proyecto Institute of Pervasive Computing ETH Zurich., 2006.
- [44] J. Hurwitz and W. C. F. Noije, “Initial End-to-End Performance Evaluation of 10-Gigabit Ethernet,” in *Proceedings of IEEE 11th Symposium on High-Performance.*, Agosto 2003.

- [45] U. A. de Chiapas. (2009, Octubre) “protocolo de pruebas”. Universidad Autónoma de Chiapas, Licitación Pública Nacional No. LPN/UNACH/001/09. [Internet]. Visite: [http://www.unach.mx/req/Protocolo\\_de\\_Pruebas\\_Lotes\\_1\\_y\\_3.pdf](http://www.unach.mx/req/Protocolo_de_Pruebas_Lotes_1_y_3.pdf) and [http://www.unach.mx/req/Protocolo\\_de\\_Pruebas\\_Lotes\\_4\\_y\\_5.pdf](http://www.unach.mx/req/Protocolo_de_Pruebas_Lotes_4_y_5.pdf)
- [46] C. K.Hnast. (2008, Julio) “medición de prestaciones de la red”. Departamento de informática, Universidad de Valencia. [Internet]. Visite: <http://informatica.uv.es/it3guia/PR/Archivos/GuionP1.pdf>
- [47] J. Silva and N. Mendoza, “Implementation and Empirical Evaluation of Server Selection Policies for Accessing Replicated Web Services,” in “XXV Congresso de Sociedade Brasileira de Computacao.”, “Julio” 2006.
- [48] C. K.Hnast. (2009, Octubre) Httping: Chequeo web. “el día a día del administrador de sistemas”. Linux-Magazine Español. [Internet]. Visite: <http://www.linux-magazine.es/issue/16/Charly.pdf>
- [49] K. Lim, H. Rod, and . D.S. Yun, “iCOMOS: an ADSL Service Provisioning System based on Workflow Management,” *Telecommunications Network Laboratory. Korea*, pp. 800–811, Feb 2002.
- [50] R. F. Bedoya, “Análisis de requerimientos para los servicios de tele vigilancia y videoconferencia a través del sistema ADSL en la empresa de telecomunicaciones de Bucaramanga S.A. E.S.P,” Proyecto de pregrado. Universitaria de Santander udes.Bucaramanga, 2003.
- [51] C. P. Acosta, “Evaluación de la viabilidad tecnológica para la implementación del servicio tele vigilancia soportado en ADSL,” Proyecto de pregrado. Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB. Bucaramanga., 2004.
- [52] D. O. Cocuy and Y. Rincón, “Modelamiento y construcción de una red ADSL que permita la integración de los servicios HDTV e Internet,” Proyecto de pregrado. Universidad Manuela Beltrán UMB. Bogota., 2007.
- [53] (2009, Agosto) “iperf“. University of Central Florida. [Internet]. Visite: <http://www.noc.ucf.edu/Tools/Iperf/default.htm>
- [54] S. Avallone and A. Pescape. (2009, Agosto) “pagina oficial para el soporte de la herramienta d-itg“. Dipartimento di Informatica e Sistemica, Università di

- Napoli Federico II, Italy. [Internet]. Visite: <http://www.grid.unina.it/software/ITG/>
- [55] (2008, Noviembre) “the home page for iperf“. [Internet]. Visite: <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>
- [56] A. Santos, F. Milagro, V. González, and G. Martín, “Sistema de comunicaciones V2V basado en IEEE 802.11b,” Proyecto subvencionado por la Comisión Europea bajo el 6o Programa Marco, en el que participa Telefónica I+D. Referencia IST-2004-027071, 2007. [Internet]. Visite: <http://www.com2reactproject.org/>.
- [57] M. Egli and D. Gugelmann. (2009, Agosto) “iperf - network stress tool“. [Internet]. Visite: <http://wo-ist.net/files/iperf.pdf>
- [58] V. Semken. (2009, Agosto) “mediciones con distributed internet traffic generator“. EHAS,WIKI. [Internet]. Visite: [http://wiki.ahas.org/index.php?title=Mediciones\\_con\\_Distributed\\_Internet\\_Traffic\\_Generator](http://wiki.ahas.org/index.php?title=Mediciones_con_Distributed_Internet_Traffic_Generator)
- [59] S. Avallone, D. Emma, A. Pescape, and G. Ventre. (2009, Agosto) “a practical demonstration of network traffic generation“. Dipartimento di Informatica e Sistemica, Universita di Napoli Federico II, Italy. [Internet]. Visite: <http://www.grid.unina.it/software/ITG/D-ITGpublications/54URCININA.pdf>
- [60] S. Avallone, A. Pescape, and G. Ventre. (2009, Agosto) “distributed internet traffic generator (d-itg): anaysis and experimentation over heterogeneous networks“. Dipartimento di Informatica e Sistemica, Universita di Napoli Federico II, Italy. [Internet]. Visite: <http://www.grid.unina.it/software/ITG/D-ITGpublications/29URCININA-ICNP2003poster.pdf>
- [61] ——. (2009, Agosto) “analysis and experimentation of internet traffic generator“. Dipartimento di Informatica e Sistemica, Universita di Napoli Federico II, Italy. [Internet]. Visite: <http://www.grid.unina.it/software/ITG/D-ITGpublications/New2an-ITG.pdf>
- [62] (2009, Octubre) “isp proveedor de servicios de internet“. Licencia Creative Commons. [Internet]. Visite: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proveedor\\_de\\_servicios\\_de\\_Internet](http://es.wikipedia.org/wiki/Proveedor_de_servicios_de_Internet)

- [63] (2009, Octubre) “une empresa de telecomunicaciones colombiana “. EPM Telecomunicaciones. [Internet]. Visite: [http://es.wikipedia.org/wiki/EPM\\_Telecomunicaciones](http://es.wikipedia.org/wiki/EPM_Telecomunicaciones)
- [64] (2009, Octubre) “telebucaramanga“. Copyright 2008, Telebucaramanga E.S.P., by Aktivia Networks. [Internet]. Visite: [www.telebucaramanga.com.co](http://www.telebucaramanga.com.co)