



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

---

## **Título**

**Desarrollo de una Herramienta para el Procesamiento y  
Visualización de Parámetros de QoS a partir de Trazas  
de Tráfico VoIP**

---

**TRABAJO DE TESIS  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**INGENIERO EN REDES**

**PRESENTAN**

**Oscar Emmanuel Manzanilla Avila  
Luis Arturo Rodriguez Filigrana**

**DIRECTOR DE TESIS  
Dr. Homero Toral Cruz**

**ASESORES**

**L.C.C. Jorge Ricardo Gómez Montalvo  
M.T. Martín Antonio Santos Romero**



CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2017



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

---

TRABAJO DE TESIS ELABORADO BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE  
ASESORÍA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE:

**INGENIERO EN REDES**

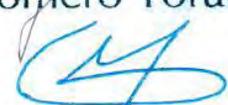
---

**COMITÉ DE TRABAJO DE TESIS**

**DIRECTOR:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Homero Toral Cruz

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
L.C.C. Jorge Ricardo Gómez Montalvo

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
M.T. Martín Antonio Santos Romero



# Agradecimientos

## Por parte de Oscar E. Manzanilla Avila

A DIOS, por habernos brindado la oportunidad de llevar a cabo esta experiencia, por darnos la sabiduría y ayudarnos a tener paciencia para poder trabajar en conjunto y sacar adelante los proyectos y metas que nos tenemos propuestos.

A mis PADRES, a quienes les debo lo que soy ahora, quienes me han brindado su apoyo incondicional y su sabiduría hasta donde ellos han podido, por no haberme abandonado y estado conmigo en todo momento, por haber creído en mí, cuando tenía todo en contra y por nunca darme la espalda a pesar de todos los problemas, por haberme hecho estudiar, y enseñarme que las cosas se alcanzan con esfuerzo y dedicación, y por siempre motivarme a seguir a hacer lo correcto y por mostrarme que siempre hay que seguir intentando, que no por fallar debo abandonar mis planes, que siempre hay otra oportunidad y que ellos me apoyaran siempre a superar mis metas.

A mis Hermanas, la Lic. Loreli Vianey Manzanilla Avila y la Lic. Dafne Selene Manzanilla Avila, quienes me brindaron su apoyo incondicional, que me motivaron a seguir en mi carrera, me aconsejaron me guiaron y me ayudaron cuando lo necesitaba, siempre estaré agradecido por todo su apoyo a pesar de que nunca se los solicite.

A mi ASESOR, el Dr. Homero Toral Cruz, por su gran apoyo, no solo como maestro o asesor, sino como amigo, él me ha demostrado que todo es posible si te esfuerzas, que no hay barreras para lograr lo que quieres, le doy las gracias por haberme ayudado a cumplir mis sueños mis metas, y por haberme apoyado para poder llevar mis habilidades a un nuevo nivel, le doy las gracias por los viajes de conocimiento y por toda la ayuda que me brindo, más allá del deber de un maestro.

Al Dr. Deni Torres Roman, por haberme recibido como alumno de estancia profesional en su área en el “*CINVESTAV unidad Guadalajara*”, por los conocimientos que me ayudo a adquirir y por haberme dado la oportunidad de superarme y demostrar de lo que soy capaz.

A mi COMPAÑERO DE TESIS Luis Arturo Rodriguez Filigrana por ser el mejor amigo, y una de las mejores personas que he conocido, gracias por tu amistad, por todo lo que me ayudas, por haber sido mi compañero de tesis, y sobre todo gracias por los 5 años que aguantamos juntos la carrera, por siempre haber estado allí y darme tu apoyo, nunca terminare de agradecerte todos estos años de amistad que forjamos, gracias por estar allí como amigo y compañero, a pesar de todo lo que hemos tenido que pasar en la carrera

A mis compañeros y AMIGOS Aida, Walter, Araceli, Landy, Wendy e Inés por haber estado conmigo en toda la carrera, por el apoyo que me brindaron. Gracias por todos los momentos que pasamos, tanto buenos como malos y por todo su apoyo, amigos como ustedes hay pocos.

### **Por parte de Luis Arturo Rodríguez Filigrana**

A Dios, por habernos dado esta gran oportunidad tanto a mi como a mi compañero de tesis Oscar de poder realizar este gran trabajo en conjunto y por la gran experiencia que hemos adquirido en el paso de estos últimos años en la universidad.

A mis Padres, sin su apoyo día a día, creo no haber podido llegar a lo que soy ahora, ustedes que nunca se rindieron conmigo y que creyeron en mí, por todas las cosas que me han enseñado a lo largo de mi vida, los malos momentos que hemos llegado a tener y hemos logrado superar, por haberme motivado y darme las oportunidades de poder seguir con mis estudios, por enseñarme el nunca rendirse ante nada y levantarme para poder lograr mis metas.

A mi Asesor, el Dr. Homero Toral Cruz, por haberme brindado una gran cantidad de oportunidades durante estos años de universidad, por haber confiado tanto en mi como en mis compañeros para realizar proyectos, por darme la gran

oportunidad de realizar una estancia profesional en Guadalajara, por todo el apoyo que nos brinda para los trabajos y proyectos, sé que es una persona ocupada, pero hace un esfuerzo por nosotros y lo aprecio mucho, más que un profesor, es un gran amigo.

A mi Compañero de Tesis Oscar Emmanuel Manzanilla Avila, es una gran persona, durante estos 5 años en la universidad nos hemos enfrentado a muchos desafíos y hemos logrado salir adelante, por todos esos momentos de relajación que pasamos junto a nuestros compañeros, las veces en las que hemos logrado salir de situaciones difíciles y por el apoyo que me has brindado, eres un gran compañero y un gran amigo, y lo aprecio mucho, sé que en el futuro llegaremos a cumplir nuestros sueños y metas siempre y cuando nos lo propongamos.

A mis Compañeros y Amigos Aída, Walter, Araceli, Alfredo, Landy y Wendy por haber estado ahí cuando más lo necesite, por todo el apoyo que me han brindado durante todos estos años, y por todos esos momentos en los que hemos logrado compartir, hayan sido buenos o malos, siempre nos tendremos los unos a los otros para ayudarnos, ojalá y en un futuro siga siendo así.

# Dedicatorias

## Por parte de Oscar E. Manzanilla Avila

Principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo, por darme la mejor herencia que unos padres pueden dejar, una carrera para mi futuro, para poder creer y estar siempre orgullosos de mí, por brindarme todo su amor. Gracias por todo lo que me dieron para llegar hasta aquí.

A mis hermanas por estar conmigo siempre y porque nunca em abandonaron y siempre me alentaron y ayudaron a seguir, nunca podré terminar de pagarles todo lo que han hecho.

A mis amigos Aida, Walter, Araceli e Inés por estar conmigo durante la carrera, por haber compartido todos los momentos alegres y tristes, gracias por ser mis amigos y siempre estar allí.

A mi compañero de tesis, por haber emprendido este viaje juntos y acabarlo igual, gracias por ser mi amigo.

A mis compañeros de estancia, gracias por los momentos que pasamos en nuestra estancia, por haber enfrentado ese reto y gracias por los momentos que vivimos en Guadalajara.

A mi asesor Dr. Homero Toral Cruz, por creer en mí en todo momento, por sus consejos y guías, por motivarme para la realización de este trabajo, por toda la ayuda que me ha brindado, y por los momentos de alegría que pasamos mientras transcurría la carrera.

## **Por parte de Luis Arturo Rodríguez Filigrana**

A mis padres y a mi hermano, por haberme alentado por continuar con mis estudios y esto es una muestra de todo el esfuerzo que hice, por todo su apoyo durante todos estos años en el transcurso de mi vida y de mis estudios y por los futuros momentos que están por llegar. Lograre seguir sobresaliendo en mis estudios para que estén orgullosos, y no sé cómo agradecerles por todo el esfuerzo que han hecho conmigo.

A mis compañeros y amigos de la carrera Aida, Walter y Araceli por todo su apoyo y su confianza todos estos años, a los cuales les deseo mucho éxito en la vida y en sus planes futuros.

A Oscar, mi compañero de tesis, por haber llegado tan lejos en la carrera, y con quien he demostrado que el trabajo en equipo es muy eficaz y con muy buenos resultados.

A mi Asesor el Dr. Homero Toral Cruz, por haber confiado en mí y mi compañero para realizar este proyecto y por todo su apoyo brindado todos estos años.

## Resumen

En la actualidad, las redes IP (Protocolo de Internet) ha tenido un gran avance en cuanto al desarrollo tecnológico y el acceso de los usuarios a la misma; de igual forma, han surgido nuevas aplicaciones multimedia como de Voz sobre el Protocolo de Internet (VoIP), lo cual incrementa significativamente el volumen de tráfico en tiempo real que se transporta a través de la misma.

Por otro lado, Internet proporciona un servicio de mejor esfuerzo y no puede ofrecernos garantías en términos de ancho de banda, pérdida de paquetes (PLR), retardo en un sentido (OWD) y jitter; por lo cual, el nivel de calidad de servicio (QoS) puede variar en función del estado de la red. Una red de mejor esfuerzo puede presentar muchos deterioros en la transferencia de paquetes, lo cual impacta directamente en la calidad de servicio; una medida de prevención para estos casos es analizar mediante mediciones de red, los principales parámetros de QoS, tales como: jitter, pérdida de paquetes, retardo, etc. El análisis mencionado anteriormente, incrementa en gran medida su complejidad cuando se realiza sobre una red de gran dimensión, debido a que la cantidad de tráfico que se transporta sobre ella es proporcional a su tamaño, lo cual implica el procesamiento y análisis de cientos, miles o millones de trazas de datos.

En base a los puntos mencionados anteriormente, en esta tesis se desarrolla una herramienta para el análisis y la evaluación de los principales parámetros de QoS en tráfico VoIP, mediante la visualización gráfica de los siguientes parámetros:

1. Retardo OWD (One Way Delay)
2. Retardo RTT (Round Trip Time)
3. Número de paquetes recibidos
4. Número de paquetes perdidos
5. Número de paquetes recibidos fuera de secuencia
6. PLR
7. Vector de paquetes perdidos
8. Jitter
9. MOS (Mean Opinion Score)

10. Factor R
11. Número de ráfagas
12. Longitud de ráfagas
13. Número de gaps
14. Longitud de gaps
15. PLR durante ráfagas
16. Ancho de banda promedio
17. Degradación de la voz debido al PLR
18. Degradación de la voz debido al CODEC
19. Degradación de la voz debido al OWD

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO 1: INTRODUCCION.....  | 1  |
| 1.1 Justificación .....  | 2  |
| 1.2 Hipótesis.....   | 3  |
| 1.3 Objetivo General.....  | 3  |
| 1.4 Objetivos Particulares .....                                       | 3  |
| 1.5 Alcance .....  | 4  |
| CAPITULO 2: VOZ SOBRE PROTOCOLO DE INTERNET Y CALIDAD DE SERVICIO..... | 6  |
| 2.1 Voz sobre Protocolo de internet (VoIP).....                        | 6  |
| 2.1.1 Estructura básica de un sistema VoIP.....                        | 7  |
| 2.1.2. Estructura básica de paquete de voz.....                        | 8  |
| 2.1.3 Protocolos utilizados en VoIP.....                               | 11 |
| 2.1.4. Codificadores.....  | 13 |
| 2.1.4.1 Clasificación de los codificadores .....                       | 13 |
| 2.1.4.2 En forma de onda .....   | 13 |
| 2.1.4.3 Vocoders .....   | 14 |
| 2.1.4.4 Sistemas de codificación Híbridos .....                        | 14 |
| 2.2 Calidad de Servicio (QoS) .....                                    | 14 |
| 2.2.1 Parámetros de QoS .....  | 15 |
| 2.2.1.1 Retardo.....   | 15 |
| 2.2.1.2 Jitter.....  | 16 |
| 2.2.1.3 Pérdida de Paquetes .....                                      | 16 |
| 2.2.2 Métodos de evaluación de QoS .....                               | 19 |
| 2.2.2.1 MOS .....  | 19 |
| 2.2.2.2 Modelo E .....   | 20 |
| CAPITULO 3: HERRAMIENTAS DE MEDICION DE LA RED .....                   | 23 |
| 3.1 Wireshark.....   | 23 |
| 3.2 VQMon.....   | 24 |
| 3.3 VQCapture.....   | 25 |
| 3.4 CommView .....   | 26 |
| CAPITULO 4: ESPECIFICACION DE REQUERIMIENTOS.....                      | 29 |

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 4.1  | Requerimientos Funcionales .....                          | 30  |
| 4.2  | Requerimientos No Funcionales .....                       | 31  |
| CAPITULO 5: DISEÑO DEL PROGRAMA .....                        |   | 34  |
| 5.1  | Modelo de Información Obtenida del VQCapture .....        | 34  |
| 5.2  | Hipótesis de arquitectura del sistema .....               | 35  |
| 5.2.1  | Descripción de diseño preliminar .....                    | 35  |
| 5.3  | Desarrollo de programa en la plataforma Matlab .....      | 39  |
| 5.3.1  | Descripción de funciones de Matlab .....                  | 43  |
| 5.3.1.1  | Descripción general del programa .....                    | 43  |
| 5.3.1.2  | Descripción de funciones diseñadas .....                  | 44  |
| 5.3.2  | Diseño de interfaz de usuario .....                       | 50  |
| 5.3.2.1  | Descripción de la página principal .....                  | 50  |
| 5.3.2.2  | Descripción de la sección de generación de gráficos. .... | 53  |
| 5.4  | Documentación generada por el sistema .....               | 56  |
| CAPITULO 6: EVALUACION DEL PROGRAMA EN REDES CONTROLADAS ... |   | 60  |
| 6.1  | Escenario de prueba .....                                 | 60  |
| 6.1.1  | Codificaciones utilizadas .....                           | 61  |
| 6.1.2  | Tiempos de análisis .....                                 | 62  |
| 6.1.3  | Resultados de Pruebas .....                               | 62  |
| CAPITULO 7: PRUEBAS DEL PROGRAMA EN REDES NO CONTROLADAS ... |   | 88  |
| 7.1  | Escenario de pruebas .....                                | 88  |
| 7.2  | Recopilación de datos de la conexión entre zonas .....    | 89  |
| 7.3  | Resultados de las pruebas .....                           | 90  |
| 7.3.1  | Sábado 15 de Julio .....                                  | 90  |
| 7.3.2  | Domingo 16 de Julio .....                                 | 102 |
| 7.3.3  | Lunes 17 de Julio .....                                   | 114 |
| 7.3.4  | Martes 18 de Julio .....                                  | 126 |
| 7.3.6  | Jueves 20 de Julio .....                                  | 150 |
| 7.3.7  | Viernes 21 de Julio .....                                 | 162 |
| CAPITULO 8: CONCLUSIONES .....                               |   | 175 |
| REFERENCIAS .....  |   | 178 |

# Capítulo 1

## CAPITULO 1: INTRODUCCION

Voz sobre el protocolo de Internet (VoIP) es una tecnología en constante evolución, que permite transportar señales de voz sobre redes de datos, tales como Internet. Internet no ofrece garantías en términos de ancho de banda, tasa de pérdida de paquetes (PLR), retardos y jitter [1-2]; parámetros importantes que determinan la calidad de servicio (QoS) en aplicaciones en tiempo real como VoIP. Una técnica para poder hacer frente a estos desperfectos es mediante el análisis y caracterización de estos parámetros, mediante mediciones de red [3].

Existen diversas herramientas para realizar mediciones de tráfico en Internet, dentro de las más populares podemos mencionar Wireshark [4], CommView® [5], VQcapture™ [6] y VQmon® [7]. Una característica en común de estas herramientas es que todas permiten guardar las trazas de tráfico VoIP, mediante archivos “.pcap” y proporcionan reportes a los usuarios en formato “.csv”; sin embargo, no proporcionan un entorno gráfico para realizar de manera amigable el análisis de QoS en aplicaciones VoIP. Una alternativa para realizar el análisis de QoS a partir de los archivos “.pcap” y “.csv”, es de forma manual; no obstante, cuando realizamos mediciones de voz en una red corporativa con múltiples usuarios, dicha alternativa resulta impráctica y tediosa, debido al gran volumen de tráfico generado.

Motivados por los puntos anteriores, en este trabajo de tesis se desarrollará una herramienta para plataforma de escritorio en Matlab para el procesamiento y visualización de parámetros de QoS a partir de trazas de tráfico VoIP. Los parámetros a procesar y visualizar son los siguientes: retardo OWD (One Way Delay), retardo RTT (Round Trip Time), número de paquetes recibidos, número de paquetes perdidos, número de paquetes recibidos fuera de secuencia, PLR, vector de paquetes perdidos, jitter, MOS (Mean Opinion Score), factor R, número de ráfagas, longitud de ráfagas, número de gaps, longitud de gaps, PLR durante ráfagas, ancho de banda promedio, degradación de la voz debido al PLR (1-10,

ideal=0), degradación de la voz debido al codec (1-10, ideal=0) y degradación de la voz debido al OWD (1-10, ideal=0).

## 1.1 Justificación

El desarrollo de una herramienta para el procesamiento y visualización de parámetros de QoS a partir de trazas de tráfico VoIP, presenta una gran cantidad de beneficios en el área de análisis y evaluación de desempeño, entre los cuales podemos mencionar: Fácil interpretación de múltiples valores asociados a un parámetro de QoS mediante una sola gráfica, facilidad de manejo de múltiples parámetros de QoS en el análisis de desempeño de una red VoIP, realización de análisis de QoS más eficientes en aplicaciones VoIP, implementación de soluciones más precisas gracias a los resultados de análisis de tráfico VoIP, mayor entendimiento del comportamiento de la red en determinados periodos de tiempo, implementación de metodologías más prácticas de análisis de tráfico VoIP, implementación de un sistema de detección de fallas más práctico y de fácil entendimiento para los usuarios que administran una red VoIP.

En base a los beneficios mencionados anteriormente, surge la idea de desarrollar una herramienta que cubra dichas características, que pueda ser fácil de usar e implementar, que pueda analizar las trazas de tráfico VoIP sin importar el tamaño de los datos medidos, y pueda ser usada por usuarios principiantes y expertos en el área de análisis y evaluación de desempeño. Además, que pueda garantizar un fácil entendimiento del comportamiento del tráfico VoIP sobre redes IP.

## 1.2 Hipótesis.

El rápido crecimiento de Internet y la aparición de múltiples servicios en tiempo real, han incrementado la carga de tráfico en las redes IP, por tal motivo, la evaluación de desempeño de servicios en tiempo real mediante mediciones de red, puede implicar el análisis de miles o millones de trazas de tráfico en la red, lo cual dificulta dicho análisis. Una forma de facilitar el análisis de tráfico y la evaluación de desempeño de aplicaciones en tiempo real como VoIP, es mediante herramientas que permitan el procesamiento y visualización de sus principales parámetros de QoS a partir de trazas de tráfico VoIP.

## 1.3 Objetivo General

Desarrollar una herramienta para el procesamiento y visualización de parámetros de QoS a partir de trazas de tráfico VoIP.

## 1.4 Objetivos Particulares

- Diseñar una interfaz gráfica amigable con el usuario.
- Implementar las funciones que realizaran el procesamiento y visualización de los diversos parámetros de QoS.
- Capturar trazas de tráfico VoIP en una red WAN mediante mediciones con Wireshark.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la herramienta a partir de las trazas de tráfico VoIP capturadas.

## 1.5 Alcance

En esta tesis se desarrolló una herramienta para el procesamiento y visualización de parámetros de QoS que permitirán evaluar el desempeño de aplicaciones VoIP. Los parámetros a procesar y visualizar de forma gráfica mediante la herramienta desarrollada son los siguientes: retardo OWD, retardo RTT, número de paquetes recibidos, número de paquetes perdidos, número de paquetes recibidos fuera de secuencia, PLR, vector de paquetes perdidos, jitter, MOS, factor R, número de ráfagas, longitud de ráfagas, número de gaps, longitud de gaps, PLR durante ráfagas, ancho de banda promedio, degradación de la voz debido al PLR, degradación de la voz debido al codec y degradación de la voz debido al OWD.

# Capítulo 2

## CAPITULO 2: VOZ SOBRE PROTOCOLO DE INTERNET Y CALIDAD DE SERVICIO

### 2.1 Voz sobre Protocolo de internet (VoIP)

Voz sobre el protocolo de internet o voz sobre IP (VoIP por sus siglas en inglés) es una tecnología usada para transmitir en tiempo real voz sobre el protocolo de internet (IP). La idea original detrás de VoIP es transmitir la señal de voz en tiempo real a través de una red de datos y reducir el coste de las llamadas de larga distancia ya que las llamadas VoIP pasaran a través de redes basadas en paquetes con un costo de transferencia controlado, en lugar de la tradicional red telefónica pública conmutada (PSTN) la cual es costosa para llamadas de larga distancia. Hoy en día, la nueva tendencia es incluir llamadas de voz y de video en VoIP. VoIP fue inventado originalmente por Alon Cohen y Lior Haramaty en 1995. El primer teléfono del internet fue lanzado en febrero de 1995 por VocalTec y una patente flagship en el transceptor de audio para la comunicación en tiempo real o casi en tiempo real de la señal de audio sobre una red de datos. Este fue el primer intento en la historia de las telecomunicaciones destinado a transmitir datos y voz al mismo tiempo sobre una red de datos común. Tradicionalmente la voz y los datos se enviaban a través de 2 redes separadas con datos sobre paquetes de red y voz sobre PSTN.

Muchas empresas y organizaciones usan VoIP para llamadas de conferencias rutinarias, reuniones de proyectos y entrevistas a empleados. Las nuevas aplicaciones VoIP han ampliado aún más el campo de trabajo de VoIP para incluir comunicaciones continuas y oportunas. VoIP se ha convertido en una herramienta invaluable para las comunicaciones empresariales, sociales y familiares.

Detrás del gran éxito y la amplia penetración de VoIP se encuentran los avances tecnológicos más importantes en las tecnologías de información y la comunicación (TICs) que sustentan su entrega y sus aplicaciones. Sin esto, VoIP a como lo

conocemos hoy en día no sería posible. Las tecnologías clave incluyen métodos avanzados de comprensión de voz, comprensión de video, protocolos de transporte de señalización (SIP/SDP), protocolos de transporte (RTP/RTCP), calidad de servicio (QoS) y calidad de experiencia (QoE) de gestión, monitoreo y control.

### 2.1.1 Estructura básica de un sistema VoIP

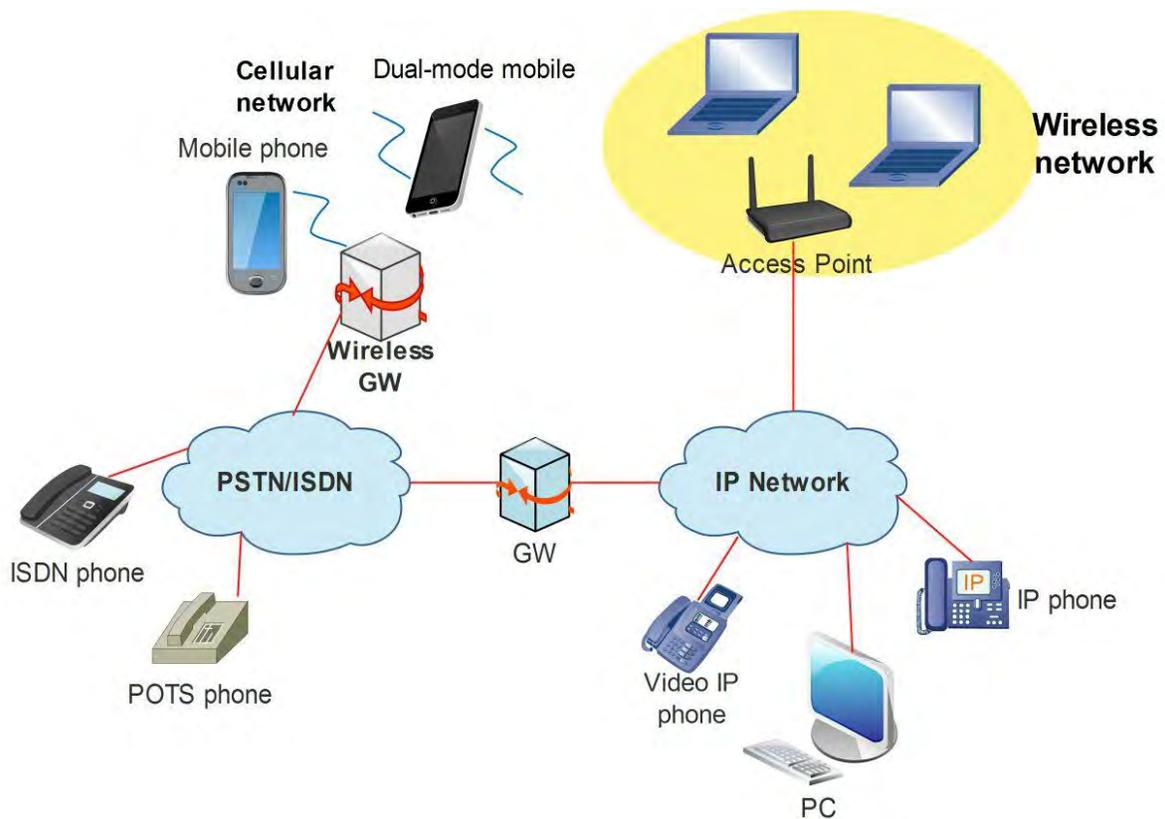


Figura 2.1 Estructura básica de un sistema de VoIP

Las redes basadas en IP ahora llevan todo tipo de tráfico, incluyendo voz y video en tiempo real, en la Figura 2.1 se muestra una configuración generalizada para llamadas VoIP. Una llamada VoIP puede originarse o enviarse a un dispositivo móvil o fijo o una PC y puede ser encaminado a través de diferentes redes, incluyendo redes privadas, internet, redes móviles y enlaces por satélite, un ejemplo sería la red de una universidad con varios campus, la cual utiliza la comunicación por paquetes para transmitir datos de VoIP en tiempo real a través

de su red principal, además de contar con conexión a través de internet con sus otras instituciones, para generar la comunicación de enlace remoto, de envió de paquetes de trama de VoIP en tiempo real o casi en tiempo real, debido al tráfico que viaja a través de internet, como es el caso de la Universidad de Quintana Roo.

Una llamada de teléfono móvil también puede llegar a un teléfono IP o a un softphone de una PC a través del Gateway inalámbrico y una red IP.

Una llamada de teléfono móvil también puede llegar a un teléfono IP o un softphone de una PC a través de un gateway inalámbrico y una red IP. Los teléfonos inteligentes actuales con modalidad dual pueden conmutar automáticamente entre el acceso inalámbrico a LAN (WLAN) y el acceso móvil celular. El acceso a Internet puede ser inalámbrico o fijo (por cable). Para el acceso inalámbrico, esto puede basarse en WLAN, Wireless Mesh Network o WiMAX. El acceso fijo o por cable puede basarse en ADSL, cable módem o fibra óptica. La capacidad de banda ancha del acceso inalámbrico y por cable a Internet ha ampliado considerablemente el alcance de las aplicaciones VoIP. La videollamada y las funciones de conferencia amplían aún más las aplicaciones de los servicios VoIP.

### **2.1.2. Estructura básica de paquete de voz**

Después de que la voz / video se ha comprimido a través del codificador en el lado del emisor, los flujos de bits de voz / vídeo comprimidos necesitan ser empaquetados y luego enviados a través de redes basadas en paquetes (por ejemplo, redes IP). Para voz sobre IP, un paquete normalmente contiene una o varias tramas de voz. Por ejemplo, para G.729, una trama de voz contiene 10 segundos de muestras de voz. Si un paquete contiene una trama de voz, entonces por cada 10 segundos, un paquete IP será enviado a la red IP (a través de la interfaz de red). Si un paquete contiene dos tramas de voz, entonces se enviará a la red un paquete IP que contiene dos tramas de voz. Si se introducen más tramas de voz en un paquete IP, tendrá un retraso de transmisión de extremo a extremo

más largo que afectará la calidad de las sesiones de VoIP, pero será más eficiente en el uso del ancho de banda de transmisión.

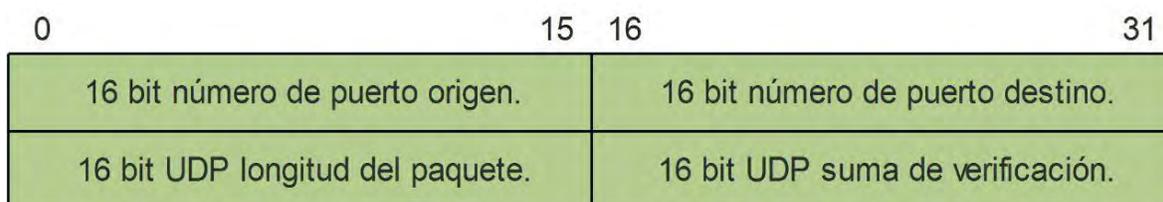


Figura 2.2 Encabezado de UDP

En comparación con TCP, UDP (User Datagram Protocol), es muy simple en su estructura y funciones. La siguiente Figura 2.2 se muestra el encabezado UDP que sólo contiene 8 bytes, con 16 bits para el número de puerto de origen, 16 bits para el número de puerto de destino, 16 bits para la longitud del paquete UDP y 16 bits restantes para la suma de comprobación UDP.

No hay etapa de establecimiento de la conexión, no hay control de flujo, control de congestión y mecanismos de retransmisión como se proporciona en TCP. Ninguna etapa de conexión (sin conexión) y ningún mecanismo de retransmisión significan que la transferencia UDP es más rápida que la transferencia TCP. Ningún número de secuencia y mecanismo de reconocimiento significa que la transferencia de paquetes UDP no conocerá el orden de sus paquetes y no sabrá si se recibe o no un paquete.

Esto hace que la transferencia UDP sea rápida, pero poco fiable. La naturaleza de transferencia rápida de UDP lo hace adecuado para aplicaciones multimedia en tiempo real, como VoIP, que también puede tolerar cierto grado de pérdida de paquetes. Ninguna naturaleza punto a punto y control de flujo hace que UDP sea adecuado tanto para aplicaciones unicast como multicast.

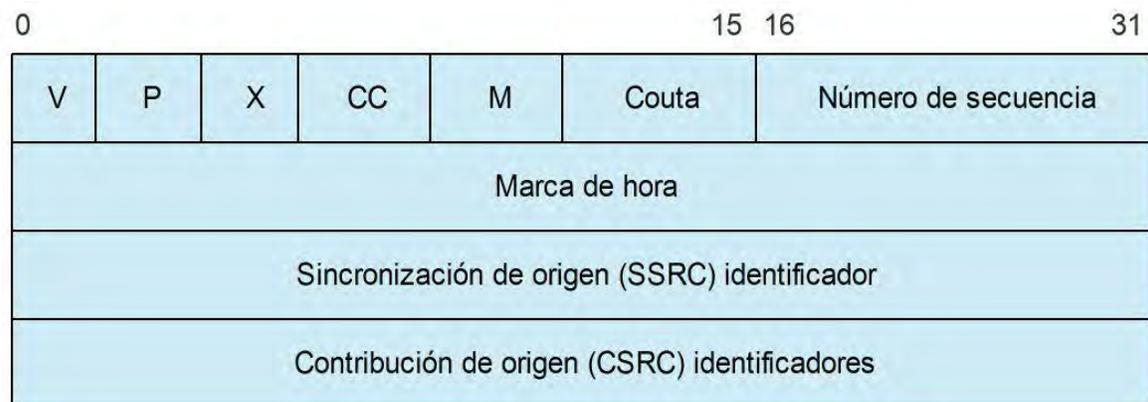


Figura 2.2 Encabezado de RTP

El objetivo del RTP es apoyar la transferencia de datos multimedia en tiempo real a través del protocolo de transporte UDP. RTP agregó el número de secuencia con el fin de identificar la pérdida de los paquetes RTP. Junto con el campo timestamp, permite al receptor reproducir los paquetes de voz / video recibidos en el orden correcto y en la posición correcta. Otros campos como SSRC y CCRC se utilizan para identificar la fuente de voz o video involucrada en una sesión VoIP o identificar las fuentes contribuyentes que son mezcladas por el remitente VoIP. RTCP (RTP Control Protocol), en asociación con RTP, se utiliza para supervisar la calidad de servicio de una sesión de VoIP y para transmitir información sobre los participantes en una sesión en curso. Los paquetes RTCP se envían periódicamente y contienen informes de emisor y / o receptor (por ejemplo, para la tasa de pérdida de paquetes y el valor de jitter).

El encabezado RTP incluye principalmente el tipo Payload (para códecs de audio / vídeo), el número de secuencia y la marca de tiempo.

La Figura 2.3 muestra el encabezado RTP que incluye los siguientes campos.

- **V:** Este campo (2 bits) contiene la versión del protocolo RTP.
- **P:** Este es el bit de relleno que indica si hay campos de relleno en el paquete RTP.
- **X:** Este es el bit de extensión que indica si el encabezado de extensión está presente.

- **CC:** Este campo (4 bits) contiene el recuento CSRC.
- **M:** Este es el bit de marcador. Por voz, esto marca el inicio de una conversación de voz.
- **Cuota:** Este campo (7 bits) contiene el tipo payload para códecs de voz o vídeo. Para la ley PCM- $\mu$ , el tipo de payload se define como cero.
- **Número de secuencia:** Este campo (16 bits) contiene el número de secuencia que se incrementará en uno por cada paquete RTP enviado para detectar la pérdida de paquetes.
- **Marca de Hora:** Este campo (32 bits) indica el instante de muestreo cuando se generó el primer octeto de los datos RTP.
- **Identificador SSRC:** SSRC es para la fuente de sincronización. Este campo (32 bits) contiene el identificador de una fuente de voz o video. Los paquetes originados en la misma fuente tendrán el mismo número SSRC.
- **Identificador CSRC:** Sólo estará disponible cuando el valor del campo CC no sea cero, lo que significa que se han mezclado más de una fuente para producir el contenido de este paquete.

### 2.1.3 Protocolos utilizados en VoIP

La pila de protocolos VoIP consiste en técnicas y/o protocolos en la capa de aplicación, la capa de transporte (TCP o UDP), la capa de red (IP) y la capa física/enlace.

La capa física/enlace se refiere a las técnicas y protocolos en las redes de transmisión tales como Ethernet (IEEE 802.2), redes inalámbricas de área local (WLAN, IEEE 802.11) y redes móviles celulares (GSM / UMTS 2G / Redes móviles 3G o redes móviles 4G basadas en LTE).

El protocolo de capa de red, tal como el Protocolo de Internet (IP), es responsable de la transmisión de paquetes IP desde el remitente al receptor a través de Internet y principalmente sobre dónde enviar un paquete y cómo encaminar

paquetes a través del mejor camino desde el remitente al receptor a través de Internet (con respecto a los protocolos de enrutamiento).

El protocolo de capa de transporte (TCP o UDP) es responsable de proporcionar un canal de transporte lógico entre el emisor y los hosts receptores (o construir un canal lógico entre dos procesos que se ejecutan en dos hosts que están conectados por Internet).

A diferencia de los protocolos de capa física/enlace y/o capa de red que son ejecutados por todos los dispositivos de red (tales como puntos de acceso inalámbricos, conmutadores de red y enrutadores) a lo largo de la trayectoria desde el emisor al receptor, el protocolo de capa de transporte, sólo se ejecuta en sistemas finales.

La pila de protocolos VoIP incluye protocolos de capa de transporte TCP y UDP, con protocolos de transporte de medios (RTP / RTCP) situados encima de UDP, mientras que el protocolo de señalización (SIP) puede estar situado encima de TCP o UDP

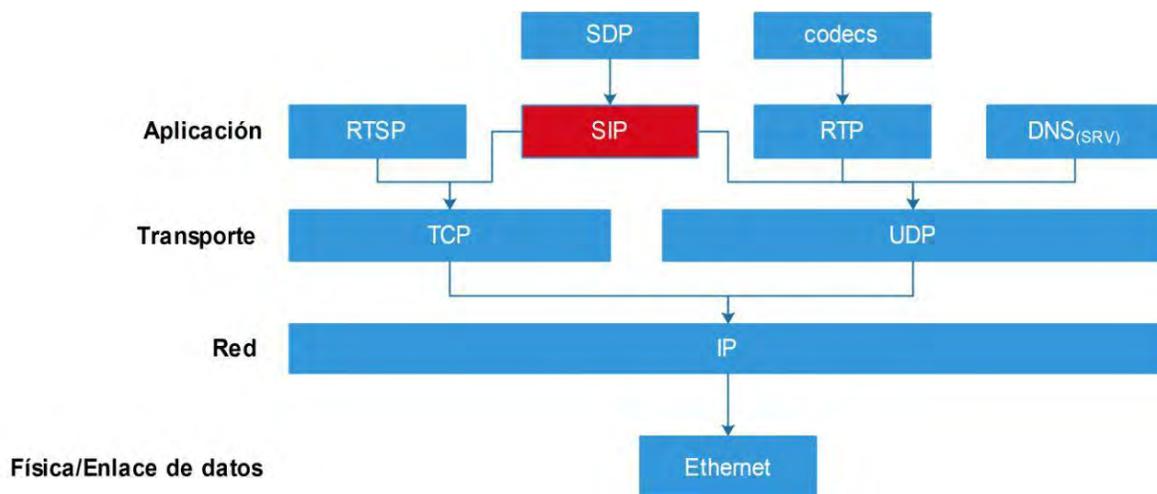


Figura 2.4 Pila de protocolos VoIP

#### **2.1.4. Codificadores.**

Los codificadores o códecs son utilizados en los sistemas de transmisión de voz con el objetivo de reducir el volumen de paquetes que serán transmitidos a través de la señal, y también con el objetivo de que la pérdida de calidad de la señal descomprimida con respecto a la señal sin comprimir, sea lo menor posible.

La gran mayoría de los codecs están definidos por los estándares de la International Telecommunication Union (ITU) y en las cuales se indica como son codificadas a raves del flujo de datos las señales de voz. Los codecs son diseñados de tal manera que se utilizan en la digitalización de las señales de voz a rave de una conmutación de paquetes que determina tanto el número de bits que deberá poseer el paquete de voz y la cantidad que debe alcanzar la transmisión digital.

##### **2.1.4.1 Clasificación de los codificadores**

Un códec es un algoritmo que se implementa en la transmisión de datos que convertirá la señal de voz analógica a una digital para su transmisión a través de la red. De los cuales podemos encontrar los siguientes codificadores o codecs:

- En forma de onda
- Vocoders
- Híbridos

##### **2.1.4.2 En forma de onda**

Los codificadores de forma de onda se encargan de analizar la señal, con el objetivo de recrearla o reproducirla lo más cercano posible a la misma. Usualmente estos son independientes del tipo de señal, lo que les permite poder analizar una gran variedad de ellas, sin mucha restricción del tipo de señal a

recrear, estos codificadores aprovechan la redundancia de la señal para así poder hacer una predicción de la misma y poder codificarla, de tal manera que mientras más redundancia hay en la señal mayor es la tasa de comprensión del codificador y da una mejor traducción y codificación de la misma, o dicho de otra manera, la codificación de la señal de onda es directamente proporcional a la redundancia que posee la señal.

#### **2.1.4.3 Vocoders**

Los vocoders son analizadores de los parámetros para la codificación de la voz, estos mismos analizan un periodo de tiempo de la señal con el objetivo de obtener parámetros específicos, como son el modelo de la señal y la excitación de la misma, entre otros, estos parámetros son los que los vocoders codifican y para el proceso de señalización y decodificación utilizan un modelo de sinterización de la voz, el cual decodifica y permite la reproducción de la señal en forma digital.

#### **2.1.4.4 Sistemas de codificación Híbridos**

Los sistemas de codificación híbridos o analizadores de síntesis son una combinación de las funciones de la codificación de forma de onda en conjunto con las del sistema de los vocoders para dar comienzo a un sistema de codificación coordinado, el objetivo de estos es obtener la mejor calidad de la voz de la señal codificada con el menor número de tasa de bits.

Estos codificadores analizan varios tramos de la señal a la vez y los manejan como uno solo, con el objetivo de obtener la mayor cantidad de parámetros posibles, en esta parte trabaja como un vocoder pero en vez de analizar un tramo de la señal en el tiempo analiza varios tramos de la señal a la vez, con el objetivo de sintetizarlos y así poder obtener una imagen clara de la señal.

### **2.2 Calidad de Servicio (QoS)**

Calidad de Servicio (QoS) se define como “el efecto colectivo del desempeño del servicio, que determina el grado de satisfacción de un usuario del servicio”. En

redes o en un campo más específico de voz y video sobre IP, la calidad de servicio generalmente es referida como Calidad de Servicio de Red (NQoS) con un enfoque en la calidad del rendimiento de la red IP en contraste con la QoS de extremo a extremo(end-to-end) que también incluye la calidad de servicio terminal / dispositivos finales o segmentos / dispositivos relacionados con las redes de comunicación conmutadas (SCN) tales como PSDN, ISDN y GSM.[8(pp. 123 BOOK1)]

### 2.2.1 Parámetros de QoS

Para garantizar un cierto nivel de calidad de servicio se utilizan ciertos parámetros específicos para así, determinar el nivel de calidad que llegara hacia el usuario final.

Estos parámetros son:

- Retardo
- Jitter
- Pérdida de paquetes

#### 2.2.1.1 Retardo

El retardo en una red IP es el tiempo que un paquete enviado desde el remitente hasta llegar al receptor.

El retardo de la red IP consiste principalmente en los siguientes componentes:

- **Retardo de propagación:** depende únicamente de la distancia física de la vía de comunicación y del medio de comunicación [12].
- **Retardo de transmisión:** es la suma del tiempo que tardan las interfaces de red en los routers para enviar el paquete a lo largo de la ruta [12].
- **Retardo de procesamiento nodal:** es la suma del tiempo que tarda en los routers para decidir donde enviar el paquete basado en el análisis del encabezado de paquetes y la tabla de enrutamiento [12].

- **Retardo de cola:** es el tiempo que un paquete tiene que pasar en las colas de los routers a lo largo de la ruta. Se debe principalmente a la congestión de la red [12].
- **Retardo en un sentido (OWD):** es el tiempo que transcurre entre que el transmisor envía el primer bit de un paquete hasta que el receptor recibe el último bit del paquete.
- **Retardo ida y vuelta (RTT):** es el tiempo que transcurre cuando un paquete viaja del transmisor al receptor y luego viaja de vuelta al propio transmisor.

### 2.2.1.2 Jitter

El Jitter es la varianza estadística del intervalo de tiempo de interconexión de paquetes o la varianza del retardo de la red de paquetes y es causada principalmente por el componente de delay de cola a lo largo de la trayectoria. Hay diferentes definiciones de Jitter para representar el grado de la varianza del retardo.

En las aplicaciones de VoIP, la definición de jitter se basa en IETF RFC 3550 [8] donde la fluctuación de fase se define como la media desviación del espaciado de paquetes que cambia entre el remitente y el receptor.

### 2.2.1.3 Pérdida de Paquetes

La pérdida de paquetes de red es un impedimento clave de QoS de red que afectará la calidad de voz / video en aplicaciones VoIP.

Hay principalmente dos tipos de pérdida de paquetes. Uno es causado por las congestiones de red en los enlaces de cuello de botella a lo largo de la trayectoria debido al desbordamiento de la cola del búfer del enrutador. Este tipo de pérdida se llama **Pérdida Congestiva**.

Otro tipo de pérdida de paquetes, que se denomina **Pérdida no Congestiva**, se debe principalmente a enlaces con pérdidas como redes móviles / inalámbricas y redes de acceso ADSL y es de naturaleza aleatoria.

La pérdida de paquetes “busty” tiene un efecto más adverso en la calidad de voz / video cuando se compara con la pérdida aleatoria de paquetes. Esto se debe a que el codificador incorpora un mecanismo de ocultamiento de pérdida de paquetes en el lado del decodificador que es capaz de ocultar los paquetes perdidos basados en información de paquetes recibidos previamente.

Se han llevado a cabo muchas investigaciones para investigar las características de pérdida de paquetes basadas en la recopilación de datos de rastreo de Internet a través de medición activa o pasiva de QoS.

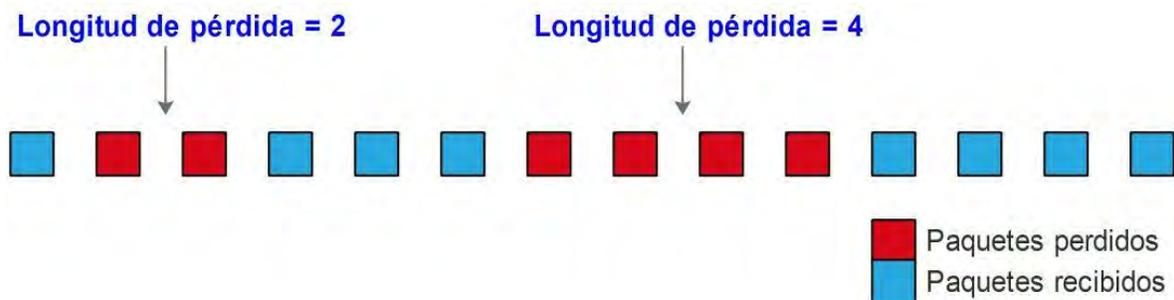


Figura 2.5 Pérdida de paquetes por ráfagas

### Modelo de pérdida de Bernoulli

También llamado modelo de pérdida aleatoria que asume cada pérdida de paquetes es independiente (Sin memoria), independientemente si el paquete anterior se perdió o no. Para este modelo solo se necesita una métrica para representar la tasa promedio de pérdida de paquetes [13].



## 2.2.2 Métodos de evaluación de QoS

La QoS es muy importante para las comunicaciones de voz sobre IP, es por eso por lo que hay métodos para evaluarla. Estos se dividen en dos, subjetivos y objetivos.

- Subjetivos

La calidad de voz se establece a través de la opinión del usuario. La calidad de audio puede ser evaluada directamente (ACR = Absolute Category Rating), o en forma comparativa contra un audio de referencia (DCR = Degradation Category Rating). El MOS (Mean Opinion Score) es el promedio de los ACR medios entre un gran número de usuarios.

- Objetivos

Miden propiedades físicas de una red para determinar el rendimiento hecho por los usuarios. Estos se dividen en Intrusivos (se estudia la degradación de una señal en la salida del canal) y No Intrusivos (donde se monitorean algunos parámetros de la red y en base a estos se permite establecer la calidad que recibirá un usuario).

### 2.2.2.1 MOS

MOS o Mean Opinion Score, da un valor numérico como una indicación de la calidad percibida de la voz recibida después de ser transmitida y comprimida usando códecs. Esta medida es el resultado de atributos de red subyacentes que actúan sobre el flujo de datos y es útil para predecir la calidad de las llamadas y es una buena herramienta de prueba de VoIP para determinar problemas que pueden afectar la calidad y sus conversaciones.

Probar la calidad de VoIP se ha hecho más fácil y los servicios han mejorado mucho en los últimos años debido a los proveedores cada vez más confiables y los ISP que ofrecen mejores conexiones.

Tener una métrica para medir los cambios o la degradación de la calidad de conexión de voz / VoIP después de una prueba puede ayudar a identificar problemas. Las llamadas VoIP suelen estar en el rango de 3.5 a 4.2 MOS. En la tabla 2.1 puede visualizarse una comparación para la calidad de voz [9].

|  |            |
|--|------------|
| Máximo para el codec G.711             | 4.4        |
| Muy Satisfecho                         | 4.3 – 5.0  |
| Satisfecho                             | 4.0 – 4.30 |
| Algunos usuarios satisfechos           | 3.6 – 4.0  |
| Muchos usuarios no satisfechos         | 3.1 – 3.6  |
| Casi todos los usuarios no satisfechos | 2.6 – 3.1  |
| No recomendado                         | 1.0 – 2.6  |

Figura 2.6 Tabla de Comparación de Calidad de Voz

### 2.2.2.2 Modelo E

Muchos estudios realizaron pruebas para relacionar los varios parámetros de red medibles con el MOS. La ITU ha recomendado el modelo E [10], un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión. Este modelo ha sido adoptado también por la ETSI y por la TIA [11] y es el modelo de opinión más ampliamente difundido.

El resultado primario del modelo es una cuantificación escalar de la calidad de audio que se estima percibirá un usuario. Una característica fundamental de este modelo es la utilización de factores de degradación de la transmisión que reflejen los efectos de los modernos dispositivos de procesamiento de señales.

El Modelo E calcula, en base a varios parámetros medibles de la red, un parámetro R que puede relacionarse con el MOS de acuerdo con la Tabla 2.2.



Figura 2.7 Relación R y MOS

# Capítulo 3

## CAPITULO 3: HERRAMIENTAS DE MEDICION DE LA RED

### 3.1 Wireshark

Wireshark es el analizador de protocolo de red más utilizado en el mundo. Le permite ver al usuario lo que está sucediendo en su red a un nivel profundo y es el analizador estándar en muchas empresas comerciales y sin fines de lucro, agencias gubernamentales e instituciones educativas. El desarrollo de Wireshark prospera gracias a las contribuciones voluntarias de expertos en redes de todo el mundo y es la continuación de un proyecto iniciado por Gerald Combs en 1998 [4].

Wireshark cuenta con una gran variedad de características entre las que podemos encontrar:

- Inspecciona los protocolos a fondo, mientras más tiempo pase el analizador activo aun ams analiza a profundidad
- Analiza y captura datos que viajen por la red en vivo
- Se puede ejecutar en Windows, Linux, macOS, entre muchos otros
- Las versiones actuales cuentan con funciones agregadas lo que les permite capturar y analizar datos de VoIP precisos diferenciando entre los sistemas SIP y H.323
- Los datos pueden ser visualizados en una interfaz gráfica amigable con el usuario

El analizador en si mismo permite capturar tramos de la red con tiempos exactos, los cuales pueden ser guardados en diferentes formatos, como es la extensión .gzip o la extensión .pcap utilizada en esta tesis, tiene la funcionalidad de guardar diferentes archivos sin que el usuario tenga que estar de manera presencial, ya que con unas cuantas configuraciones de inicio el analizador puede recopilar datos y almacenarlos según sus indicaciones. Los conjuntos de análisis almacenados pueden ser utilizados por otros programas, siempre y cuando cuenten con la compatibilidad para poder analizar el archivo.

Los archivos de captura comprimidos con gzip se pueden descomprimir en vivo, se pueden leer desde Ethernet, IEEE 802.11, PPP / HDLC, ATM, Bluetooth, USB, Token Ring, Frame Relay, FDDI y otros (dependiendo de su plataforma) además de que da soporte de descifrado para muchos protocolos, incluyendo IPsec, ISAKMP, Kerberos, SNMPv3, SSL / TLS, WEP y WPA / WPA2 [4].

### 3.2 VQMon

VQmon® es la tecnología más ampliamente implementada y confiable para analizar el rendimiento de los servicios de voz y video basados en IP. VQmon es muy compacto y eficiente en recursos, y puede ser integrado en una amplia gama de entornos incluyendo enrutadores, redes empresariales y residenciales y equipos de telecomunicaciones, clientes blandos y equipos de prueba [7].

VQmon es capaz de proporcionar evaluaciones de QoE muy exactos y al momento del análisis, ya que cuenta con un avanzado código y un algoritmo de calidad porcentual diseñado por la empresa Telchemy, es capaz de evaluar los resultados del factor MOS para audio y video de una manera tan fácil que lo evalúa de tal forma que es como si lo percibiera un usuario final por cada una de las llamadas analizadas de VoIP o cualquier otro tipo de sesión de llamada, videollamada o simplemente de video.

Usualmente el programa genera sus informes en tiempo real utilizando un hardware diseñado para los algoritmos de análisis, el cual es funcional únicamente para sus algoritmos de análisis, el cual es proporcionado a los usuarios para agilizar el rendimiento al proporcionarles la herramienta física compatible al programa y poder evaluar el rendimiento de datos de red, voz y vídeo en un periodo de tiempo reducido, además de poder trabajar en conjunto con una gran variedad de códecs de voz y video.

Puede soportar una gran variedad de dispositivos y/o programas terceros para ayudar a complementar el análisis y la evaluación de QoE como son:

- Routers

- Conmutadores
- Sondas, dispositivos analizadores
- Reproductores Multimedia
- Decodificadores
- Soporta IPv4, IPv6, VLANs , RTP.

VQmon es un código muy compacto y eficiente, capaz de monitorear miles de flujos de medios concurrentes y flujos de paquetes IP a tasas superiores a 1 millón de PPS por núcleo. Incorporado en dispositivos de consumo, VQmon analiza flujos de vídeo y voz en tiempo real utilizando sólo una fracción de la CPU [7].

### 3.3 VQCapture

VQcapture™ es una herramienta de análisis de captura de paquetes simplificada, que incorpora la tecnología de monitorización de rendimiento VQmon® de Telchemy. Es una sencilla pero sofisticada herramienta basada en CLI para analizar el rendimiento de las llamadas VoIP y sesiones de video IP y puede proporcionar métricas completas de paquetes de las capas 2/3/4 y estadísticas de tráfico/uso para una amplia gama de aplicaciones y servicios de red [6].

VQcapture ayuda a facilitar el análisis de VoIP ya que puede analizar miles de llamadas simultáneamente, y ayuda a filtrar parámetros que pueden usarse para la QoS como son el MOS, el Jitter, el Factor R entre otros además de dar las métricas de la llamada ya sea los paquetes enviados, las rutas por las cuales se transmitió la señal en ambas direcciones del flujo de datos, además de reconocer el códec, y varios parámetros analógicos, es capaz de hacer un análisis y rastreo de datos apoyándose con el programa VQmon, gracias a esto puede realizar un conjunto de acciones más definidas como:

1. Importar archivos MPEG2-TS y captura de paquetes.
2. Importar Archivos .pcap y resolver las métricas de análisis de tráfico de VoIP almacenadas
3. Detecta y analiza el rendimiento de los flujos de voz, video, audio y datos

4. Genera puntuaciones percibidas de calidad per-stream y métricas detalladas de rendimiento
5. Ver métricas en la consola del sistema o exportar a un archivo (texto o CSV)

Tal como se mencionan en los puntos 2 y 5, el VQcapture es capaz de filtrar los datos de un análisis realizado por el programa Wireshark, el cual devolverá un archivo de valores reparados por comas (.csv) que contendrá todas las métricas que se han mencionado antes, datos analógicos, paquetes perdidos y recibidos, IP de las llamadas, métricas para la QoS (MOS, Factor R, Jitter, etc.) entre muchos otros valores, en orden tal cual fueron registrados, esto permite a los usuarios ahorrar tiempo, ya que devuelve en valores numéricos y alfanuméricos de los resultados, sin importar la cantidad de llamadas registradas durante el tramo de análisis.

VQcapture es una herramienta muy poderosa, y a diferencia de muchas otras, su nivel de complejidad es muy bajo ya que es un programa de fácil entendimiento que con unos simples comandos puedes realizar un sin fin de actividades, lo que lo vuelve una herramienta de apoyo ideal al momento de realizar un análisis de la red de cualquier institución.

### **3.4 CommView**

CommView es un potente monitor de red y un analizador diseñado para administradores de LAN, profesionales de seguridad, programadores de red, prácticamente cualquier persona que quiera una imagen completa del tráfico que fluye a través de un segmento de PC o LAN. Cargado con muchas características fáciles de usar, CommView combina el rendimiento y la flexibilidad con una facilidad de uso inigualable en la industria [5].

Una vez iniciado el CommView, captura todos los paquetes que viajen a través del segmento de la red que estás analizando, con el objetivo de obtener métricas e

información importante como las conexiones, un listado de paquetes que viajan en la red, estadísticas del tráfico de red, protocolos, etc. Al igual que su semejante Wireshark, el analizador CommView es capaz de guardar sus análisis para ser revisados luego, es capaz de filtrar, importar y exportar sus paquetes y tramas capturados, ver los códex de las tramas de VoIP, los protocolos de red, al recopilar toda esta información, CommView es capaz de facilitar la identificación de problemas de red y ayudar a solucionar los problemas de software y hardware de la misma.

En apoyo con la tecnología de VoIP, CommView incluye en sus versiones actuales un analizador de VoIP, que es capaz de profundizar en el análisis de las comunicaciones SIP y H.323, al ser capaz de grabar y reproducir las llamadas analizadas, con sus programas auxiliares, también es capaz de capturar tráfico de red en cualquier computadora donde se esté ejecutando el agente de análisis o su agente de análisis remoto, por lo que es capaz de superar el límite de la zona y analizar cualquier red siempre y cuando tenga un enlace con ella, superando los límites de la barrera LAN.

Con sus versiones actuales el CommView es capaz de ejecutar las siguientes funciones: Ver estadísticas detalladas de conexiones IP, Reconstruir las sesiones TCP, Obtener datos de la red como protocolos y ancho de banda, Generar informes del tráfico analizado, es capaz de analizar los paquetes que no estén cifrados, importar los datos para otros analizadores como el Wireshark entre otros, configurar los tiempos de análisis, detectar paquetes sospechosos, detectar monitoreo de sobrecarga de ancho de banda, direcciones desconocidas entrantes, entre muchas otras funciones.

# Capítulo 4

## CAPITULO 4: ESPECIFICACION DE REQUERIMIENTOS

En los capítulos anteriores se han descrito los funcionamientos de las llamadas basadas en VoIP, los elementos que integran uno de sus paquetes, la estructura de sus sistemas, los codificadores que utiliza como los vocoders o los híbridos, sus estándares y protocolos, así como parámetros que afectan a la señal de la red como son el factor R y el Jitter.

En los capítulos anteriores también se ha hecho mención sobre la calidad de servicio y los parámetros que podemos tomar para evaluar la calidad de la red y varios programas de apoyo para el filtrado de las métricas de un análisis de señal de tramas de VoIP

Tomando en cuenta todos los puntos anteriores, hemos elaborado en esta tesis una Herramienta para el Procesamiento y Visualización de Parámetros de QoS la cual tomara trazas de VoIP y utilizando las métricas y programas de apoyo ya mencionados, filtrara los datos del análisis que se resumieron en el programa VQcapture, y los podrá devolver en forma de gráficas, con el objetivo de facilitar la visualización de los cientos de parámetros que se analizaron, sin tomar en cuenta si fueron cientos o miles de llamadas registradas, además de poder devolver los parámetros únicos de una sola llamada que el usuario final solicite, esto con el objetivo de agilizar e implementar un mejor análisis de la QoS de una red de telefonía VoIP o que implemente servicios de VoIP.

Para la elaboración del programa se tuvieron que definir una serie de funciones, restricciones y servicios los cuales el programa final deberá cumplir, estos fueron clasificados en 2 clases:

- **Funcionales:** Describen las funciones y servicios que el programa deberá realizar.
- **No funcionales:** Describen las restricciones a los cuales el programa se restringe al momento de realizar sus funciones y que restringen incluso su desarrollo

## 4.1 Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales marcan cuales son los servicios y funciones que el programa deberá proporcionar, de tal manera que en una situación de uso común por el usuario pueda trabajar sin error y cumplir con las expectativas de los comandos solicitados y de cómo se debe comportar en situaciones particulares, así como también marcan una pauta de como el programa deberá comportarse en tales situaciones.

Para el desarrollo de este programa se han definido los siguientes requerimientos funcionales:

| ID               | Requerimiento                | Descripción   | Prioridad |
|------------------|------------------------------|---|-----------|
| <b>RF-HVP-01</b> | Complejidad                  | El programa deberá estar diseñado para que cualquier usuario pueda entenderlo, de tal manera que sus vistas y comandos tengan un nivel de complejidad bajo.                       | Alto      |
| <b>RF-HVP-02</b> | Carga útil                   | El programa deberá ser capaz de cargar los archivos de datos separados por comas (.csv) con una ventana de abrir emergente y el usuario deberá elegir el archivo que desee cargar | Alto      |
| <b>RF-HVP-03</b> | Visualización de direcciones | Se deberá implementar una tabla donde aparecerán la lista de todas las IP de los análisis, de forma enumerada, que posea el archivo .csv  | Alto      |
| <b>RF-HVP-04</b> | Búsqueda                     | El usuario deberá ser capaz   | Alta      |

|                  |  |   |       |
|------------------|--|---|-------|
|                  | individual                               | de solicitar por medio de su enumeración, una de las IP de la tabla de direcciones, de tal manera que podrá visualizar en una segunda tabla, sus datos individuales para su evaluación de QoS |       |
| <b>RF-HVP-05</b> | Generación de graficas                   | El usuario deberá ser capaz de seleccionar algún valor de QoS para visualizarlo en una gráfica, para observar su comportamiento en sus valores capturados                                     | Alta  |
| <b>RF-HVP-06</b> | Control de Características de la grafica | El usuario deberá ser capaz de controlar las características de color, grosor de línea y el tipo de grafica que desee visualizar  | Media |
| <b>RF-HVP-08</b> | Superponer graficas                      | El usuario deberá ser capaz de superponer diferentes graficas para compararlas  | Media |
| <b>RF-HVP-09</b> | Almacenar datos                          | El usuario deberá poder almacenar los valores de la gráfica que visualiza en un archivo diferente.  | Media |

## 4.2 Requerimientos No Funcionales

Los requerimientos no funcionales marcan ciertas restricciones al programa que deberá sujetarse al momento de funcionar y al momento de ser elaborado, también marcan ciertos límites en los que el programa deberá funcionar sin error alguno.

| ID                | Requerimiento               | Descripción  |
|-------------------|-----------------------------|--|
| <b>RNF-HVP-01</b> | Plataforma de programación. | El programa será elaborado en la plataforma Matlab.  |
| <b>RNF-HVP-02</b> | Lenguaje de Programación    | El lenguaje de programación utilizado para elaborar el programa es propio del programa Matlab.                                     |
| <b>RNF-HVP-03</b> | Características del equipo  | Las características mínimas del equipo donde se usarán deberán ser similares a las características del programa Matlab             |
| <b>RNF-HVP-04</b> | Sistema Operativo           | El programa deberá funcionar en el S.O. Windows  |
| <b>RNF-HVP-05</b> | Interfaz                    | La interfaz del usuario se presentará en el lenguaje español   |
| <b>RNF-HVP-06</b> | Resolución                  | Para una completa apreciación del programa el sistema deberá estar visualizándose con una resolución de pantalla mínima de 800x600 |
| <b>RNF-HVP-07</b> | Archivos de carga           | El programa deberá cargar únicamente archivos de valores separados por comas (.csv)  |
| <b>RNF-HVP-08</b> | Datos por analizar          | El archivo cargado en el programa deberá contener únicamente Valores de QoS obtenidos de tramas de análisis de datos de VoIP.      |
| <b>RNF-HVP-09</b> | Archivo por analizar        | El archivo .csv deberá ser generado por el programa VQcapture  |

# Capítulo 5

## CAPITULO 5: DISEÑO DEL PROGRAMA

### 5.1 Modelo de Información Obtenida del VQCapture

Como se mencionó antes en la sección 3.3 de esta tesis, el programa VQcapture será utilizado como auxiliar para generar la generación de datos en el archivo .csv tomados de la recopilación de datos obtenidos en los archivos .pcap generados por el programa Wireshark.

Dicho archivo .csv será generado las métricas de QoS para la evaluación de la red, y siempre en el mismo orden, por lo que no se necesitará una reescritura del código usado para cargar los archivos a el programa. Una vez analizado, contendrá más de 200 parámetros de análisis, generados por el programa VQcapture, dependiendo de los datos capturados, algunos campos podrán estar vacíos.

|   |             |          |   |                                 |       |   |     |   |   |
|---|-------------|----------|---|---------------------------------|-------|---|-----|---|---|
| - | 0xd10daee6f | 1 voice  | 192.168.10.1:192.168.10.3: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 24022 | 0 | 458 | 0 | 0 |
| - | 0xe0755aa92 | 2 voice  | 192.168.10.1:192.168.10.2: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 22573 | 0 | 723 | 0 | 0 |
| - | 0x47b2f27d5 | 3 voice  | 192.168.10.1:10.10.10.1:12 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 23261 | 0 | 905 | 0 | 0 |
| - | 0xb9964fcea | 4 voice  | 192.168.10.1:10.10.10.1:14 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 26571 | 0 | 527 | 0 | 0 |
| - | 0xb92443d13 | 5 voice  | 192.168.10.1:192.168.10.2: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 09:59.5 G.711 A-law/ Narrowband | 23648 | 0 | 491 | 0 | 0 |
| - | 0x21e6c623a | 6 voice  | 192.168.10.1:10.10.10.1:15 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 09:59.4 G.711 A-law/ Narrowband | 23624 | 0 | 745 | 0 | 0 |
| - | 0x868a9198b | 7 voice  | 192.168.10.1:192.168.10.3: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 09:44.1 G.711 A-law/ Narrowband | 22871 | 0 | 710 | 0 | 0 |
| - | 0x76909a634 | 8 voice  | 192.168.10.1:10.10.10.1:11 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 09:44.5 G.711 A-law/ Narrowband | 26331 | 0 | 428 | 0 | 0 |
| - | 0x78405eb9c | 9 voice  | 192.168.10.1:10.10.10.1:18 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 22318 | 0 | 721 | 0 | 0 |
| - | 0xe8ac33fcb | 10 voice | 192.168.10.1:10.10.10.1:16 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 23574 | 0 | 765 | 0 | 0 |
| - | 0xae6c0ecl  | 11 voice | 192.168.10.1:10.10.10.1:16 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 21551 | 0 | 719 | 0 | 0 |
| - | 0xab61a0826 | 12 voice | 192.168.10.1:192.168.10.3: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 25156 | 0 | 537 | 0 | 0 |
| - | 0x600964ebf | 13 voice | 192.168.10.1:10.10.10.1:16 RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 09:59.7 G.711 A-law/ Narrowband | 19274 | 0 | 553 | 0 | 0 |
| - | 0x1b2e1fda8 | 14 voice | 192.168.10.1:192.168.10.3: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 24815 | 0 | 606 | 0 | 0 |
| - | 0xe9ac38e2f | 15 voice | 192.168.10.1:192.168.10.2: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 23594 | 0 | 604 | 0 | 0 |
| - | 0xaf849ef27 | 16 voice | 192.168.10.1:192.168.10.2: RTP (SSRC:0x Fri Dec 02 03 | 10:00.1 G.711 A-law/ Narrowband | 22463 | 0 | 643 | 0 | 0 |

Figura 5.1 Ejemplo de datos generados por VQcapture

En la figura 5.1 se puede apreciar que el programa genera valores alfanuméricos, no solo de QoS sino de parámetros de la red, en este caso solo nos interesaran los que tengan que ver con la QoS como son: Retardo OWD, Retardo RTT, Número de paquetes recibidos, Número de paquetes perdidos, Número de paquetes recibidos fuera de secuencia, PLR, Vector de paquetes perdidos, Jitter, MOS, Factor R, entre otros.

Estos valores serán llamados por el programa, para su uso y modelación en gráficas para la apreciación y evaluación de la QoS por parte del usuario, ya que

el programa podrá comparar de 2 o más análisis de capturas de datos de una misma red y dado que el archivo contiene más de 200 métricas, este proceso será un alivio de búsqueda y visualización para el usuario final

## **5.2 Hipótesis de arquitectura del sistema**

Como se menciona en el apartado 4.1 de este documento, se debe cumplir con un diseño de entendimiento fácil para cualquier usuario pero que sea capaz de elaborar y cumplir con los requerimientos de simplificación de datos para su visualización, partiendo de eso se pensó en un diseño preliminar simple. Para el diseño del programa se propusieron inicialmente 2 paginas, una seria la página principal y la segunda seria de gráficas, se diseñaron inicialmente con el objetivo de que el usuario no tuviera tanta interacción con el programa, ya que muchas de sus funciones se harían de manera automática, y varios de sus comandos serian de la misma manera, para facilitarle su trabajo al usuario.

### **5.2.1 Descripción de diseño preliminar**

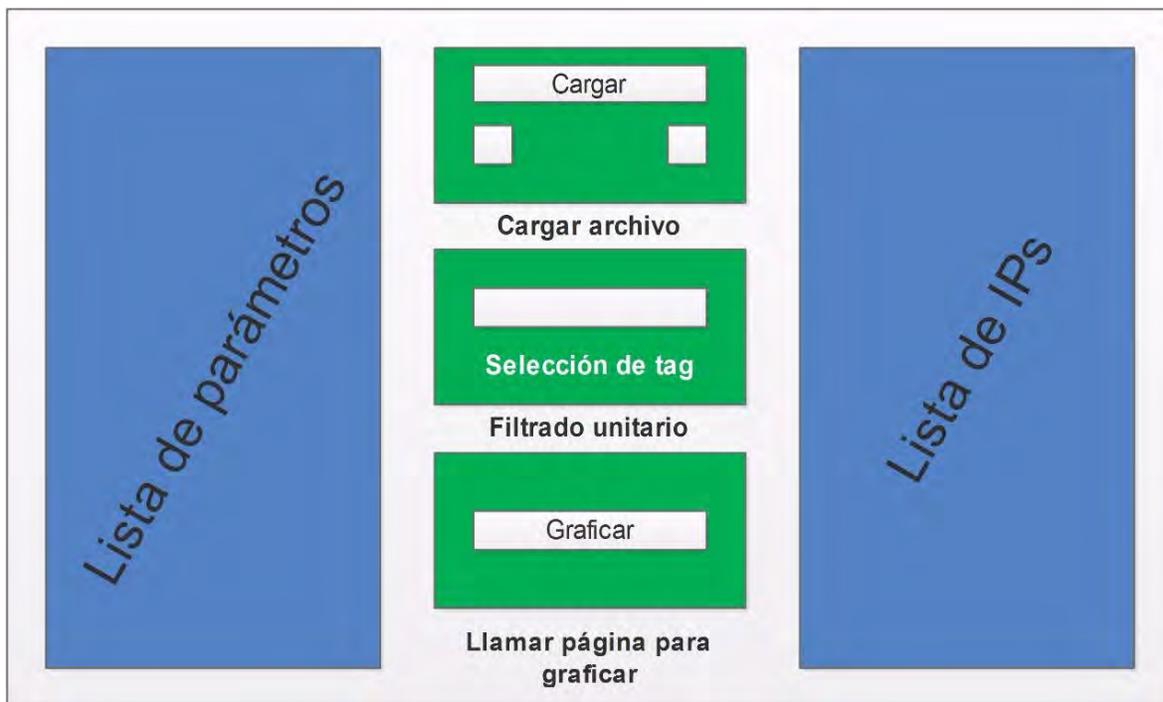


Figura 5.2 Diseño preliminar de la página principal

Como se puede apreciar en la Figura 5.2, el diseño preliminar de la página principal fue pensado y diseñado con el objetivo de que sea muy simple a su uso, que cualquier usuario pueda entender lo que está visualizando, se colocó en la sección principal los 3 comandos básicos para la página principal, el botón que permitirá cargar el archivo, el cual abrirá la ventana de búsqueda de archivo definida por Windows para cargar el archivo únicamente con extensión .csv, dado que en ocasiones el archivo aunque se llame separado pro comas, puede estar separado por puntos, por lo que se agregaron 2 recuadros donde se seleccionara el separador del archivo para evitar el conflicto del separador.

En la parte de abajo del recuadro de carga, se agregó una línea donde el usuario podrá solicitar un tag específico de la ip que desea analizar, esto se tomó y diseño para que el usuario simplemente con escribir su dirección deseada, pueda cargarse automáticamente sin ningún problema, estos datos se localizan en los laterales de la página, del lado derecho colocamos una lista que se actualizara apenas el usuario cargue el archivo, donde aparecerá una lista de las IP que se analizaron y se lograron capturar para su filtrado de datos, además de que a cada IP se le asignara un Tag referente para evitar confusiones de IPs semejantes pero

de análisis diferente, del lado izquierdo se localiza una tabla dinámica, que es donde se visualizarán los datos únicos de las IP que el usuario desee visualizar, esta tabla contendrá todos los valores de QoS que se extrajeron del archivo filtrado, pero se visualizarán única y exclusivamente la de dicha IP solicitada.

Para el tercer recuadro, únicamente poseerá un botón que mandará a llamar una segunda ventana, donde se encontrarán las funciones para la visualización de un resumen de los parámetros de QoS en general observados en gráficas.

El diseño es para un entendimiento fácil, el objetivo de este es que cualquier usuario sin importar su experiencia en la visualización de datos, filtrado de datos, análisis de datos o evaluaciones de QoS, pueda entender su uso, lo importante aquí es que el programa pueda elaborar funciones avanzadas, haciéndolas parecer muy fáciles y sin complicaciones.

En la siguiente página del programa se accederá a las funciones para graficar en esta parte del programa será una de las más importantes puesto que se deberá conservar el toque de simplicidad para el entendimiento del usuario, y aplicar relación de datos-gráfica para su visualización y fácil entendimiento.

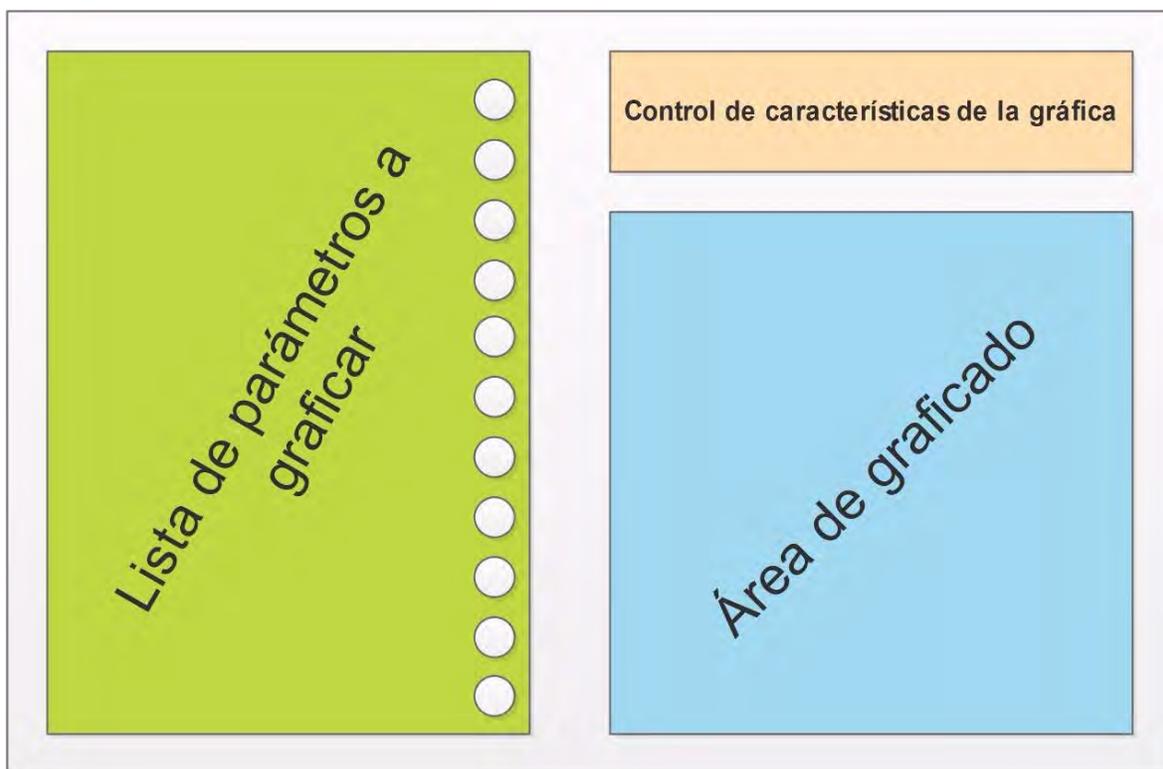


Figura 5.3 Página dedicada a la generación de graficas

En la Figura 5.3 se puede observar que se trató de conservar el diseño sencillo, solo posee 3 secciones, la sección más grande es donde aparecerán los parámetros de QoS a visualizar, fue pensada con el objetivo de Vaciar todos los elementos recopilados en una sola gran lista, y se podrá seleccionar uno para actualizar automáticamente el apartado del área donde se generará la gráfica.

En otra sección de la página se encontrará un pequeño apartado de control, donde el usuario decidirá varios estilos de visualización para su gráfica, de tal manera que podrá elegir en un conjunto de estilos que le faciliten la visualización de sus datos, al igual que podrá elegir entre varios tipos de graficas en esta misma sección.

En la última sección de la página es el área de gráficas, donde únicamente se visualizarán las gráficas generadas por el sistema, para la apreciación y visualización del resumen de los datos.

Se tiene que estar siempre presente, que este es el diseño preliminar, a medida que el programa se vaya codificando y diseñando, el diseño podría cambiar, agregándole o quitando secciones, cambiando apartados de lugar, con el único objetivo de cumplir con las especificaciones de sencillez, fácil entendimiento del usuario y elaboración avanzada de gráficas y resumen de datos.

### 5.3 Desarrollo de programa en la plataforma Matlab

Para la programación de la herramienta, se eligió como base para la programación la plataforma diseñada por MathWorks, la cual es conocida como Matlab.

Matlab es una plataforma de programación con lenguaje único, es decir, que su el lenguaje es propio de la plataforma, su lenguaje por default es el inglés, pero el programa cuenta con diferentes versiones con diferentes lenguajes, en esta ocasión se seleccionó la plataforma en su lenguaje original. cuenta con 4 ventanas preliminares como se puede apreciar en la siguiente imagen:

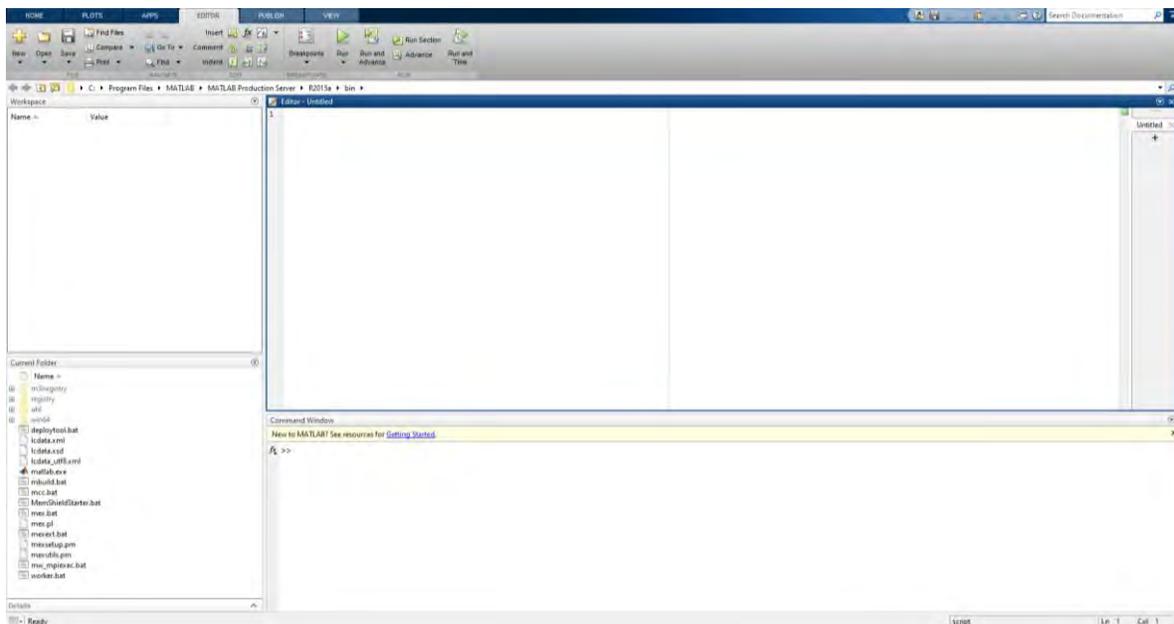


Figura 5.4 Vista preliminar de espacio de trabajo en plataforma Matlab

Tal como se puede apreciar en la figura 5.4, los espacios de vista preliminares son 4: Workspace, Current Folder, Editor y Command Window, estas vistas pueden

ser cambiadas, separadas o modificadas dependiendo de la comodidad del usuario para programar, además de poder cargar otras ventanas para usos específicos, o cerrar algunas ventanas innecesarias que interfieran con la labor del usuario.

En el área de Workspace se visualizarán todas las variables creadas, matrices, conjuntos, cadenas, etc. Estos datos solo aparecerán una vez compiles el primer script, mientras tanto esta área se mantendrá vacía, estos datos mientras no sean borrados por el usuario o el programa podrán ser utilizados por cualquier otro script que sea cargado en el momento, permitiendo dar una relación entre scripts para cargar diferentes funciones con el objetivo de llevar a cabo tareas más avanzadas sin saturar una página de código.

En el área de Current Folder se pueden visualizar todos los archivos, funciones, y scripts que han sido almacenados en la carpeta actual de grabado para su fácil acceso sin cambiar constantemente entre pantallas, además de tener funciones de navegador, permitiendo cambiar entre las diferentes carpetas existentes en el S.O. en el cual está instalado, permitiendo acceder a diferentes archivos en diferentes subcarpetas, por default la plataforma carga sus configuraciones en la carpeta donde se localiza, esto puede ser cambiado por el usuario para tener un mayor control de la organización de los archivos.

En el área de Editor, es la zona donde podrás crear todos tus scripts y funciones, esta sección únicamente responde a líneas de comandos, Matlab cuenta con códigos preestablecidos para facilitar su uso al usuario del programa, una descripción de estos puede ser encontrada en la ayuda que incluye el programa, donde explica con ejemplos como se utilizan las funciones, debido a que algunos códigos son muy estrictos al momento de su uso, Matlab también permite la creación de funciones las cuales, mientras sean almacenadas en la misma carpeta donde se encuentra el script principal, podrán ser llamadas al programa como si fueran código, permitiéndoles poder crear sus propios comandos personalizados. Para poder diferenciar entre línea de códigos o separar algunas partes del mismo, Matlab maneja el carácter “;” el cual marca un final e indica un salto de línea en

código básico o dependiendo de lo que se esté diseñando puede indicar líneas, salto de columnas en matrices, etc. Un ejemplo de esto sería “Variable=1;”. La plataforma también maneja sistemas de colores, para separar comentarios, variables, funciones, variables globales, ciclos, cadenas y varios comandos más que maneja haciendo más fácil al usuario poder distinguir y manejar su código, también cuenta con un sistema avanzado de ayuda de errores, el cual al momento de ser compilado señala la línea donde hay un error, también puede marcar errores antes de ser compilado y alertas de crecimiento o bucles infinitos, la ventaja de usar la línea de comando de Matlab es que ofrece una gran ayuda y te da acceso a una gran variedad de comandos y funciones matemáticas para tener una mayor experiencia laborando en el área de edición.

En el área de Command Window podrás visualizar, si así se lo permitiste a tu código, los resultados de tu programación, de forma corrida o pausada, esta sección es la muy importante debido a la visualización de los parámetros y los errores, en caso de existir un error, el visualizador te dará una breve indicación de en que script se localiza el error, el número de línea de programación, el código erróneo y una breve explicación de él porque existe ese error, además de una liga extra hacia su sección de ayuda, donde viene más detallado el error localizado. En caso de no encontrar ningún error, el script seguirá su curso, arrojando a la vista los resultados solicitados, además de al momento de finalizar, actualizara la sección de Workspace, por lo que ambas secciones trabajan en conjunto, desde esta área es posible llamar otros archivos, scripts o abrir nuevas ventanas, además de hacer funciones de línea de comando, únicamente para un solo comando, lo que lo vuelve un método de prueba para solución de errores específicos.

Millones de ingenieros y científicos de todo el planeta utilizan MATLAB® para analizar y diseñar los sistemas y productos que transforman nuestro mundo. MATLAB está presente en sistemas de seguridad activa de automóviles, naves espaciales interplanetarias, dispositivos de monitorización de la salud, redes eléctricas inteligentes y redes móviles LTE. Se utiliza para aprendizaje automático,

procesamiento de señales, procesamiento de imágenes, visión artificial, comunicaciones, finanzas computacionales, diseño de control, robótica y muchos otros campos. MATLAB le ayuda a llevar sus ideas más allá del escritorio. Puede ejecutar sus análisis en conjuntos de datos de mayor tamaño y escalar a clústers y nubes. El código MATLAB se puede integrar con otros lenguajes, lo que le permite desplegar algoritmos y aplicaciones en sistemas web, empresariales o de producción [14].

EL sistema de plataforma trae integrado una interfaz para diseño de área de interfaz gráfica para la elaboración diseño de programas, este genera automáticamente un código fuente donde se llaman los comandos precargados para su enlace global con otras funciones, permitiéndole crear herencias entre la página principal y secundarias, aquí el usuario podrá cargar varios diseños predefinidos por el programa para agregar código en sus respectivas secciones o mandar a llamar funciones previamente diseñadas.

Además, Matlab cuenta con un compilador personalizado, el cual le permite empaquetar sus diseños y trabajos, de tal manera que pueden funcionar en quipos que cuenten con Matlab instalado trabajando de manera portable o instalando el mismo programa en caso de no contar con Matlab, permitiéndole compilar con varios paquetes para su instalación o indicarle que descargue estos paquetes, dependiendo de la forma en la que fue compilado el programa.

Conociendo estas características del programa, y tomando el diseño preliminar mencionado en la **sección 5.2.1** de este documento, se diseñaron 2 interfaces graficas principales y 3 secundarias para apoyar el entendimiento del sistema diseñado, con varias modificaciones para adecuarlo a los requerimientos funcionales mencionados previamente en la **sección 4.1**, cubriendo así todos los puntos marcado en el objetivo general pautado en la **sección 1.3** y en los objetivos específicos pautados en la **sección 1.4**, como nombre para el programa se tomó de las iniciales de la leyenda “**Programa Visualizador de Parámetros**” o Provipa abreviado, a partir de este punto nos referiremos a el programa por su nombre designado.

### 5.3.1 Descripción de funciones de Matlab

PROVIPA cuenta con 2 paginas principales, llamadas MenuPrincipal y Graficas, las cuales la primera interactúa con los datos de manera de filtrado específico, además de que en el diseño final junto con las modificaciones, puede cargar una página secundaria con la descripción de los parámetros visualizados, la segunda es capaz de graficar de múltiples maneras los datos, ya sea individuales como se marcó en el diseño preliminar, o con las nuevas adecuaciones que se le agregaron, es capaz de generar grafica cruzando los mismos datos recopilados del archivo “.csv” para comparaciones matemáticas o evaluaciones de QoS a partir de ciertos parámetros específicos, entre las adecuaciones finales se le agrego la capacidad de mandar a llamar una ventana secundaria, la cual le indica al usuario que cometió un error al momento de seleccionar los apartados y características con los que se generara la gráfica, además, la pantalla de graficas es capaz de llamar a una secundaria para la autorización de guardado de archivos, y las funciones de graficas correspondientes.

#### 5.3.1.1 Descripción general del programa

El menú principal está constituido por una gran serie de pasos y procesos los cuales, así mismo, comparten una gran cantidad de variables en donde sus valores van cambiando cada que se requiera. Estas variables están compartidas gracias al comando *Global* el cual hace que todas las funciones dentro de la misma área de trabajo compartan las variables sin tener que crear nuevas.

Para la captura de datos directamente de un archivo de Excel (.csv) se utiliza el comando *uigetfile* el cual nos da en variables independientes todos los datos contenidos en columnas tal y como está en el archivo Excel. A partir de que ya contamos con estos datos, cada uno de ellos es asignado a una variable propia, tales como *pkt\_disc*, *gap loss\_rate*, *vc\_burst\_len\_ms*, entre otros. Esto con la finalidad de tener un orden y saber que tipo de dato es el que queremos utilizar.

Al momento de ejecutar la captura de archivos en el menú principal, también se generan otros procesos que se visualizan directamente en la pantalla del programa principal. Uno de estos procesos es la visualización de las direcciones que se utilizaron durante el análisis del archivo de Excel, estas mismas vienen acompañadas de un *Tag* que sirve para poder buscar individualmente los datos de una dirección específica que el usuario desee analizar, estos datos se visualizan en la parte derecha del programa principal y están ordenados en Parámetros y los Datos de los parámetros.

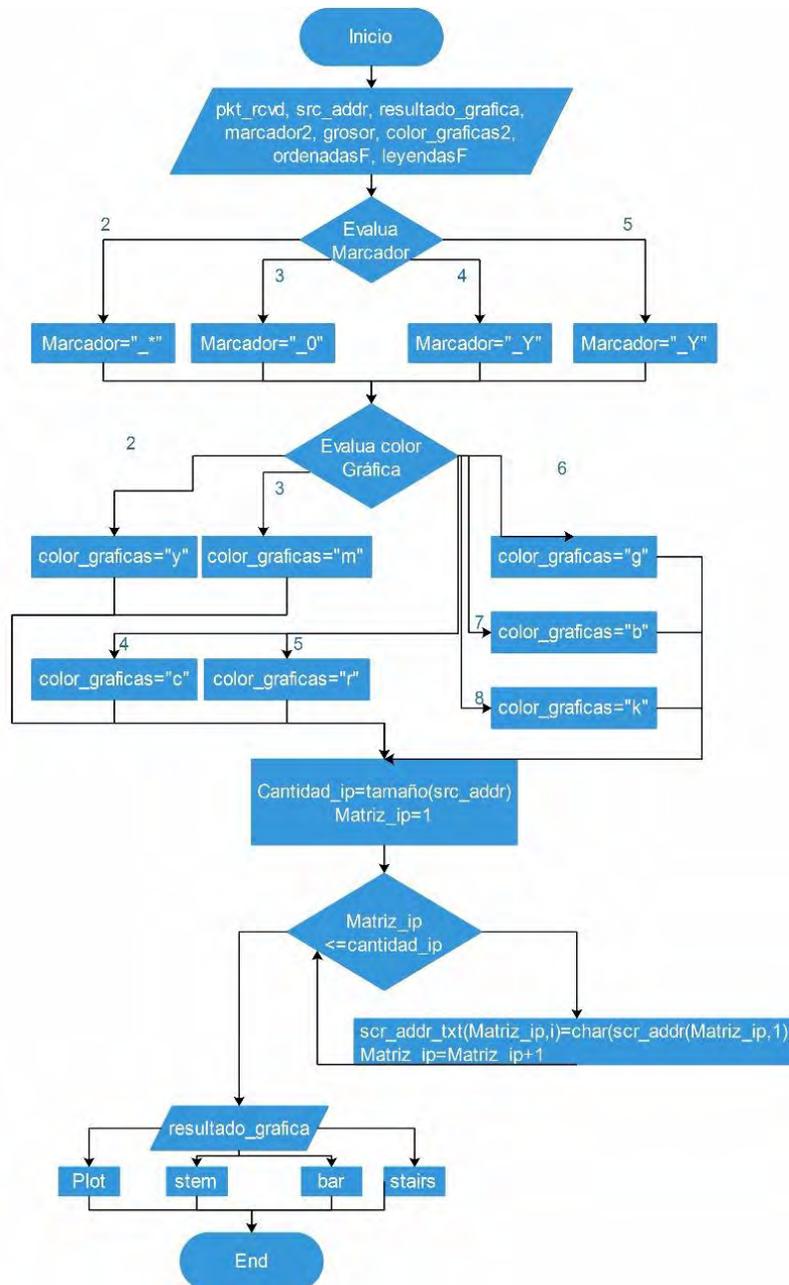
En el apartado de gráficas, hay una lista de todos los parámetros que enlistamos anteriormente y con la opción de poder visualizar una gráfica de cada uno de ellos ya sea individualmente o juntas. Para poder lograr juntar, ya sean 2 o más gráficas, se utilizó el comando *Hold*, el cual nos permite mantener la gráfica anterior y poder “sobreponer” una nueva en la misma área donde se encuentra la gráfica anterior.

### 5.3.1.2 Descripción de funciones diseñadas

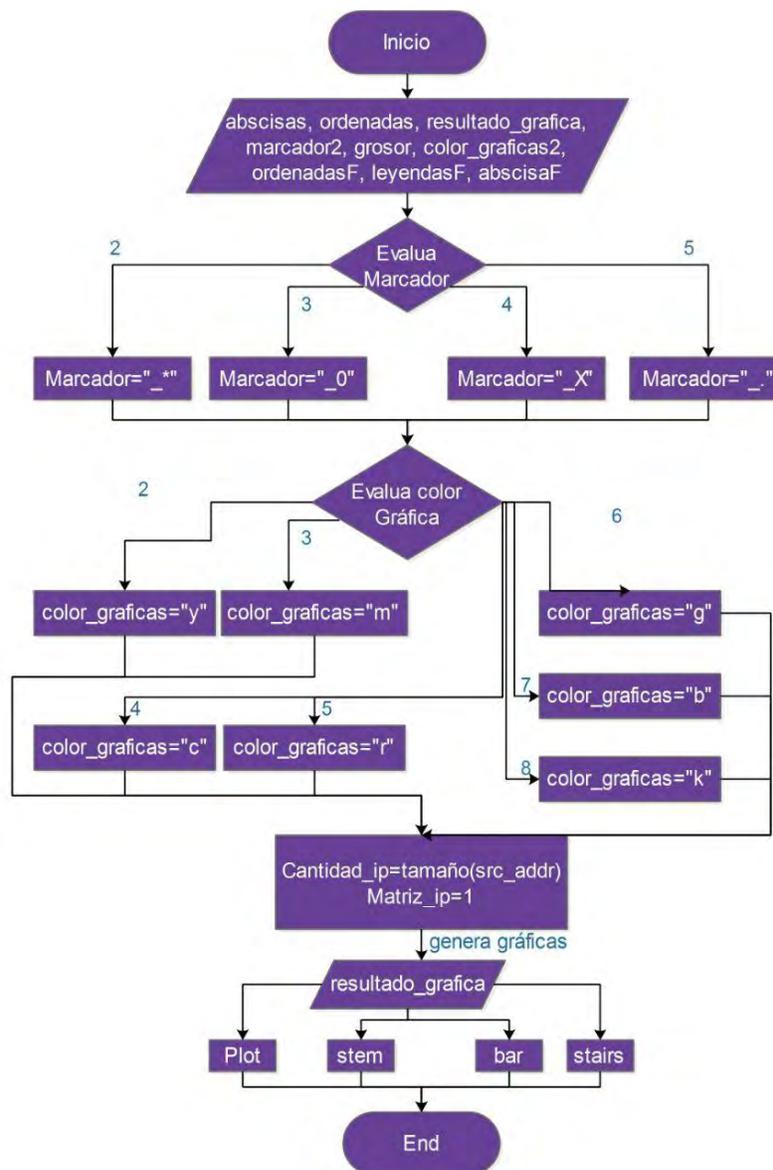
Para este programa se diseñaron 34 funciones auxiliares las cuales recibirían los comandos y valores de las páginas principales cuando son llamados por el mismo, estos están de forma implícita, y dependiendo de la acción que se tome pueden pasar de forma pasiva y activa según los datos que reciba la página principal, los cuales serán descritos a continuación.

Para las funciones de generación de gráficas de valores unitarios, todas tienen una estructura similar, trabajan utilizando una única columna de datos tomada a partir del nombre del .csv y especificada específicamente para esa función graficadora, esta además recibe los valores de colores, marcadores, grosor, etc. Que la página de gráficas tiene marcado, con estos valores las funciones de gráficas unitarias pasan a decidir qué tipo de gráfica usar comparando los valores de selección recibidos, y utilizando un “switch” el cual permite poder tener múltiples resultados de una sola selección, genera la gráfica con los valores

solicitados. Después de generar la gráfica, la entrega a la página de gráficas, y le agrega además las leyendas para identificarlas, sus banderas laterales e inferiores y de ser necesario incluso el título de la gráfica. Cabe mencionar que se utilizaron códigos específicos del lenguaje de programación del Matlab los cuales hacen posible un ágil ordenamiento de los datos lo cual acelera el proceso de generación de la gráfica, los cuales se representan en el siguiente diagrama de flujo



Como una función avanzada extra para la generación de gráficas, se creó una función de graficas con valores cruzados la cual toma 2 columnas del conjunto total de valores, las cuales son especificadas por el usuario en el menú de gráficas, y las acomodara en el eje de Abscisas o el eje Ordenadas según sea necesario y solicitado por el usuario, esto con el objetivo de crear una evaluación de QoS mas específica, se podría crear un promedio de paquetes recibidos con los perdidos, el MOS con el Jitter, etc. Todo dependerá de lo que el usuario desee visualizar, dicha función se presenta a continuación:



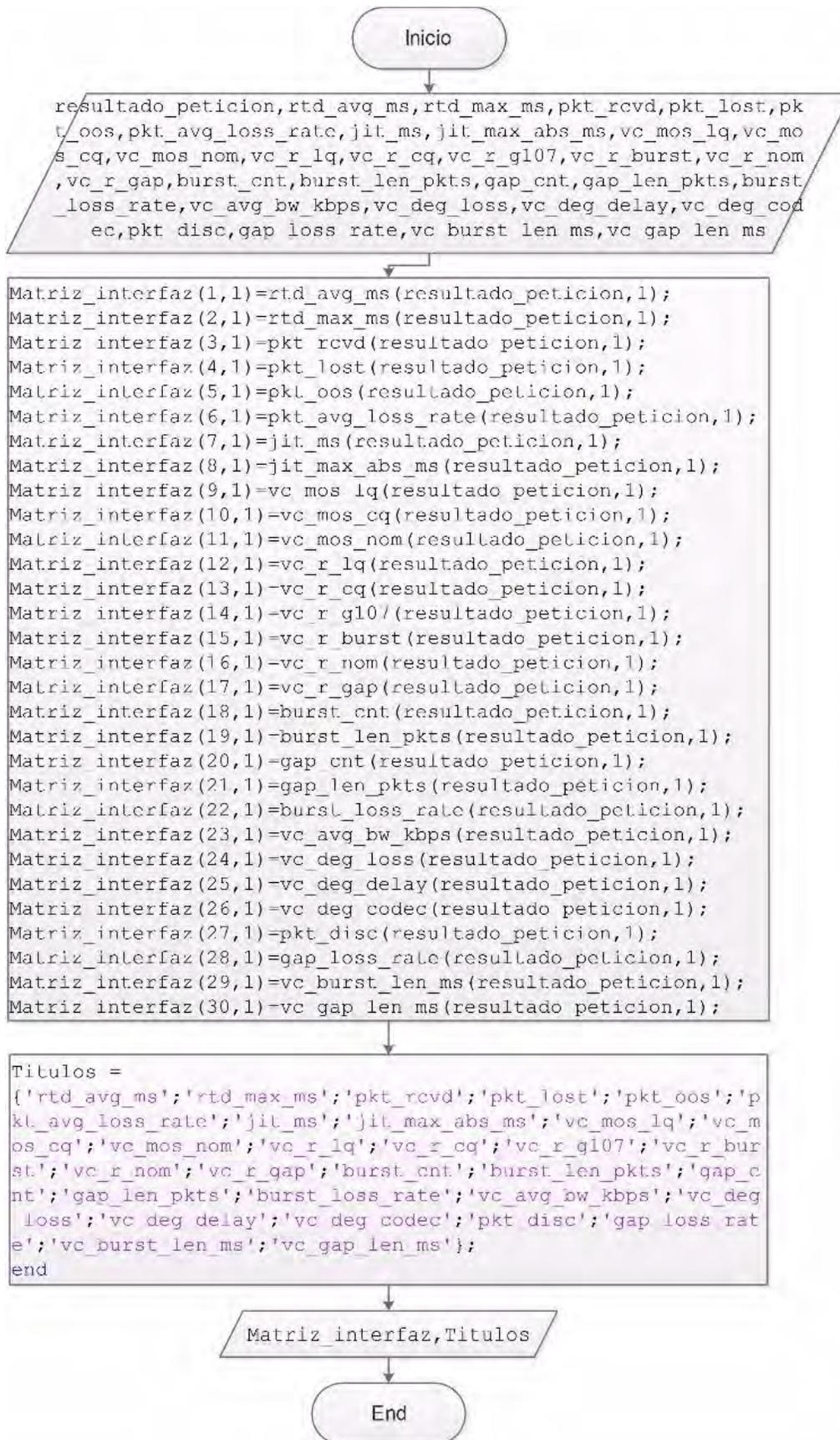
Debido a la similitud de las funciones de gráficas, solo se presentaron las anteriores 2 para su entendimiento, estas funciones apoyan directamente a la pantalla de gráfica, se mantienen de forma pasiva hasta que el usuario las seleccione, en ese momento pasan a actuar entregando una gráfica y se cambian a modo pasivo de nuevo.

Para apoyar al menú principal con la carga de datos, se creó una función llamada ImportarDatos, la cual esta generada con ayuda de Matlab, esta función trabaja de forma similar a él comando ImportData de Matlab, a diferencia que, el ImportData original de Matlab está limitado a cargar datos únicamente numéricos de cualquier archivo .csv, en dado caso de que el archivo posea algún valor alfanumérico o sea una cadena de textos, dicha función falla y devuelve todo el conjunto en una única línea en desorden y sin posibilidad de poder visualizar los datos necesarios, para solucionar eso se fabricó una función específica para el formato de archivos .csv generado por el programa VQcapture, la función ImportarDatos especifica supera varias restricciones de la función ImportData predeterminada de Matlab, ya que fue diseñada para no tener que solicitar la liga donde se encuentra el archivo almacenado, permitiéndole trabajar más allá de la carpeta donde se localice instalado el programa, además de que supera la restricción de datos únicamente numéricos, debido a que el archivo .csv generado por VQcapture posee datos alfanuméricos y numéricos, para poder cargar los datos superando esa restricción el programa abre el archivo, sin importarle su contenido, toma los valores por columnas y los enumera según como estén enumerados en el archivo .csv, luego de eso los separa por conjuntos de numéricos y alfanuméricos para no tener confusiones, para finalizar los agrega en una matriz diseñada para contener esos datos específicamente la cual incluso se genera con el nombre de el titulo almacenado en el archivo .csv, permitiéndole generar incluso con el mismo orden de aparición de datos en el archivo, un conjunto de matrices las cuales poseerán los datos a utilizar, luego el programa devuelve a la página principal únicamente las matrices que necesita para su funcionamiento, tomando este como el primer filtro para los datos, ya que el resto de columnas son descartadas y para finalizar la función cierra el archivo que cargo para que no tenga interferencia con el

programa principal y entra a estado pasivo hasta que el usuario desee cargar nuevamente un conjunto de datos de un archivo .csv diferente.

Esta puede ser la función más importante del programa ya que es la que hace posible el análisis al cargar los datos de manera específica y regresar solo los necesarios al programa principal para su uso, sin el diseño específico de esta función, Matlab no podría cargar los datos ya que las funciones predeterminadas de Matlab están limitadas por un conjunto de valores específicos o de restricción del contenido de valores que poseerá el archivo a cargar.

Para la agina principal se diseñó una función para filtrado de valores por valor unitario, esta recibe el valor del tag que el usuario solicita y el total de matrices que el programa principal maneja en ese momento, luego de ello la función crea una nueva matriz con los valores únicos de las matrices cargadas, utilizando el tag para saber en que fila de la matriz se localiza el valor y tomándolo del mismo para su nuevo almacenamiento, esta es una de las funciones extras que se generaron al agregar el sistema de Tags al listado de direcciones IP para su visualización, la matriz final generada es devuelta al menú principal para ser presentada en un cuadro para su mejor comprensión, a continuación se presenta el diagrama de flujo de dicha función:



### 5.3.2 Diseño de interfaz de usuario

El diseño de una interfaz es fundamental para darle al usuario final un entorno fácil y entendible para poder trabajar sin problema alguno. Por eso a continuación se describen las partes de la interfaz creada para este trabajo y sus funciones.

#### 5.3.2.1 Descripción de la página principal

Como se mencionó previamente, el programa al ser iniciado abre con el Menu principal, el cual para evitar errores no podrá usar sus funciones hasta no cargar un archivo.

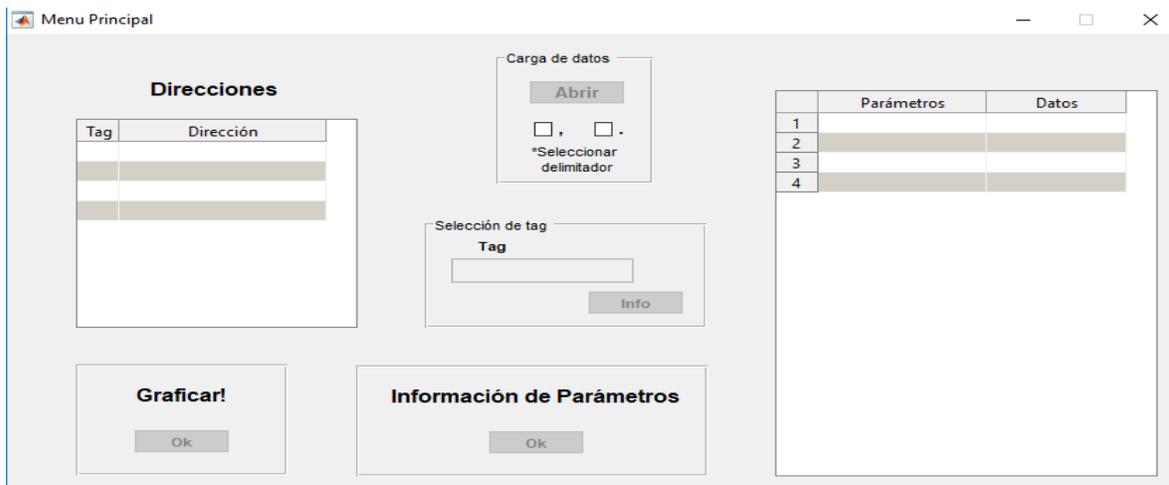


Figura 5.5 Menú principal sin carga de datos

El programa se mantendrá en estado de espera hasta la carga de datos, como se puede apreciar en la figura 5.5 hubo varios cambios con respecto al diseño preliminar, se invirtieron las posiciones de los listados, además de agregar un acceso a la descripción de los parámetros que se visualizarán en el programa los cuales se describirán a continuación.

El área de “Carga de datos” es el único activo al momento de iniciar el programa, ya que permitirá que el usuario empiece la relación con el mismo, al seleccionar el separador del archivo .csv se habilitará el botón de Abrir el cual permitirá cargar el archivo donde se localizan los datos que el programa recopilara para su análisis,

cabe mencionar que el programa Matlab fue instalado en un S.O. Windows 10 por lo que la ventana de carga que se visualiza en la figura 5.6 es del mismo sistema, ya si el programa fuera instalado en otro S.O. la ventana de carga seria la predeterminada del mismo, los archivos que se pueden visualizar para la carga ya están limitados a los de .csv para facilitar la búsqueda al usuario.

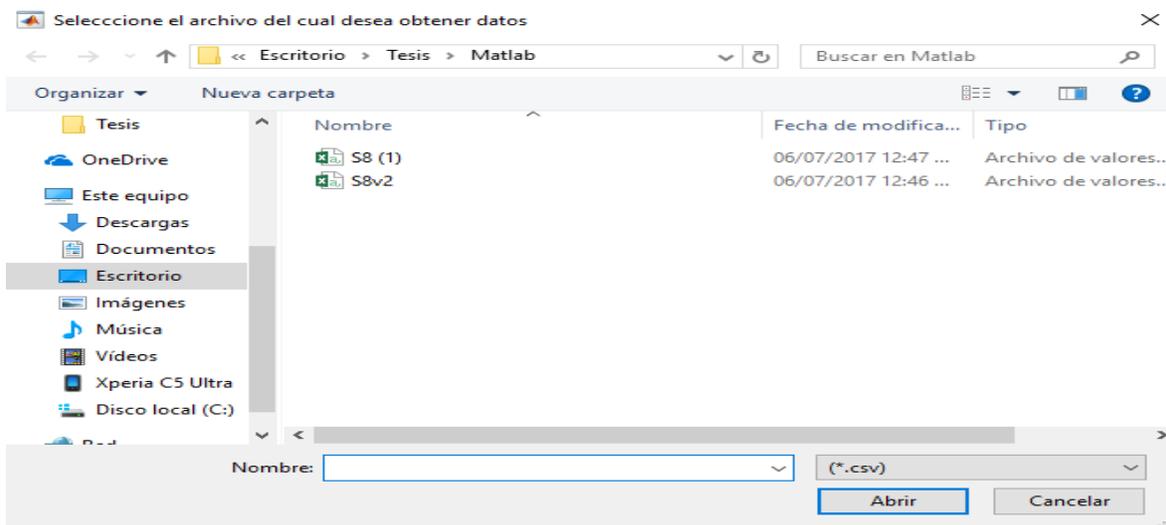


Figura 5.6 Pantalla de carga predeterminada del S.O. llamada desde Matlab.

Una vez cargados los datos, el programa automáticamente actualizara el listado de direcciones, con el objetivo de que el usuario pueda visualizar de forma unitaria los datos de cualquier dirección detectada.

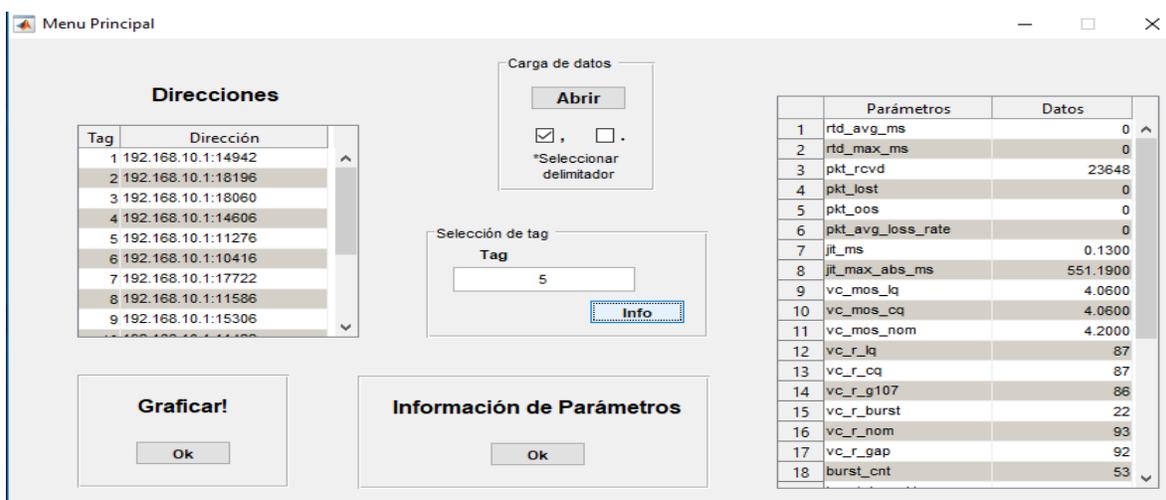


Figura 5.7 Menú principal con los datos en uso.

Como se aprecia en la figura 5.7 una vez que los datos ya estén cargados se habilitan el resto de las funciones del menú principal, ya pudiendo visualizar la lista de direcciones, se puede seleccionar mediante su Tag, uno de los valores para su visualización, esto fue diseñado así para evitar errores de búsqueda con IPs duplicadas, ya que el programa filtra por igualdad a la selección, y al tener 2 IPs de distintos momentos, seleccionaría la primera haciendo caso omiso a la segunda aparición de datos de la misma, este sistema de Tags soluciona ese problema para una selección más fácil para el usuario, una vez solicitada la IP los datos unitarios se visualizaran en la tabla de la derecha como se aprecia en la Figura 5.7.



|    | Parámetros         | Descripción  | Formato    | Valor(es)   |
|----|--------------------|--|------------|---|
| 1  | burst_cnt          | Número de Burst  | Integer    |   |
| 2  | burst_len_pkts     | Longitud de Burst  | Integer    |   |
| 3  | burst_loss_rate    | Tasa de pérdida de paquetes durante Burst                          | Percentage | 0.0-100.0   |
| 4  | gap_cnt            | Número de Gaps   | Integer    |   |
| 5  | gap_len_pkts       | Longitud de Gaps   | Integer    |   |
| 6  | gap_loss_rate      | Tasa de pérdida de Gaps  | Percentage | 0.0-100.0   |
| 7  | jitter_type        | Tipo de Jitter   | String     | PPDV,PCR  |
| 8  | jitter_ms          | Valor Promedio Jitter  | Float      |   |
| 9  | jitter_max_abs_ms  | Valor máximo absoluto Jitter                                       | Float      |   |
| 10 | pkts_rcvd          | Número de paquetes recibidos                                       | Integer    |   |
| 11 | pkts_lost          | Número de paquetes perdidos  | Integer    |   |
| 12 | pkts_disc          | Paquetes Descartados   | Integer    |   |
| 13 | pkts_oos           | Número de paquetes recibidos fuera de secuencia                    | Integer    |   |
| 14 | pkts_avg_loss_rate | Porcentaje medio del total de paquetes identificados como perdidos | Percentage | 0.0-100.0   |
| 15 | rtd_src            | Origen de Round-trip Delay   | String     | Unknown, Default, User configured, RTCP, RTCP/XR, RTCP/HR, SIP/RTCP |
| 16 | rtd_avg_ms         | Valor Promedio de Round-trip Delay                                 | Integer    |   |
| 17 | rtd_max_ms         | Valor máximo de Round-trip Delay                                   | Integer    |   |
| 18 | vc_burst_len_ms    | Tamaño promedio de Burst   | Integer    |   |

Figura 5.8 Ventana de descripción de parámetros

El Menú Principal también nos da la opción de poder visualizar cuales, y cuantos son los parámetros que se van a utilizar para el análisis de datos, para poder acceder a ellos, en el apartado de “Información de Parámetros” hay un botón con el cual podemos ingresar a esta lista tal y como se ve en la Figura 5.8. En esta lista se visualizan 4 campos, los cuales son el nombre del parámetro, su descripción, el formato y sus valores. Estos datos son útiles al momento de realizar el análisis ya que nos da una idea clara de que es lo que se está analizando y tener claro el resultado que se va a obtener.

### 5.3.2.2 Descripción de la sección de generación de gráficos.

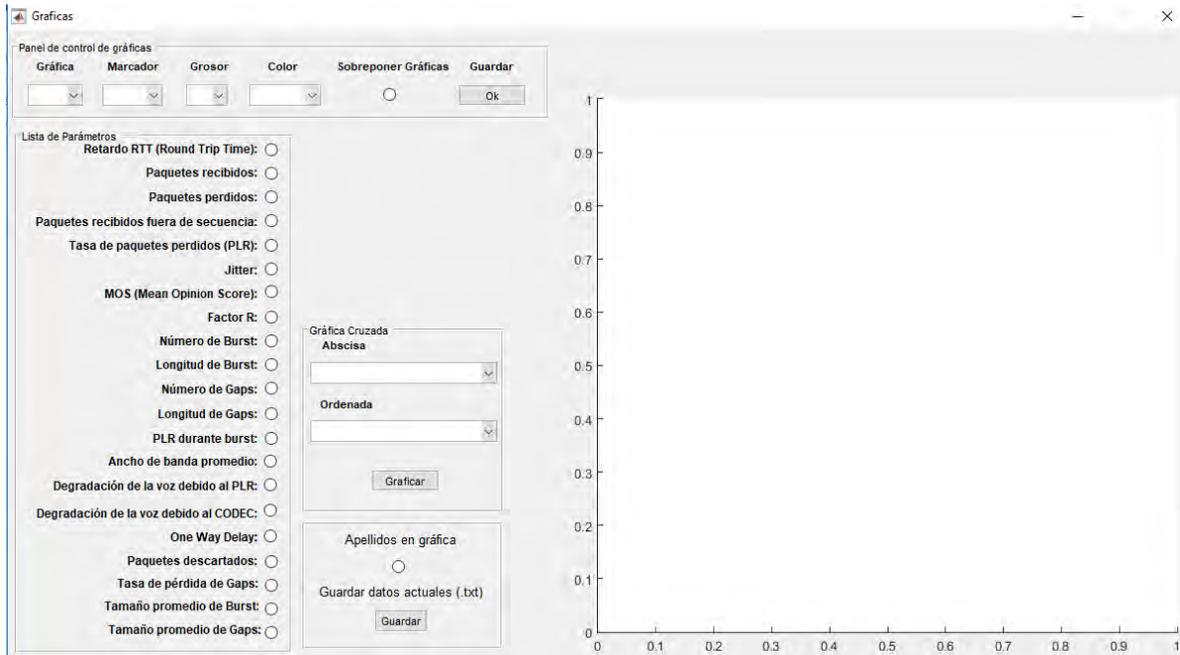


Figura 5.9 Interfaz de Graficas

Matlab nos da la opción de poder realizar una interfaz gráfica con la cual nosotros con un poco de imaginación podemos jugar con diversas opciones para la creación de nuestra propia interfaz. En la figura 5.9 podemos ver el resultado final del programa de análisis de datos. Por la parte del espacio, ya depende del tipo de resolución de la pantalla donde se esté realizando el trabajo.

En la parte superior hay un área llamada “Panel de control de gráfica” con diversas opciones tales como el tipo de grafica que deseemos visualizar ( Plot, Stem, Bar y Stairs), el marcador (Asterisco “ \* “, Letra “ o “, Suma “ + “ y Punto “ . “), el grosor que va de 1 a 3, el color (Amarillo, Magenta, Cian, Rojo, Verde, Azul y Negro), la opción de Sobreponer Graficas la cual ayuda a montar una gráfica encima de otra para poder hacer comparaciones entre gráficas y finalmente el botón de Guardar el cual toma la gráfica que estemos visualizando en ese momento y la pasa a una pantalla a parte para poder guardarla en el formato que queramos y poder utilizarla para algún futuro proyecto. Si algunas de las opciones anteriormente

mencionadas no están especificadas (Que este en blanco) saldrá un mensaje de error como se muestra en la figura 5.10.



Figura 5.10 Error de selección

En Lista de Parámetros están todos los parámetros disponibles en el archivo previamente cargado y con la opción de poder graficar cada uno de ellos, la ventaja aquí es que, si queremos hacer una comparación de un parámetro con otro, se utiliza en este caso las opciones del Panel de control de gráfica para modificar los colores, grosor, marcador, etc., y con la ayuda de Sobreponer gráfica podamos ver claramente el resultado deseado. En la Figura 5.11 se puede mostrar un ejemplo de esta ventaja.

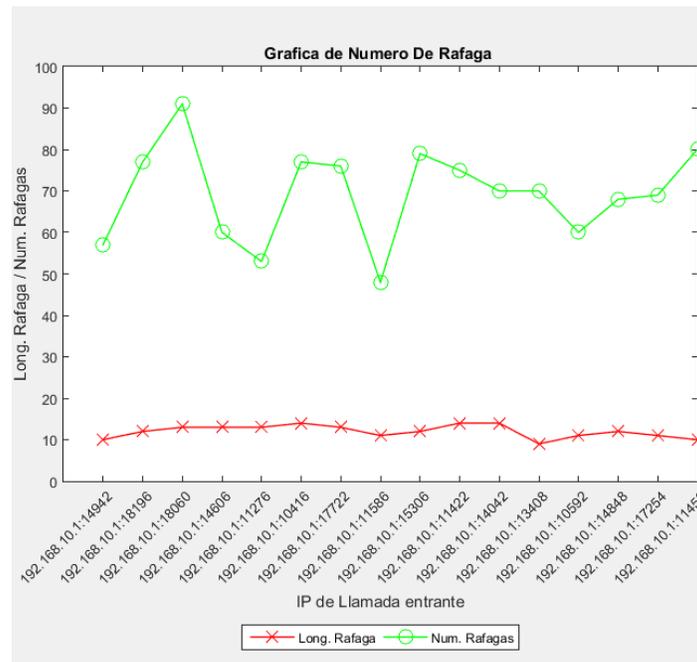


Figura 5.11 Ejemplo de sobreponer graficas

En Graficas Cruzadas se utilizan los parámetros de la Lista de Parámetros, pero con la opción de ponerlos ya sea en la coordenada Abscisa o en la coordenada Ordenada. Esta opción ayuda para construir graficas a gusto propio jugando con los parámetros para lograr graficas únicas.

En la parte de abajo esta la opción de Apellidos de Grafica, la cual nos sirve para poner un “Tag” en la leyenda de la gráfica para identificar de “donde” viene el parámetro que estamos graficando. Esta opción es muy útil cuando queremos comparar un parámetro de un archivo con el parámetro de otro archivo. En la figura 5.12 se muestra un ejemplo de Apellidos de Gráfica.

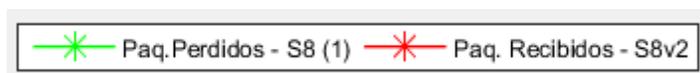


Figura 5.12 Apellidos de Gráfica

El botón Guardar datos actuales (.txt) selecciona el parámetro que estemos visualizando en ese momento y guarda todos sus datos en un archivo de texto (.txt) para ver sus datos sin necesidad de tener que buscarlo en el archivo CSV previamente cargado. Al presionar el botón saldrá una ventana de confirmación como se muestra en la figura 5.13 para confirmar el guardado de los datos. Dicho archivo de datos se guardará en la misma carpeta de donde se esté ejecutando el programa.

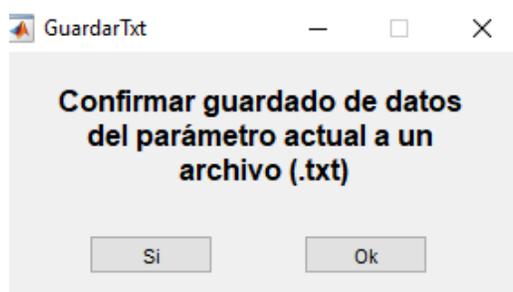


Figura 5.13 Guardar archivo de texto

En el área de la derecha de la interfaz está ubicada el área de gráficas, es la zona exclusiva donde se estarán mostrando todas las gráficas que se vayan generando.

## 5.4 Documentación generada por el sistema

Por último, el programa cuenta con 2 funciones de extracción de datos, los cuales ya se mencionaron anteriormente, que son los procesos para extraer los gráficos del programa y el proceso por el cual el programa almacena los datos de la gráfica actual en un archivo.

En el proceso por el cual pasa es cedido completamente al usuario, de forma que al seleccionar la opción de guardar gráfica, se abrirá una tercera ventana donde se generara la misma gráfica que se encuentra en la página de gráficos como se puede visualizar en a Figura 5.14, en esta nueva ventana el usuario tendrá completo control para poder guardar la gráfica en el formato y con el diseño que desee.

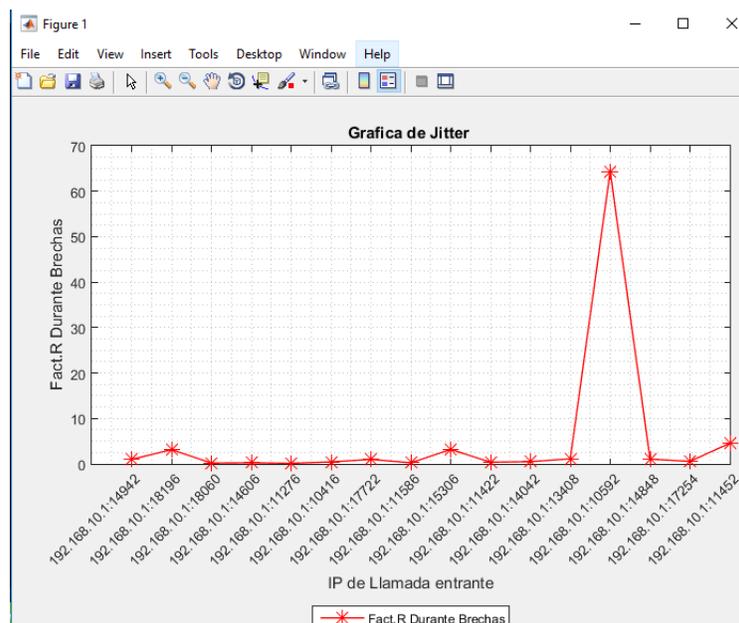


Figura 5.14 Ventana de graficos para guardar la gráfica en el formato deseado.

Este proceso permite poder guardar en cualquier formato específico la gráfica, como sería el archivo en metadatos o .emf para poder utilizarlo para presentaciones o videos sin que la imagen pierda su resolución original o se distorsione por modificar sus medidas tal como se puede apreciar en la Figura 5.15. Con este sistema de guardado el usuario podrá generar presentaciones con las gráficas, para exponer los problemas de la QoS sin tener que estar ejecutando constantemente el programa, lo cual ahorra el consumo de recursos del equipo, ayudando a tener una presentación mas fluida, con imágenes claras y de fácil entendimiento.

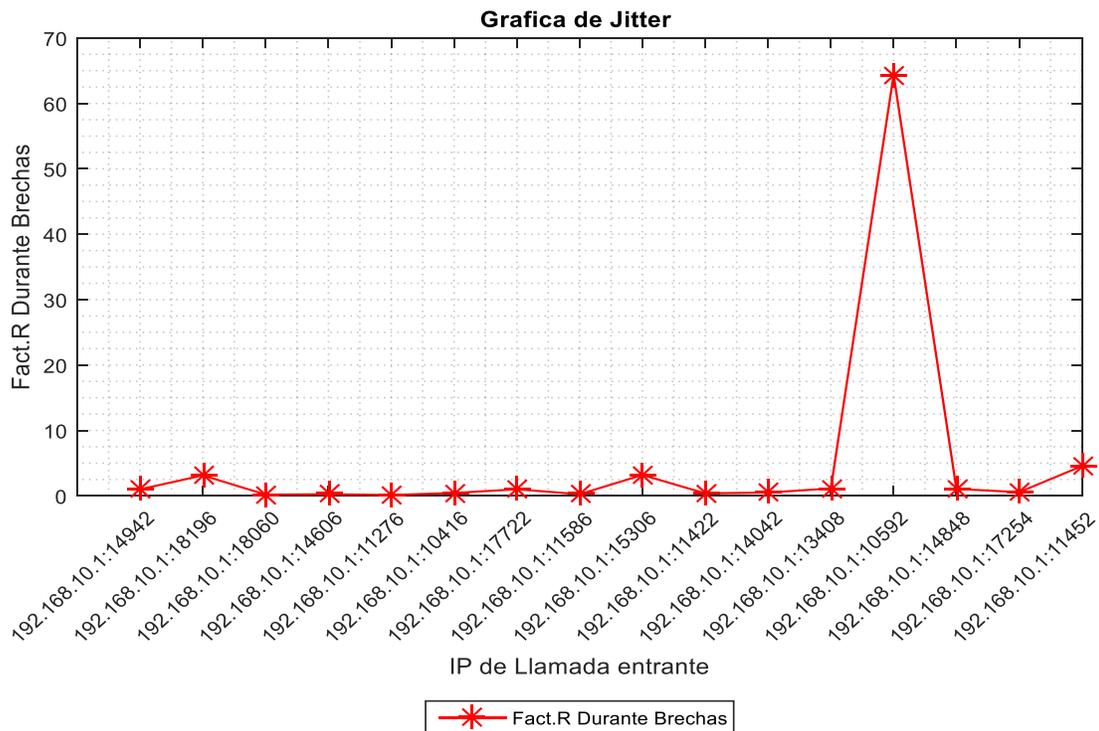


Figura 5.15 Gráfica en formato .emf generada por el programa

El programa permite poder extraer los valores de la gráfica que se está visualizando si el usuario así lo desea, para poder corroborar de múltiples maneras que los datos visualizados son correctos, esto sucede en la parte de guardar datos actuales, estos son almacenados en un archivo .txt para su manejo,

el usuario podrá así consultar con diferentes fuentes teniendo el conjunto de datos en una forma visual simple, tal cual se muestra en la figura 5.16.

The screenshot shows a Notepad window with the following content:

| Tasa de Perdida | MOS        | Calidad Audio |
|-----------------|------------|---------------|
| 0.00            | 0.00000000 |               |
| 0.00            | 0.00000000 |               |
| 0.00            | 1.00000000 |               |
| 1.00            | 1.00000000 |               |
| 1.00            | 1.00000000 |               |
| 1.00            | 1.00000000 |               |
| 1.00            | 1.00000000 |               |
| 2.00            | 2.00000000 |               |
| 2.00            | 3.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 5.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |
| 4.00            | 4.00000000 |               |

Figura 5.1 Ejemplo de datos extraídos de una gráfica cruzada generada por el programa

# Capítulo 6

## CAPITULO 6: EVALUACION DEL PROGRAMA EN REDES CONTROLADAS

Para hacer una primera evaluación del programa, se decidió hacer en un escenario aislado de la red, de manera local utilizando los servicios de un servidor SIP, esta prueba se hizo en un ambiente controlado, lejos del ruido generado en una red común, el objetivo buscado tras de esta prueba es demostrar que el programa funciona efectivamente, que no hay error en sus funciones finales, y que es capaz de graficar los datos obtenidos de cualquier análisis, y no únicamente datos ficticios para su elaboración.

### 6.1 Escenario de prueba

Se propuso para este escenario que se diseñe representando 2 zonas, con el objetivo de simular una conexión a internet o la separación de 2 edificios en una universidad.

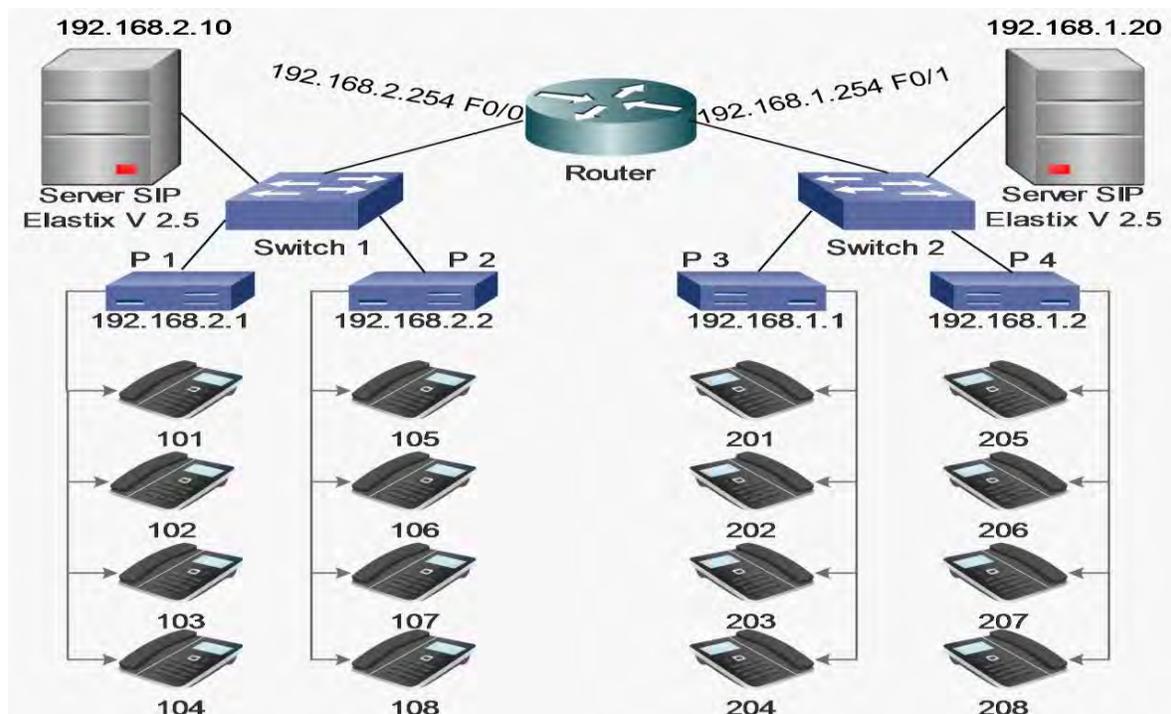


Figura 6.1 Escenario evaluado con servicios de SIP enlazando 2 zonas

Tal como se aprecia en la Figura 6.1, esta primera prueba consto de 2 servidores SIP enlazados cada uno en 2 zonas diferentes separados por un Router Cisco catalyst 1800 series, los servidores estarán montados cada una en una computadora HP la cual cuenta con 50 GB de espacio de disco duro, 8 GB de RAM, procesador Intel Pentium Dual-Core de 3.00 GHz la cual tendrá instalada el servidor SIP Elastix V2.5 con servicio de interfaz grafica, cada zona contara con 4 planets gateways FXS con enlace al servidor SIP para proveer cada uno el enlace a 4 teléfonos IP genéricos conectados todos en una zona a través de un switch TrendNet GREENnet.

Este escenario fue diseñado con 16 teléfonos de ambos lados para simular un alto trafico de la red y generar colisiones de datos y tal vez perdidas de algunos paquetes, ya que el servicio no sale a una red conectada con internet, se espera que el Jitter y otros factores de QoS se mantengan en perfecto estado ya que no deberá tener interferencia, para corroborar el trafico y los datos de transferencia se harán análisis en ambas zonas, extrayendo la información de la ruta al servidor.

### **6.1.1 Codificaciones utilizadas**

Para la configuración del Codex de ambos servicios se harán pruebas de análisis con la codificación G.711 basado en la ley A (Alaw) en las 2 zonas designadas, G.711 es un estándar de codificación digital para representar una señal de audio en frecuencias de la voz humana, mediante palabras de 8 bits de resolución, permitiendo generar una alta taza de paquetes por segundo para su evaluación y análisis.

Además del estándar G.711 Alaw se configurarán ambas zonas con el servicio de codificación proporcionado por el estándar G.729, este análisis se hará posterior para no generar interferencia con el G.711. G.729 se usa mayoritariamente en aplicaciones de Voz sobre IP VoIP por sus bajos requerimientos en ancho de banda. El estándar G.729 trabaja con tramas de bits de 8 kbit/s, pero existen ciertas tenciones al momento de aplicar la codificación, las cuales pueden empeorar o mejorar la calidad de la conversación.

### **6.1.2 Tiempos de análisis**

Para la recopilación de datos se propuso el analizar 1 hora por zona utilizando ambos codex, es decir, se analizará un total de 4 horas de tráfico de datos generado de manera aleatoria marcando con los teléfonos de manera irregular para una mayor recopilación de datos de la red. Los códecs son G729 el cual comprime el audio de voz por partes de 10 milisegundos y que además tiene un requerimiento de ancho de banda menor, y el G711 que es un estándar de codificación digital para representar una señal de audio en frecuencias de la voz humana con una tasa de 8000 muestras por segundo.

### **6.1.3 Resultados de Pruebas**

Estas pruebas fueron en un ambiente controlado dentro de la Universidad de Quintana Roo. Estos con una duración de una hora cada uno, fueron divididos en dos partes, uno con el CODEC G711 y el otro con el CODEC G729. En las figuras siguientes se muestran los resultados adquiridos de las pruebas. Los resultados fueron adquiridos directamente de la herramienta PROVIPA. En el eje Y se muestra el parámetro analizado y en el eje X las direcciones IP de los teléfonos que estuvieron en conexión generando los datos durante la transmisión, y que están divididos en el transcurso de una hora.

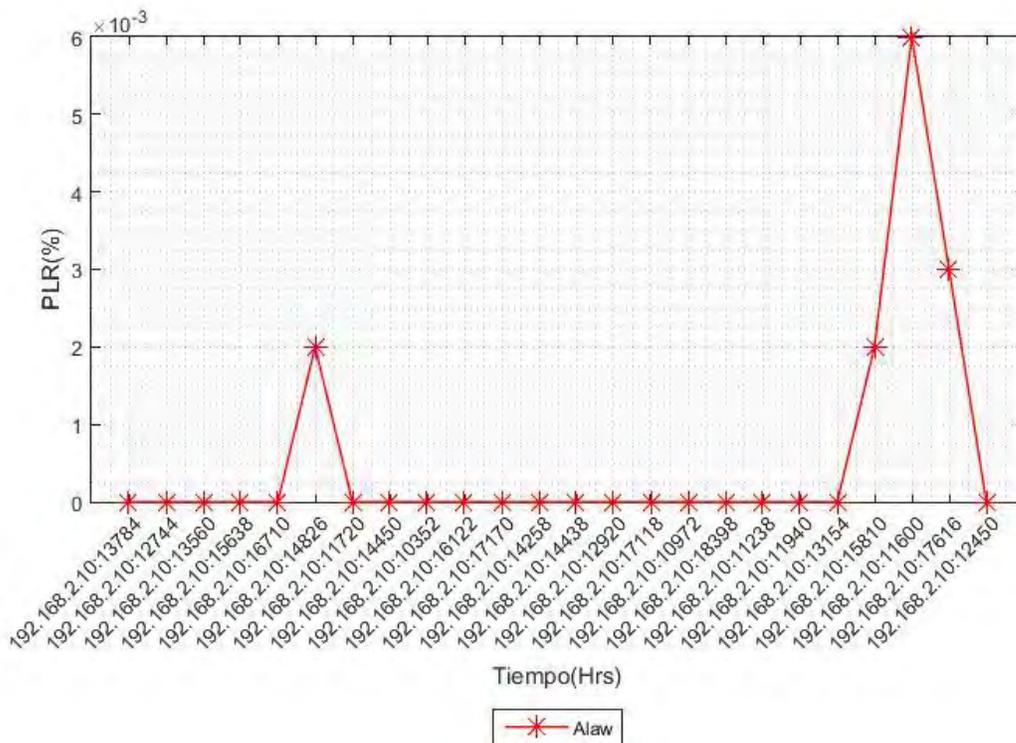


Figura 6.2 PLR – G711

En la figura 6.2 Se puede apreciar que hay un porcentaje bajo de PLR en más de la mitad del tiempo del análisis junto con un leve incremento al final, en el códec G711.

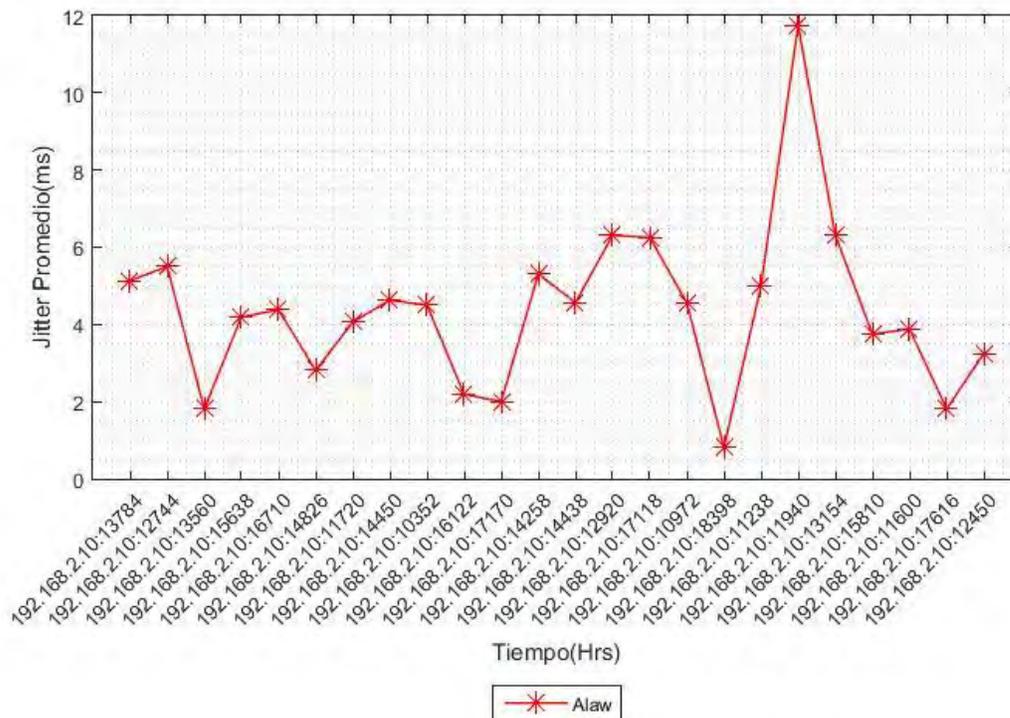


Figura 6.3 Valor Promedio Jitter – G711

En la figura 6.3 Se puede apreciar que hay variación del Jitter Promedio en el transcurso del análisis entre los valores del 2 y 4 con un gran pico de datos casi al final hasta un valor de 12, en el códec G711.

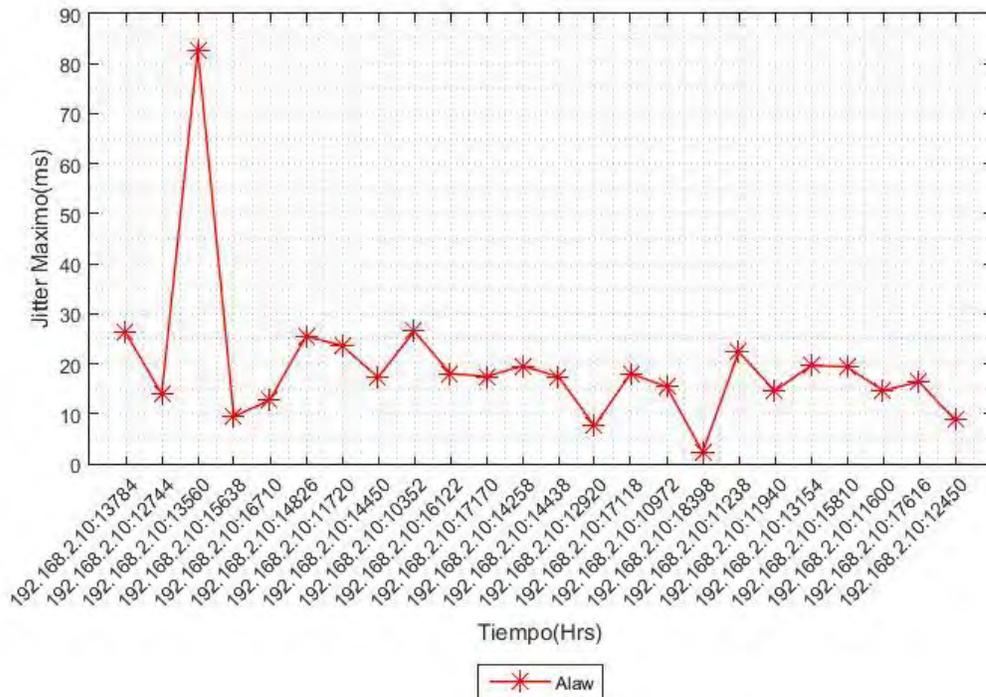


Figura 6.4 Valor Máximo Jitter – G711

En la figura 6.4 Se aprecia que hay una variación promedio del Jitter Máximo entre los valores 10 y 30 con un pico de más de 80 a principios de análisis, en el códec G711.

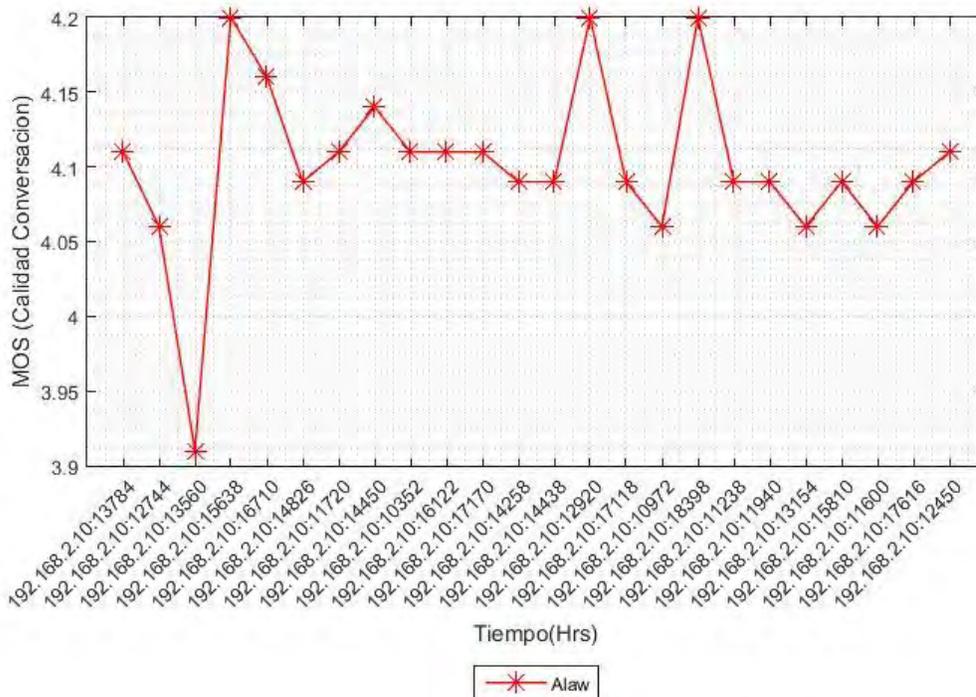


Figura 6.5 MOS (Calidad de Conversación) – G711

En la figura 6.5 Se aprecian valores cambiantes en cuanto al MOS en diferentes partes del análisis, junto con una pequeña pérdida a inicios del análisis, del códec G711.

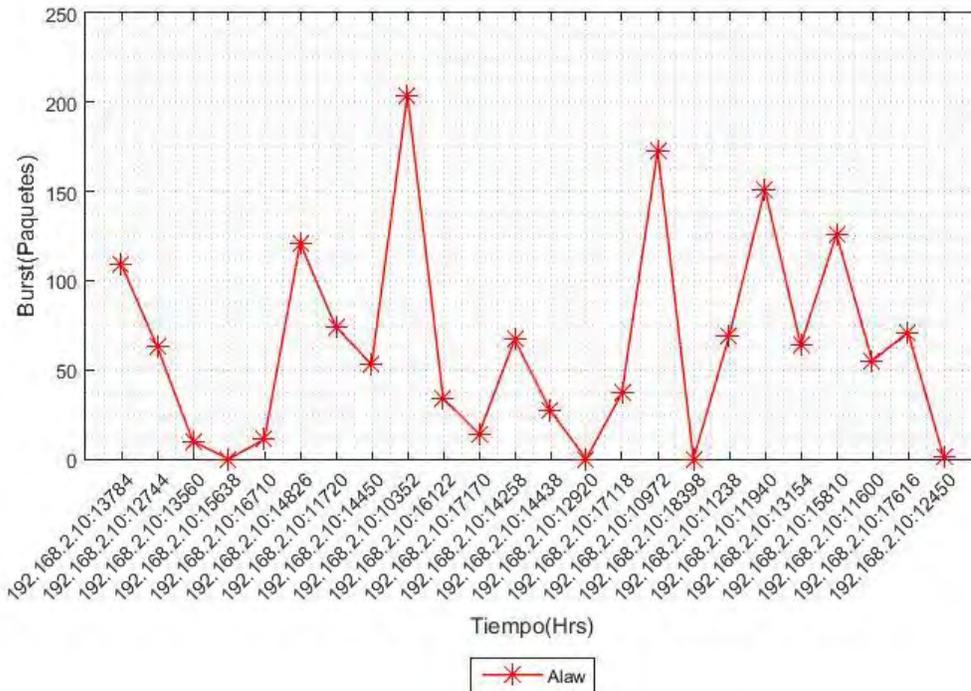


Figura 6.6 Numero de Burst – G711

En la figura 6.6 Se aprecian valores cambiantes del Burst en el transcurso de todo el análisis con valores entre 0 y más de 200, del códec G711.

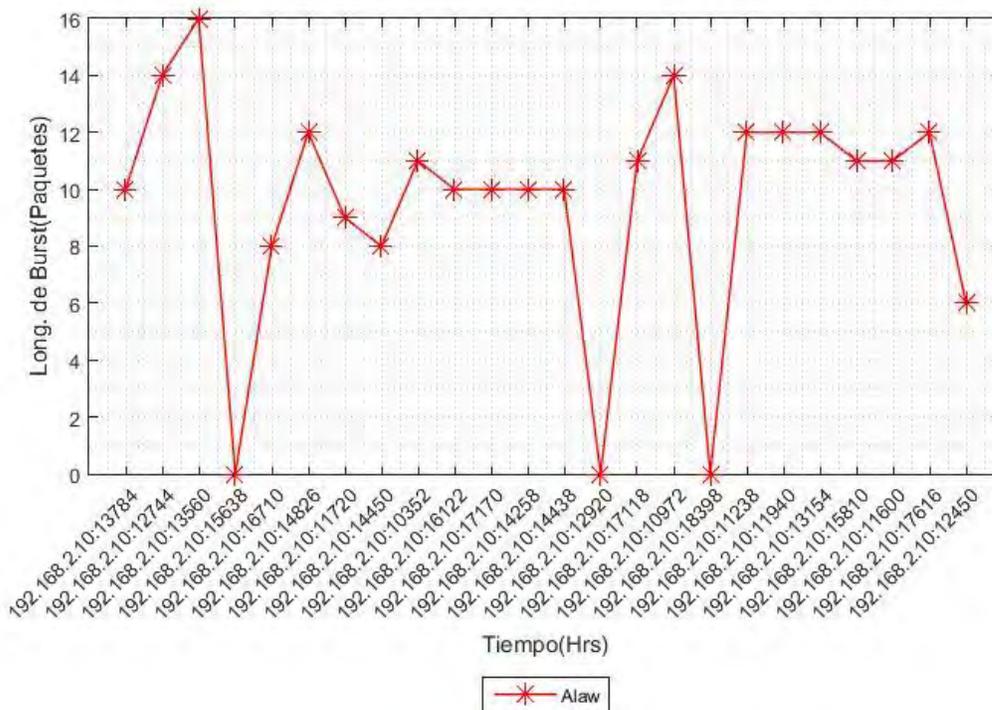


Figura 6.7 Longitud de Burst – G711

En la figura 6.7 se aprecia una variación de paquetes en la Longitud de Burst junto con algunos valores en cero en el transcurso del análisis, del códec G711.

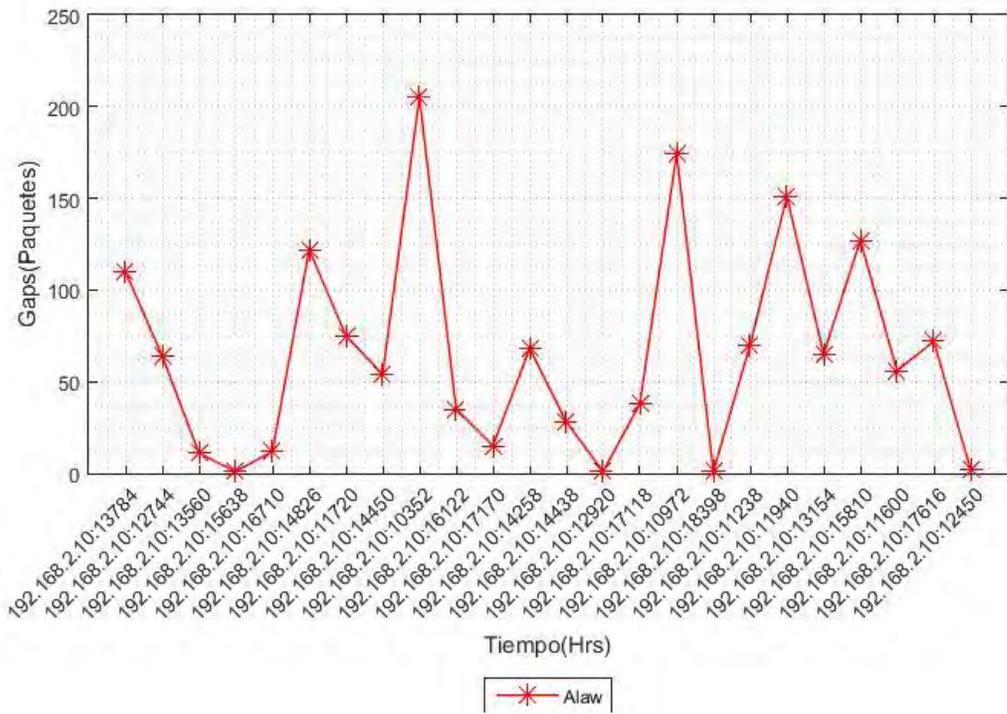


Figura 6.8 Numero de Gaps – G711

En la figura 6.8 se aprecian variaciones de paquetes de Gaps que varían entre 0 y más de 200 durante el análisis, del códec G711.

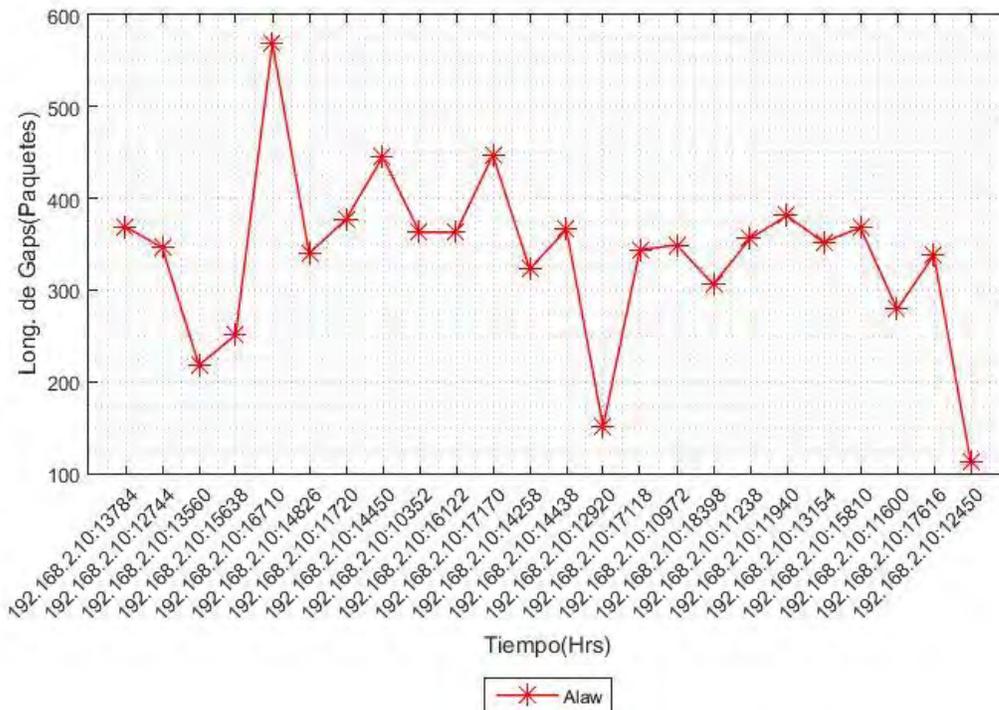


Figura 6.9 Longitud de Gaps – G711

En la figura 6.9 se aprecian variaciones de paquetes en cuanto a la Longitud de Gaps con un incremento casi de 600 hasta un decremento de casi 100 paquetes, del códec G711.

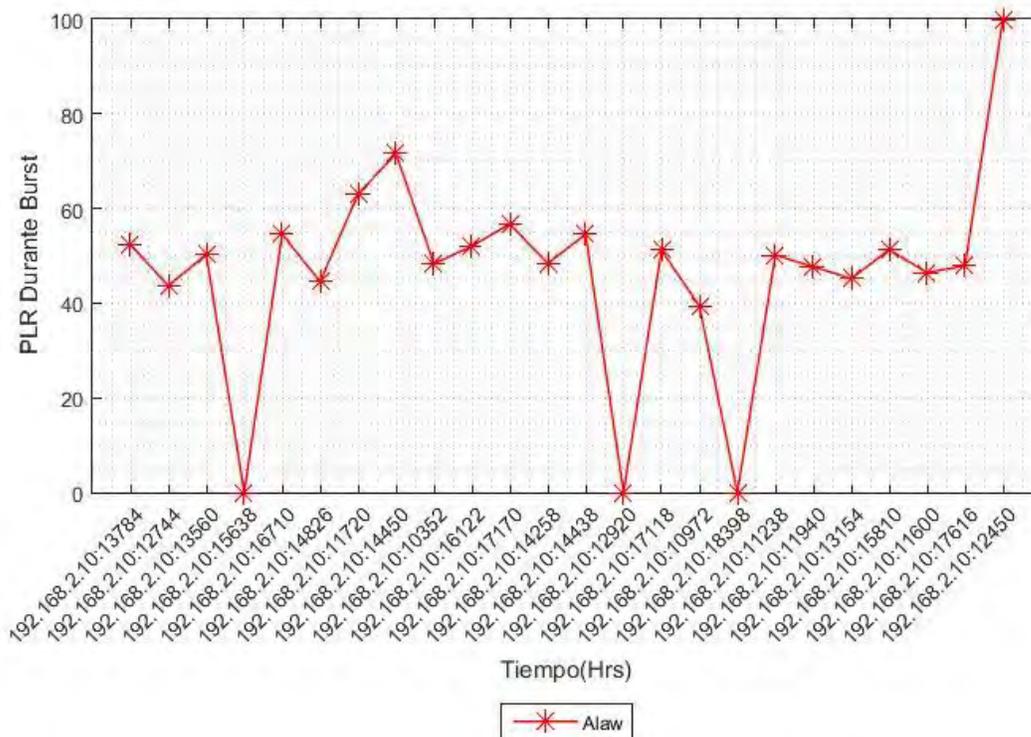


Figura 6.10 PLR durante Burst – G711

En la figura 6.10 se aprecian valores promedio del PLR durante Burst entre los valores 40 y 80 con algunos valores en 0, del códec G711.

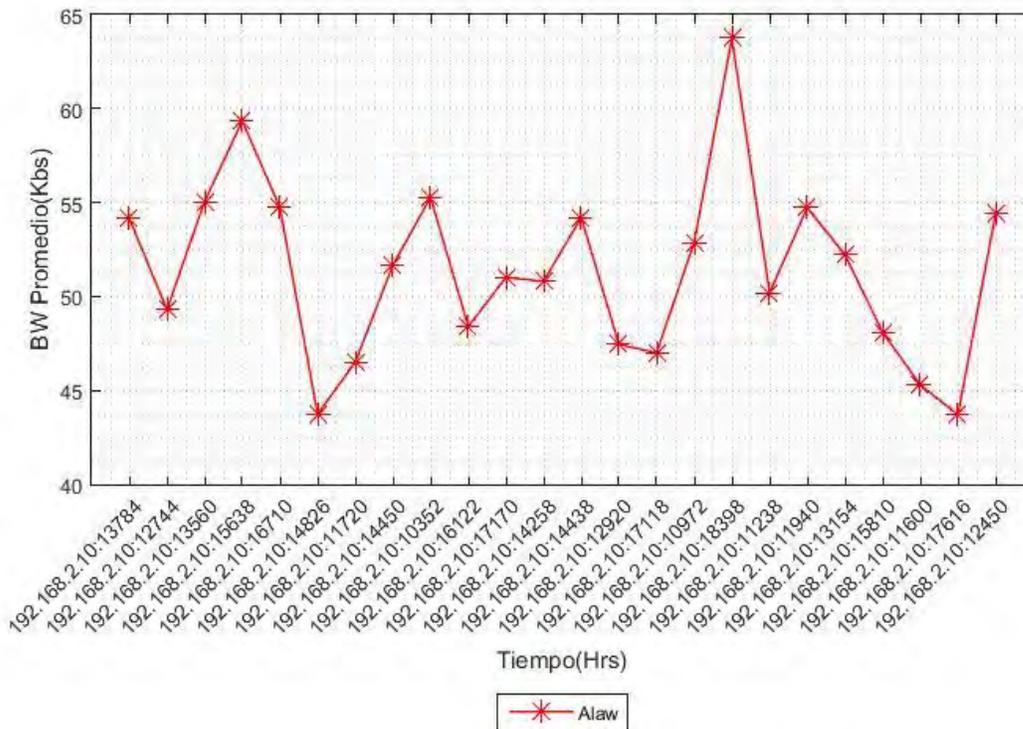


Figura 6.11 Ancho de Banda – G711

En la figura 6.11 se aprecian valores promedio del Ancho de Banda entre los 45 y 60 Kbs, del códec G711.

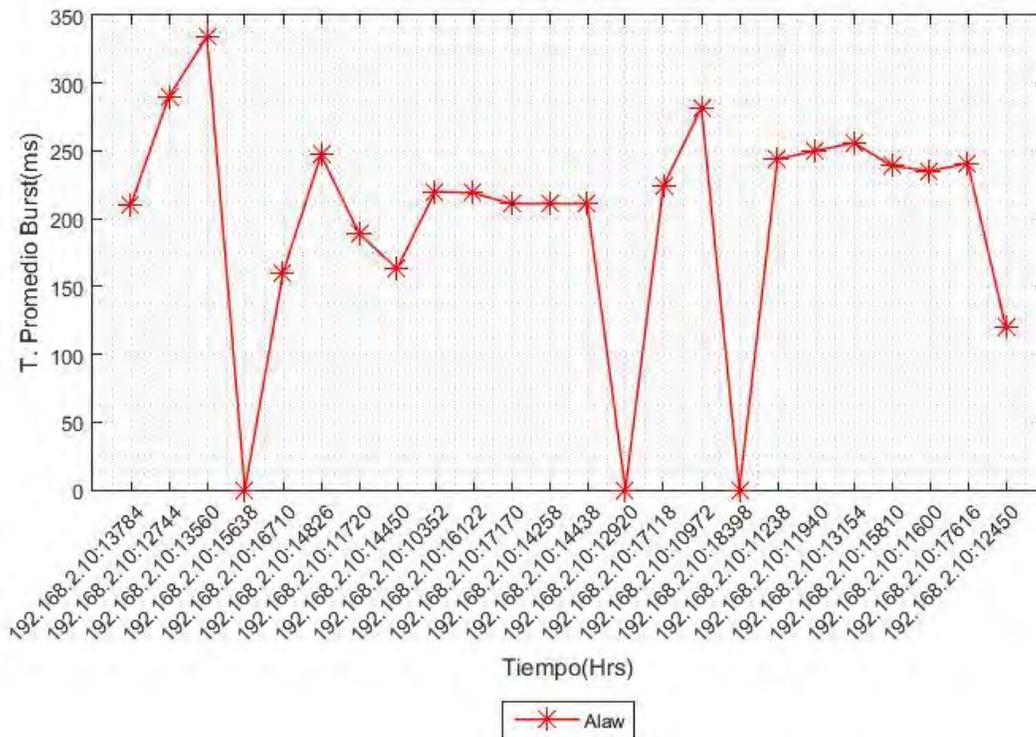


Figura 6.12 Tamaño Promedio de Burst – G711

En la figura 6.12 se aprecian valores casi constantes del Tamaño promedio de Burst entre los valores 200 y 250 ms, con algunos valores en 0, del códec G711.

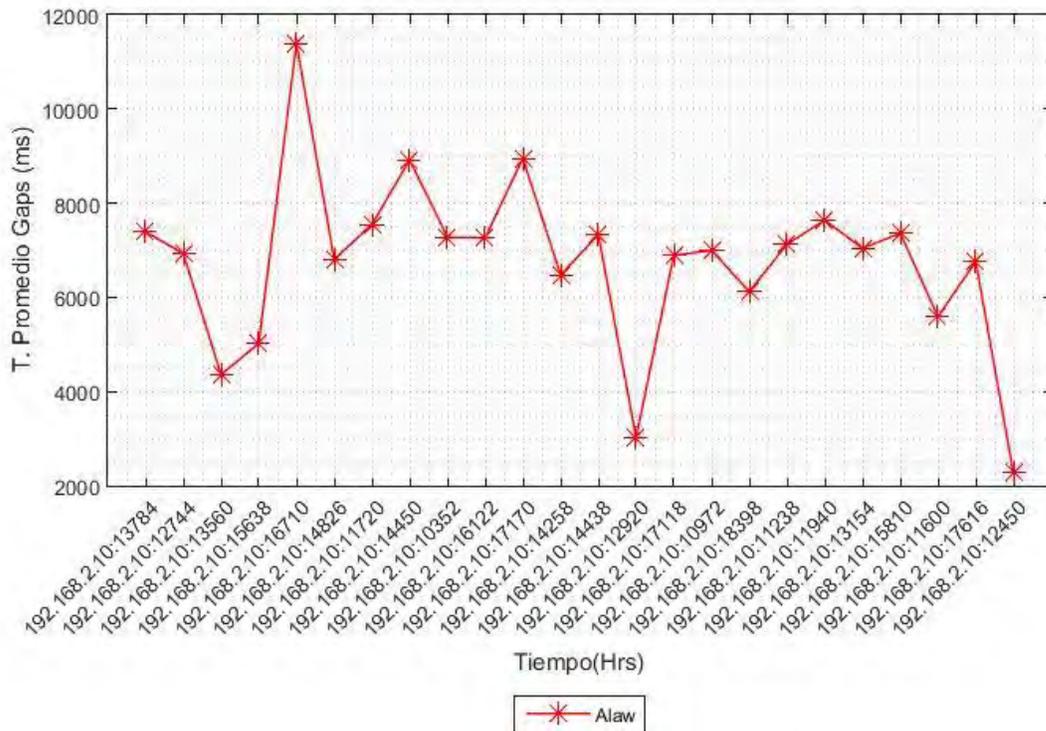


Figura 6.13 Tamaño Promedio de Gaps – G711

En la figura 6.13 se aprecian valores cambiantes del Tamaño promedio de Gaps entre los valores de 4000 y 10000 ms, con algunos picos altos y bajos en el transcurso del análisis, del códec G711.

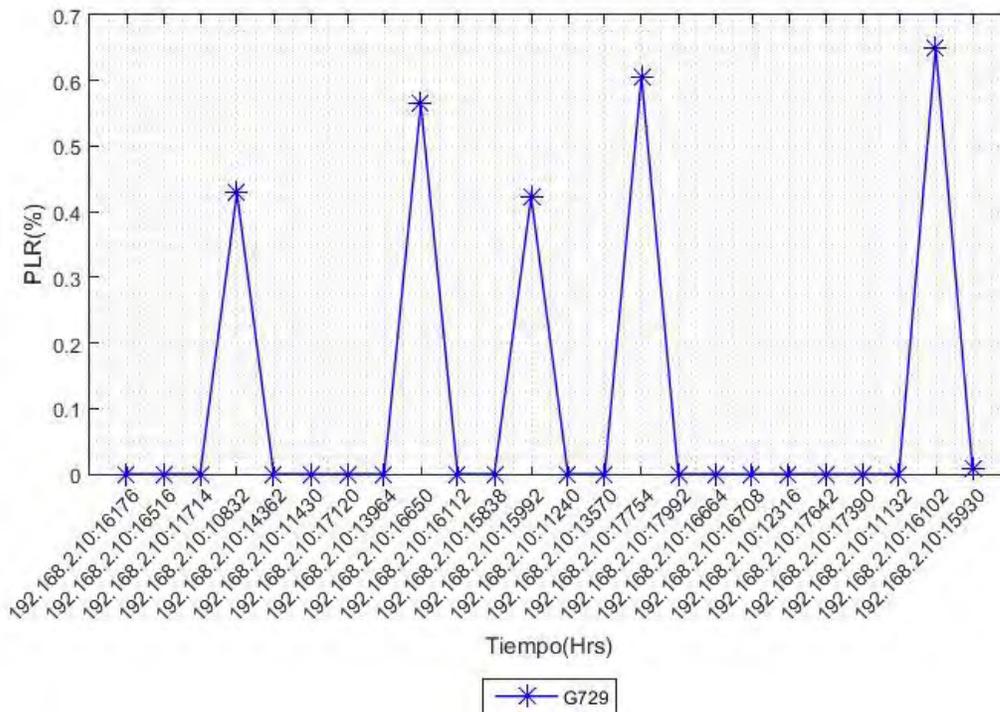


Figura 6.14 PLR – G729

En la figura 6.14 Se puede apreciar que hay un porcentaje bajo de PLR junto con unos incrementos de más del 0.4% durante el análisis, en el códec G729.

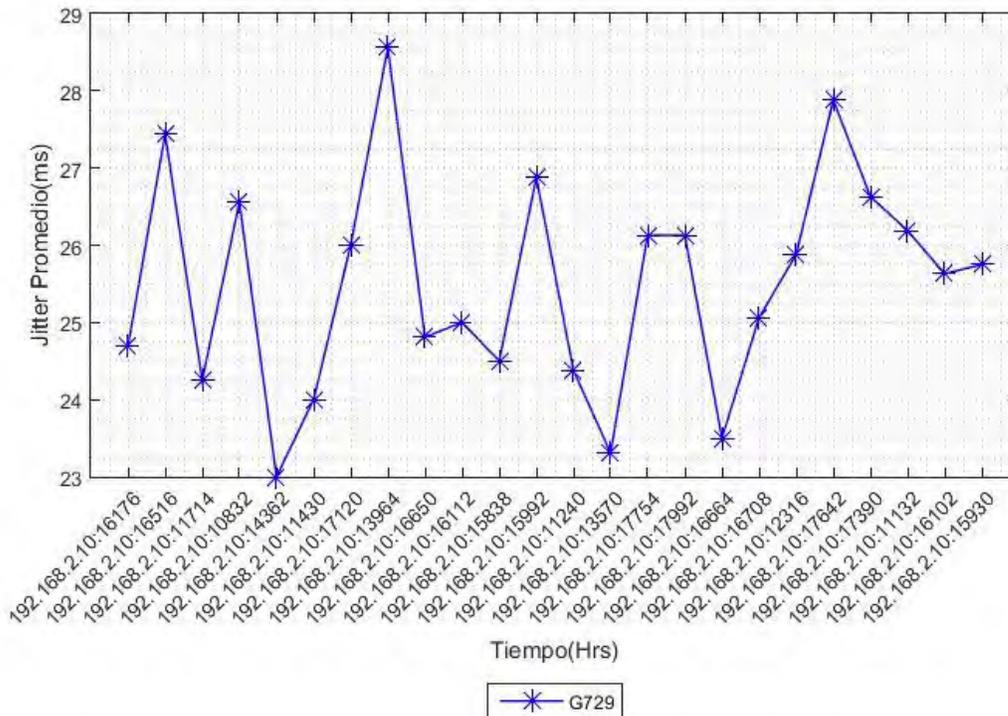


Figura 6.15 Valor Promedio Jitter – G729

En la figura 6.15 Se puede apreciar que hay variación del Jitter Promedio en el transcurso del análisis entre los valores del 23 y 28 ms, en el códec G729.

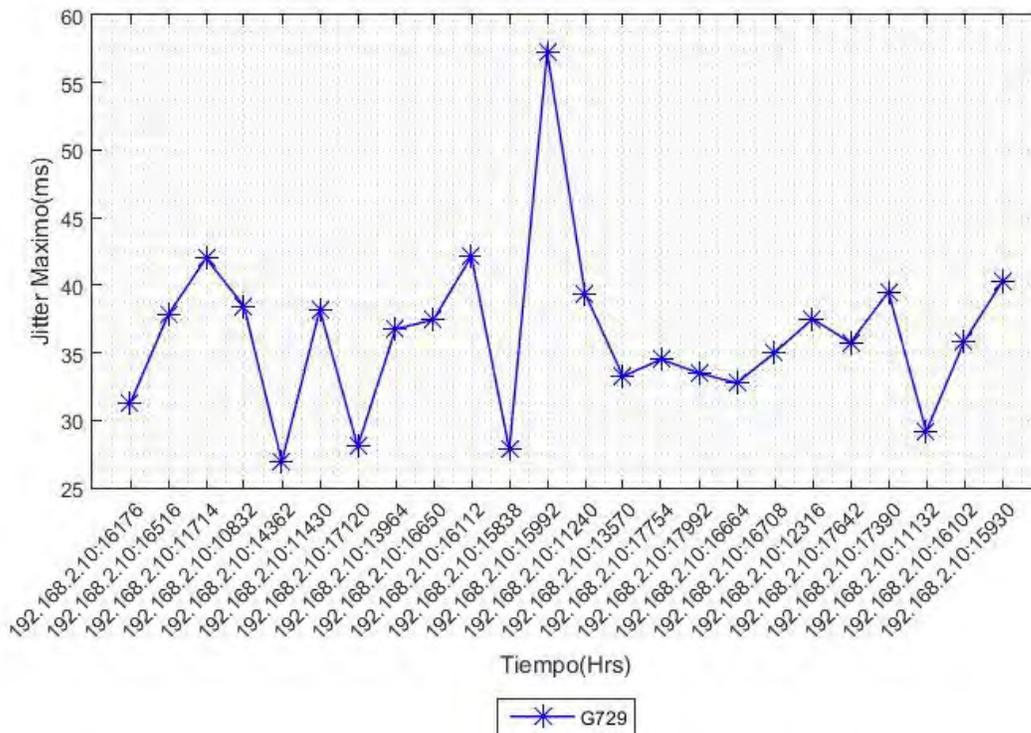


Figura 6.16 Valor Máximo Jitter – G729

En la figura 6.16 Se aprecia que hay una variación promedio del Jitter Máximo entre los valores 30 y 45 ms con un pico de más de 55 a mediados de análisis, en el códec G729.

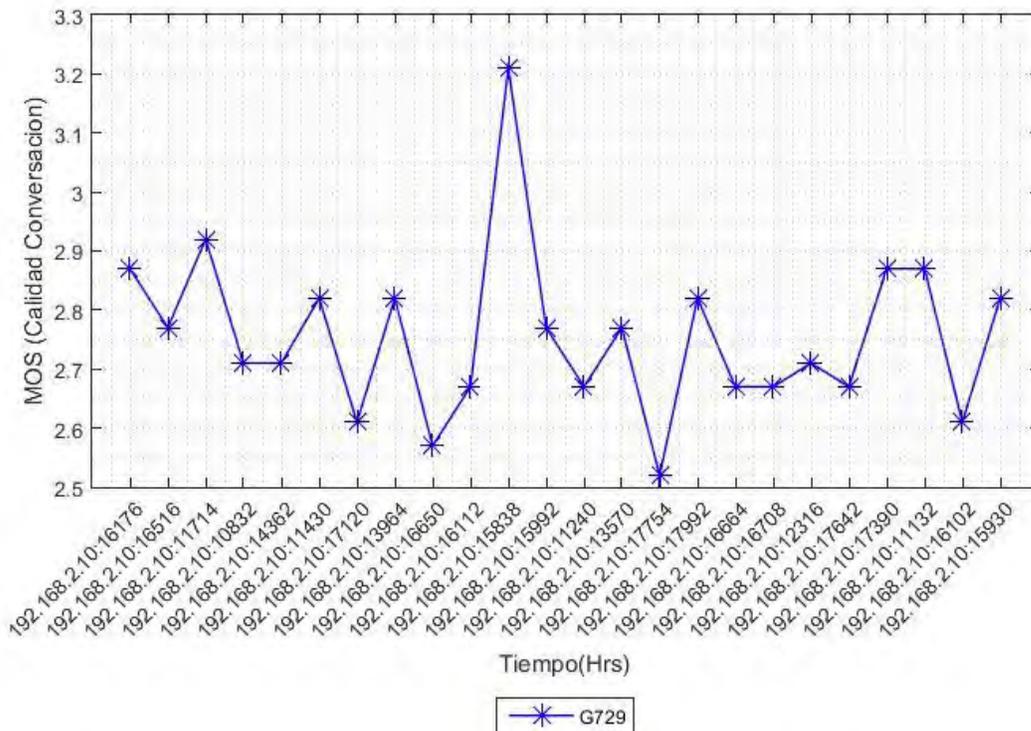


Figura 6.17 MOS (Calidad de Conversación) – G729

En la figura 6.17 Se aprecian valores cambiantes en cuanto al MOS en diferentes partes del análisis, junto con un incremento a mediados del análisis con valor más de 3.2, del códec G729.

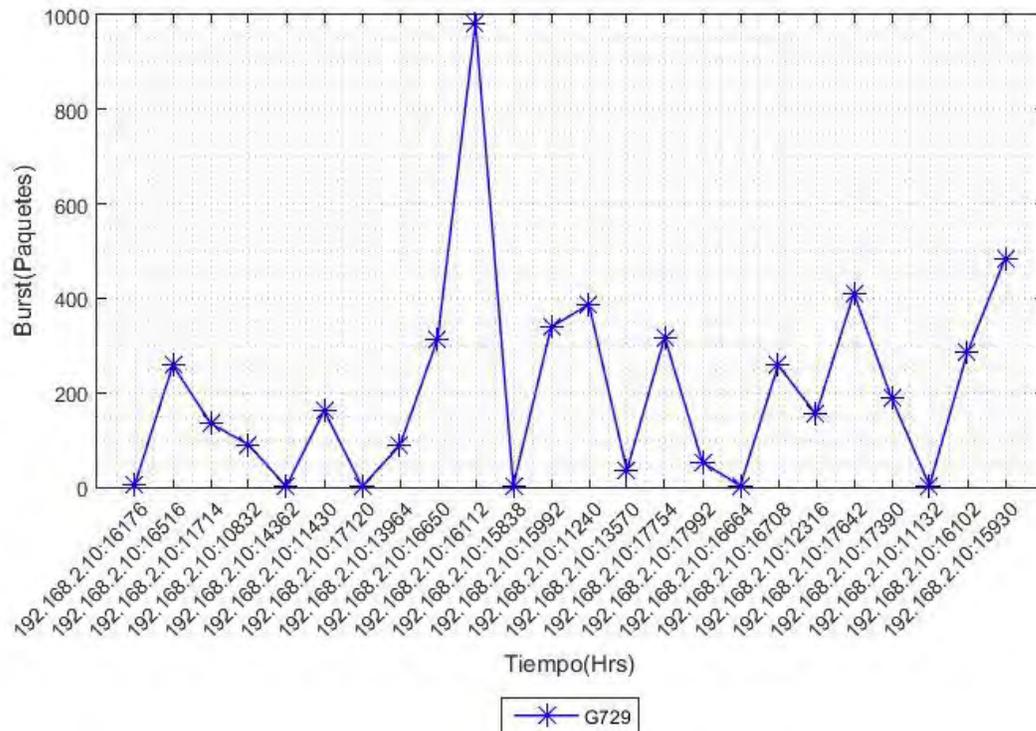


Figura 6.18 Numero de Burst – G729

En la figura 6.18 Se aprecian valores cambiantes del Burst en el transcurso de todo el análisis con un incremento casi a mediados del análisis con valor de 1000 paquetes, del códec G729.

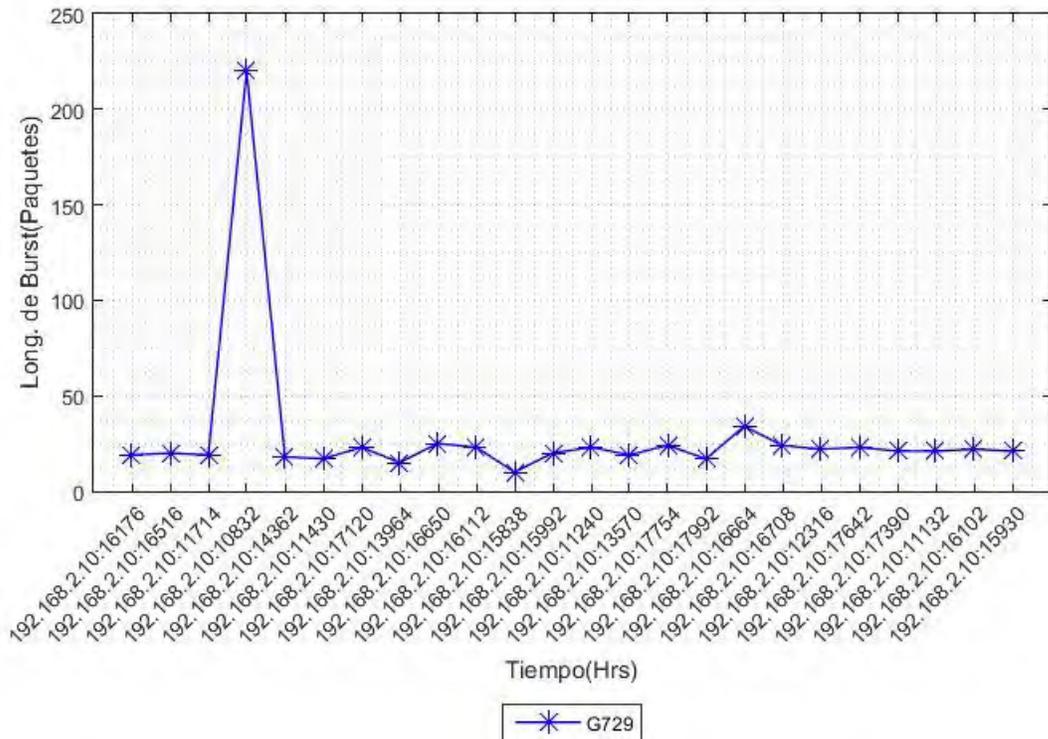


Figura 6.19 Longitud de Burst - G729

En la figura 6.19 se aprecian valores constantes de la Longitud de Burst en niveles inferiores y con un pico de más de 200 a inicios del análisis, del códec G729.

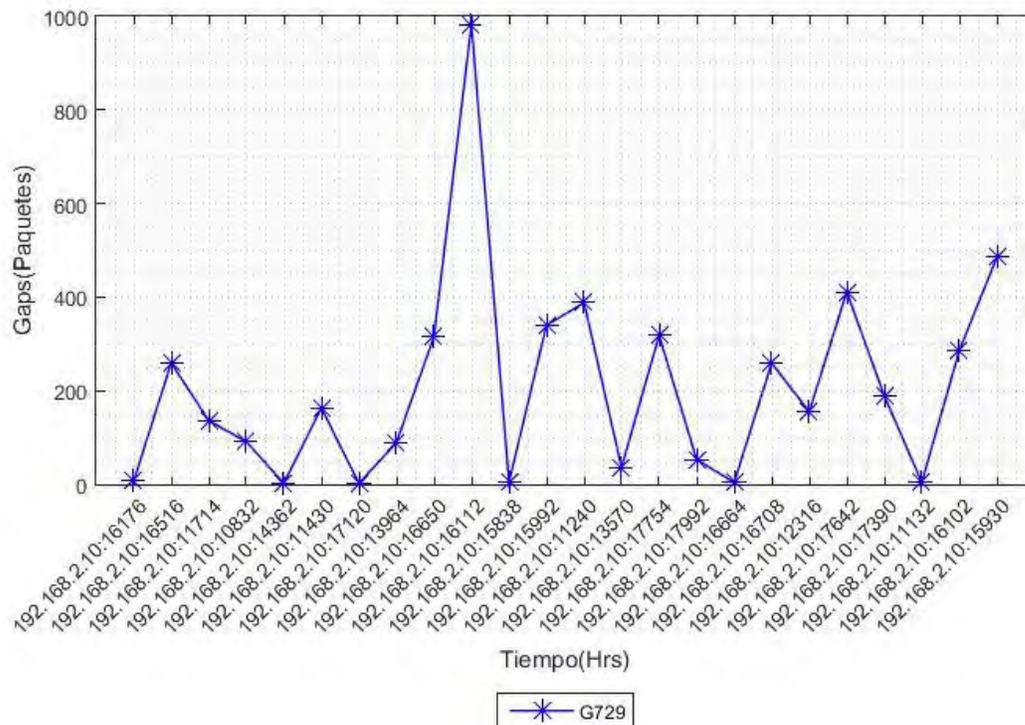


Figura 6.20 Numero de Gaps – G729

En la figura 6.20 se aprecian variaciones de paquetes de Gaps que varían entre 0 y más de 400 y con un pico de hasta 1000 paquetes durante el análisis, del códec G729.

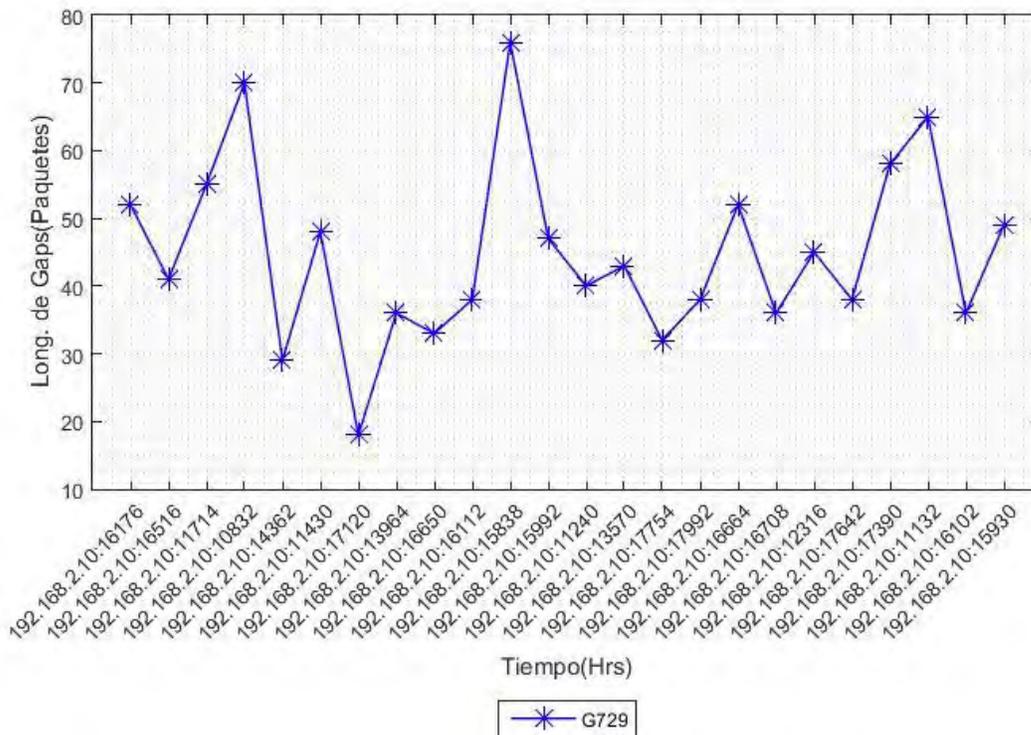


Figura 6.21 Longitud de Gaps – G729

En la figura 6.21 se aprecian variaciones de paquetes en cuanto a la Longitud de Gaps que están entre los 30 y 70 paquetes, del códec G711.

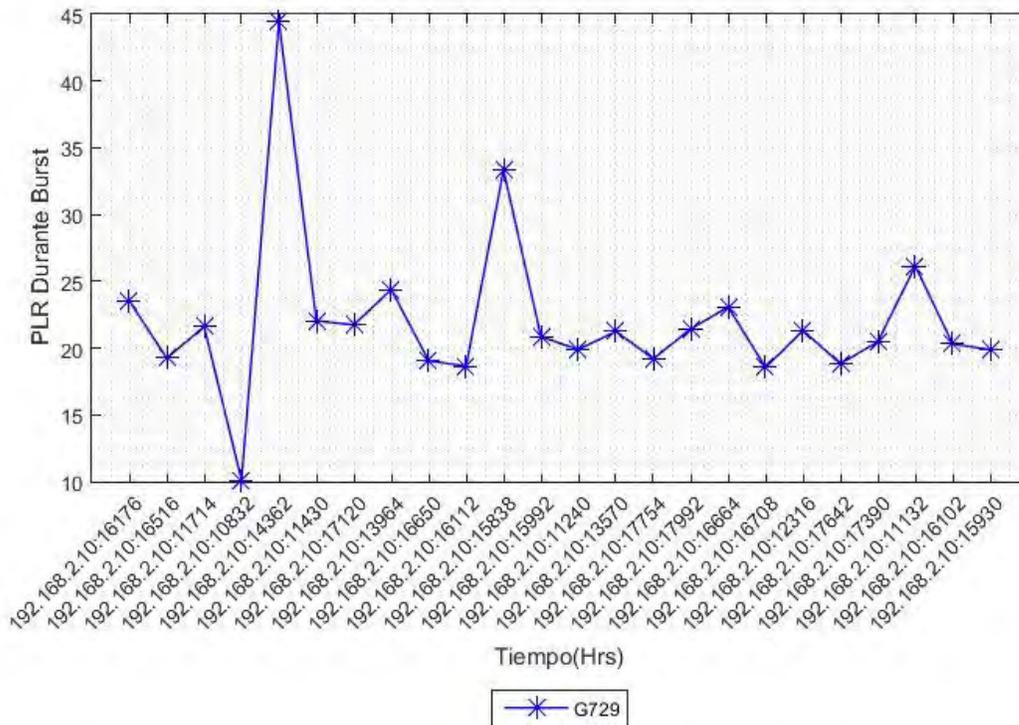


Figura 6.22 PLR durante Burst – G729

En la figura 6.22 se aprecian valores promedio del PLR durante Burst entre los valores 20 y 25, con un pico de hasta 45, del códec G729.

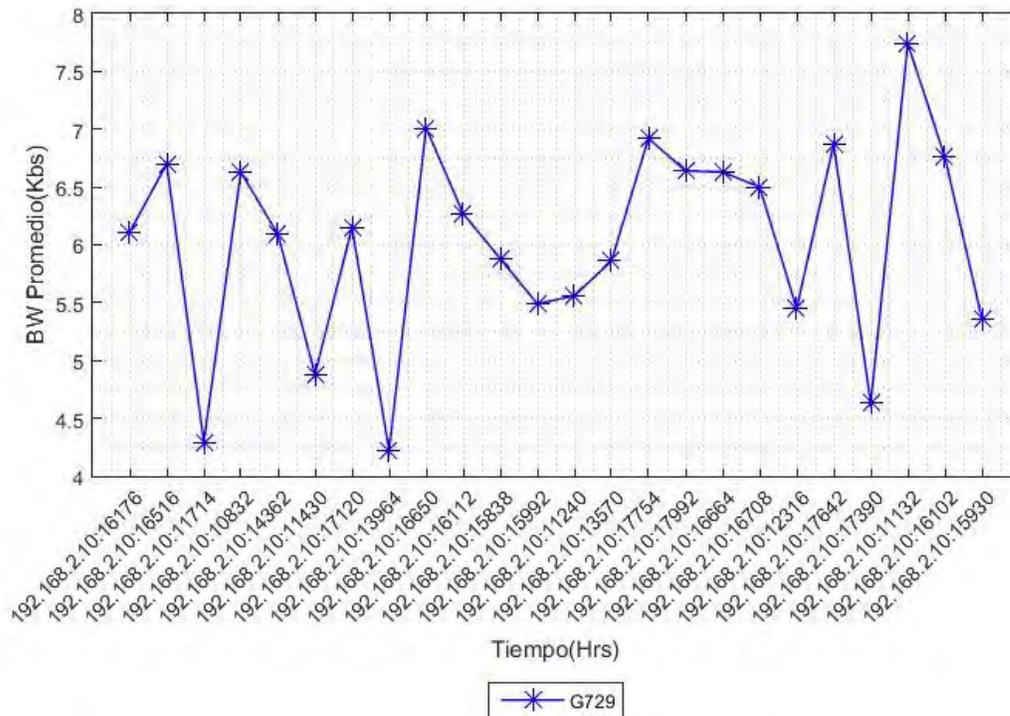


Figura 6.23 Ancho de Banda – G729

En la figura 6.23 se aprecian valores cambiantes en cuanto al Ancho de Banda entre los 4.5 y 7.5 Kbs, del códec G729.

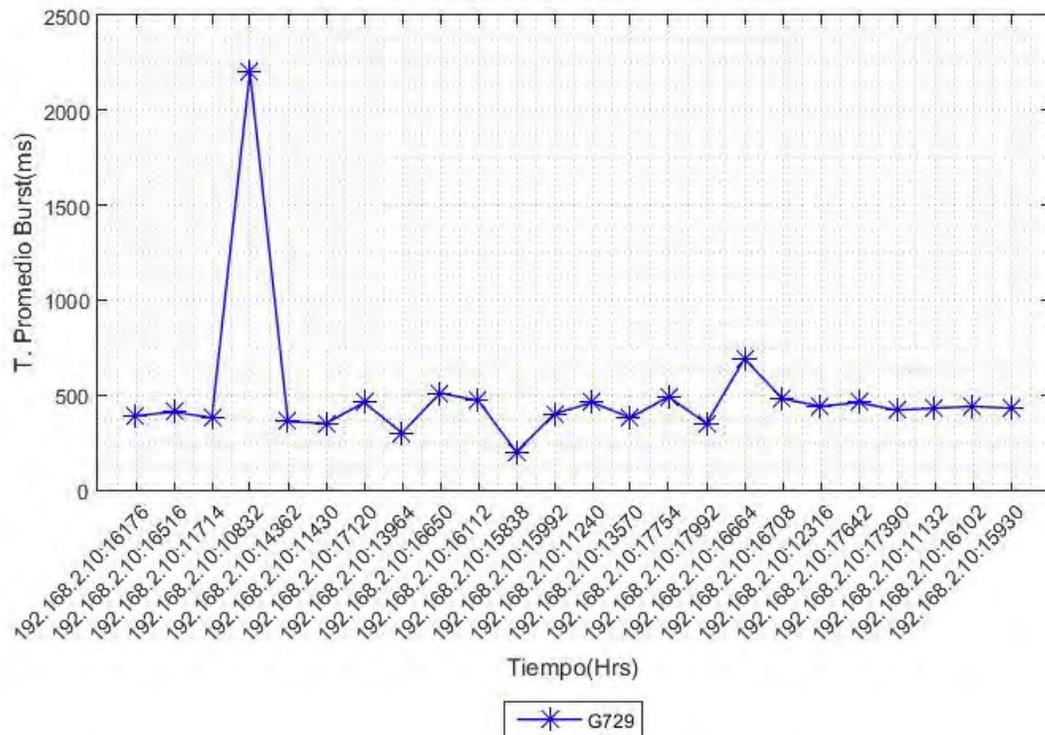


Figura 6.24 Tamaño Promedio de Burst – G729

En la figura 6.24 se aprecian valores casi constantes del Tamaño promedio de Burst entre los valores 250 y 500 ms, con un pico de más de 2000 ms, del códec G729.

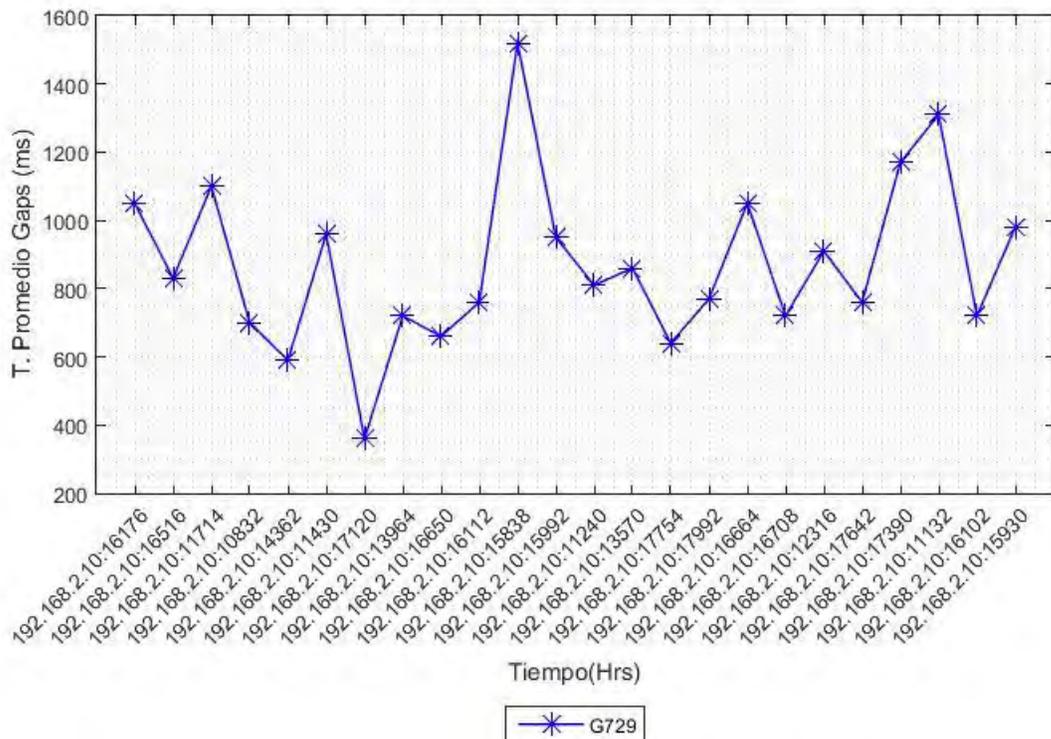


Figura 6.25 Tamaño Promedio de Gaps – G729

En la figura 6.25 se aprecian valores cambiantes del Tamaño promedio de Gaps entre los valores de 400 y 1200 ms con un pico entre los 1400 y 1600 ms, del códec G729.

# Capítulo 7

## CAPITULO 7: PRUEBAS DEL PROGRAMA EN REDES NO CONTROLADAS

Para esta prueba se utilizó un escenario diferente para poder realizar la prueba en una red no controlada, de igual manera se utilizó un escenario en el Instituto Tecnológico de Veracruz. Ambos escenarios eran servidores H.323 y con la ayuda de una IP publica fue que se logró establecer la conexión entre los dos escenarios a través de la red de internet. Para las pruebas se configuraron los Gateways con los códecs G711 y G729 para verificar y hacer comparaciones entre ambos mediante las trazas de datos analizados durante el periodo de evaluación.

### 7.1 Escenario de pruebas

Para esta prueba, se propuso el siguiente escenario como se muestra en la figura 7.1. Este escenario se realizó con la finalidad de poder tener un enlace vía internet con otro escenario para la realización de pruebas en un ambiente no controlado.

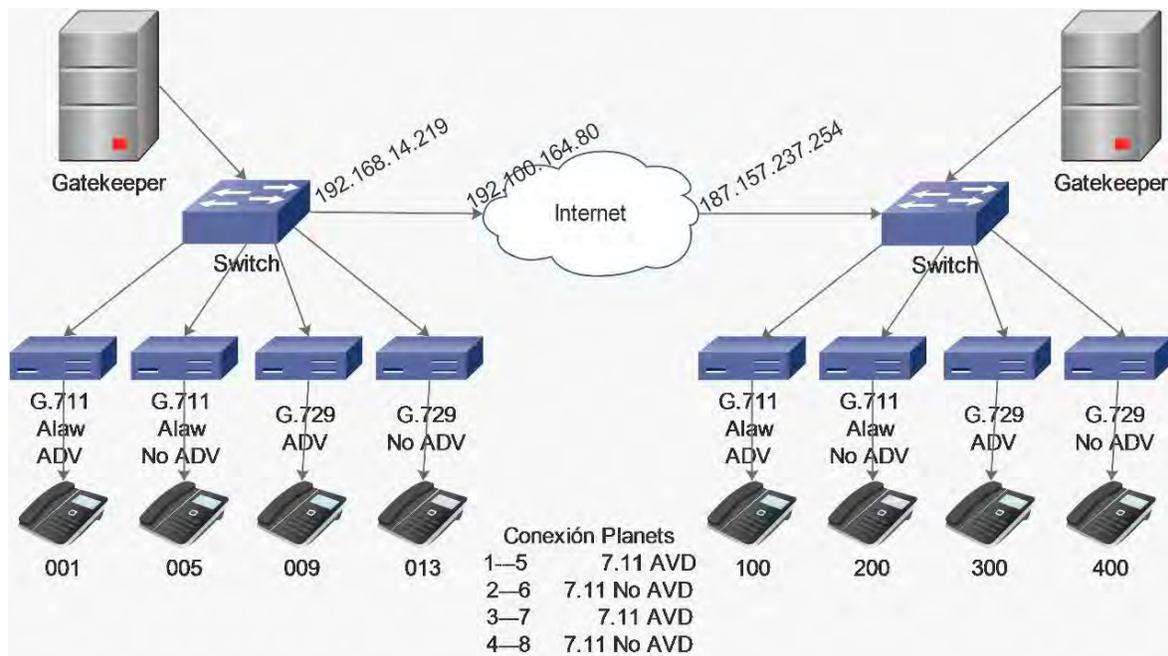


Figura 7.1 Escenario de pruebas vía internet entre la Universidad de Quintana Roo y el Instituto Tecnológico de Veracruz

Para el análisis se utilizaron 2 servidores H.323 interconectados entre sí vía internet. Este enlace fue exitoso utilizando una dirección IP pública en cada servidor, tal y como se muestra en la Figura 7.1 mencionada anteriormente. Se utilizaron 4 Gateways por cada zona y a su vez 1 teléfono IP para cada Gateway. Siendo esto se espera que durante los análisis se capturen una gran cantidad de datos y con una tasa mayor en cuanto a variaciones en la calidad del servicio, diferente a cuando se analizó en un ambiente controlado. Esto se debe a que, como el enlace es vía internet, el tráfico puede ser inestable en algunas ocasiones, y en diferentes horarios durante el transcurso del día, esta inestabilidad se hace más presente.

## 7.2 Recopilación de datos de la conexión entre zonas

Para poder tener una idea más clara de cómo resultaría la QoS en este escenario de prueba, utilizamos la herramienta Wireshark para el análisis y captura de los datos durante la conexión entre zonas. En este caso se analizó una semana completa por intervalos de 12 horas por día para medir el tráfico de red durante diversas horas del día. Se mantuvo una comunicación constante entre todos los Gateways mediante los teléfonos IP para un análisis constante. Durante el análisis, el Wireshark fue guardando archivos con extensión “.pcap” para conocer entre que horas hay más variaciones en el tráfico de red. Los Gateways fueron configurados de la siguiente manera, 2 fueron configurados con G711, uno con detector de voz y uno sin detector de voz, y los otros 2 con G729 de la misma manera, uno con detector de voz y el otro no, esto con la finalidad de ver la cantidad de paquetes que llegan y ver la diferencia de códecs para determinar la QoS en cada uno de los casos.

### 7.3 Resultados de las pruebas

En las figuras siguientes se muestran los resultados de 1 semana de análisis del 15 de Julio al 21 de Julio del 2017, con un periodo de 12 horas de análisis por día. En las mediciones se utilizaron los CODEC G711 con *Voice Activity Detector* (VAD) y sin VAD, y G729 con VAD y sin VAD. Esto con la finalidad de obtener unas métricas para identificar la cantidad de tráfico que hay durante diversas horas del día y así determinar en que horarios hay un índice positivo de calidad de servicio.

Todos los parámetros fueron evaluados, pero estas pruebas se enfocaron específicamente en los siguientes: *PLR*, *Valor Promedio de Jitter*, *Valor Máximo de Jitter*, *MOS (Calidad de Conversación)*, *Número y Longitud de Burst*, *Número y Longitud de Gaps*, *PLR durante Burst*, *Ancho de Banda*, *Tamaño promedio de Burst* y *Tamaño Promedio de Gaps*.

#### 7.3.1 Sábado 15 de Julio

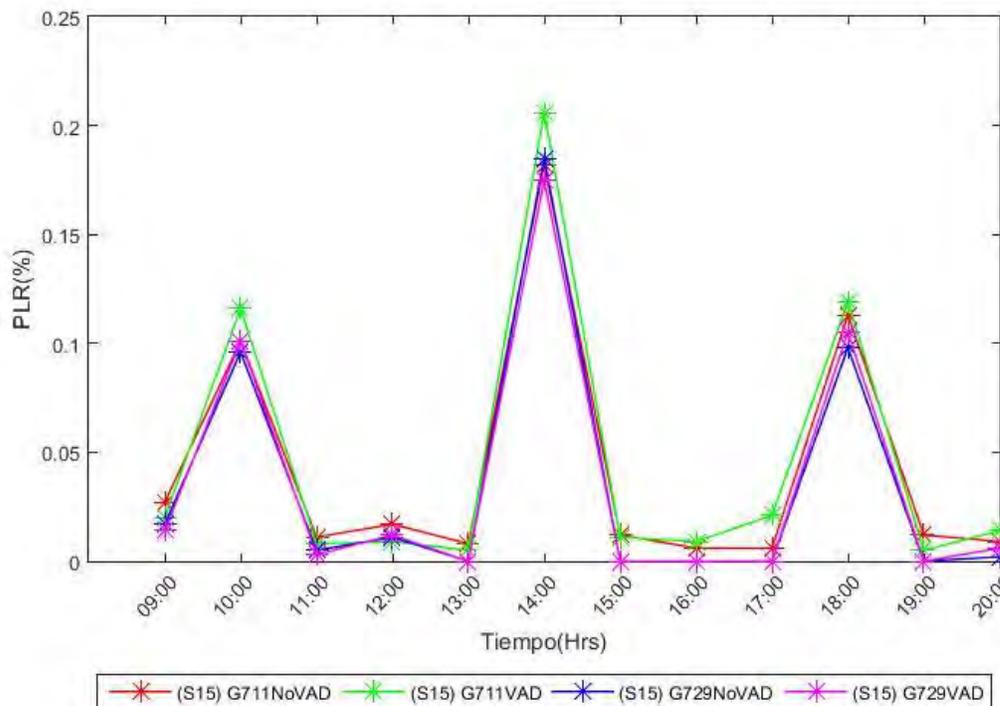


Figura 7.2 PLR

En la figura 7.2 se aprecia un porcentaje de PLR casi similar tanto para el códec G711 con y sin VAD, como para el códec G729 con y sin VAD.

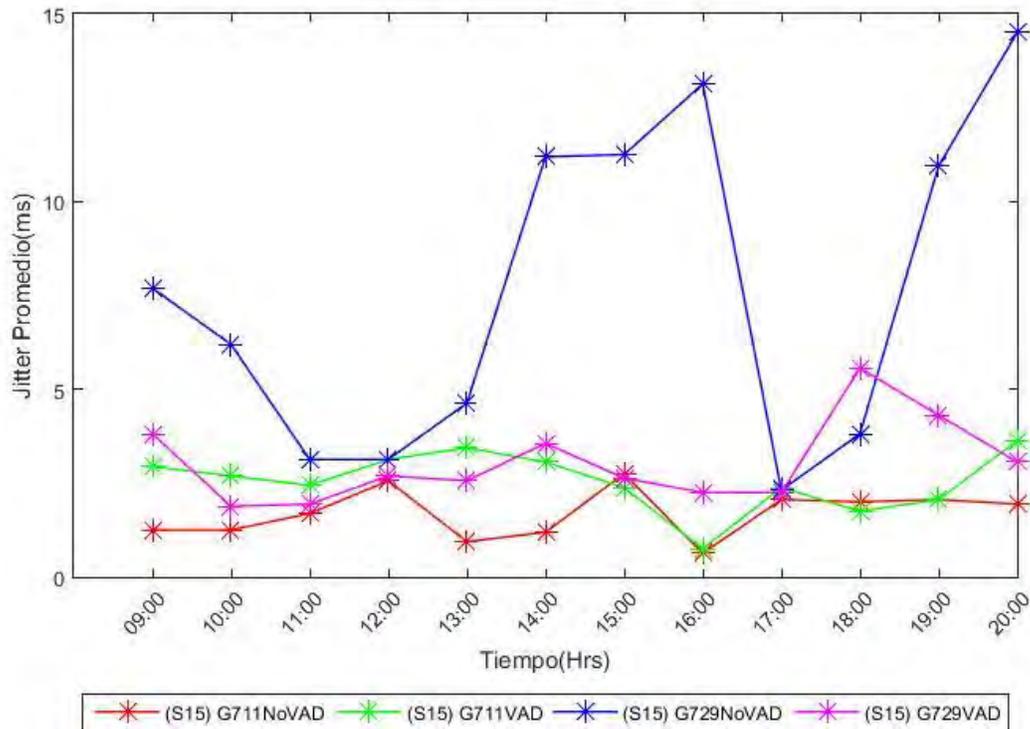


Figura 7.3 Valor Promedio Jitter

En la figura 7.3 se aprecia un Jitter Promedio casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

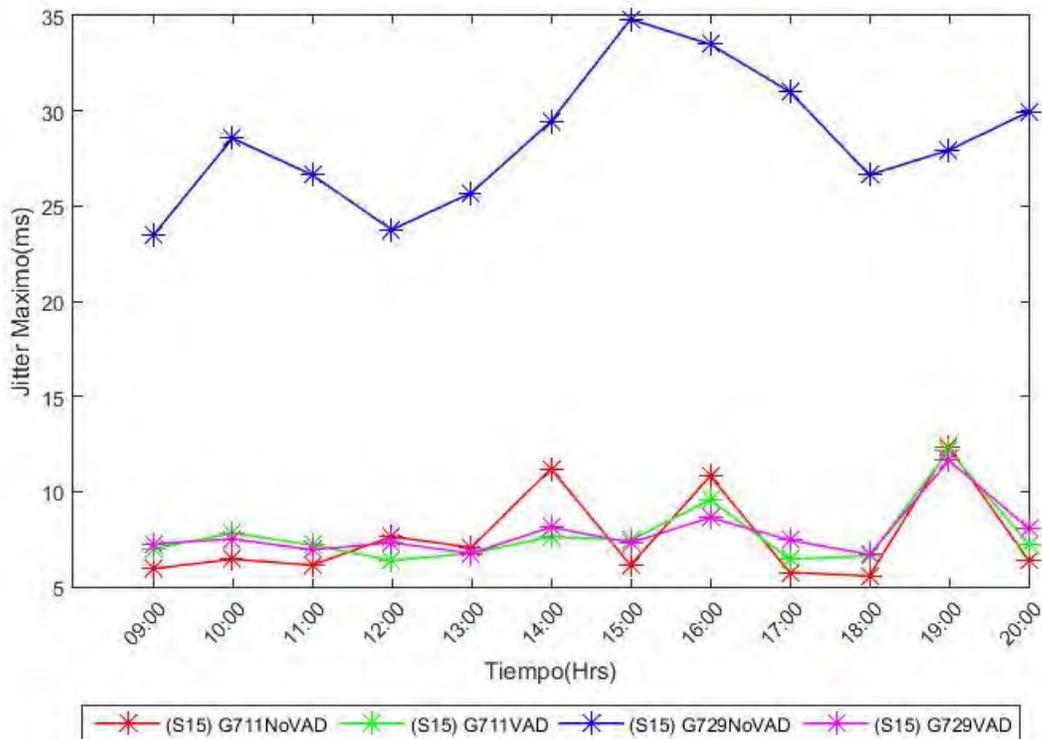


Figura 7.4 Valor Máximo Jitter

En la figura 7.4 se aprecia un Jitter Máximo casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

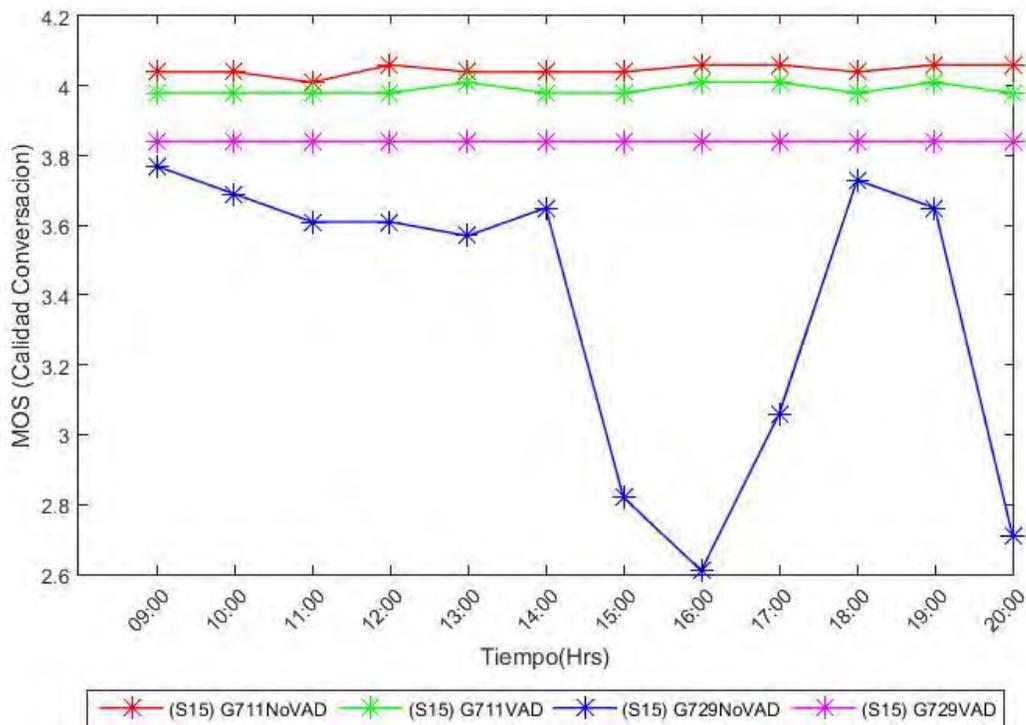


Figura 7.5 MOS (Calidad de Conversación)

En la figura 7.5 se aprecia un nivel de MOS un poco constante para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

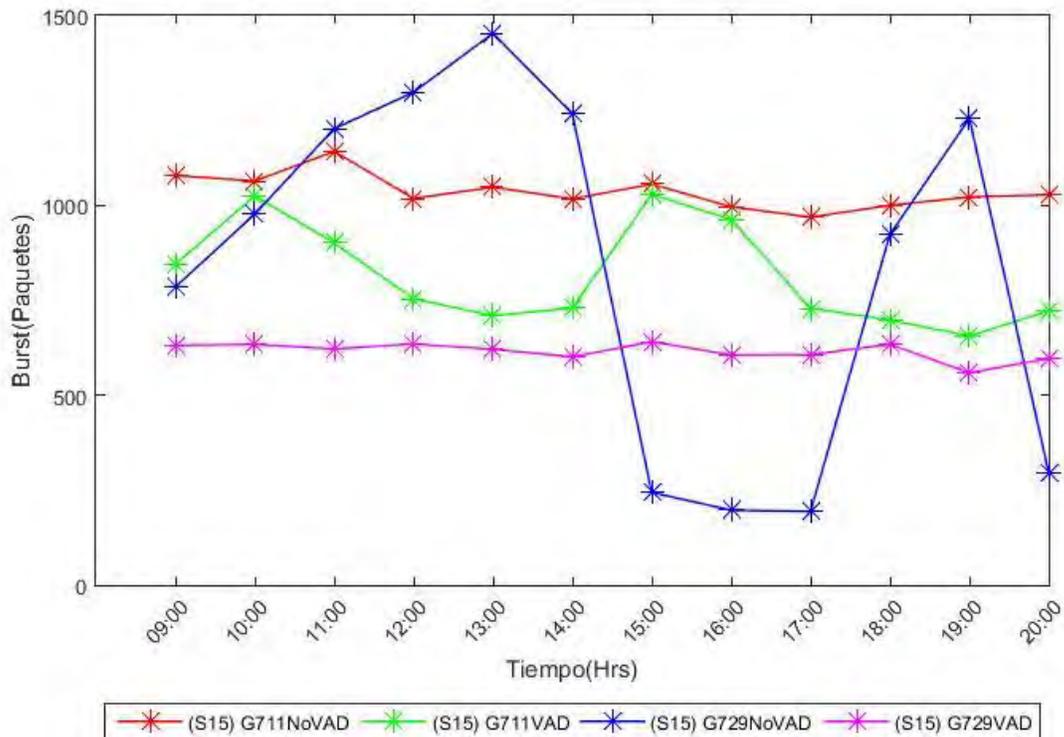


Figura 7.6 Número de Burst

En la figura 7.6 se aprecia el Burst adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

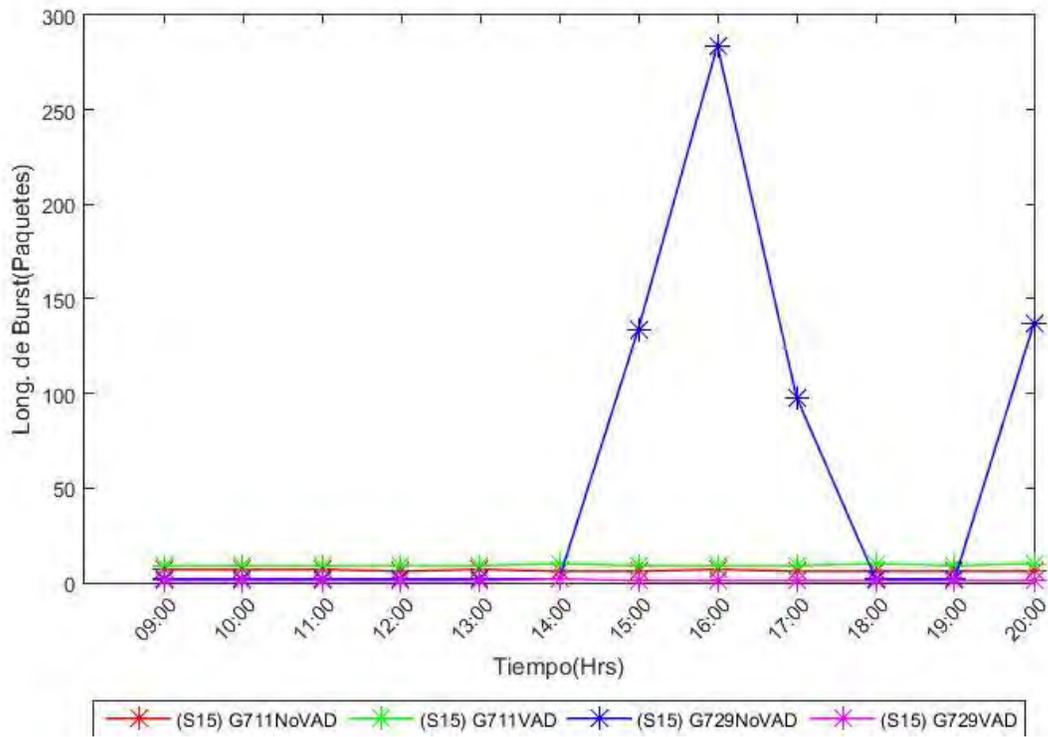


Figura 7.7 Longitud de Burst

En la figura 7.7 se aprecia una Longitud de Burst constante para los códec G711 con y sin VAD y G729 con VAD, y para el G729 sin VAD con unos picos de más de 250 paquetes.

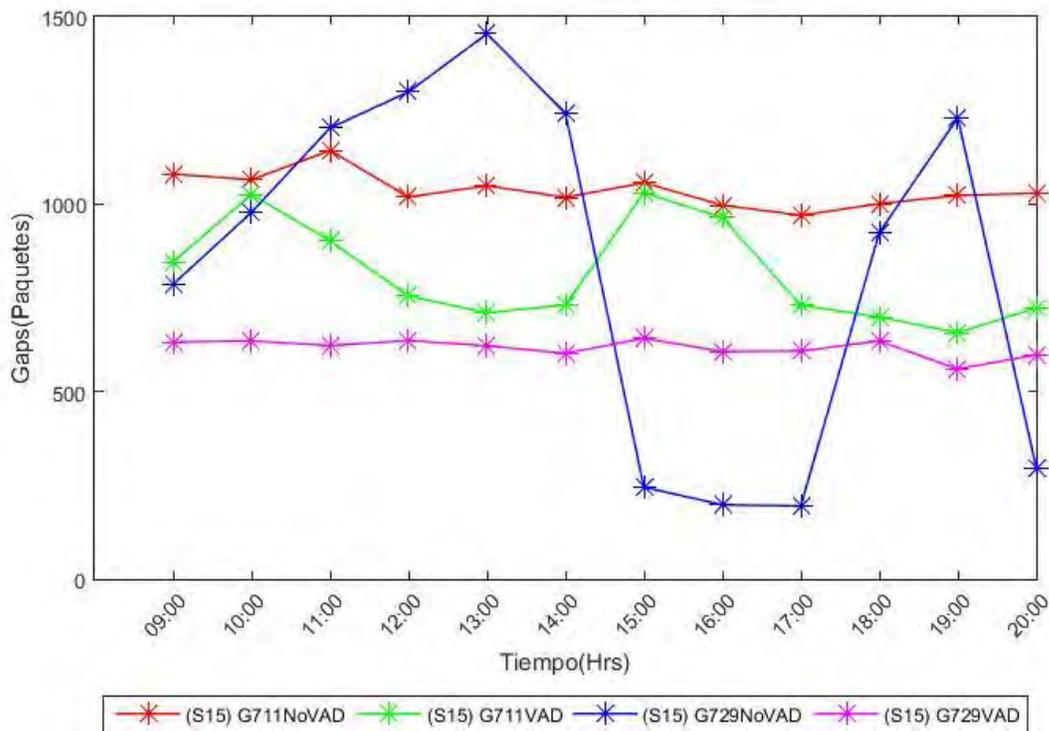


Figura 7.8 Número de Gaps

En la figura 7.8 se aprecia el GAPS adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

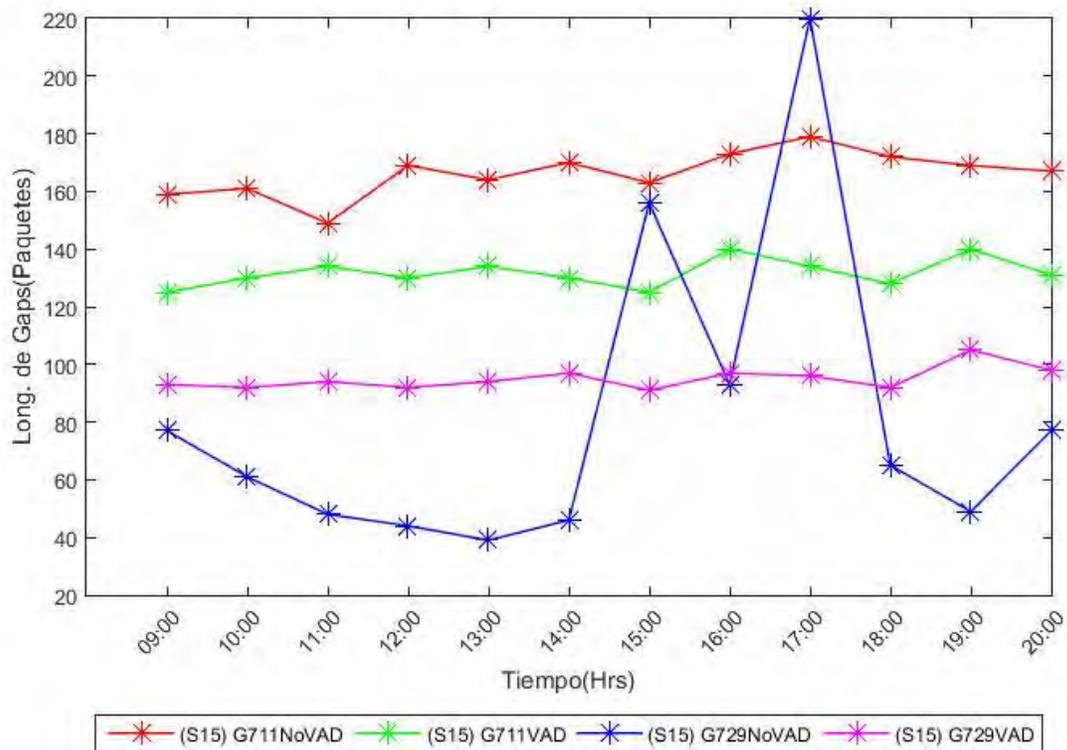


Figura 7.9 Longitud de Gaps

En la figura 7.9 se aprecia la Longitud de GAPS en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD en horas intermedias.

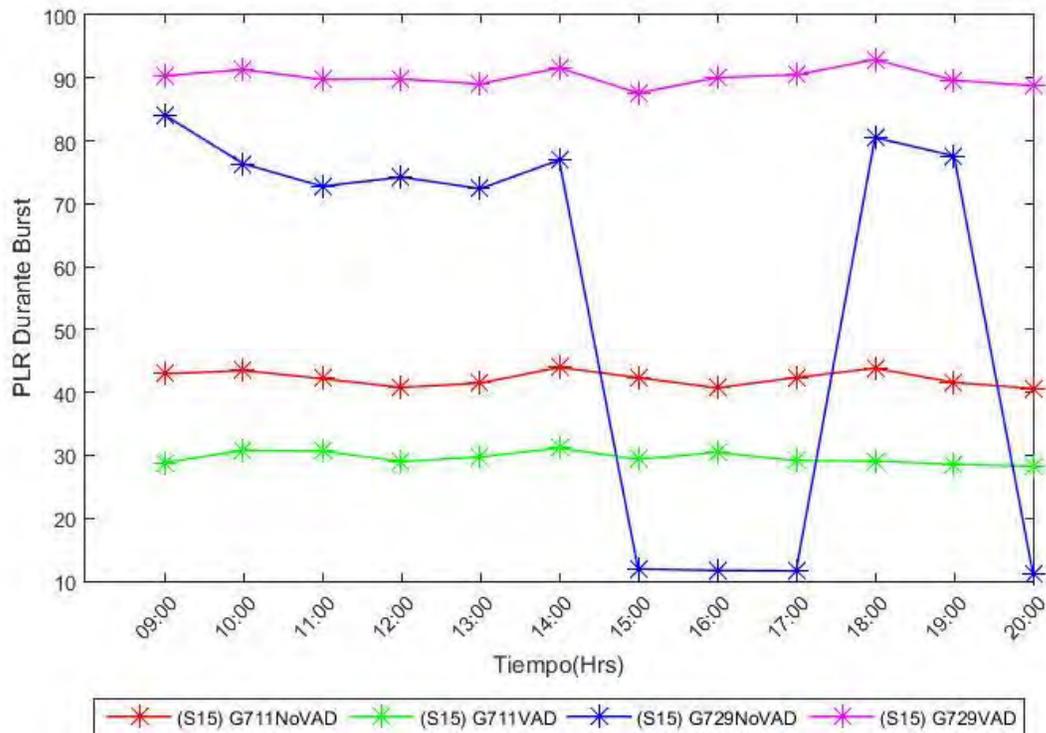


Figura 7.10 PLR durante Burst

En la figura 7.10 se aprecia el PLR durante Burst en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco constante el G729 sin VAD con algunas caídas hasta el valor de 10.

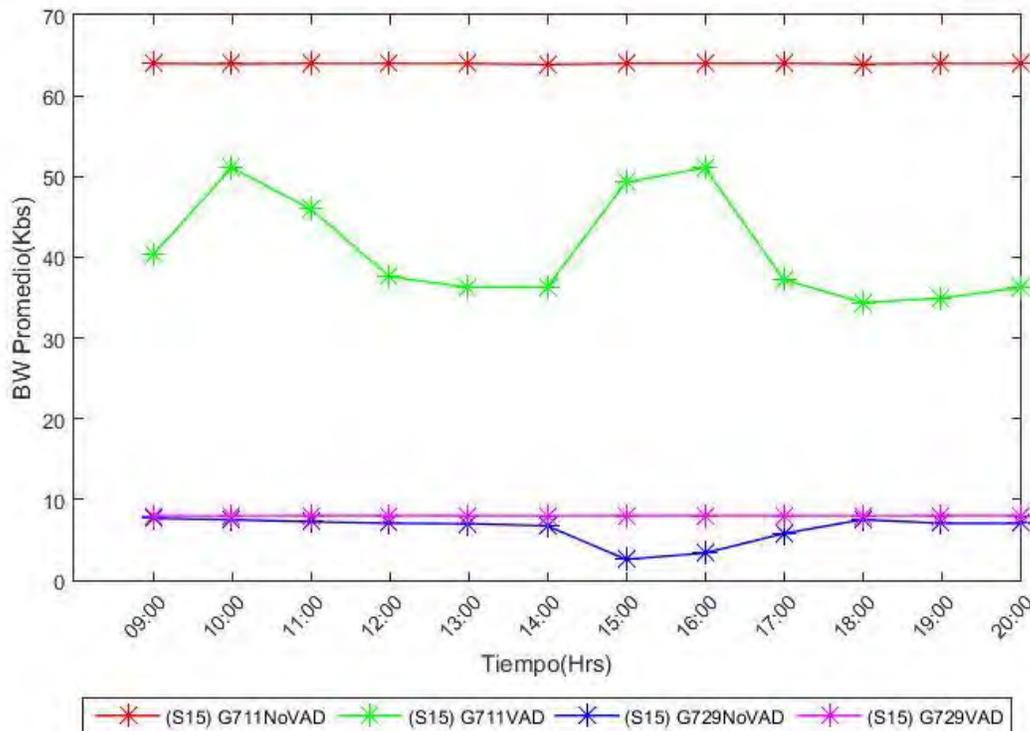


Figura 7.11 Ancho de Banda

En la figura 7.11 se aprecia el Ancho de Banda de los códec, es constante para el G729 con y sin VAD en un valor aproximado de 10 kbs, mientras que el G711 sin VAD con valores constantes entre los 60 y 70 kbs y un poco variado en G711 con VAD.

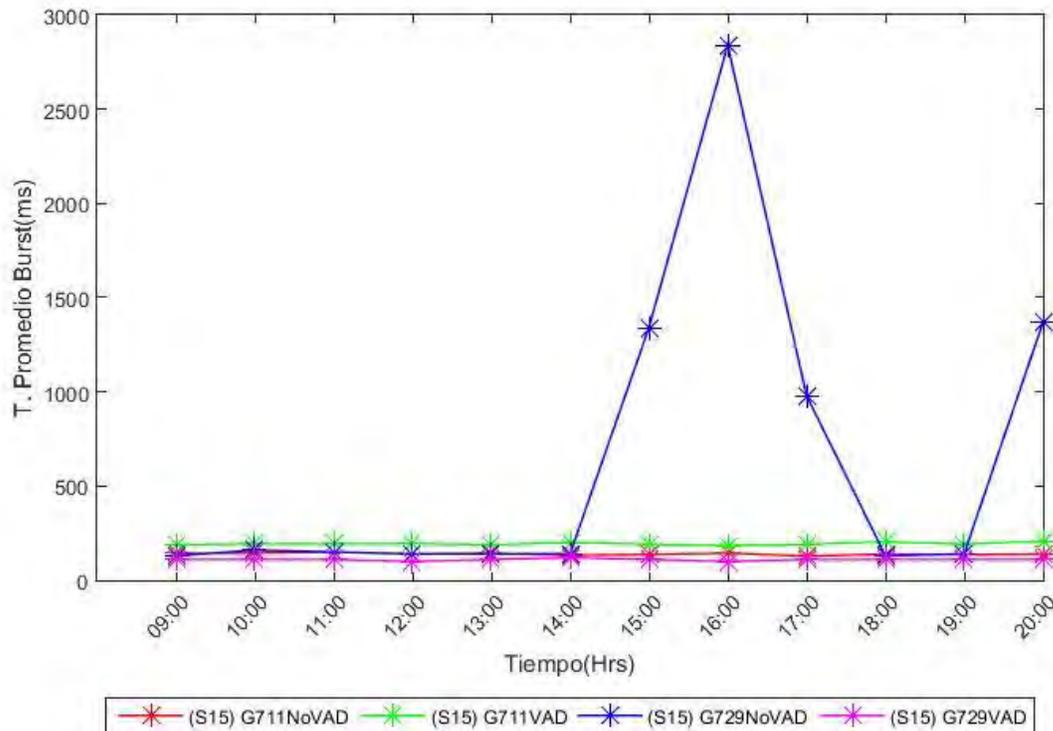


Figura 7.12 Tamaño Promedio de Burst

En la imagen 7.12 se aprecia el Tamaño promedio de Burst para los códec, siendo constante para el G711 con y sin VAD como para el G729 con VAD entre los valores 0 y 500 ms, mientras que el G729 sin VAD con algunas variaciones.

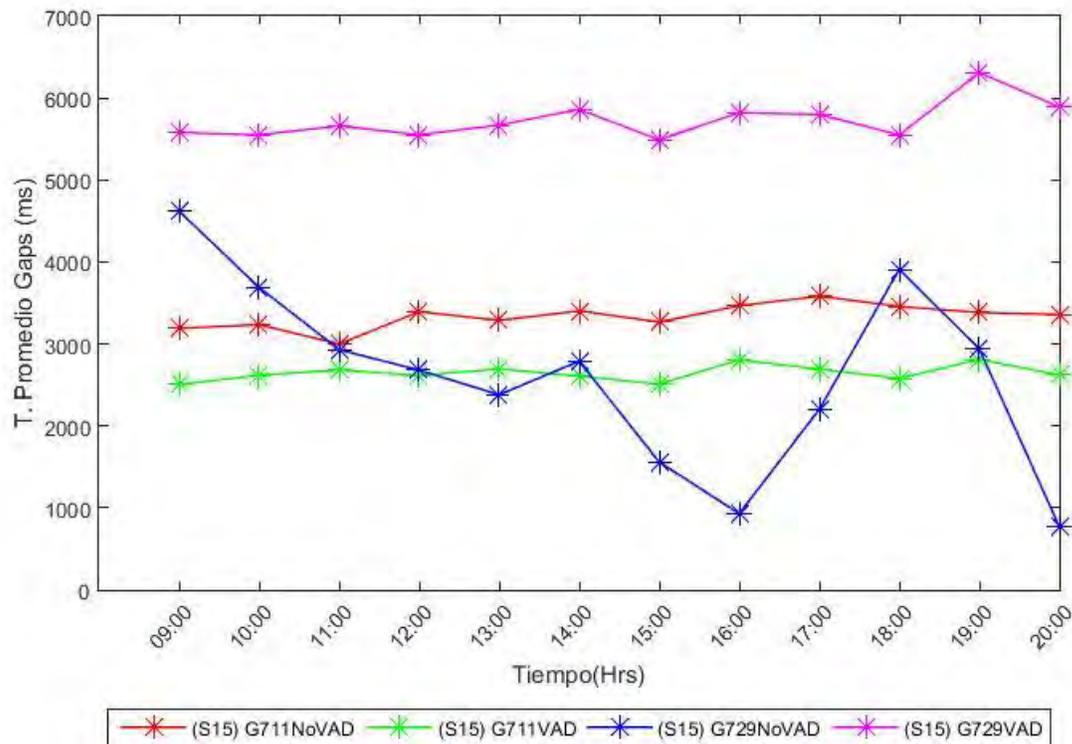


Figura 7.13 Tamaño Promedio de Gaps

En la Figura 7.13 se aprecia el Tamaño promedio de Gaps de los códec, el G729 sin VAD con algunas variaciones en el transcurso del análisis mientras que el G711 con y sin VAD y G729 con VAD, se mantienen un poco constantes en diferentes niveles.

### 7.3.2 Domingo 16 de Julio

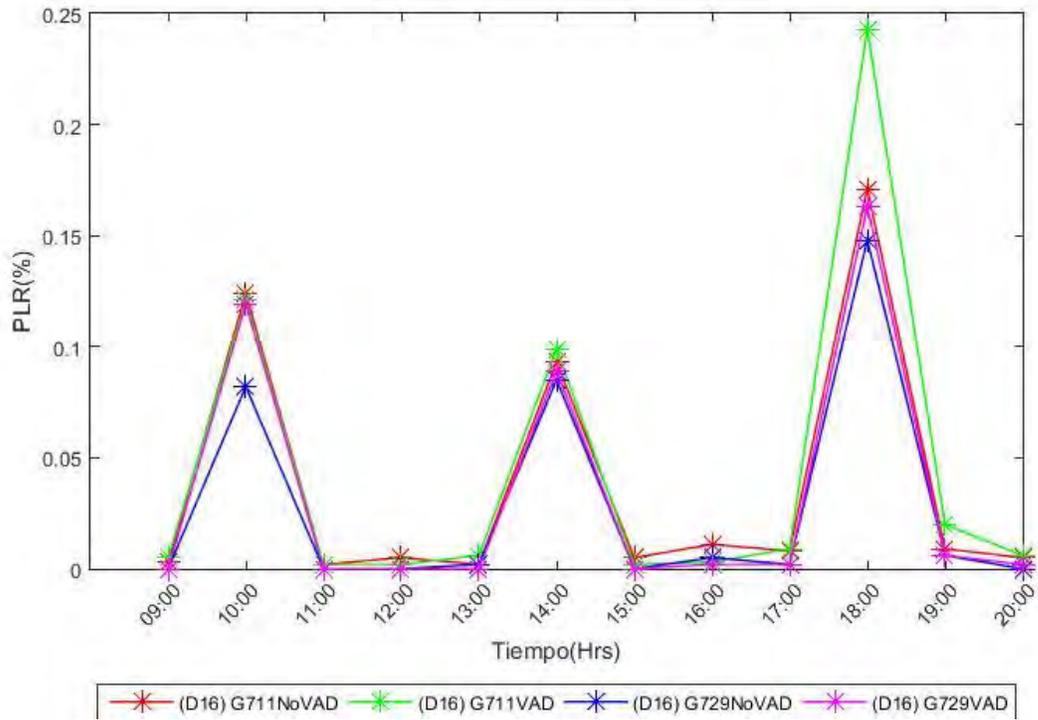


Figura 7.14 PLR

En la figura 7.14 se aprecia un porcentaje de PLR casi similar tanto para el códec G711 con y sin VAD, como para el códec G729 con y sin VAD.

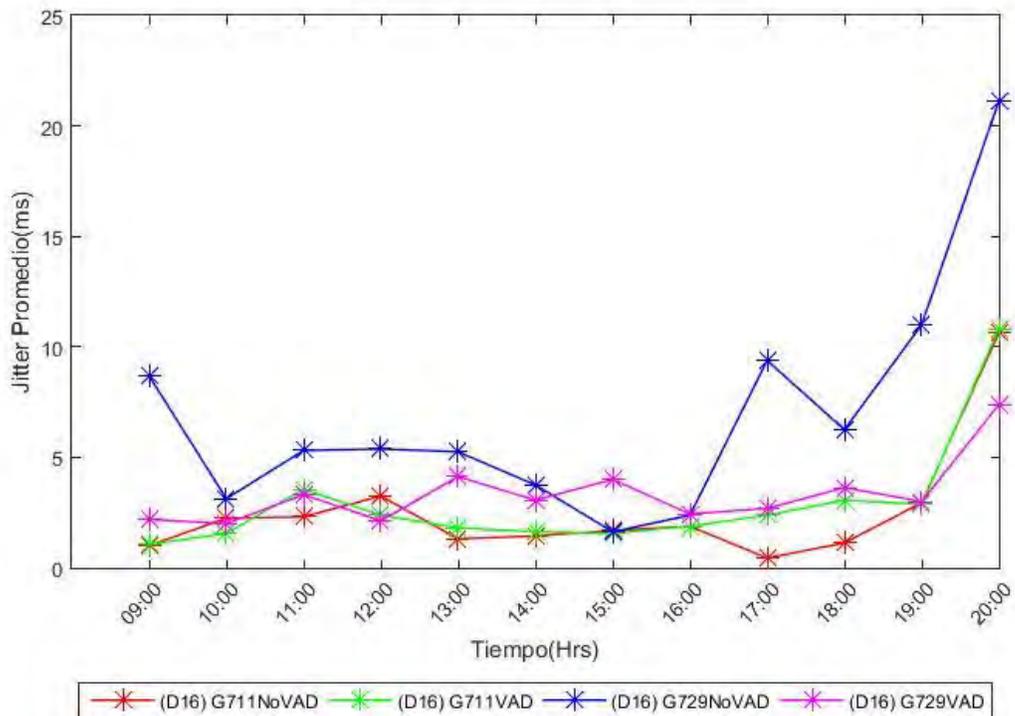


Figura 7.15 Valor Promedio Jitter

En la figura 7.15 se aprecia un Jitter Promedio casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

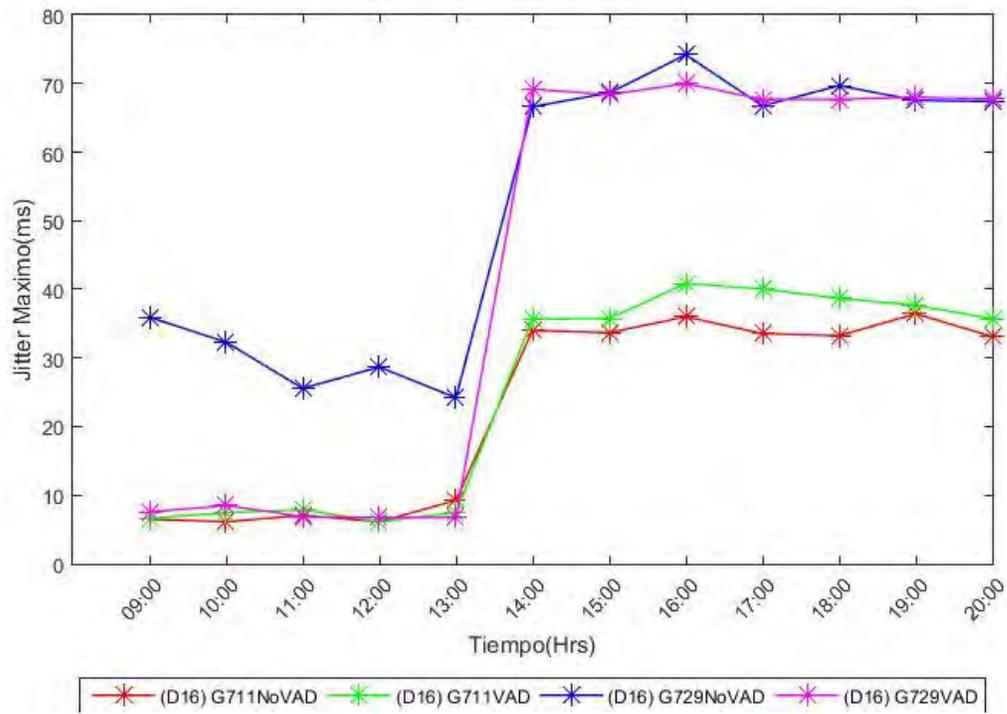


Figura 7.16 Valor Máximo Jitter

En la figura 7.16 se aprecia un Jitter Máximo casi similar para los códec G711 con y sin VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 con y sin VAD.

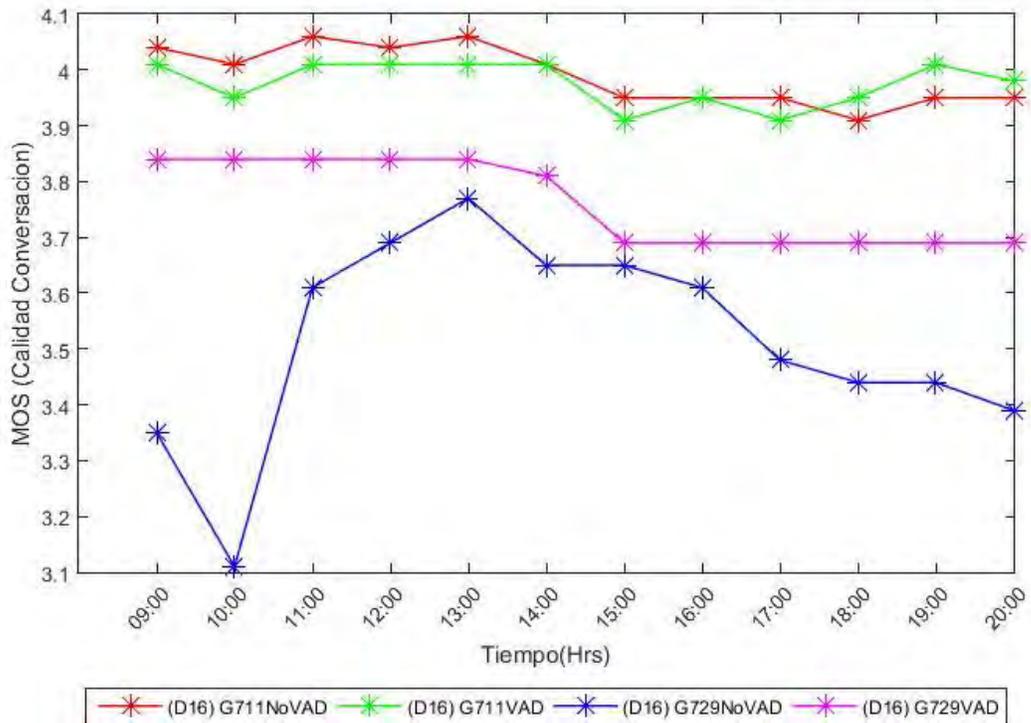


Figura 7.17 MOS (Calidad Conversación)

En la figura 7.17 se aprecia un nivel de MOS un poco constante para los códec G711 con y sin VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 con y sin VAD.

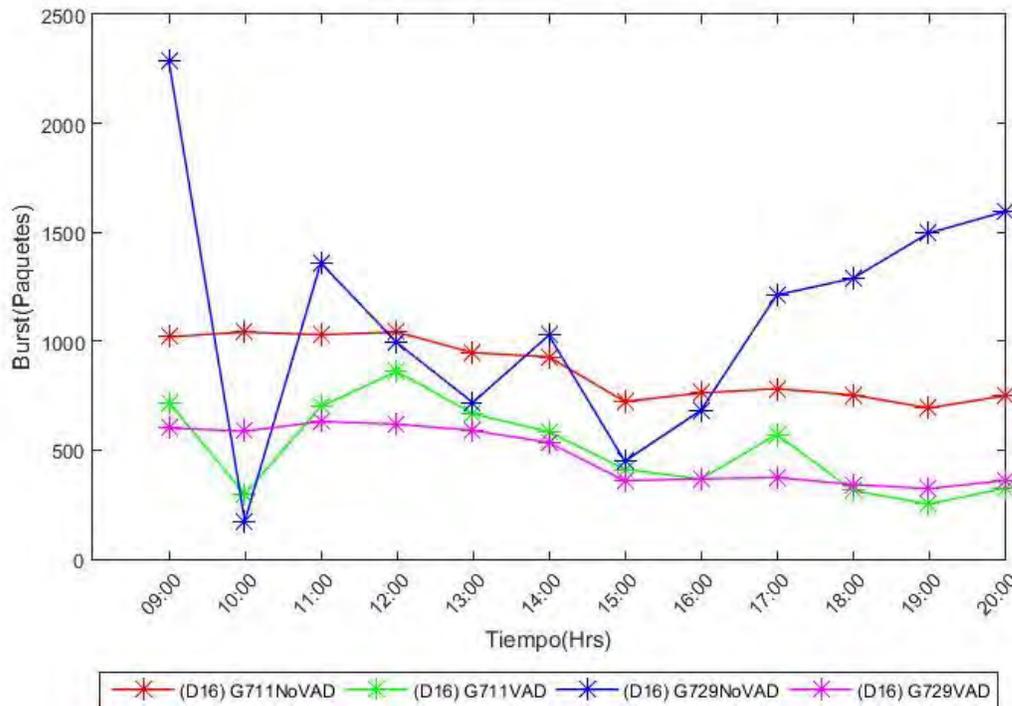


Figura 7.18 Número de Burst

En la figura 7.18 se aprecia el Burst adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

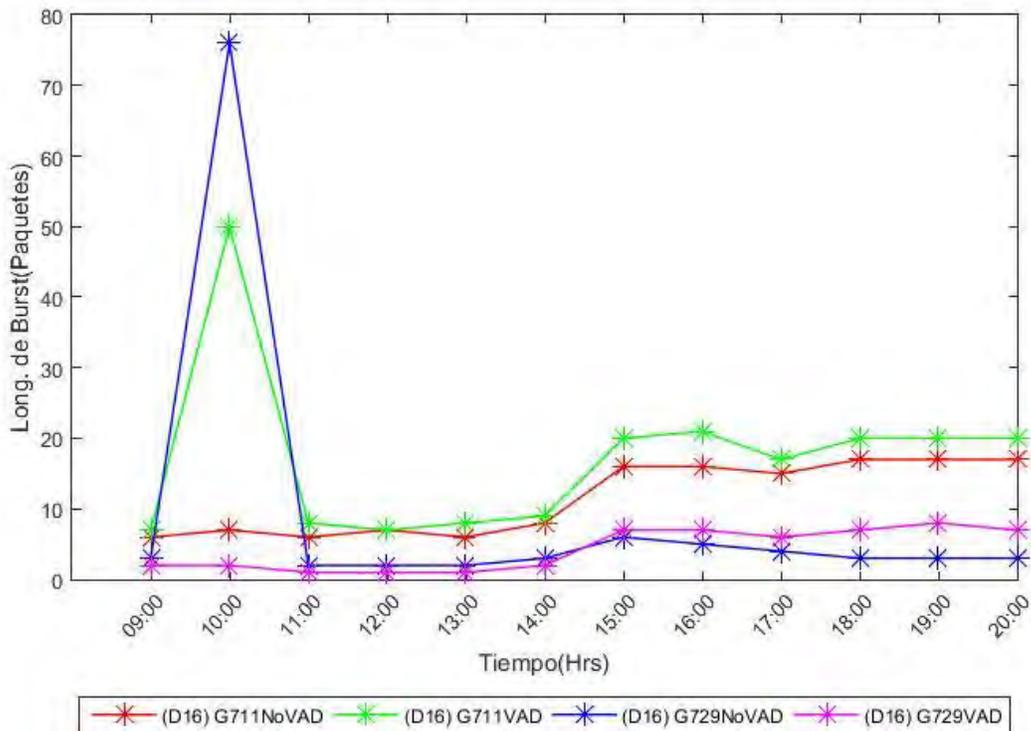


Figura 7.19 Longitud de Burst

En la figura 7.19 se aprecia una Longitud de Burst constante para los códec G711 sin VAD y G729 con VAD, y para el G729 sin VAD y G711 con VAD, con un pico en horas iniciales del análisis.

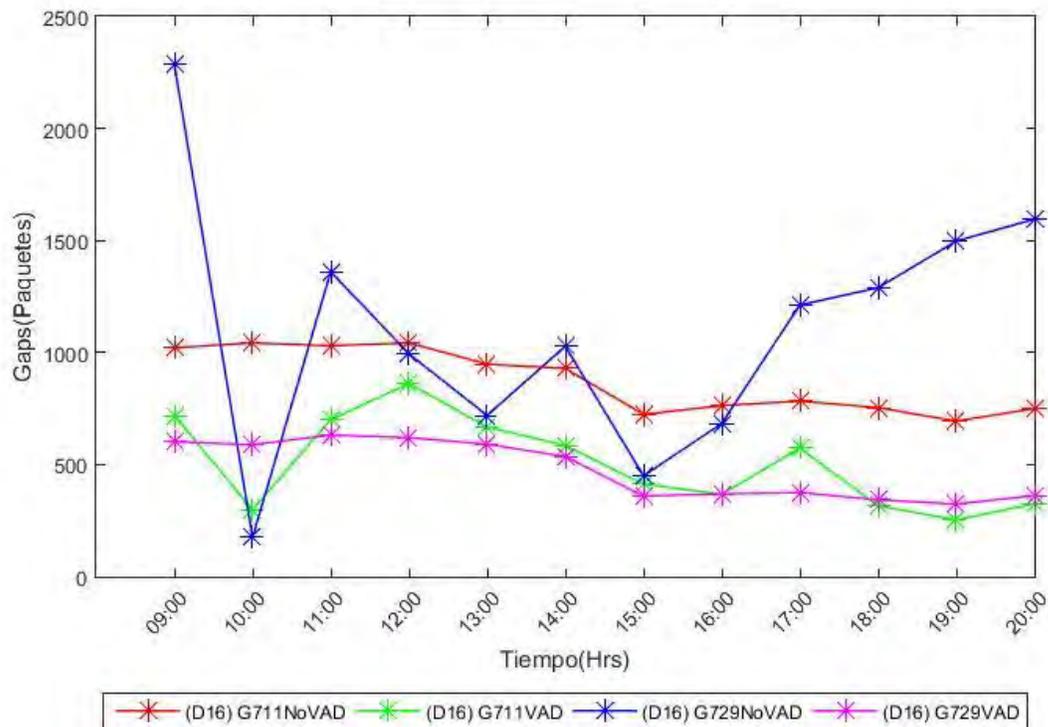


Figura 7.20 Número de Gaps

En la figura 7.20 se aprecia el GAPS adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

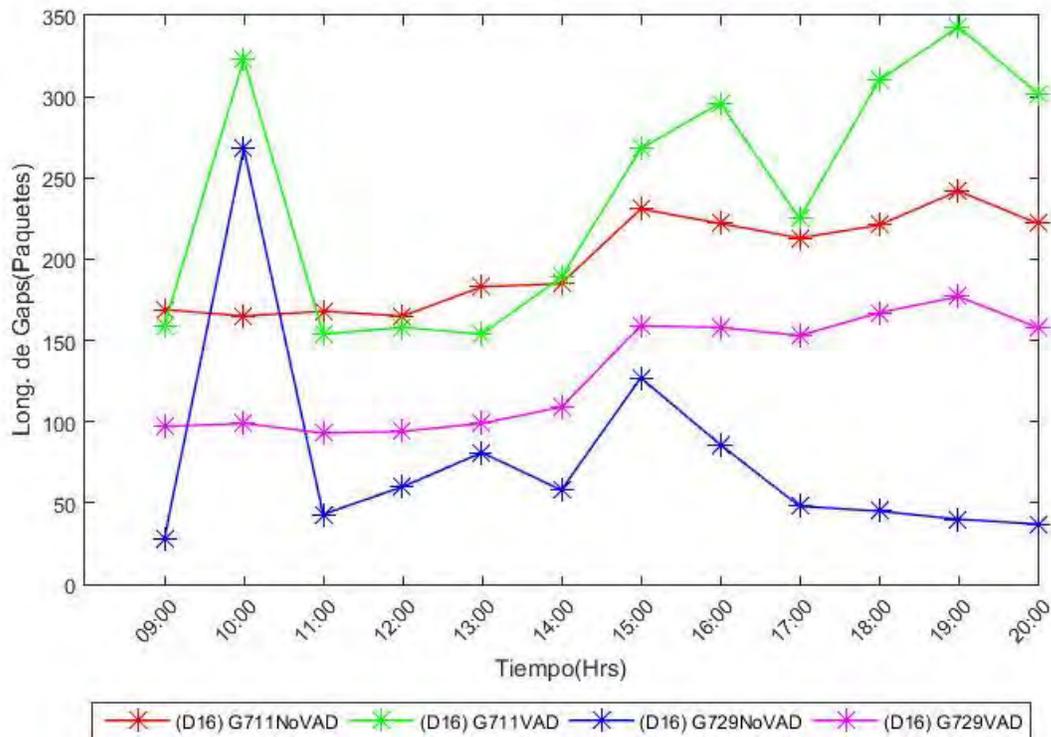


Figura 7.21 Longitud de Gaps

En la figura 7.21 se aprecia la Longitud de GAPS en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD y G711 con VAD en horas iniciales.

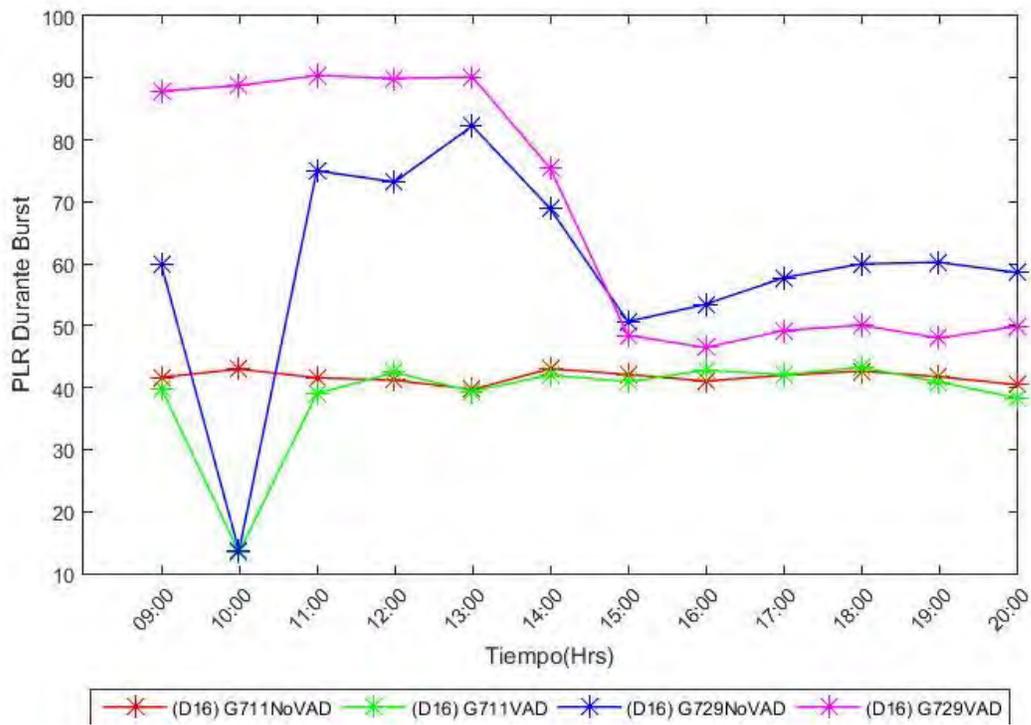


Figura 7.22 PLR durante Burst

En la figura 7.22 se aprecia el PLR durante Burst en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD, y el G729 con y sin VAD con algunas variaciones.

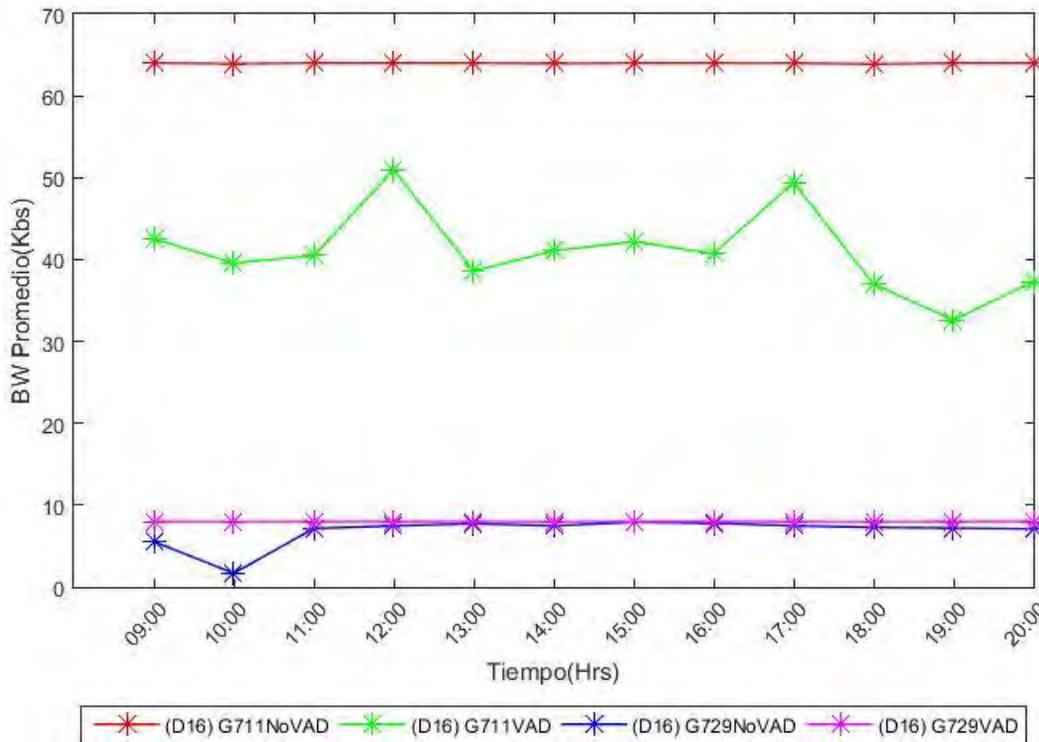


Figura 7.23 Ancho de Banda

En la figura 7.23 se aprecia el Ancho de Banda de los códec, es constante para el G729 con y sin VAD en un valor aproximado de 10 kbs, mientras que el G711 sin VAD con valores constantes entre los 60 y 70 kbs y un poco variado en G711 con VAD.

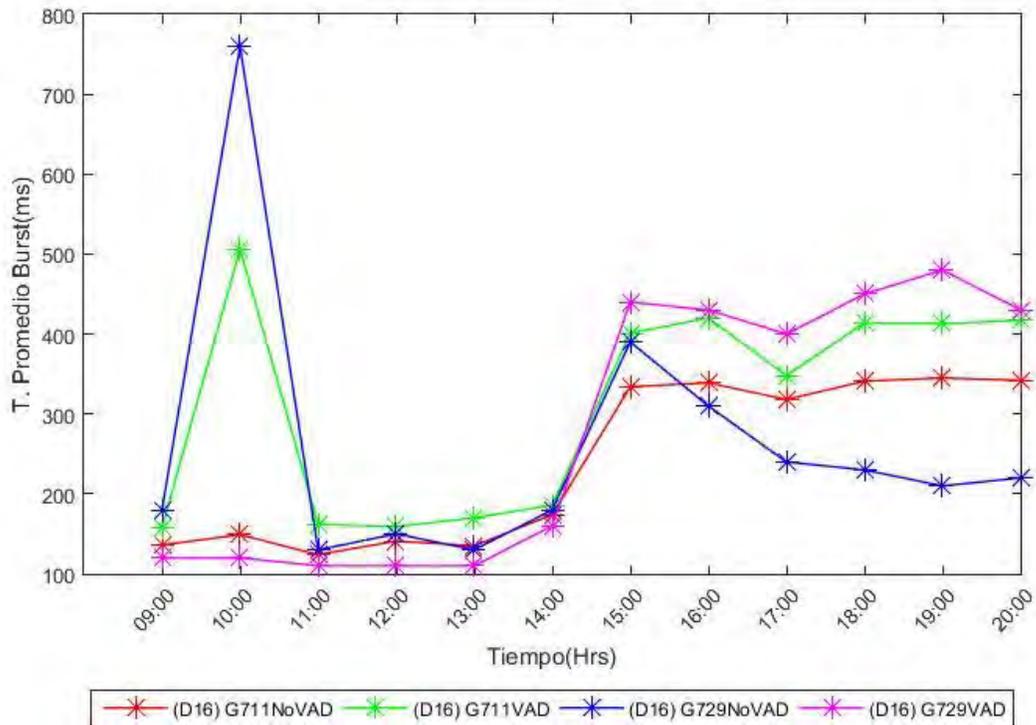


Figura 7.24 Tamaño Promedio de Burst

En la imagen 7.24 se aprecia el Tamaño promedio de Burst para los códec, siendo casi todos iguales en datos, solo con algunos picos iniciales en G711 con VAD y G729 sin VAD.

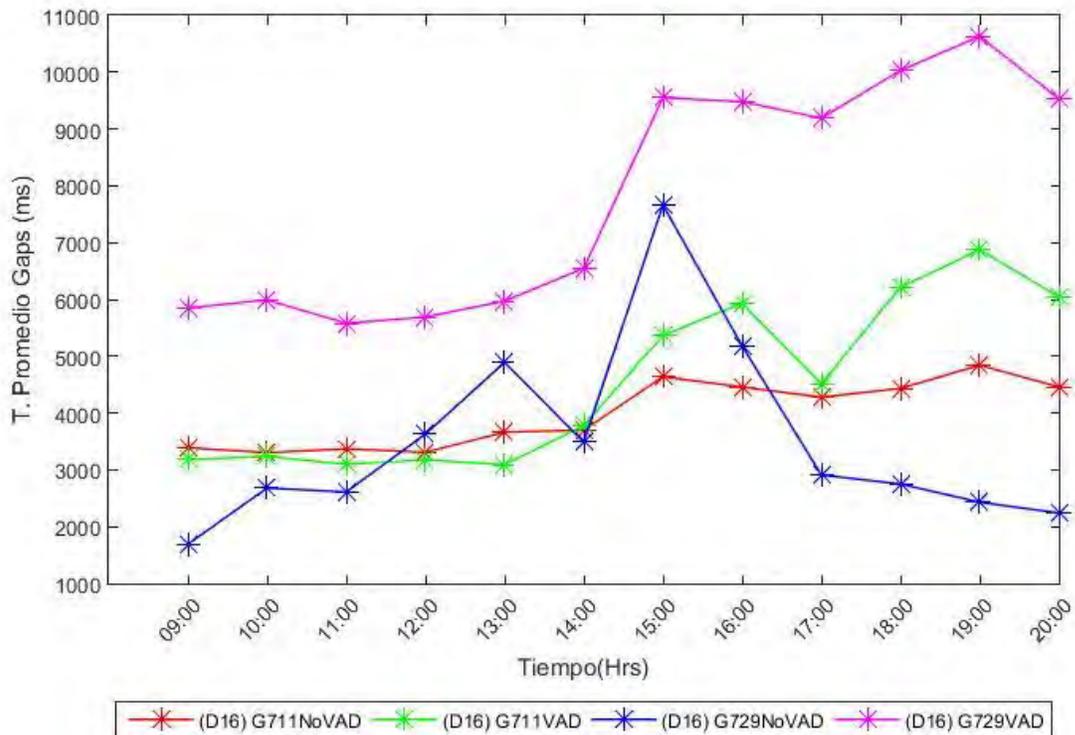


Figura 7.25 Tamaño Promedio de Gaps

En la Figura 7.25 se aprecia el Tamaño promedio de Gaps de los códec, el G729 con y sin VAD con algunas variaciones en el transcurso del análisis mientras que el G711 con y sin VAD, se mantienen un poco constantes, y con solo unas pocas variaciones.

### 7.3.3 Lunes 17 de Julio

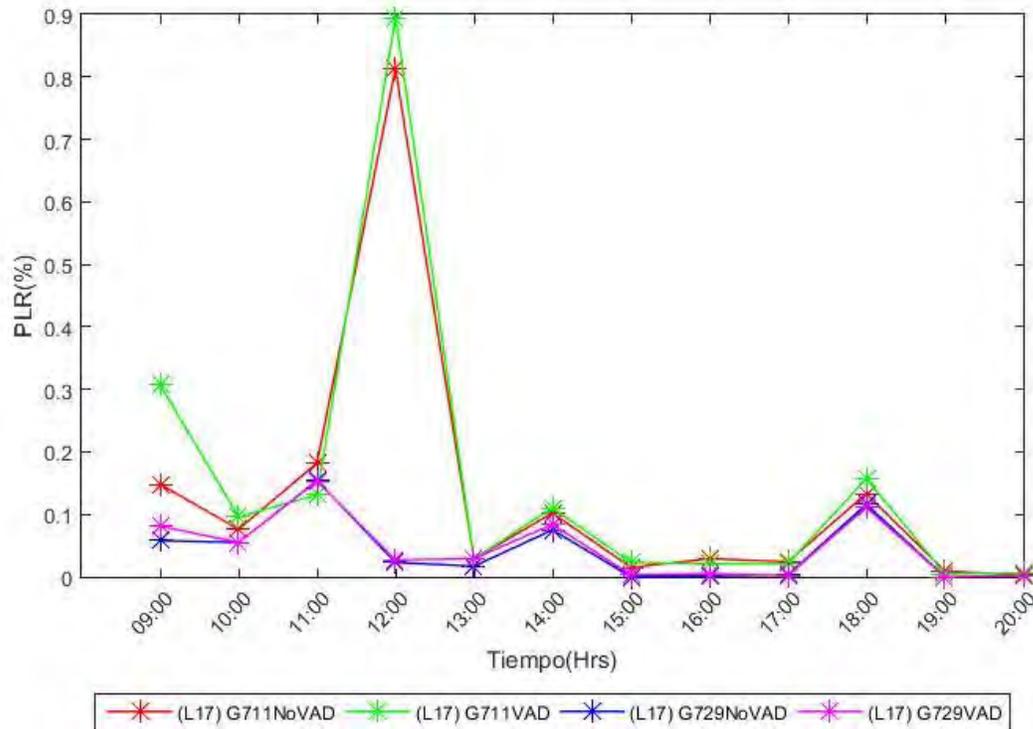


Figura 7.26 PLR

En la figura 7.26 se aprecia un porcentaje de PLR casi similar tanto para el códec G711 con y sin VAD, como para el códec G729 con y sin VAD.

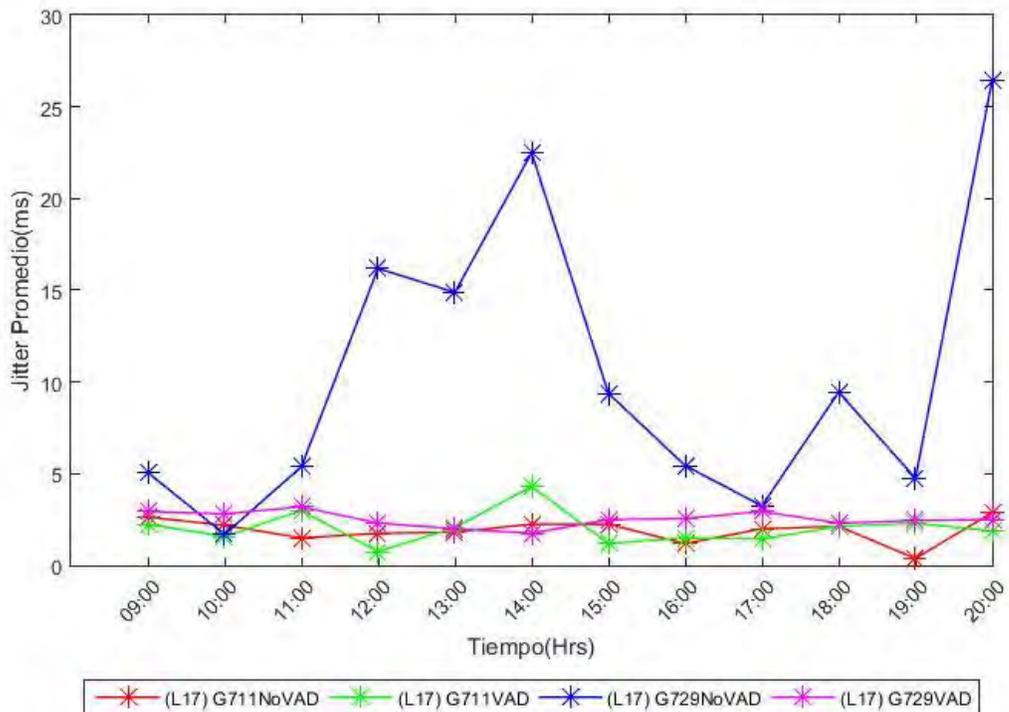


Figura 7.27 Valor Promedio Jitter

En la figura 7.27 se aprecia un Jitter Promedio casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

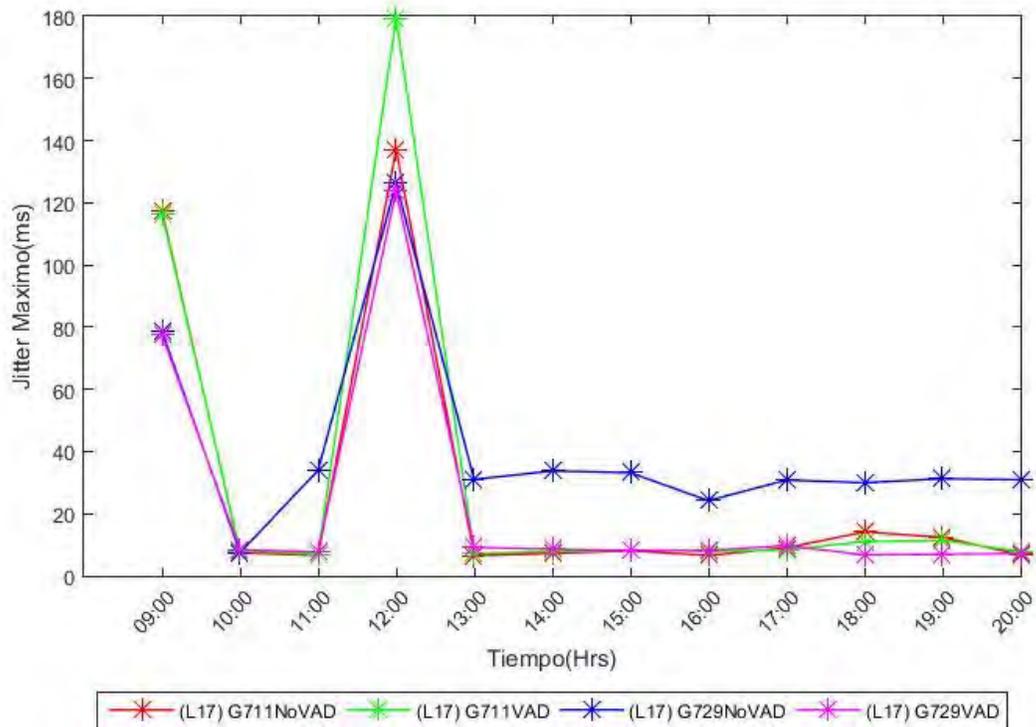


Figura 7.28 Valor Máximo Jitter

En la figura 7.28 se aprecia un Jitter Máximo casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

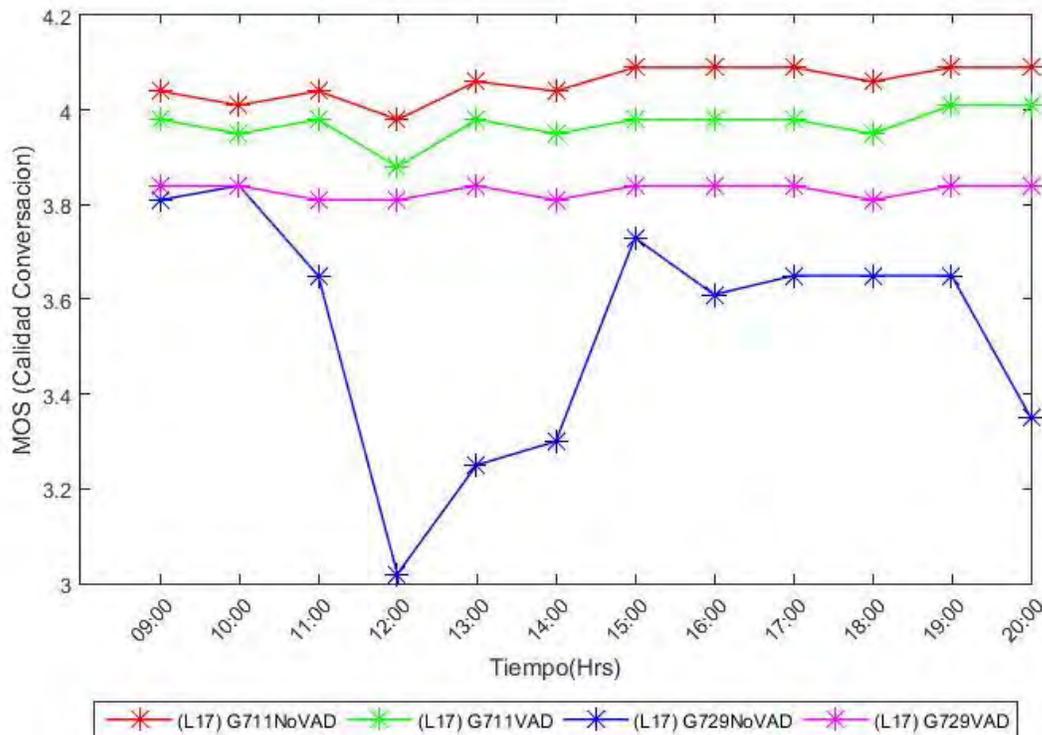


Figura 7.29 MOS (Calidad de Conversación)

En la figura 7.29 se aprecia un nivel de MOS un poco constante para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

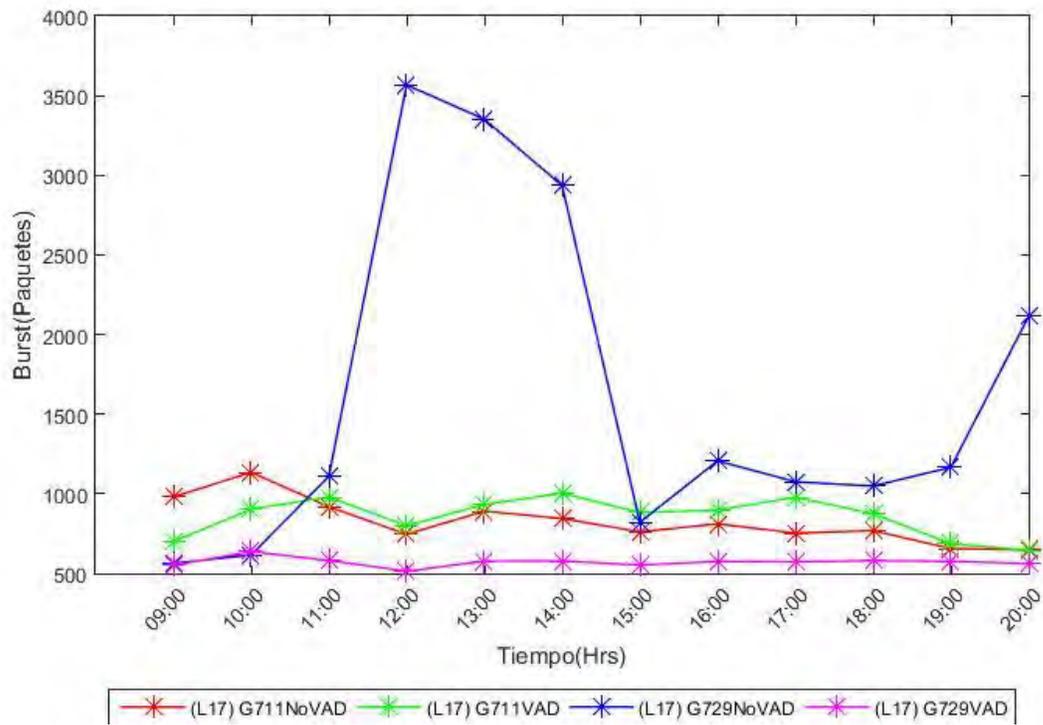


Figura 7.30 Número de Burst

En la figura 7.30 se aprecia el Burst adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

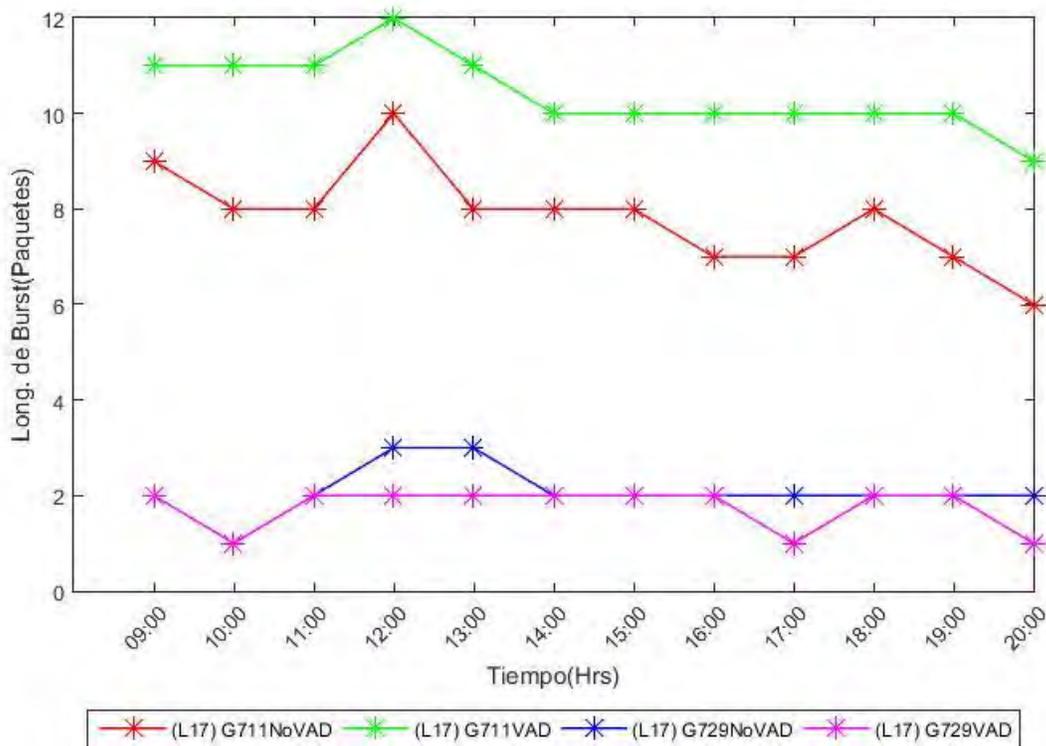


Figura 7.31 Longitud de Burst

En la figura 7.31 se aprecia una Longitud de Burst constante para los códec G711 con y sin VAD y G729 con y sin VAD en niveles diferentes.

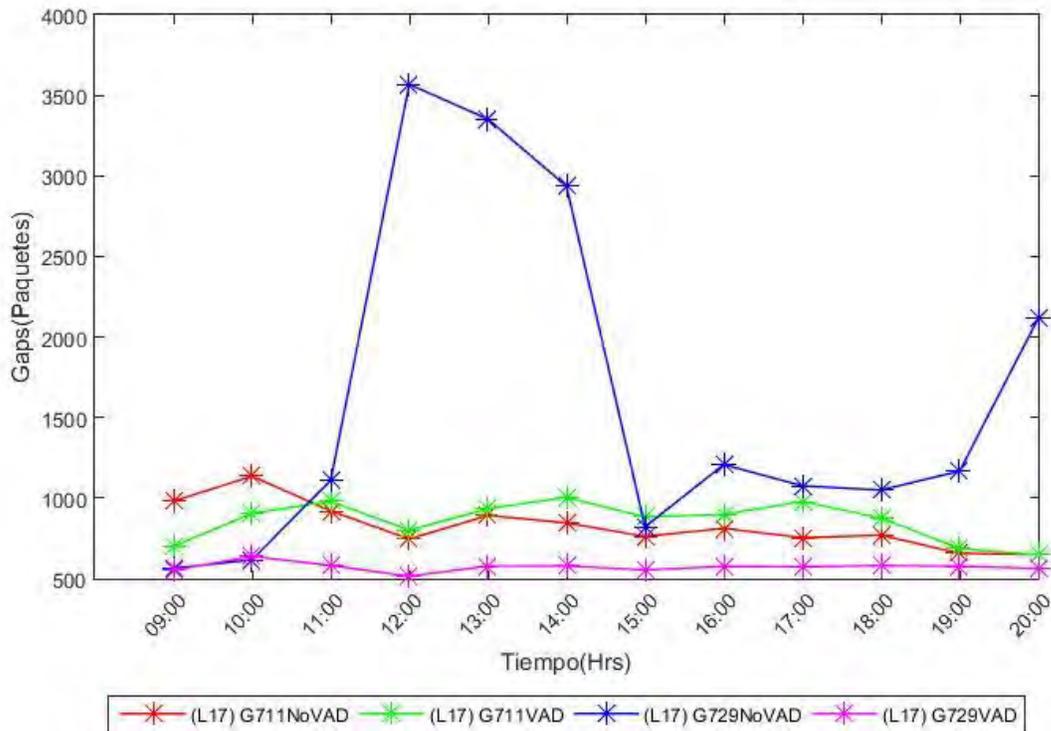


Figura 7.32 Número de Gaps

En la figura 7.32 se aprecia el GAPS adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

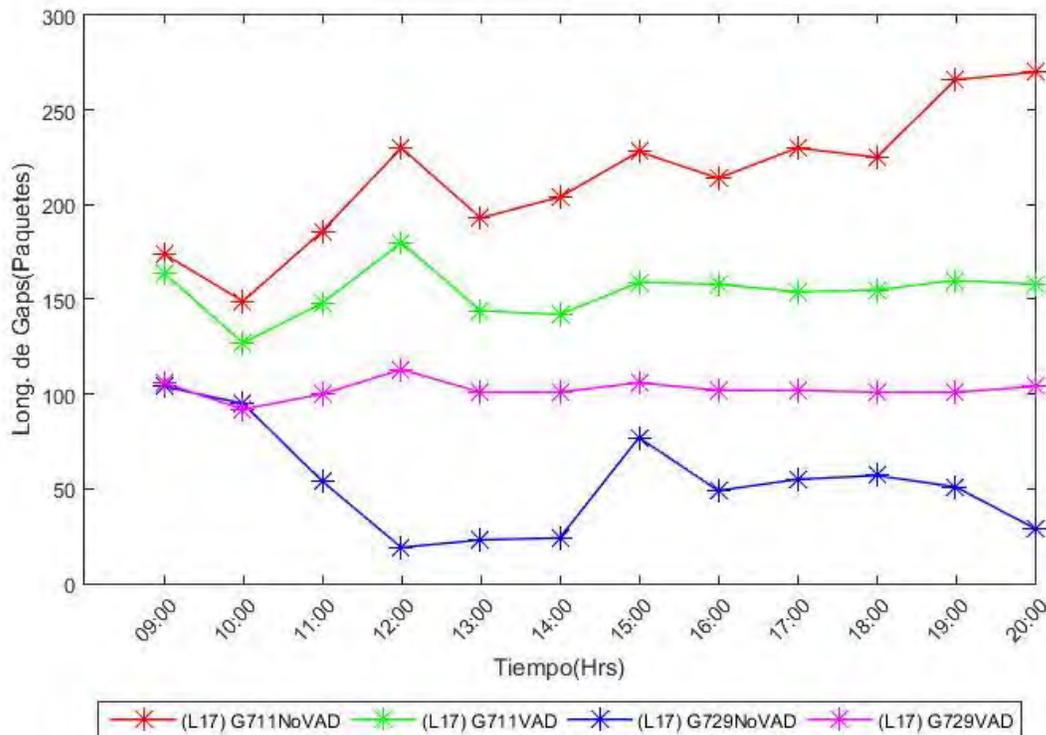


Figura 7.33 Longitud de Gaps

En la figura 7.33 se aprecia la Longitud de GAPS en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

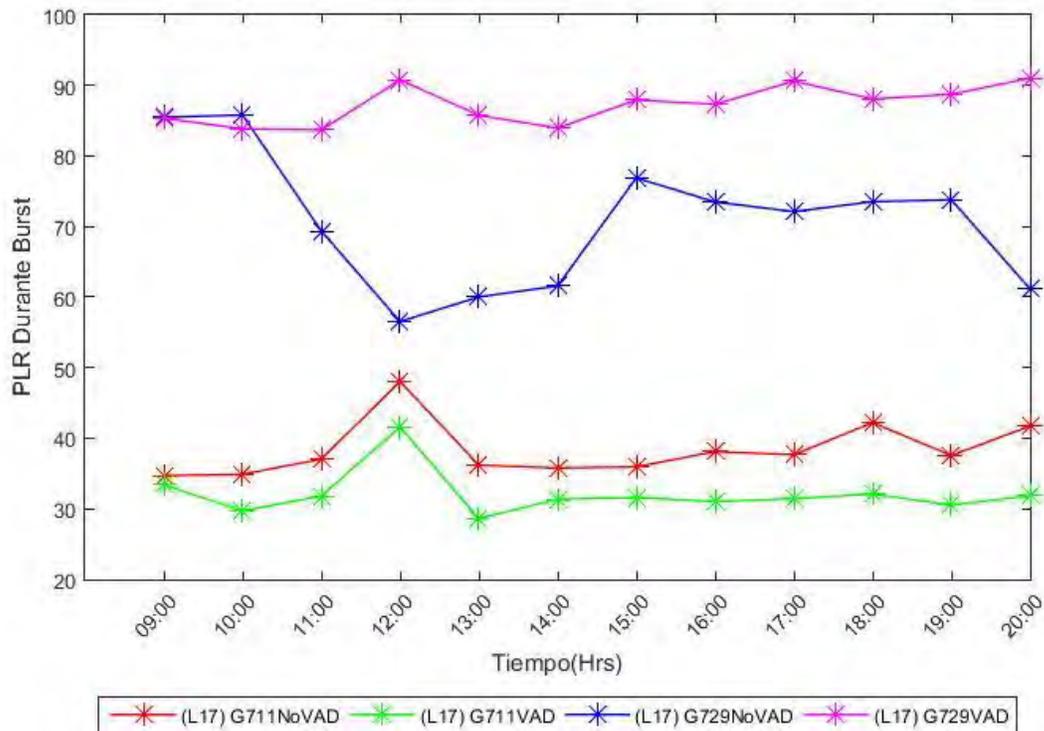


Figura 7.34 PLR durante Burst

En la figura 7.314 se aprecia el PLR durante Burst en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado el G729 sin VAD.

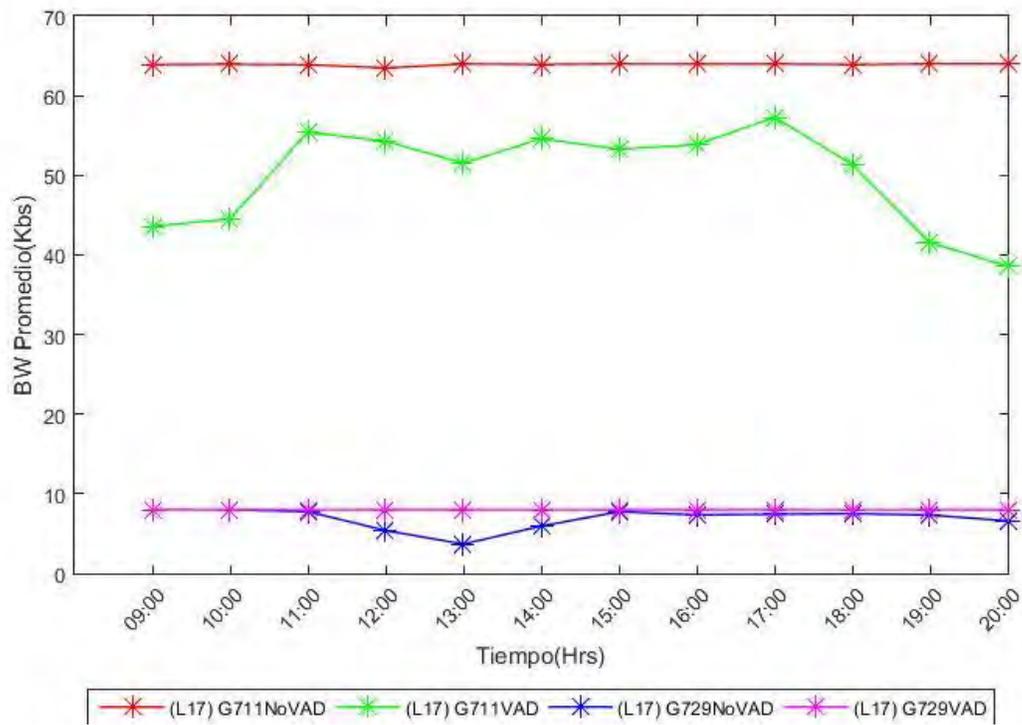


Figura 7.35 Ancho de Banda

En la figura 7.35 se aprecia el Ancho de Banda de los códec, es constante para el G729 con y sin VAD en un valor aproximado de 10 kbs, mientras que el G711 sin VAD con valores constantes entre los 60 y 70 kbs y un poco variado en G711 con VAD.

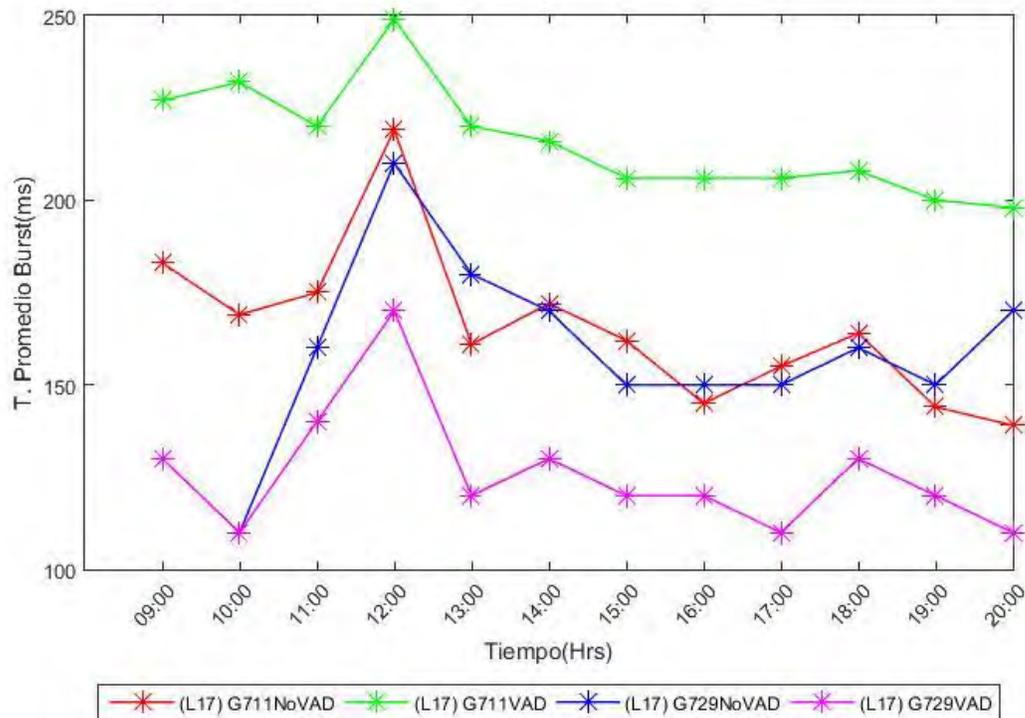


Figura 7.36 Tamaño Promedio de Burst

En la imagen 7.36 se aprecia el Tamaño promedio de Burst para los códec, tanto para G711 con y sin VAD como para G729 con y sin VAD, hay muchas variaciones durante todo el análisis con algunos picos en horas iniciales.

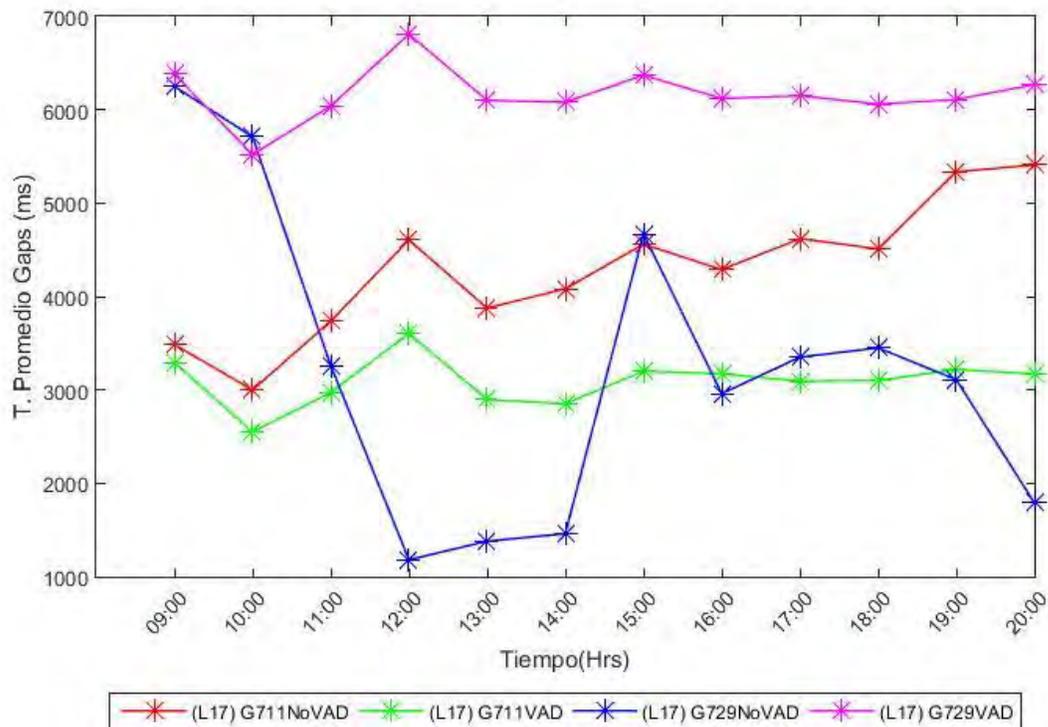


Figura 7.37 Tamaño Promedio de Gaps

En la Figura 7.37 se aprecia el Tamaño promedio de Gaps de los códec, el G729 sin VAD con algunas variaciones en el transcurso del análisis mientras que el G711 con y sin VAD y G729 con VAD, se mantienen un poco constantes en diferentes niveles.

### 7.3.4 Martes 18 de Julio

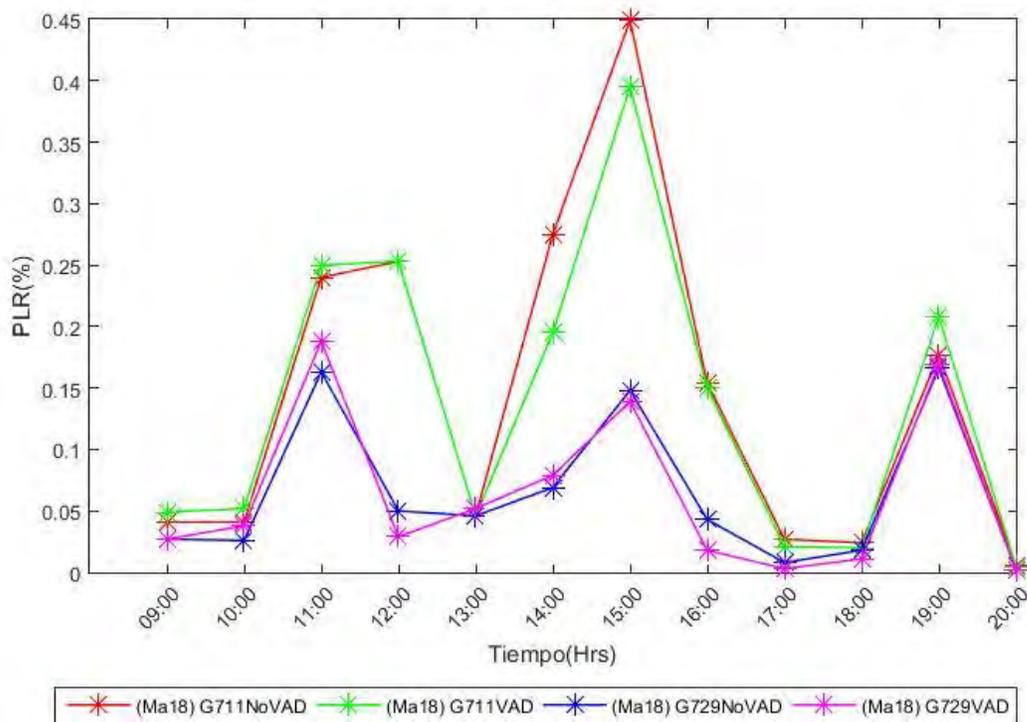


Figura 7.38 PLR

En la figura 7.38 se aprecia un porcentaje de PLR casi similar tanto para el códec G711 con y sin VAD, como para el códec G729 con y sin VAD.

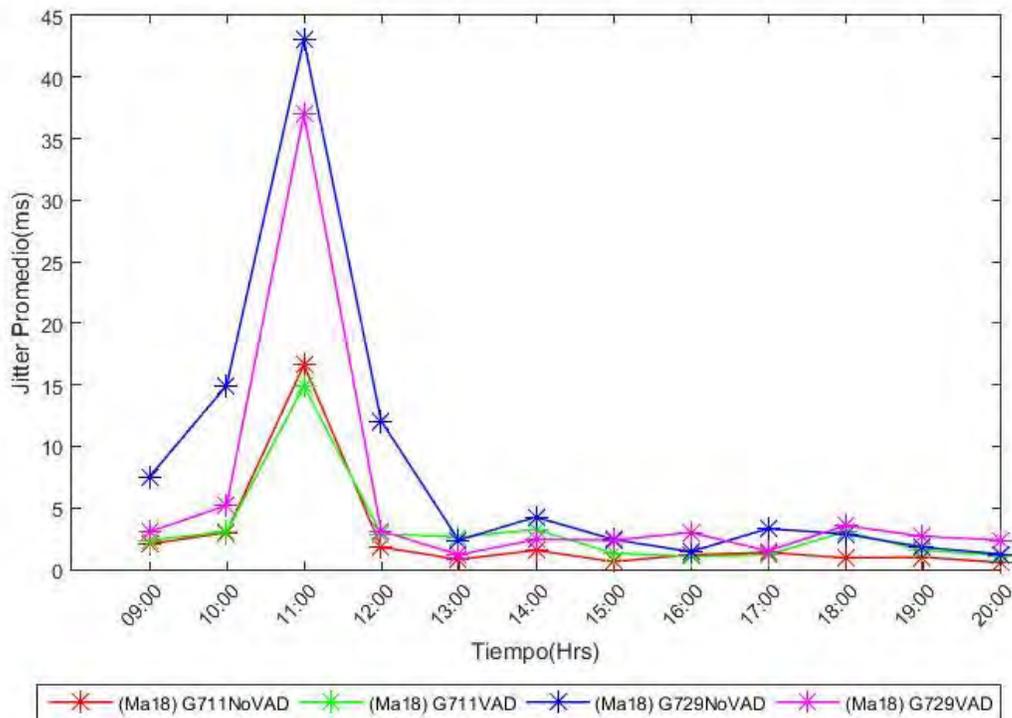


Figura 7.39 Valor Promedio Jitter

En la figura 7.39 se aprecia un Jitter Promedio casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

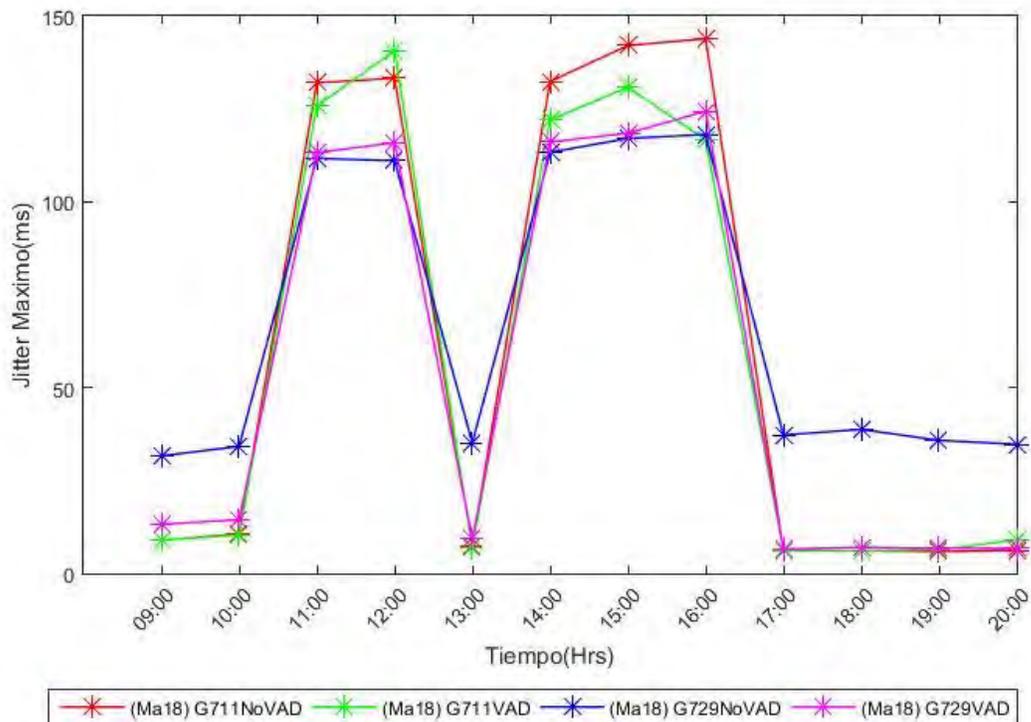


Figura 7.40 Valor Máximo Jitter

En la figura 7.40 se aprecia un Jitter Máximo casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

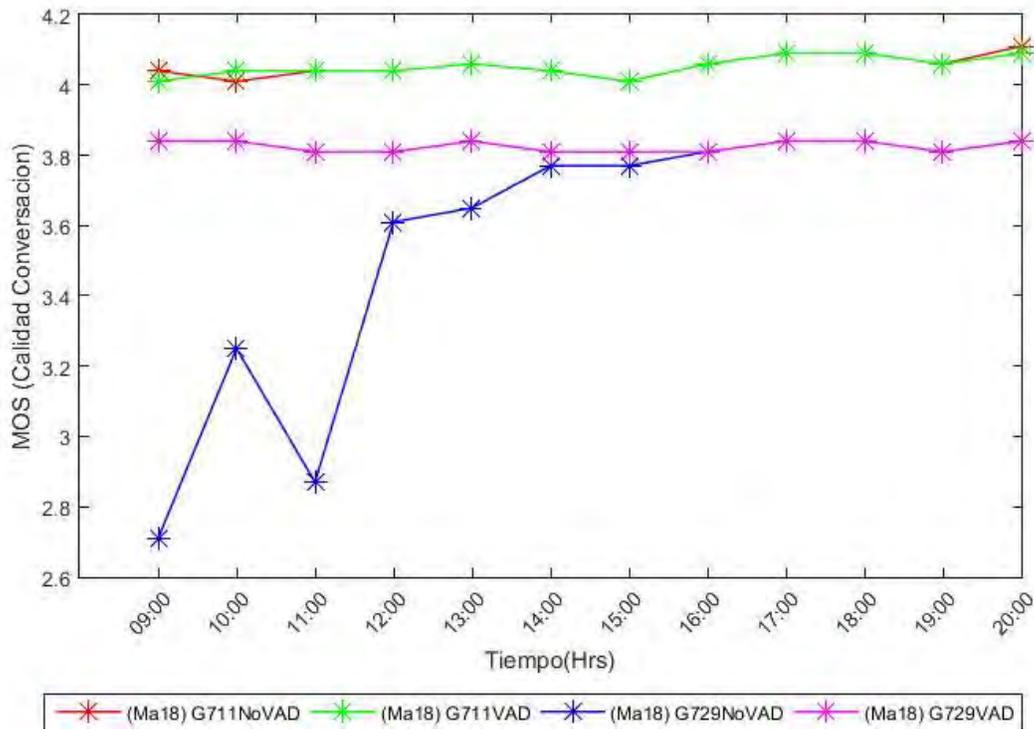


Figura 7.41 MOS (Calidad de Conversación)

En la figura 7.41 se aprecia un nivel de MOS casi constante para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

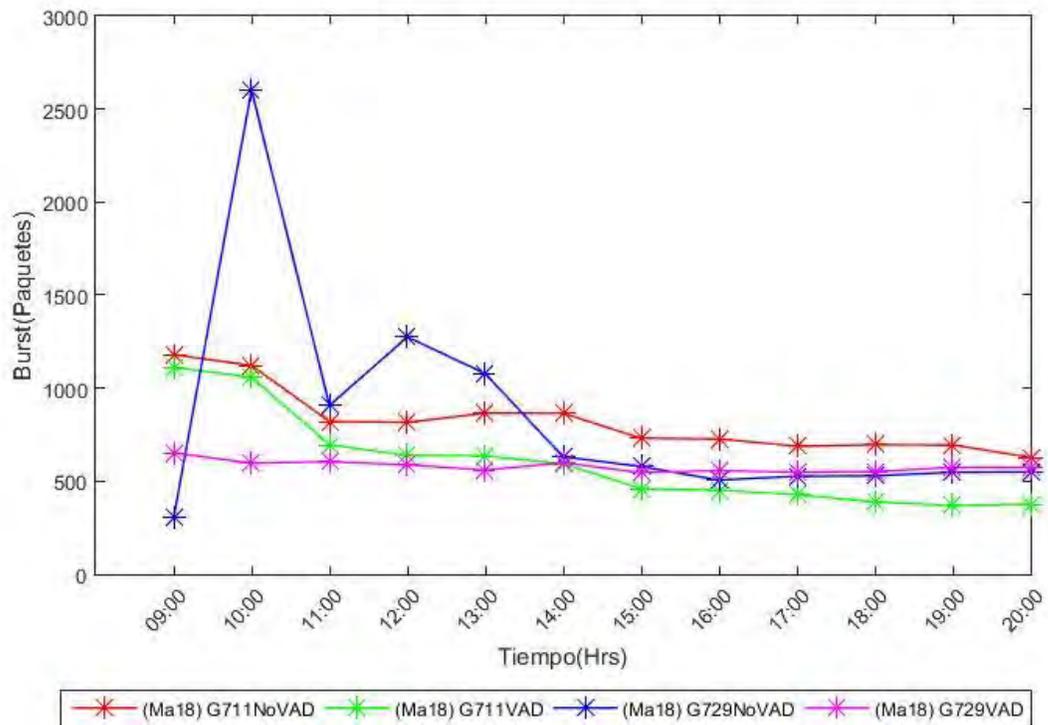


Figura 7.42 Número de Burst

En la figura 7.42 se aprecia el Burst adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

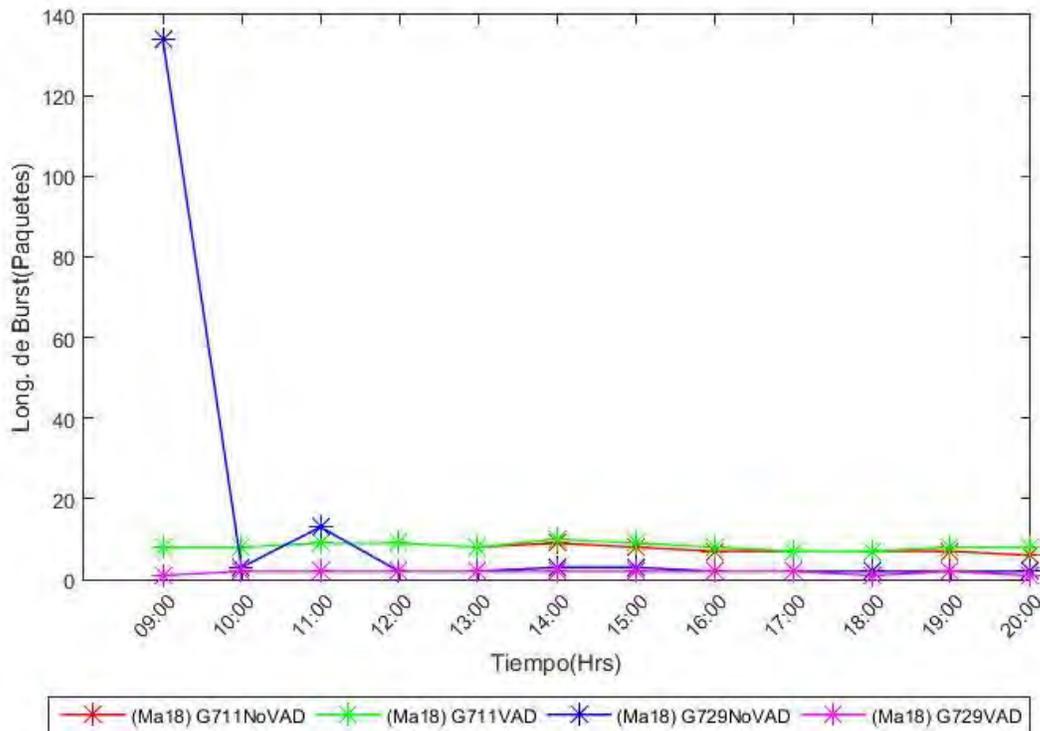


Figura 7.43 Longitud de Burst

En la figura 7.43 se aprecia una Longitud de Burst constante para los códec G711 con y sin VAD y G729 con VAD, y para el G729 sin VAD con unos picos de más de 120 paquetes.

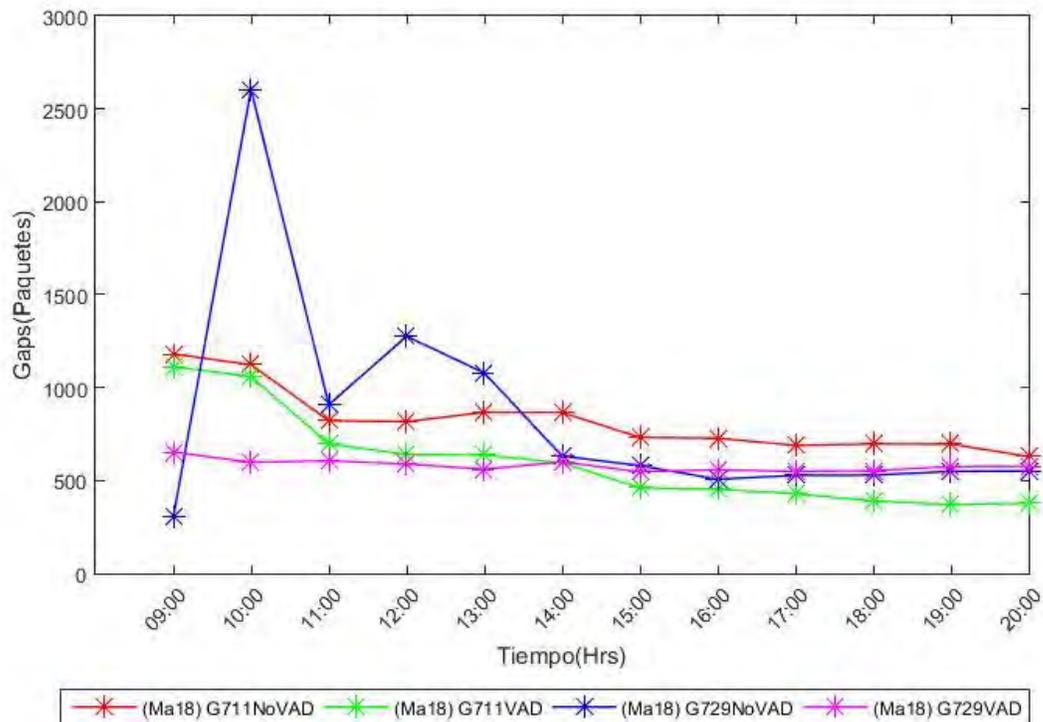


Figura 7.44 Número de Gaps

En la figura 7.44 se aprecia el GAPS adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

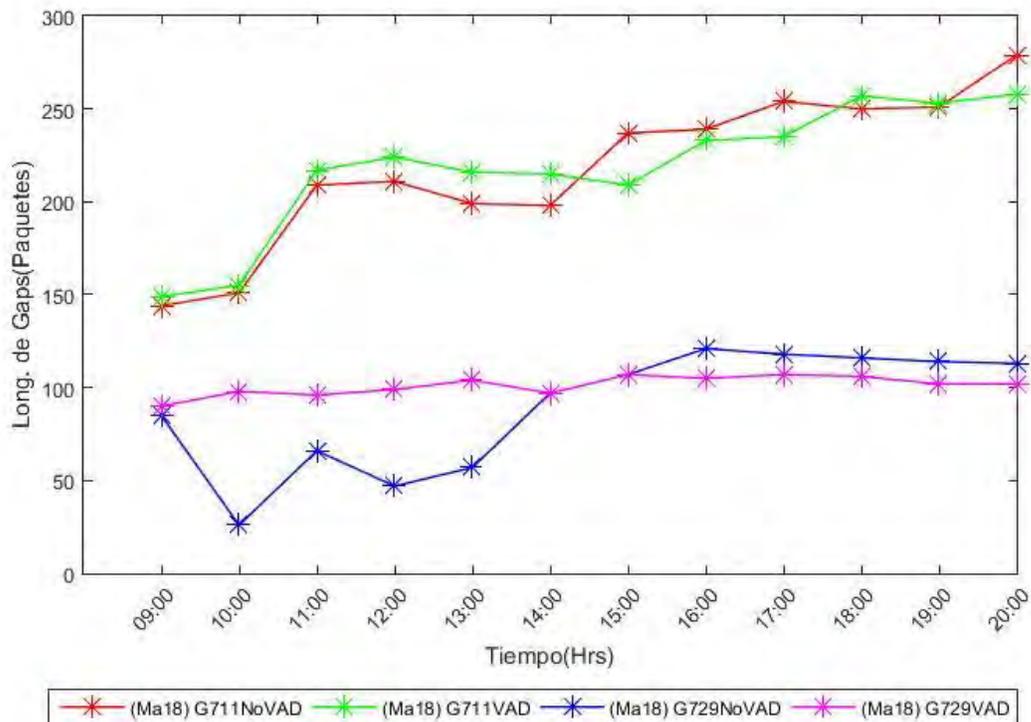


Figura 7.45 Longitud de Gaps

En la figura 7.45 se aprecia la Longitud de GAPS en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD en horas iniciales.

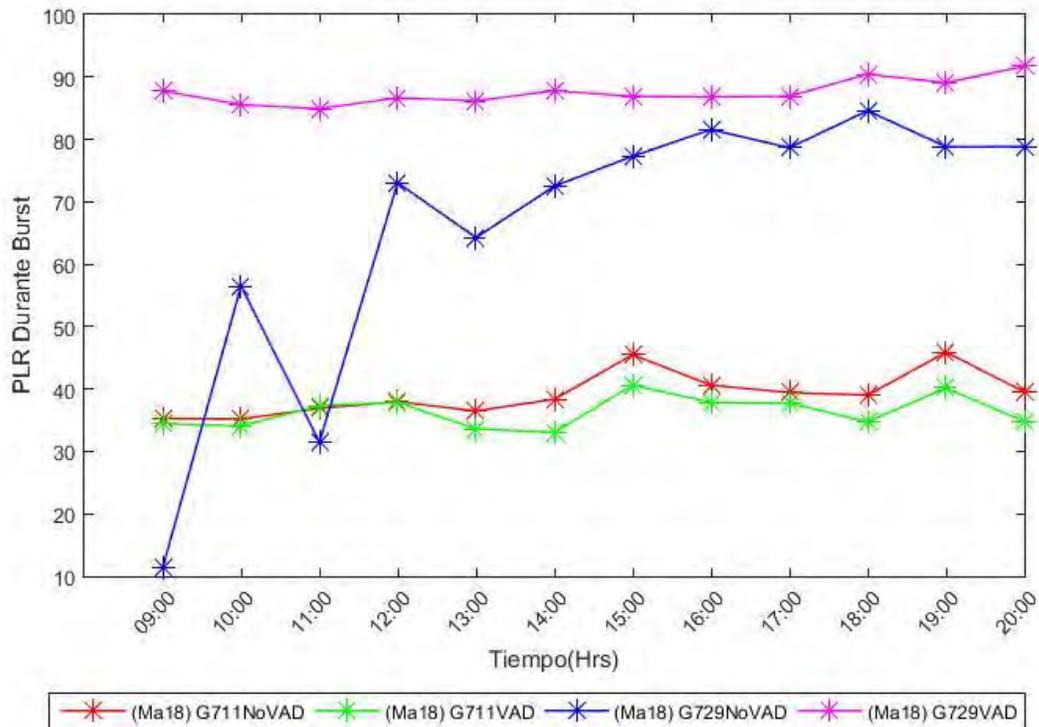


Figura 7.46 PLR durante Burst

En la figura 7.46 se aprecia el PLR durante Burst en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco constante el G729 sin VAD en horas iniciales.

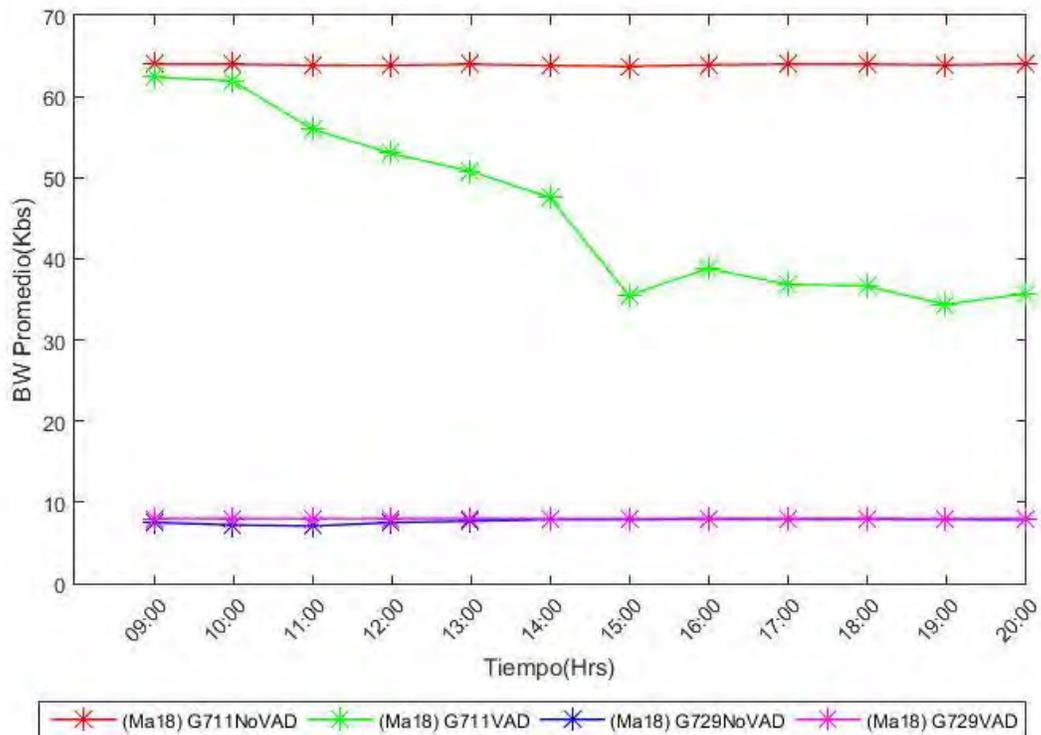


Figura 7.47 Ancho de Banda

En la figura 7.47 se aprecia el Ancho de Banda de los códec, es constante para el G729 con y sin VAD en un valor aproximado de 10 kbs, mientras que el G711 sin VAD con valores constantes entre los 60 y 70 kbs y un poco variado en G711 con VAD.

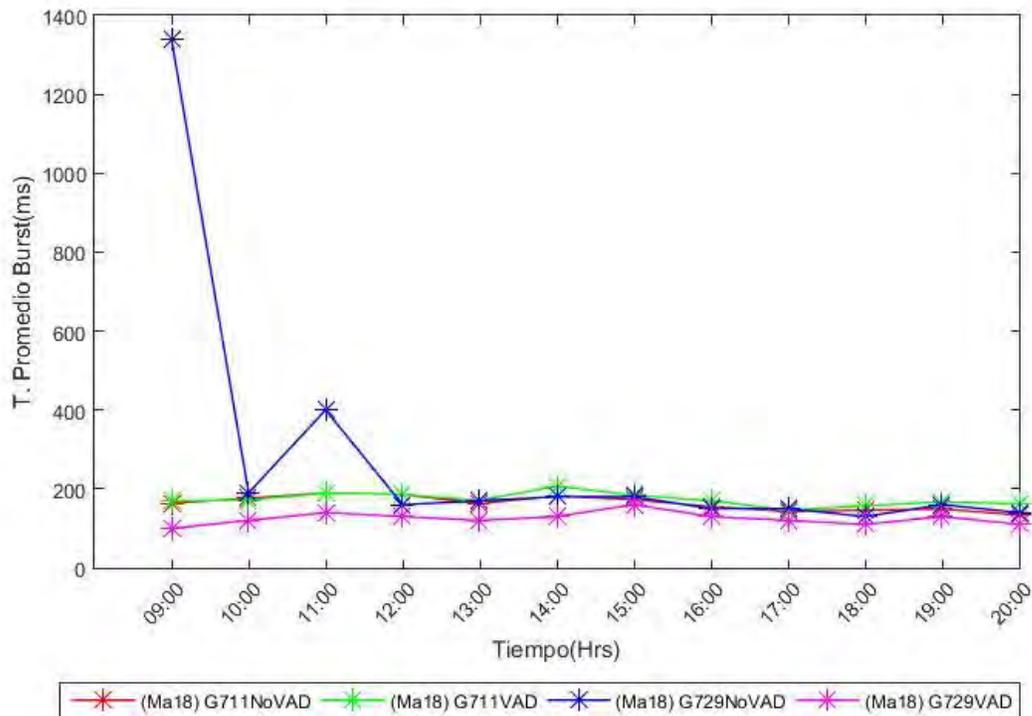


Figura 7.48 Tamaño Promedio de Burst

En la imagen 7.48 se aprecia el Tamaño promedio de Burst para los códec, siendo constante para el G711 con y sin VAD como para el G729 con VAD entre los valores 0 y 200 ms, mientras que el G729 sin VAD con algunas variaciones en horas iniciales.

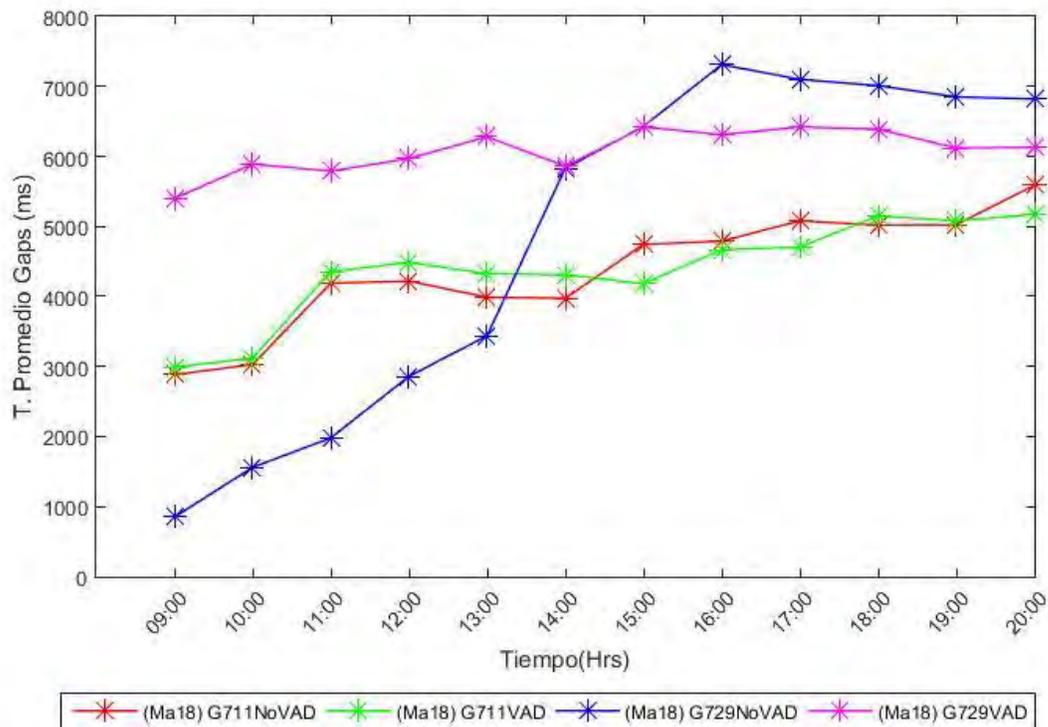


Figura 7.49 Tamaño Promedio de Gaps

En la Figura 7.49 se aprecia el Tamaño promedio de Gaps de los códec, el G729 sin VAD con algunas variaciones en el transcurso del análisis mientras que el G711 con y sin VAD y G729 con VAD, se mantienen un poco constantes en diferentes niveles.

### 7.3.5 Miércoles 19 de Julio

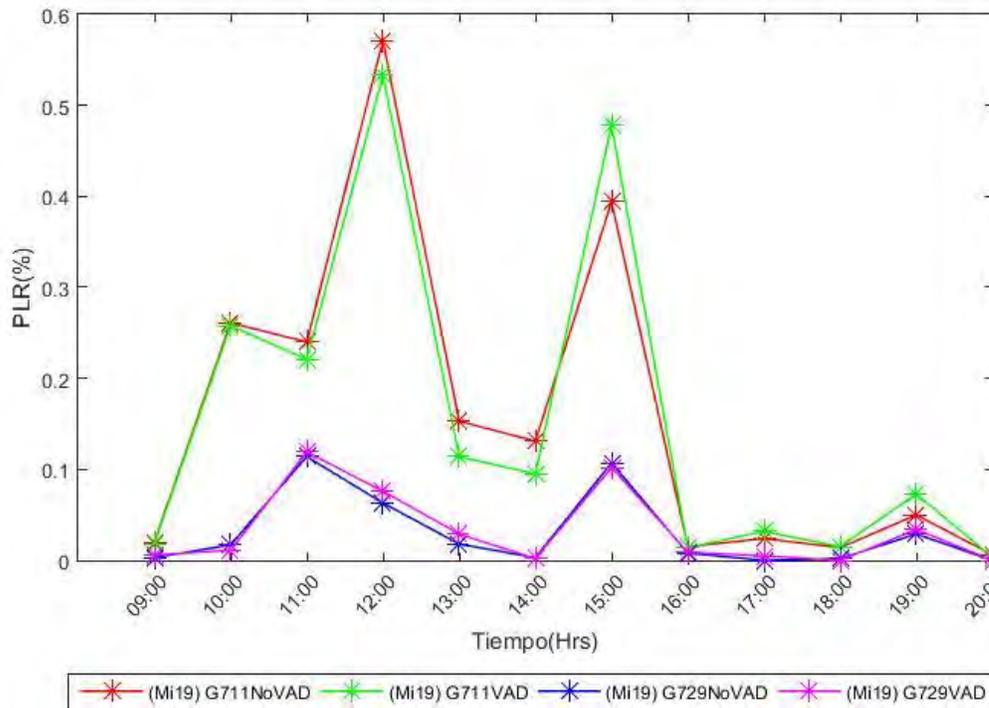


Figura 7.50 PLR

En la figura 7.50 se aprecia un porcentaje de PLR casi similar tanto para el códec G711 con y sin VAD, como para el códec G729 con y sin VAD.

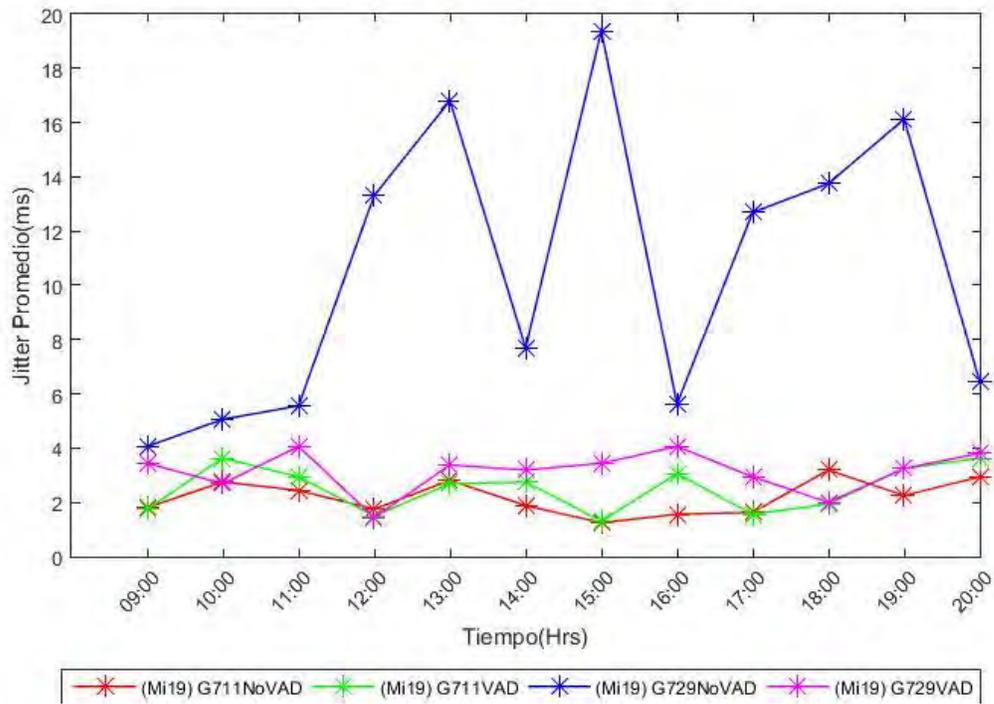


Figura 7.51 Valor Promedio Jitter

En la figura 7.51 se aprecia un Jitter Promedio casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

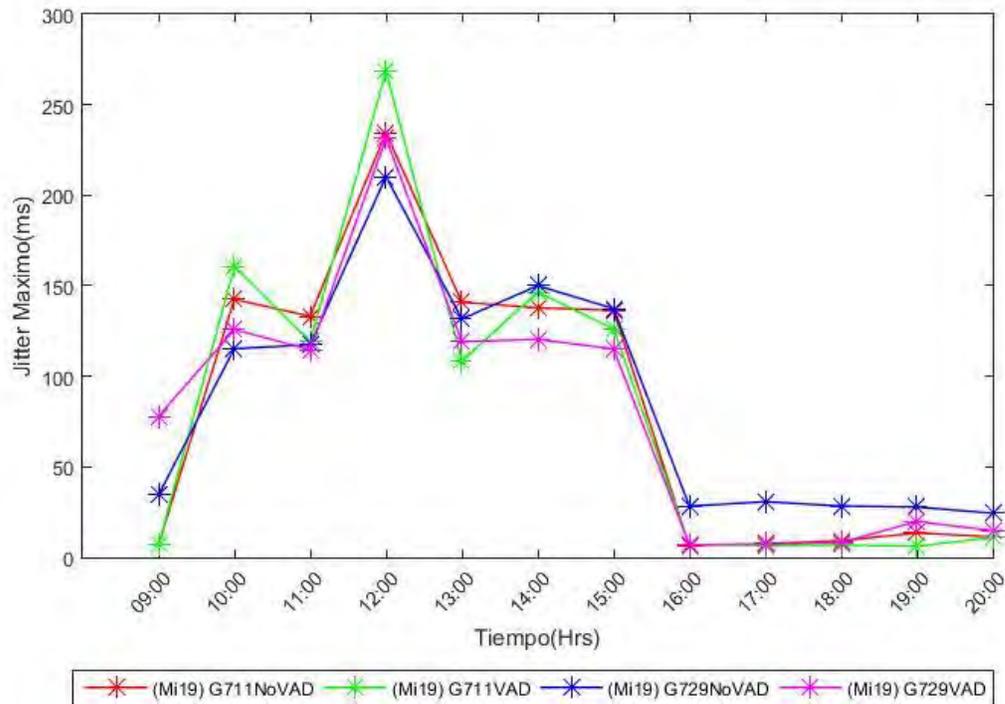


Figura 7.52 Valor Máximo Jitter

En la figura 7.52 se aprecia un Jitter Máximo casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con y sin VAD.

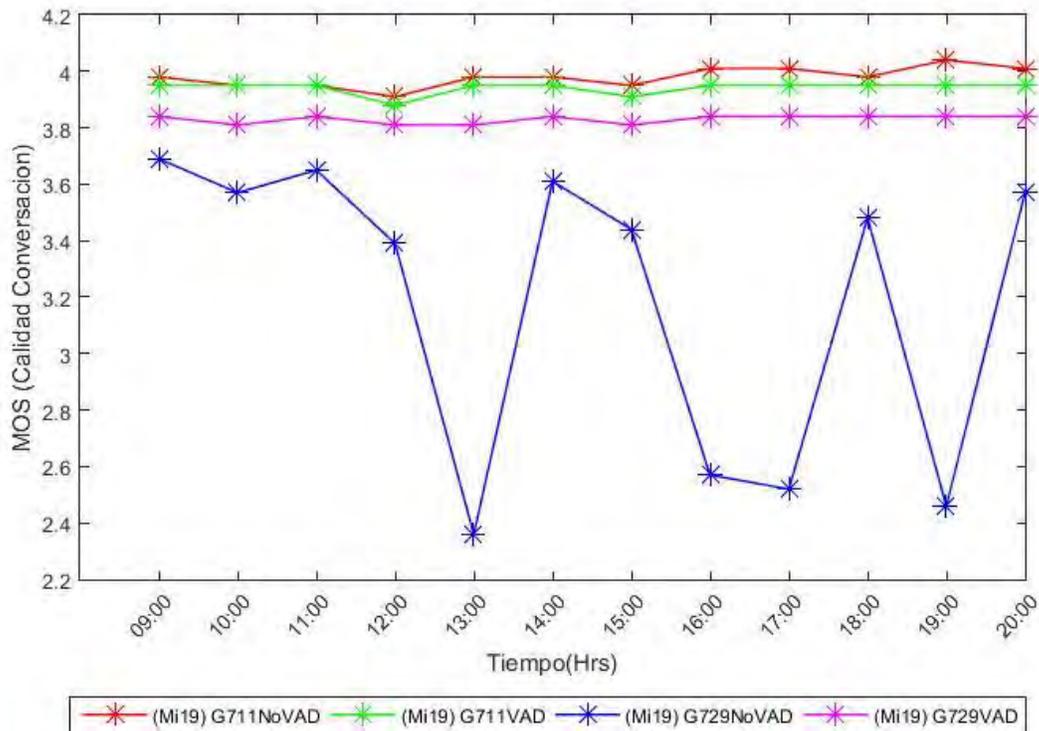


Figura 7.53 MOS (Calidad de Conversación)

En la figura 7.53 se aprecia un nivel de MOS un poco constante para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

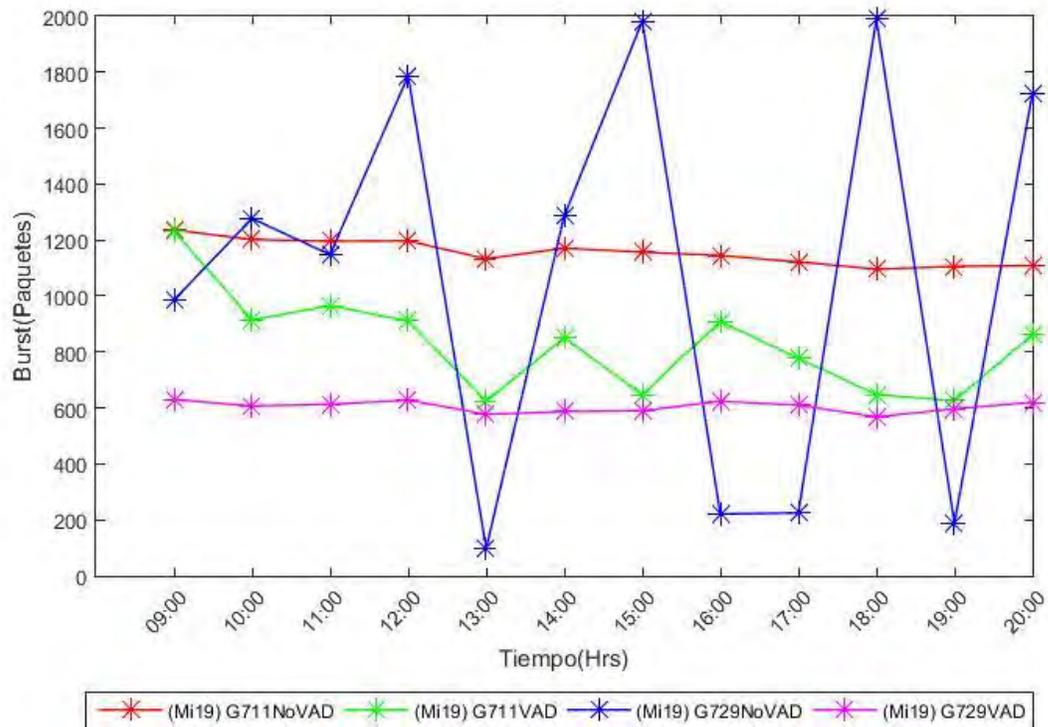


Figura 7.54 Número de Burst

En la figura 7.54 se aprecia el Burst adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

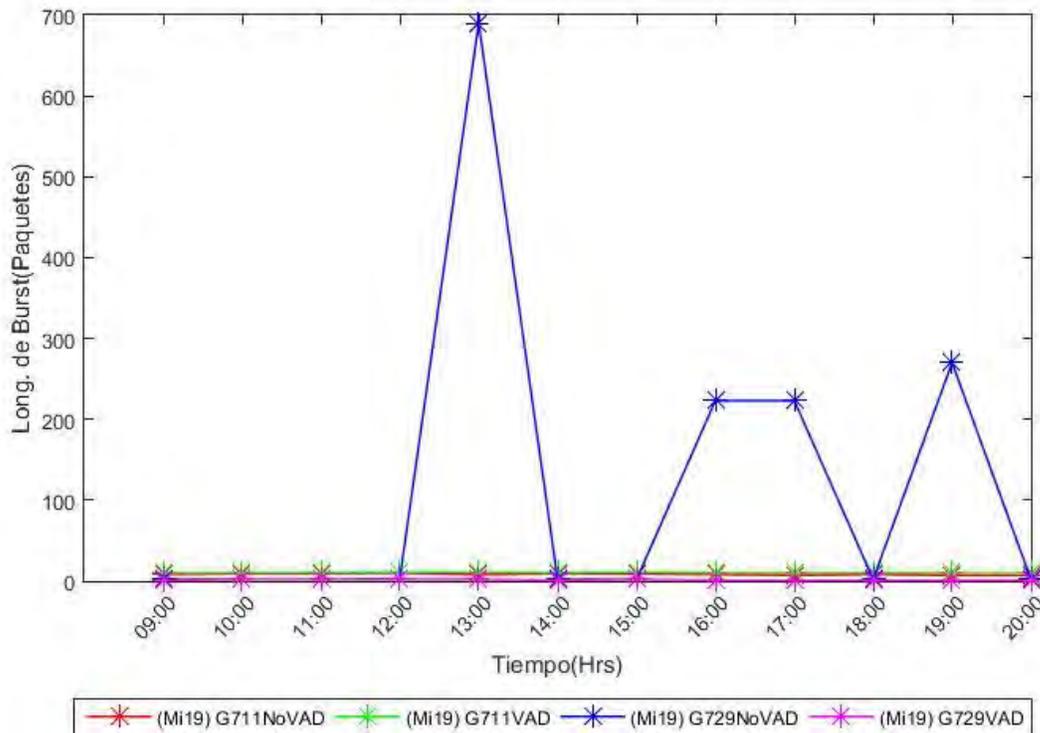


Figura 7.55 Longitud de Burst

En la figura 7.55 se aprecia una Longitud de Burst constante para los códec G711 con y sin VAD y G729 con VAD, y para el G729 sin VAD con unos picos de más de 600 y 200 paquetes.

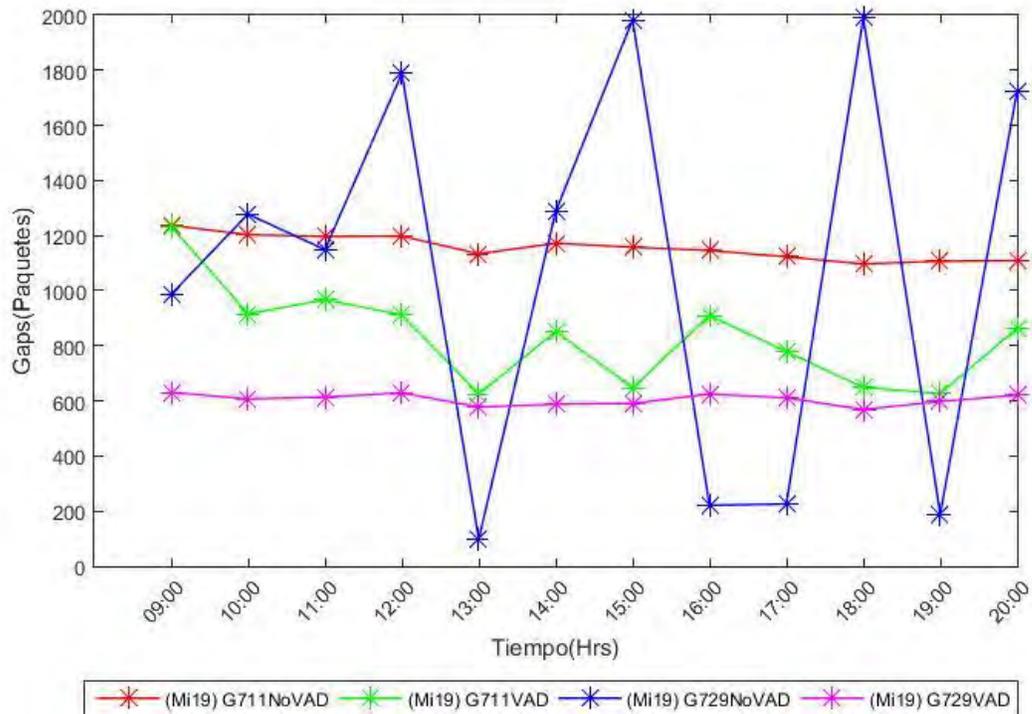


Figura 7.56 Número de Gaps

En la figura 7.56 se aprecia el GAPS adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

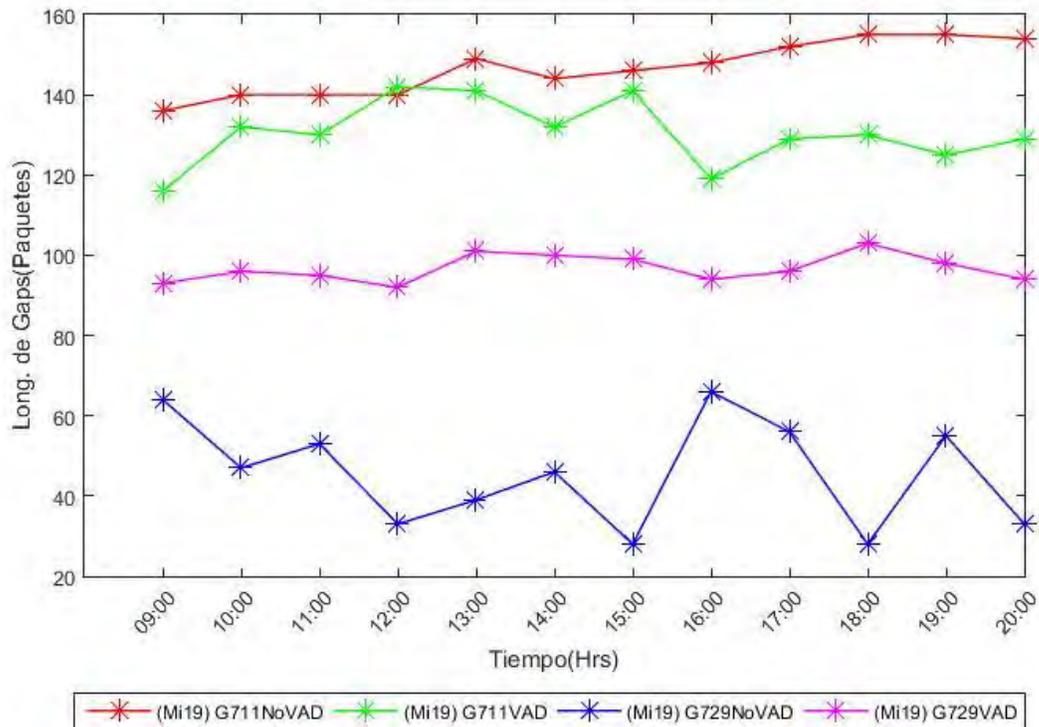


Figura 7.57 Longitud de Gaps

En la figura 7.57 se aprecia la Longitud de GAPS en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD en horas intermedias.

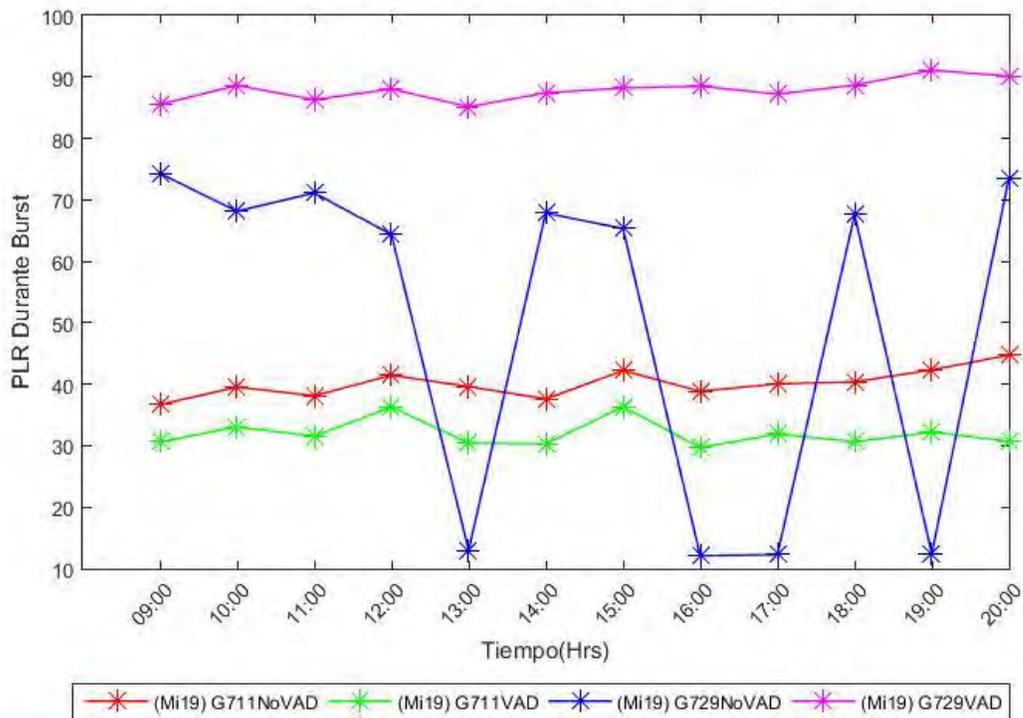


Figura 7.58 PLR durante Burst

En la figura 7.58 se aprecia el PLR durante Burst en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y variado para el G729 sin VAD en horas intermedias

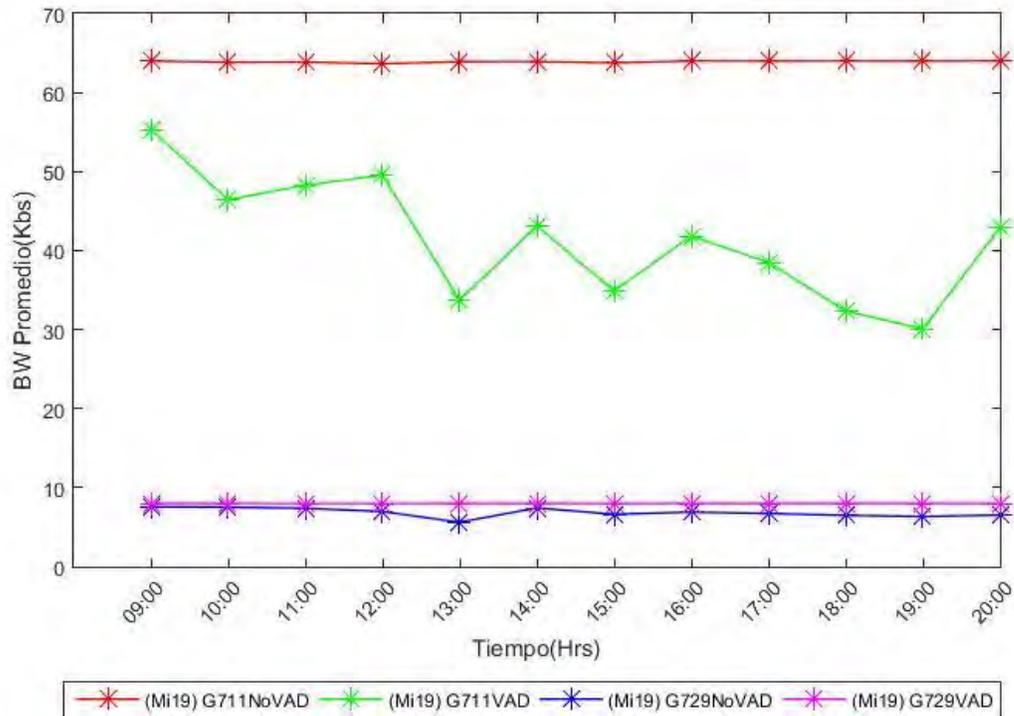


Figura 7.59 Ancho de Banda

En la figura 7.59 se aprecia el Ancho de Banda de los códec, es constante para el G729 con y sin VAD en un valor aproximado de 10 kbs, mientras que el G711 sin VAD con valores constantes entre los 60 y 70 kbs y un poco variado en G711 con VAD.

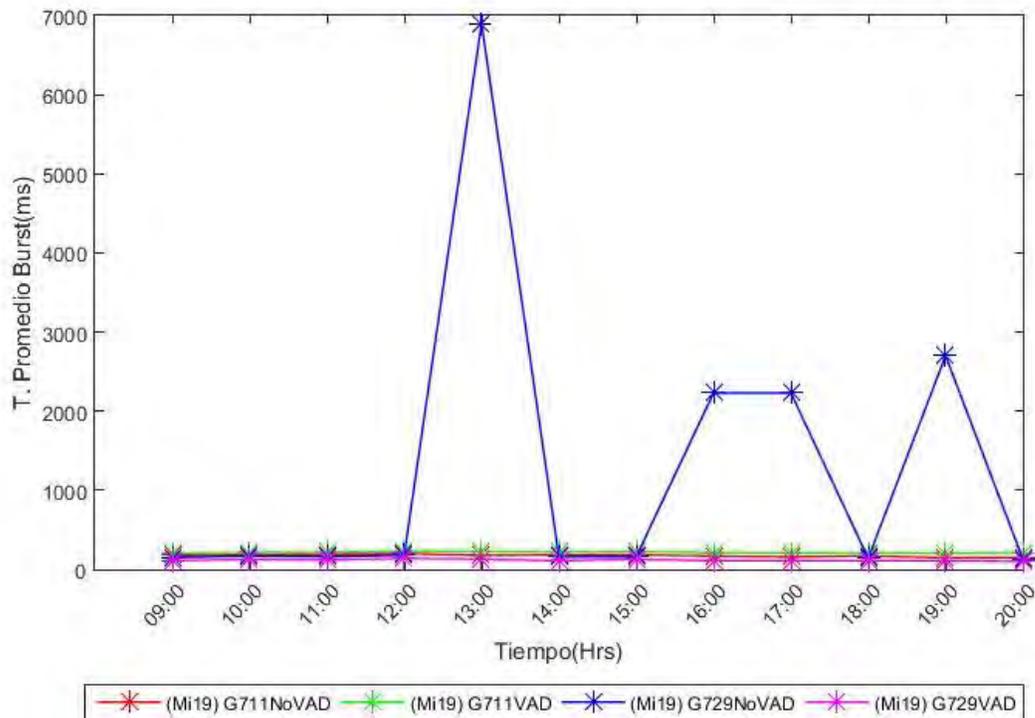


Figura 7.60 Tamaño Promedio de Burst

En la imagen 7.60 se aprecia el Tamaño promedio de Burst para los códec, siendo constante para el G711 con y sin VAD como para el G729 con VAD entre los valores 0 y 1000 ms, mientras que el G729 sin VAD con algunas variaciones y picos hasta los 7000 ms.

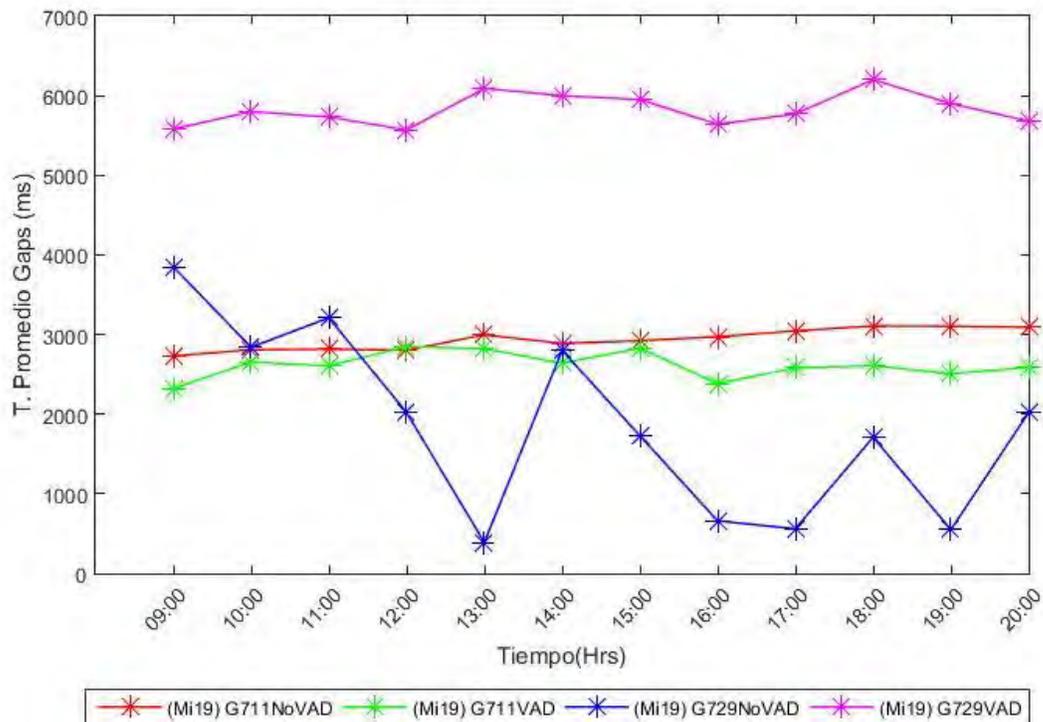


Figura 7.61 Tamaño Promedio de Gaps

En la Figura 7.61 se aprecia el Tamaño promedio de Gaps de los códec, el G729 sin VAD con algunas variaciones en el transcurso del análisis mientras que el G711 con y sin VAD y G729 con VAD, se mantienen un poco constantes en diferentes niveles.

### 7.3.6 Jueves 20 de Julio

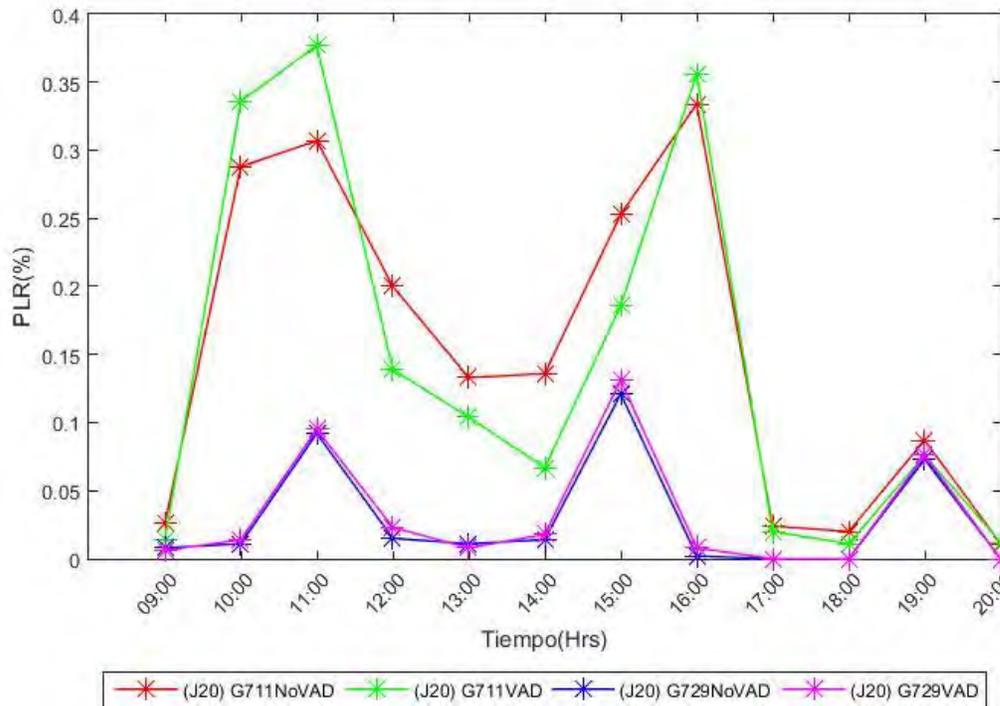


Figura 7.62 PLR

En la figura 7.62 se aprecia un porcentaje de PLR casi similar tanto para el códec G711 con y sin VAD, como para el códec G729 con y sin VAD.

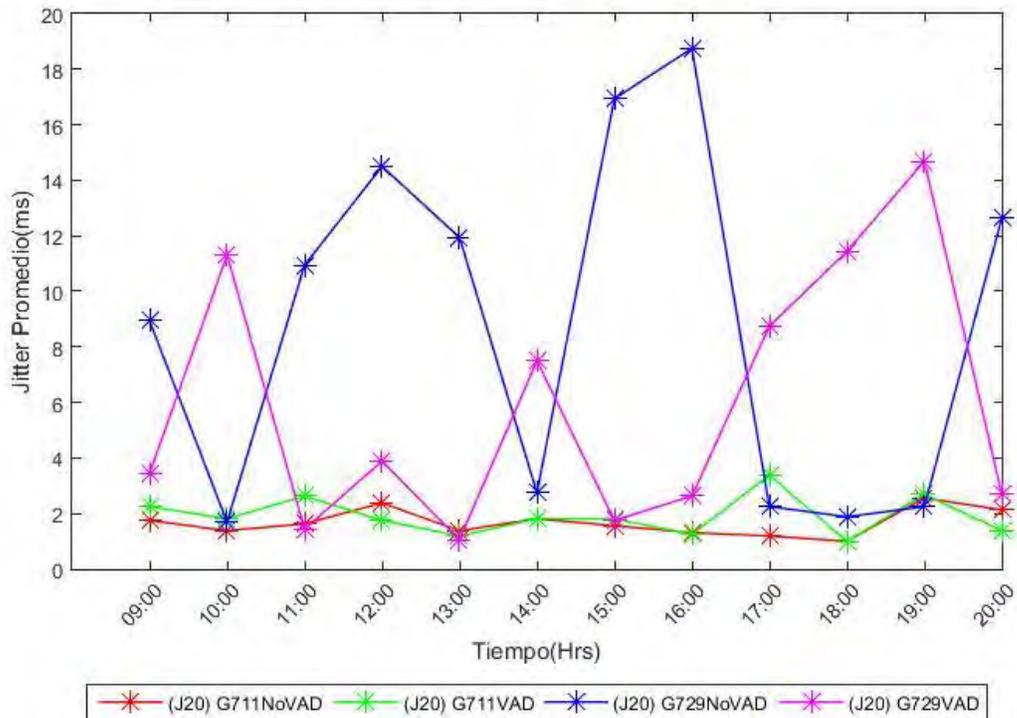


Figura 7.63 Valor Promedio Jitter

En la figura 7.63 se aprecia un Jitter Promedio casi similar para los códec G711 con y sin VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 con y sin VAD.

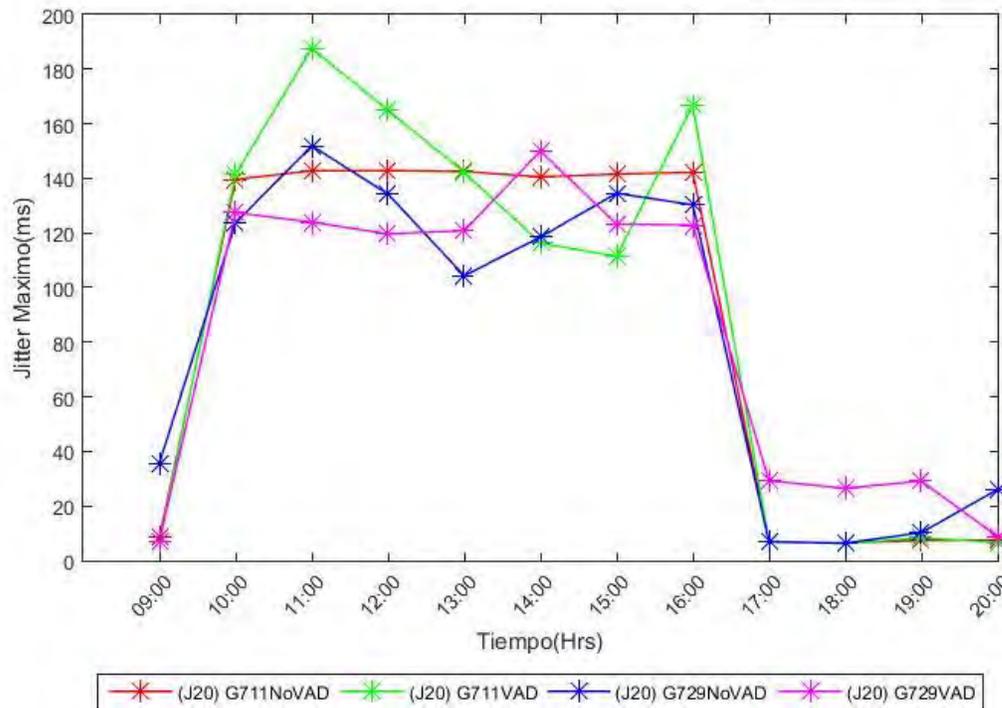


Figura 7.64 Valor Máximo Jitter

En la figura 7.64 se aprecia un Jitter Máximo casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con y sin VAD,

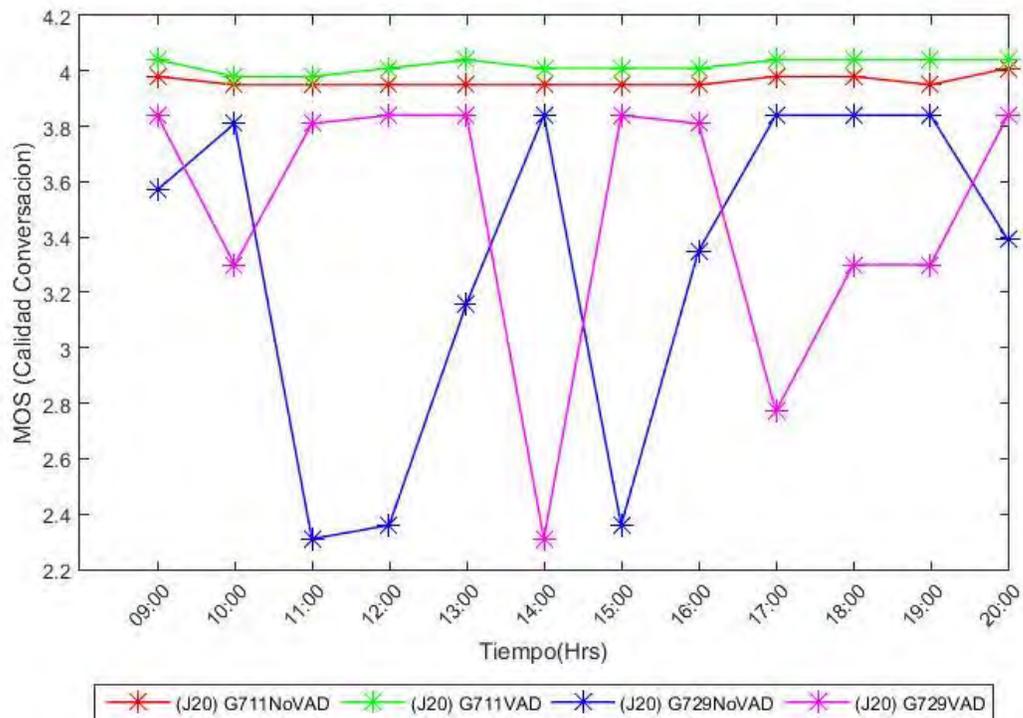


Figura 7.65 MOS (Calidad de Conversación)

En la figura 7.65 se aprecia un nivel de MOS un poco constante para los códec G711 con y sin VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 con y sin VAD.

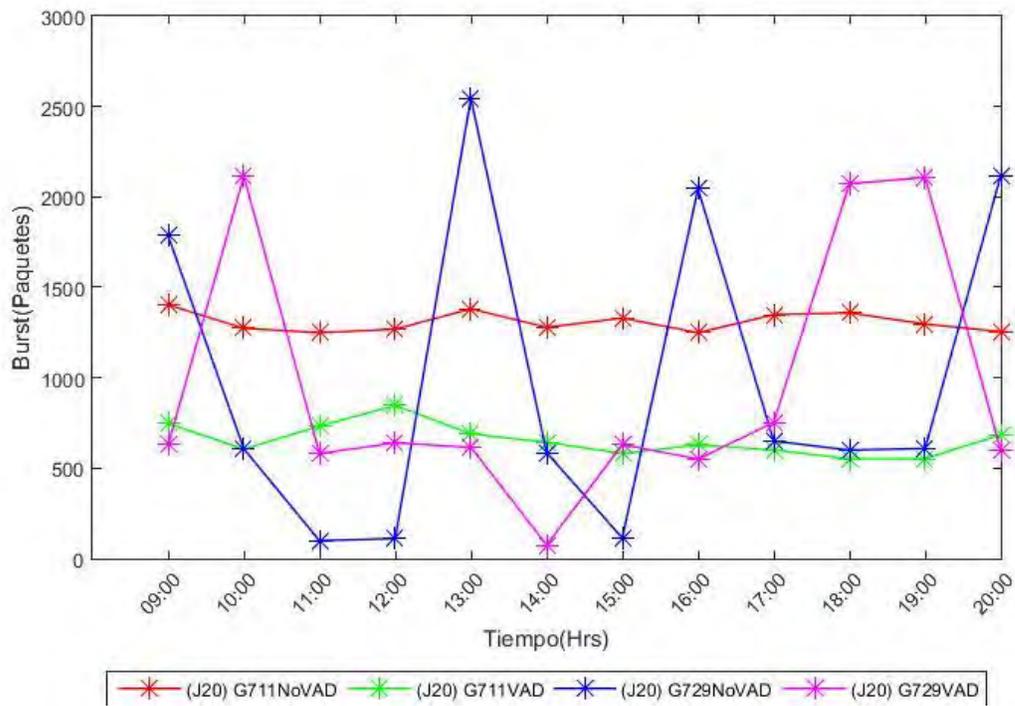


Figura 7.66 Número de Burst

En la figura 7.66 se aprecia el Burst adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 con y sin VAD.

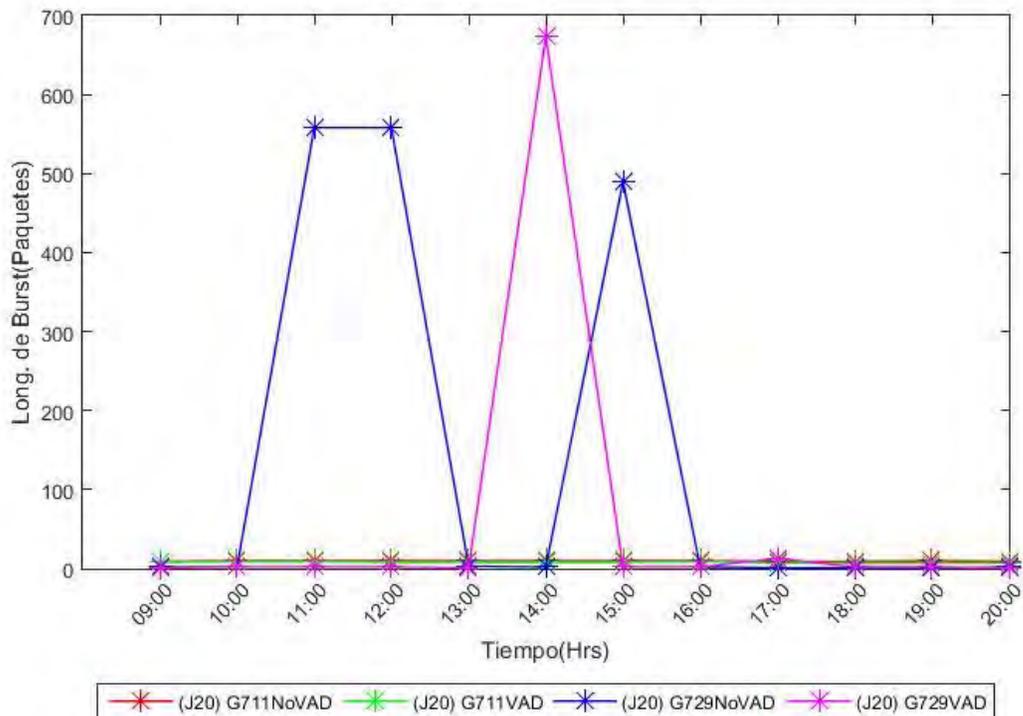


Figura 7.67 Longitud de Burst

En la figura 7.77 se aprecia una Longitud de Burst constante para los códec G711 con y sin VAD, y para el G729 con y sin VAD con unos picos de más de 500 y 600 paquetes.

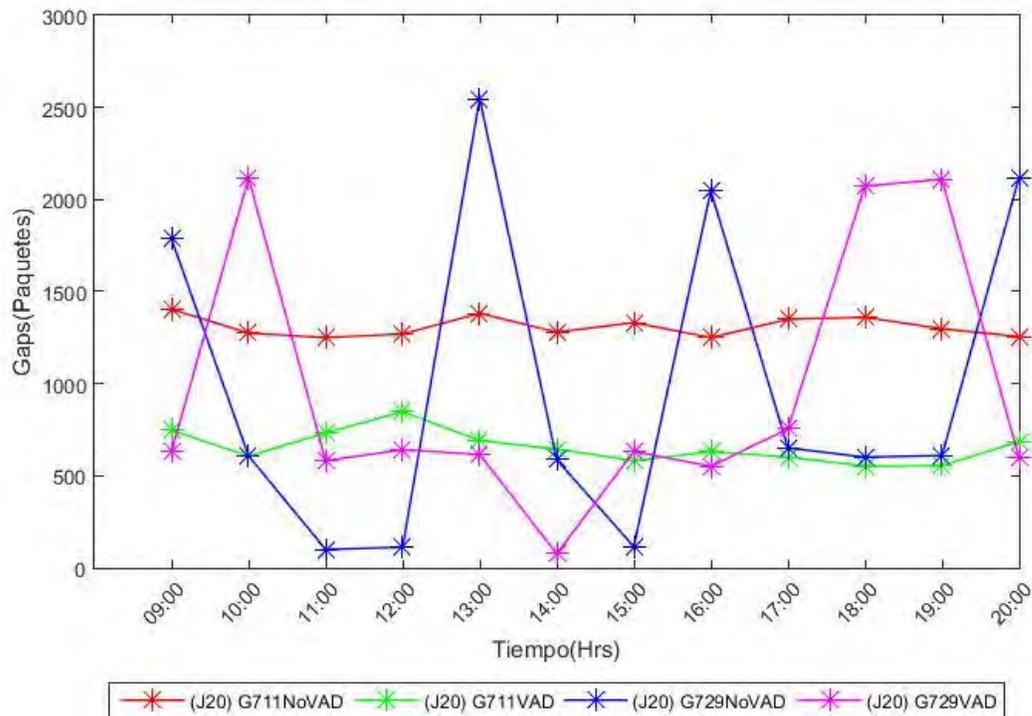


Figura 7.68 Número de Gaps

En la figura 7.68 se aprecia el GAPS adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 con y sin VAD.

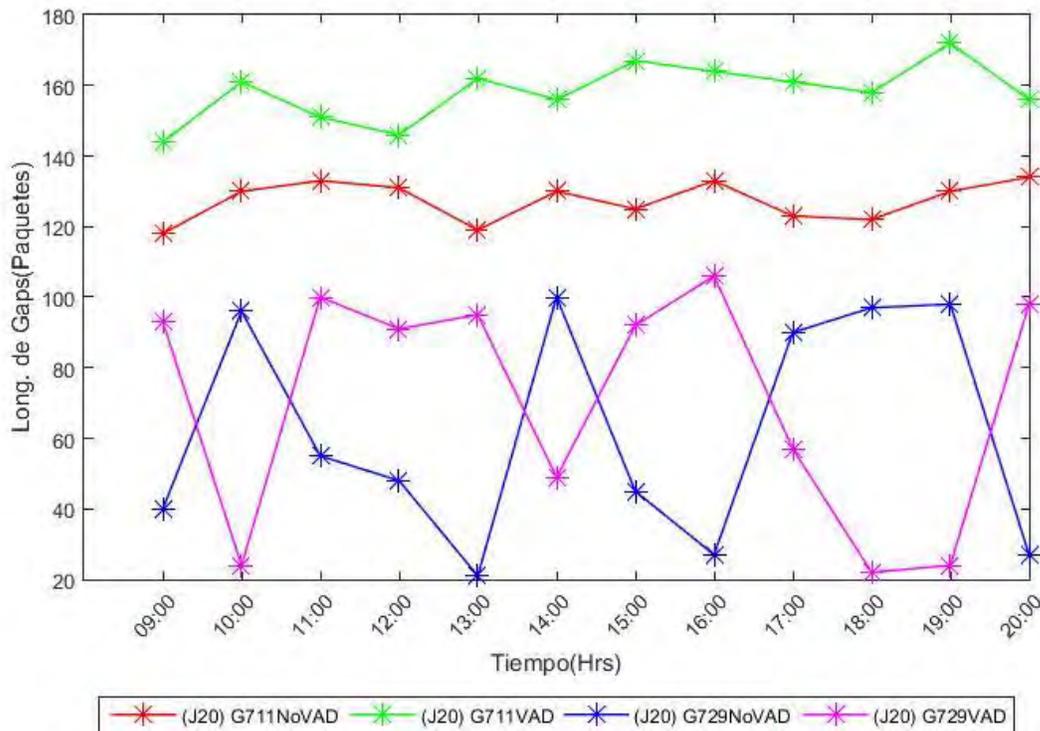


Figura 7.69 Longitud de Gaps

En la figura 7.69 se aprecia la Longitud de GAPS en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 con y sin VAD.

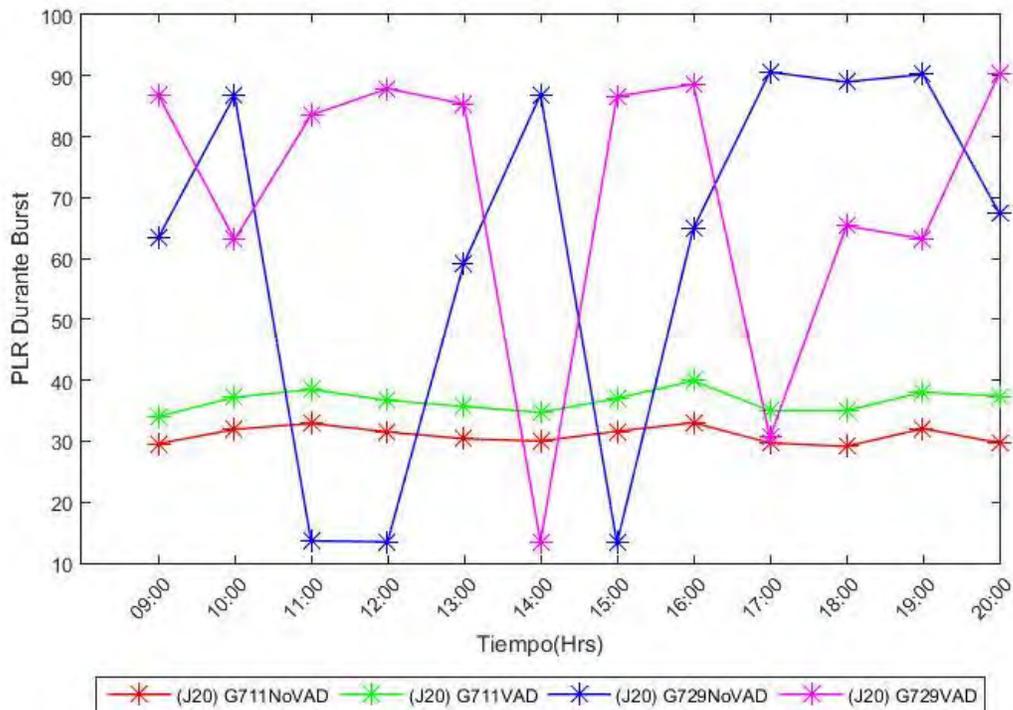


Figura 7.70 PLR durante Burst

En la figura 7.70 se aprecia el PLR durante Burst en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD en niveles diferentes, y un poco constante el G729 con y sin VAD con algunas caídas en horarios intermedios.

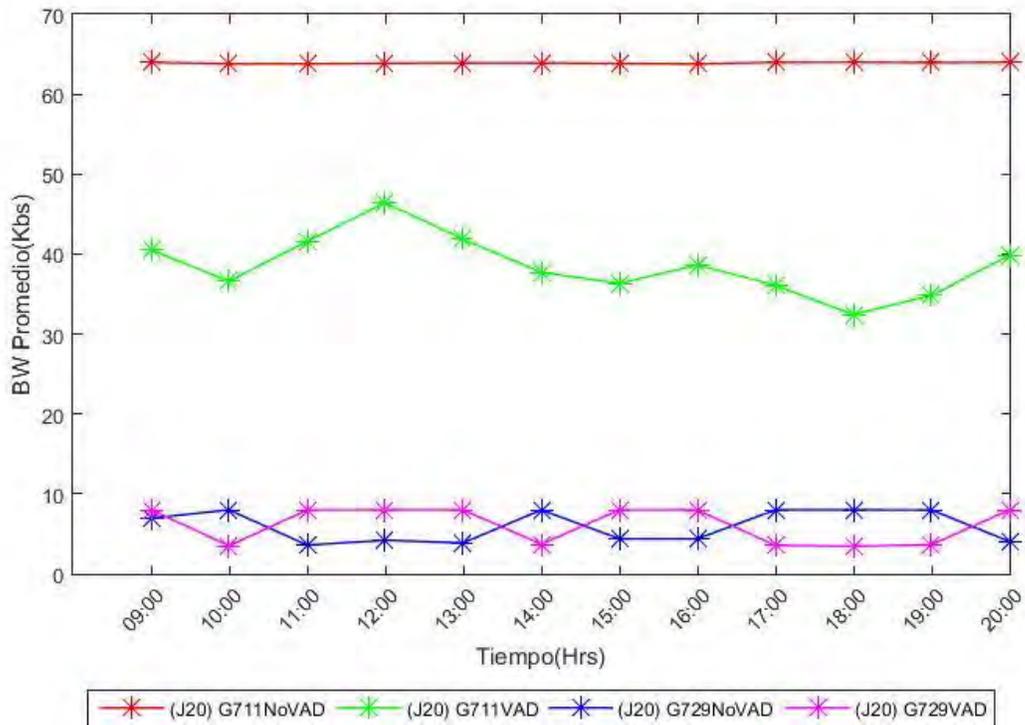


Figura 7.71 Ancho de Banda

En la figura 7.71 se aprecia el Ancho de Banda de los códec, es constante para el G729 con y sin VAD en un valor aproximado de 10 kbs, mientras que el G711 sin VAD con valores constantes entre los 60 y 70 kbs y un poco variado en G711 con VAD.

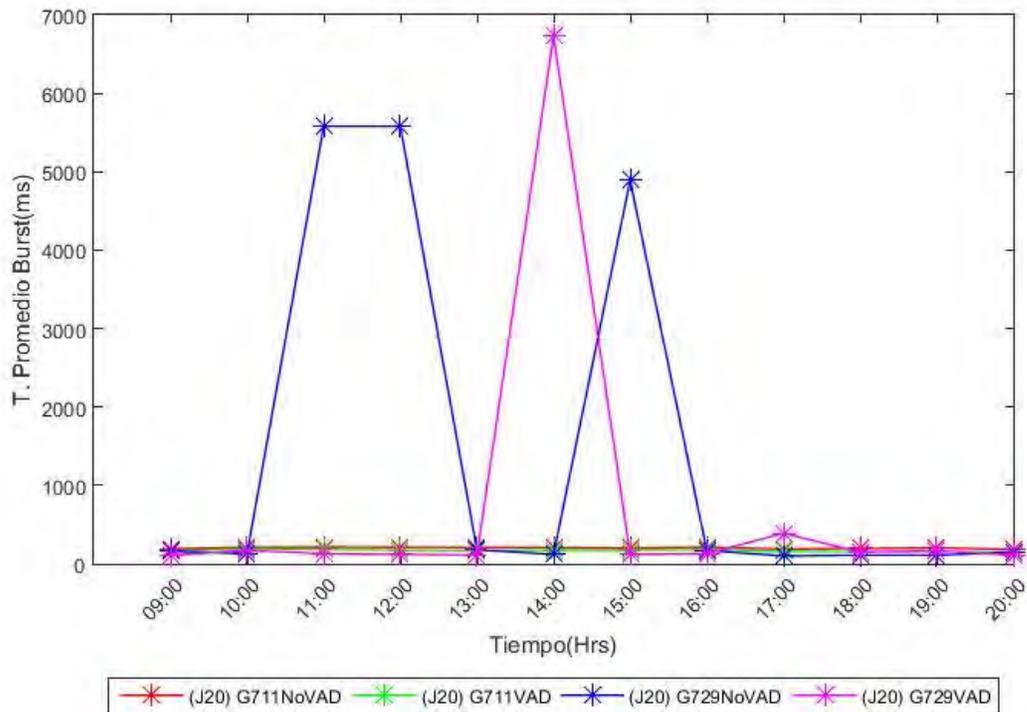


Figura 7.72 Tamaño Promedio de Burst

En la imagen 7.72 se aprecia el Tamaño promedio de Burst para los códec, siendo constante para el G711 con y sin VAD como para el G729 con VAD entre los valores 0 y 1000 ms, mientras que el G729 sin VAD con algunas variaciones.

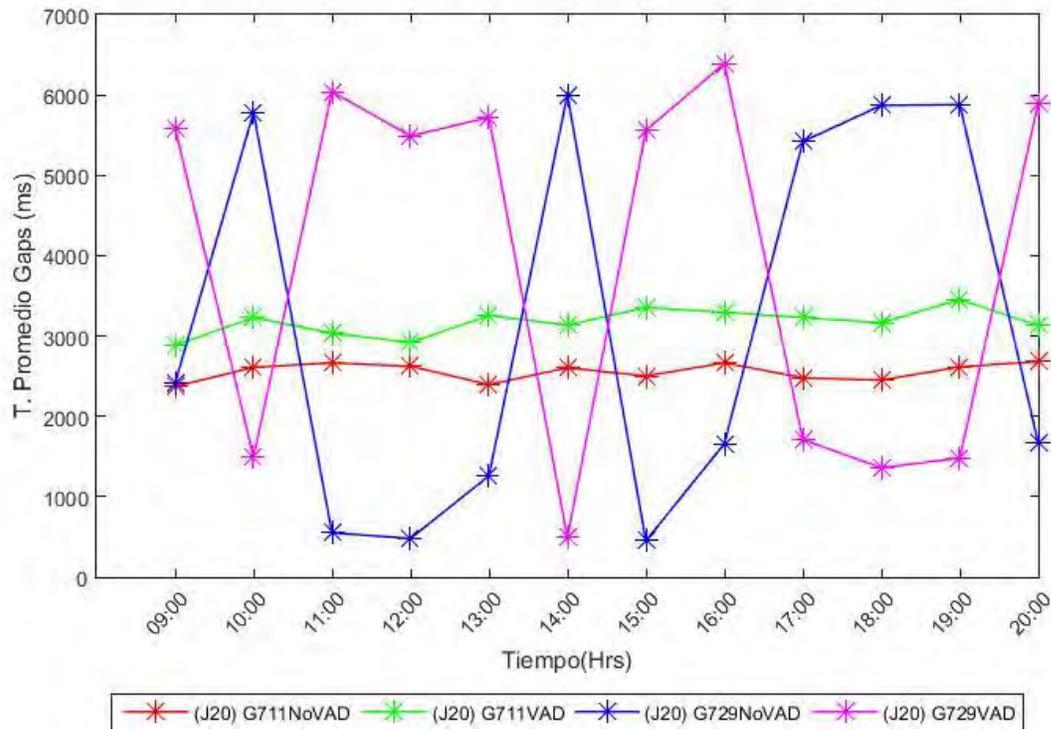


Figura 7.73 Tamaño Promedio de Gaps

En la Figura 7.73 se aprecia el Tamaño promedio de Gaps de los códec, el G729 con y sin VAD con algunas variaciones en el transcurso del análisis mientras que el G711 con y sin VAD, se mantienen un poco constantes en diferentes niveles.

### 7.3.7 Viernes 21 de Julio

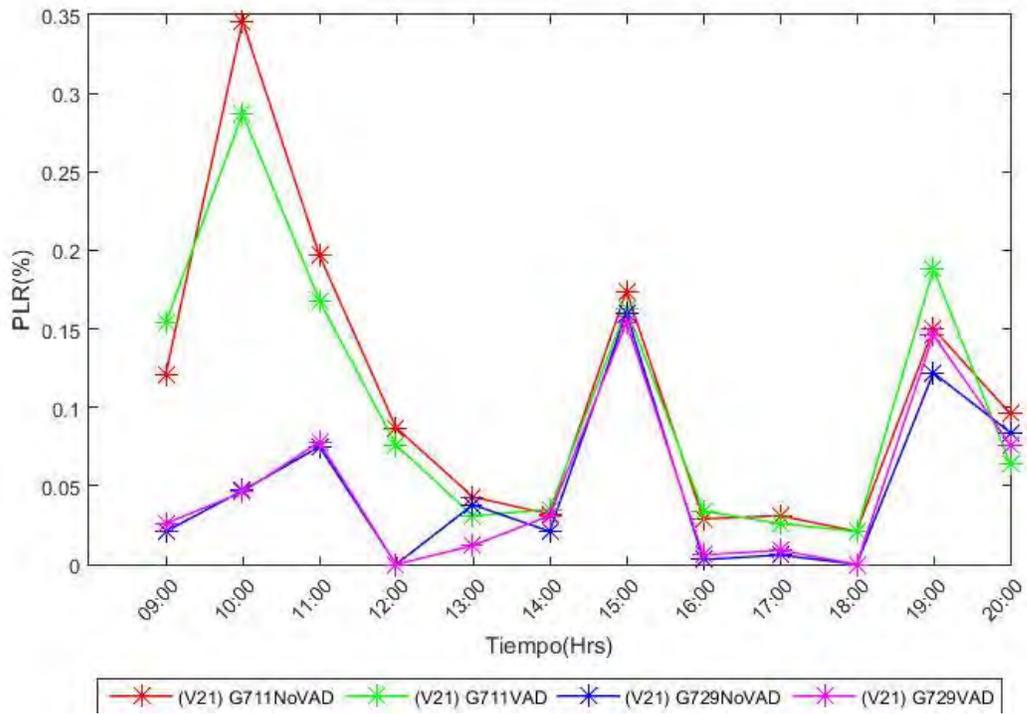


Figura 7.74 PLR

En la figura 7.74 se aprecia un porcentaje de PLR casi similar tanto para el códec G711 con y sin VAD, como para el códec G729 con y sin VAD.

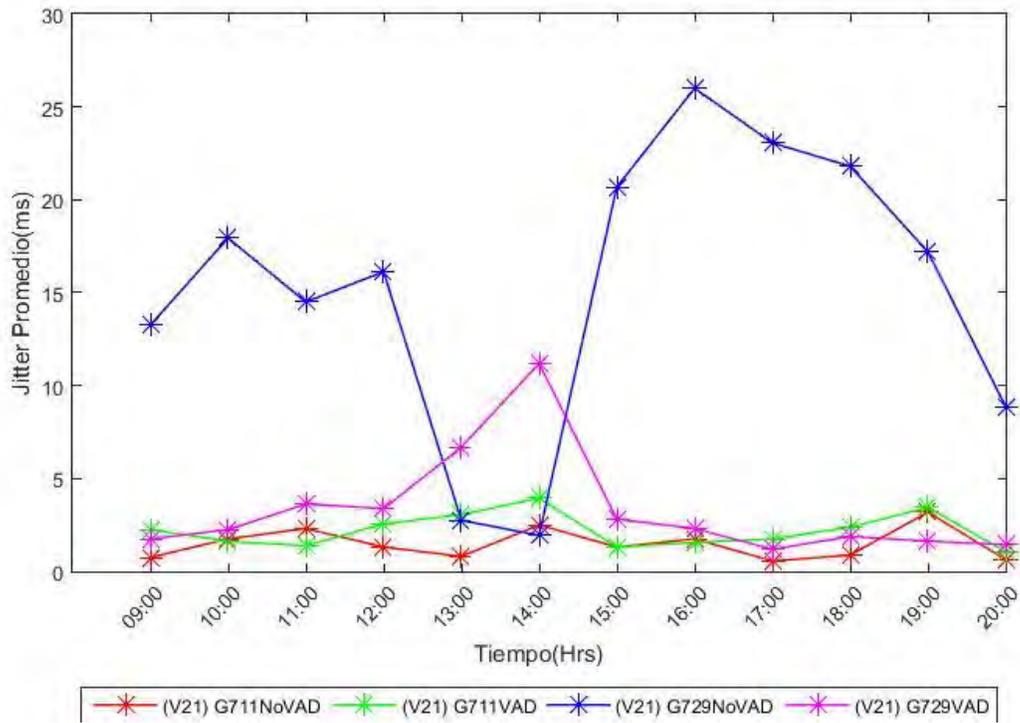


Figura 7.75 Valor Promedio Jitter

En la figura 7.75 se aprecia un Jitter Promedio casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

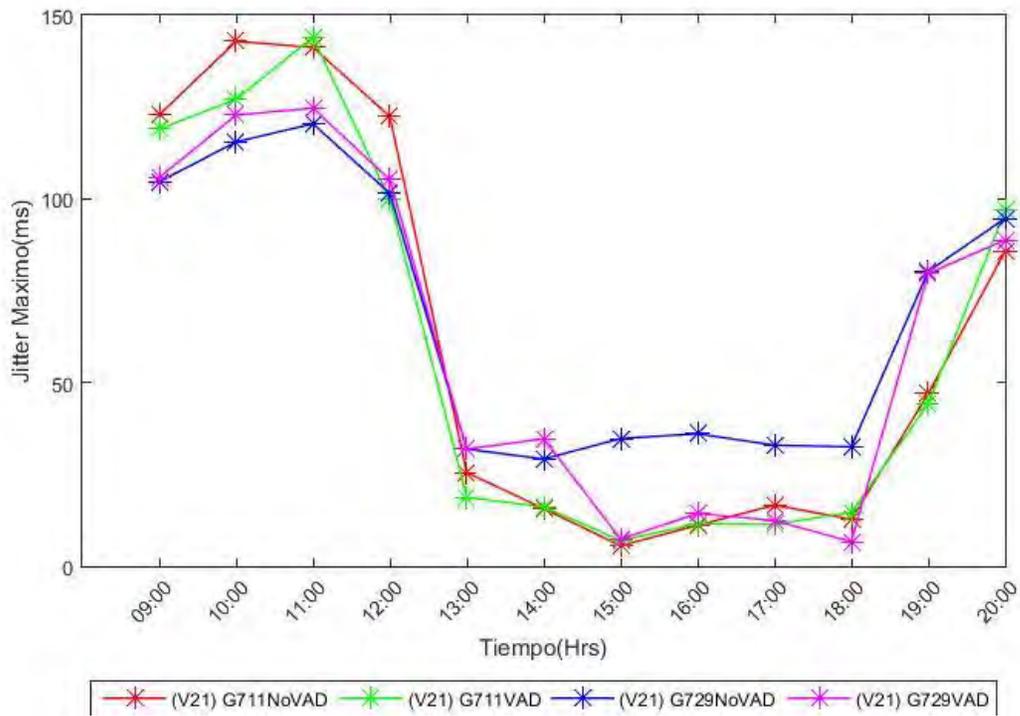


Figura 7.76 Valor Máximo Jitter

En la figura 7.76 se aprecia un Jitter Máximo casi similar para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con y sin VAD,

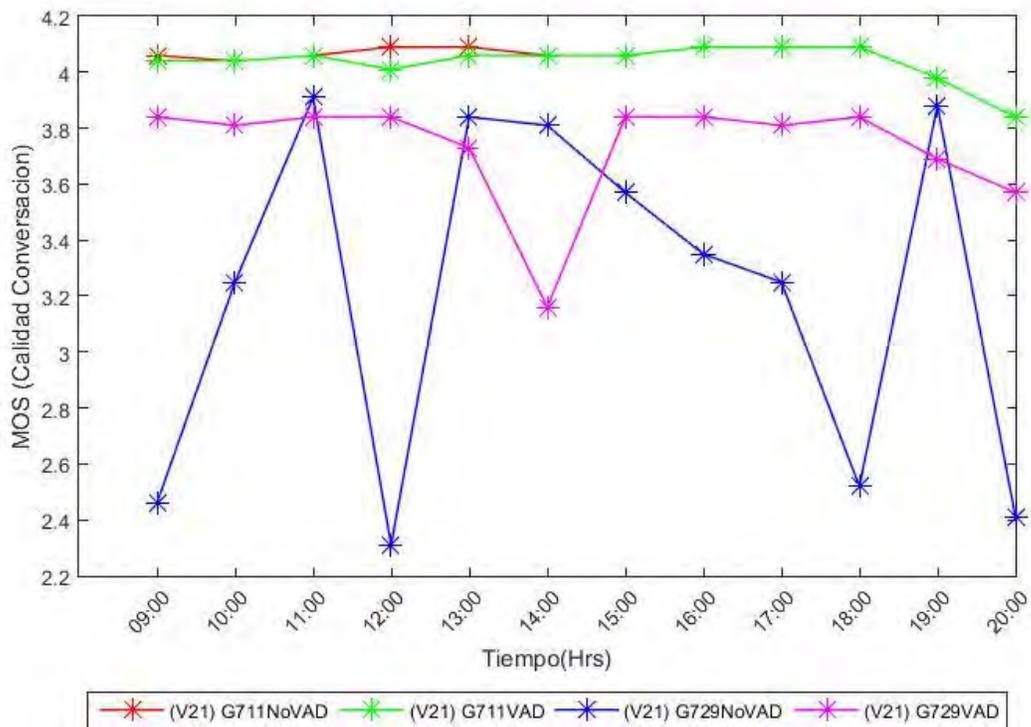


Figura 7.77 MOS (Calidad de Conversación)

En la figura 7.77 se aprecia un nivel de MOS un poco constante para los códec G711 con y sin VAD y el códec G729 con VAD, pero con algunas variaciones con el códec G729 sin VAD.

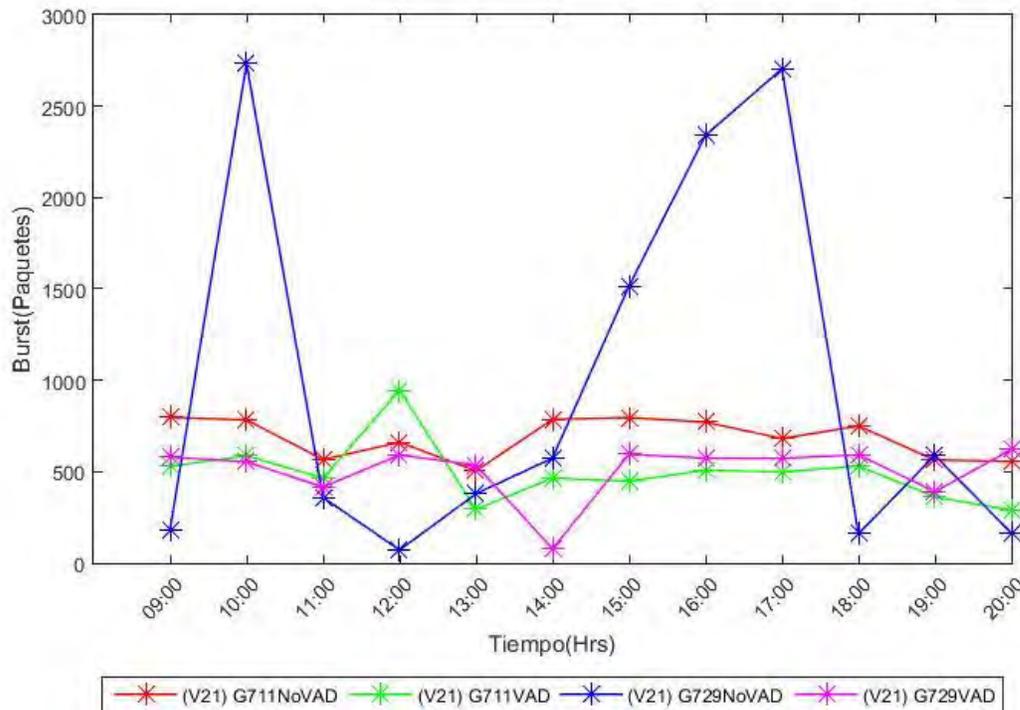


Figura 7.78 Número de Burst

En la figura 7.78 se aprecia el Burst adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

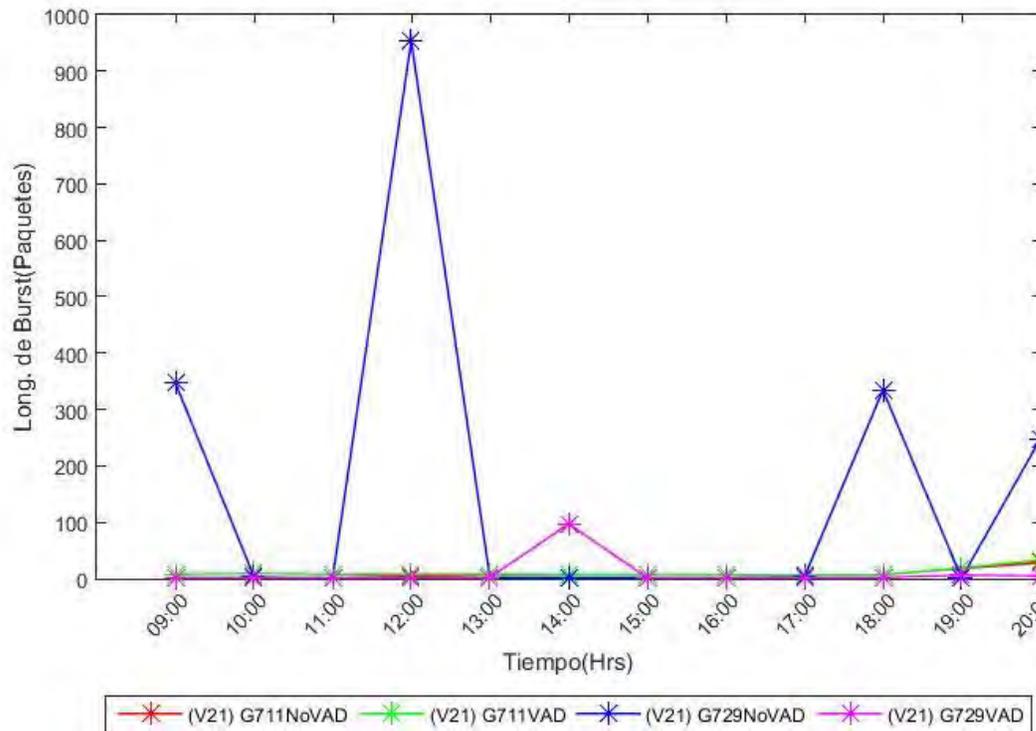


Figura 7.79 Longitud de Burst

En la figura 7.79 se aprecia una Longitud de Burst constante para los códec G711 con y sin VAD y G729 con VAD, y para el G729 sin VAD con unos picos de más de 300 y 900 paquetes.

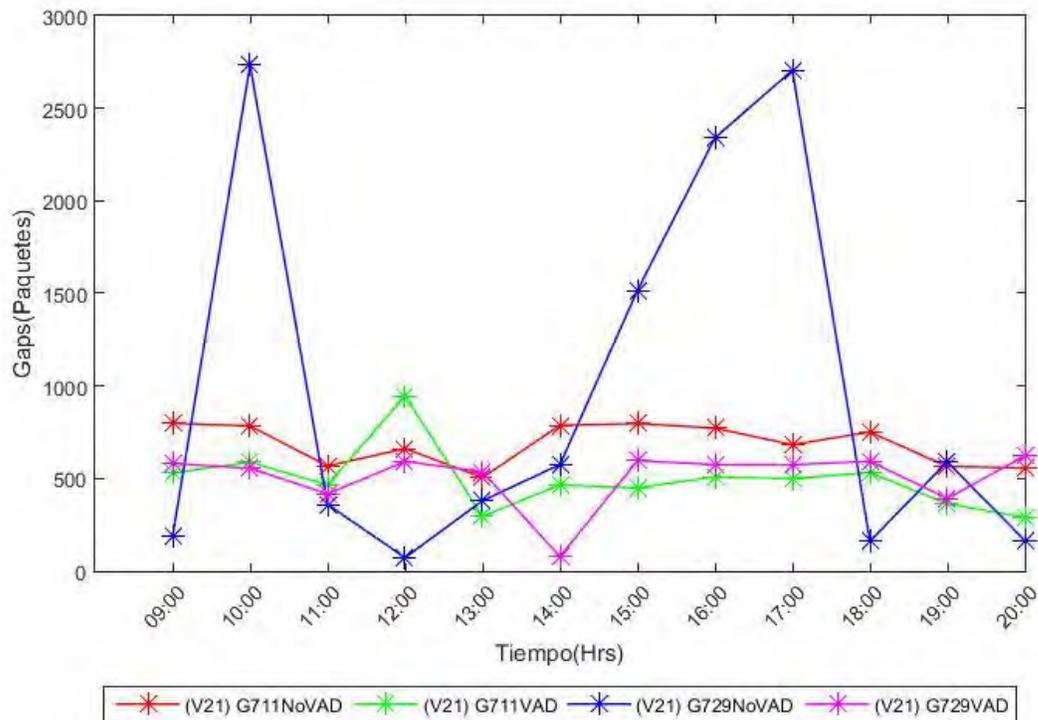


Figura 7.80 Número de Gaps

En la figura 7.80 se aprecia el GAPS adquirido en los códec, en modo constante tanto para el G711 sin VAD y el G729 con VAD en niveles diferentes, y un poco variado con respecto al códec G729 sin VAD.

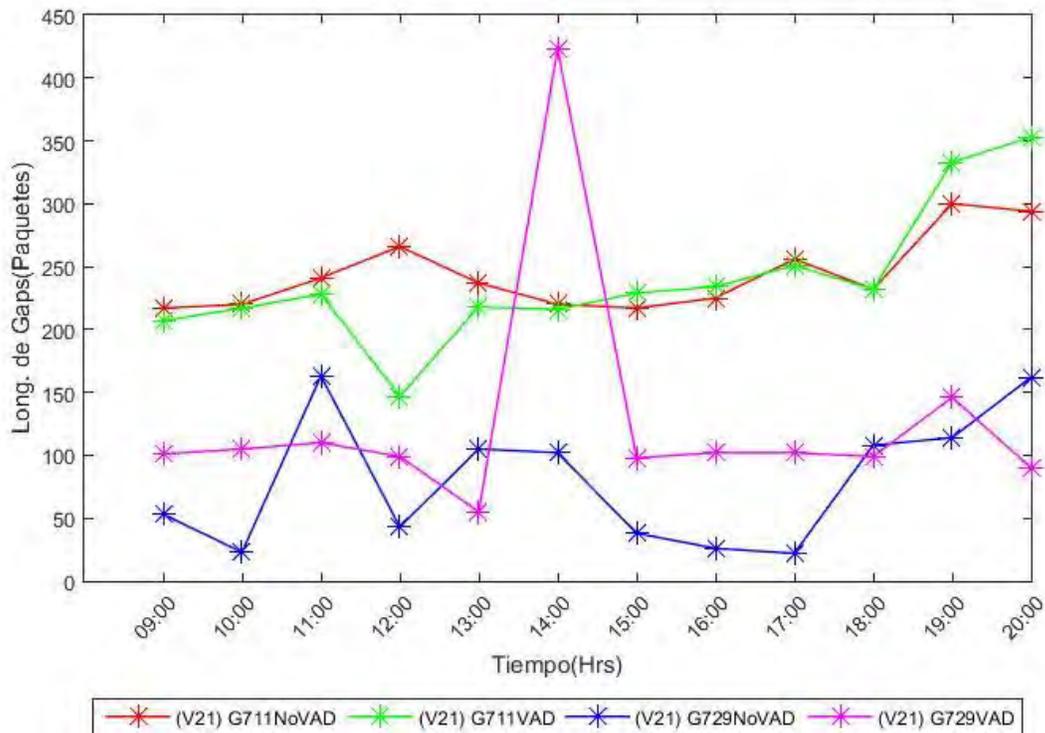


Figura 7.81 Longitud de Gaps

En la figura 7.81 se aprecia la Longitud de GAPS en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD, y un poco variado con respecto al códec G729 con y sin VAD en horas intermedias.

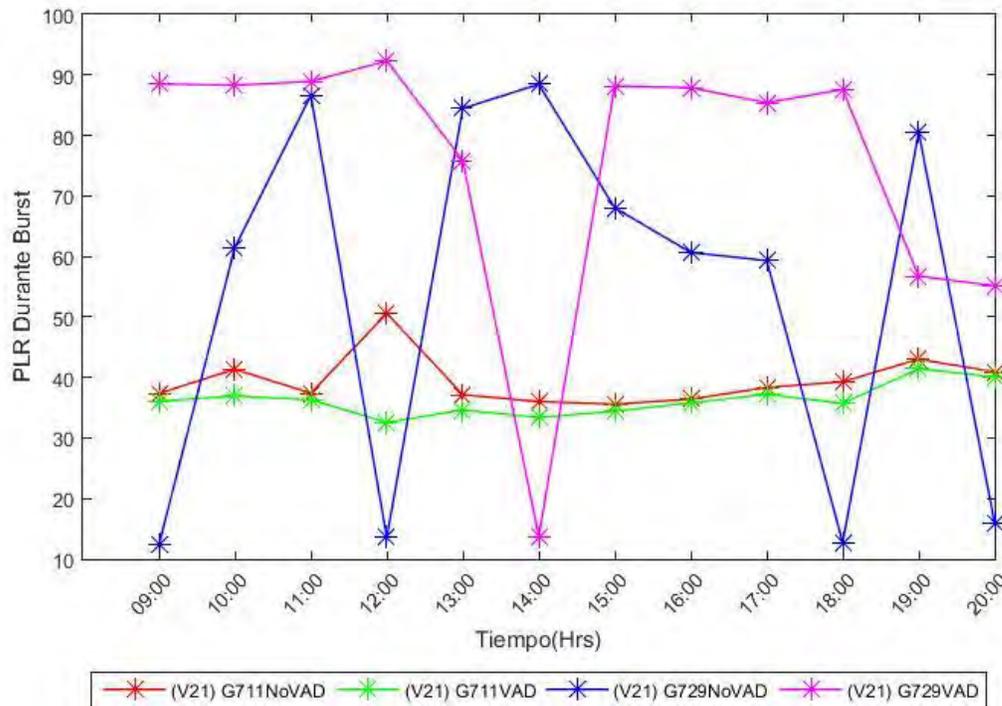


Figura 7.82 PLR durante Burst

En la figura 7.82 se aprecia el PLR durante Burst en los códec, en modo constante tanto para el G711 con y sin VAD, y variado para el G729 con y sin VAD con algunas caídas hasta el valor de 10.

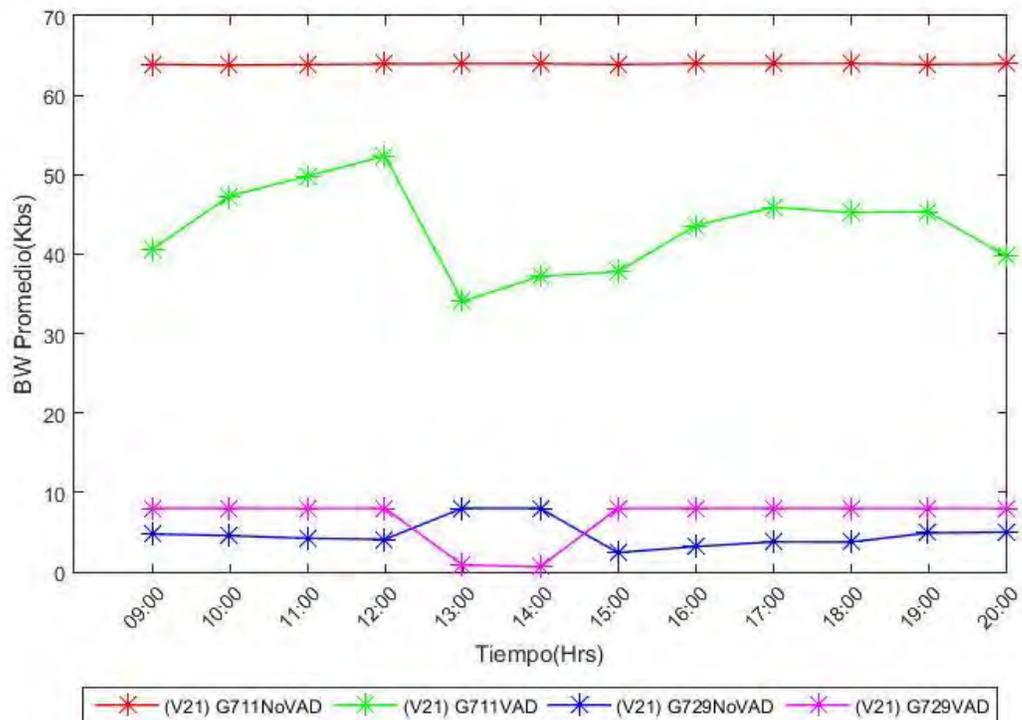
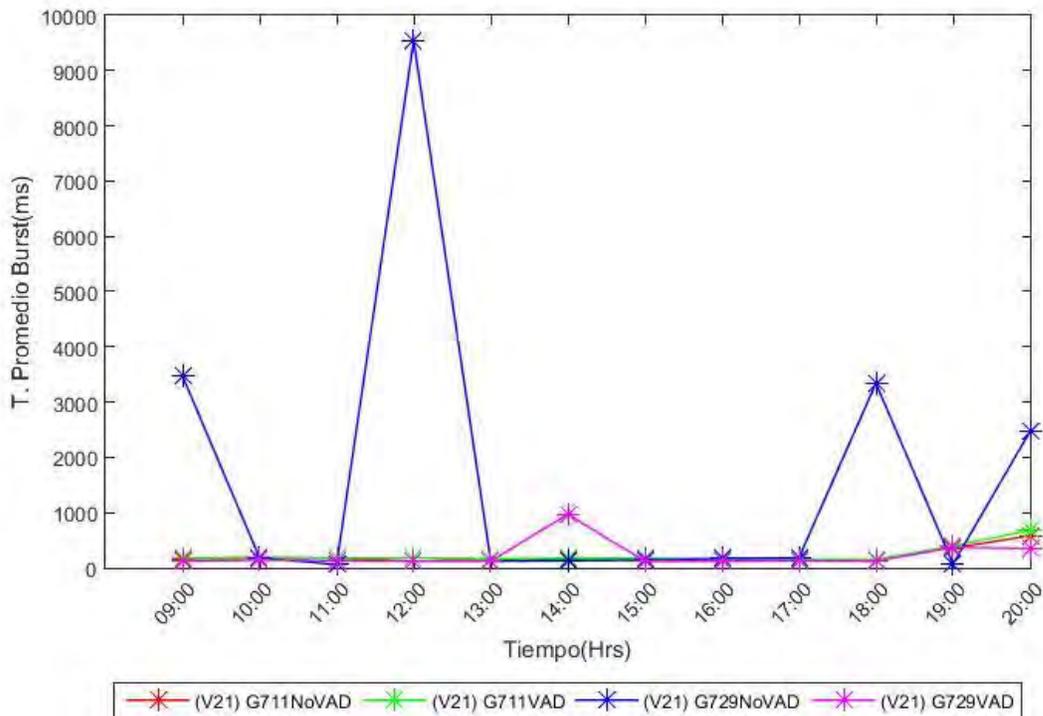


Figura 7.83 Ancho de Banda

En la figura 7.83 se aprecia el Ancho de Banda de los códec, es constante para el G729 con y sin VAD en un valor aproximado de 10 kbs, mientras que el G711 sin VAD con valores constantes entre los 60 y 70 kbs y un poco variado en G711 con VAD.



7.84 Tamaño Promedio de Burst

En la imagen 7.84 se aprecia el Tamaño promedio de Burst para los códec, siendo constante para el G711 con y sin VAD como para el G729 con VAD entre los valores 0 y 1000 ms, mientras que el G729 sin VAD con algunas variaciones.

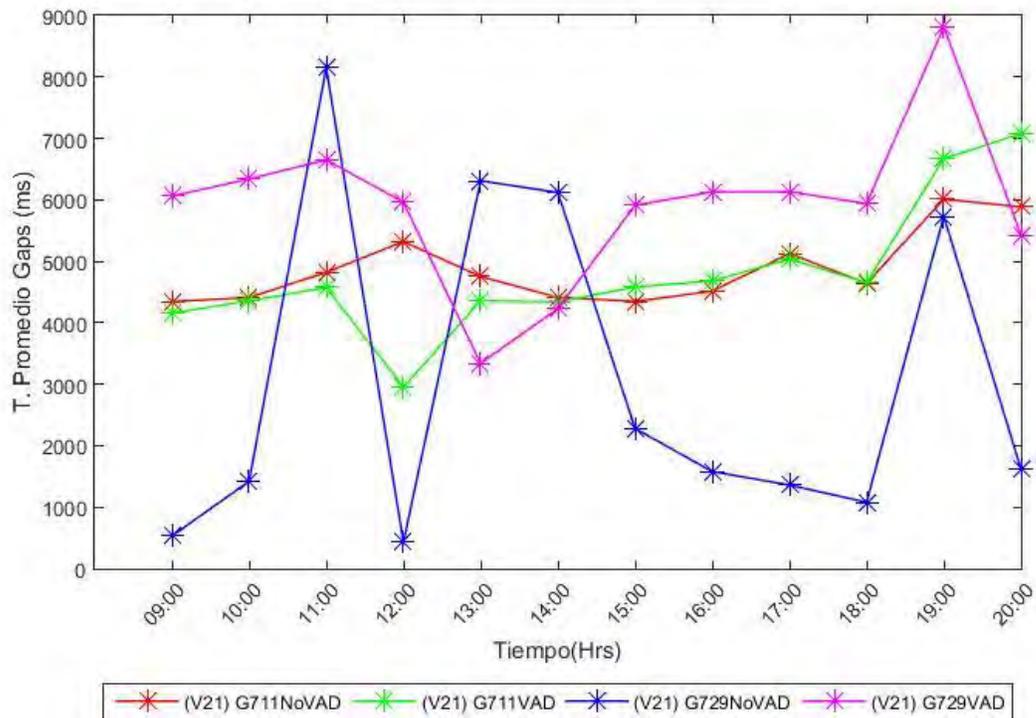


Figura 7.85 Tamaño Promedio de Gaps

En la Figura 7.85 se aprecia el Tamaño promedio de Gaps de los códec, el G729 con y sin VAD con algunas variaciones en el transcurso del análisis mientras que el G711 con y sin VAD, se mantienen un poco constantes en diferentes niveles.

# Conclusiones

## CAPITULO 8: CONCLUSIONES

En conclusión, la herramienta diseñada cumple completamente con los requerimientos que se plantearon en el capítulo 1 de este documento, puesto que el diseño de la interfaz es fácil de manejar y cuenta con la ayuda para entender los significados de los nombres de los datos, así como una breve explicación de cómo evalúan algunos valores, como se explica en la página de parámetros, por lo que cumple con el objetivo de que sea una interfaz de fácil entendimiento para cualquier usuario sin importar su nivel de experiencia manejando este tipo de datos de VoIP.

Cumplió perfectamente con el apoyo para la evaluación de los datos, un análisis de una red puede generar miles de millones de datos, y para una evaluación de QoS mientras más datos se posean mejores serán los resultados para la evaluación de la QoS, analizar estos datos de forma manual, filtrarlos por grupos, anotar los datos, sacar tus propias cuentas entre millones de datos recabados es una tarea muy tardada, que puede durar semanas, con el apoyo de la herramienta para evaluar la QoS de redes que manejen sistemas de VoIP, se pueden analizar estos datos en cuestión de minutos, y gracias al sistema de graficas, se mejora la precisión de los valores visualizados, ayudando al usuario a entregar una mejor evaluación de la QoS de esa red, además de reducir los tiempos de análisis y evaluación en una gran cantidad, cumpliendo con el objetivo de apoyo para la evaluación.

Gracias a los parámetros y requisitos que maneja Matlab, el programa podrá ser usado sobre casi cualquier S.O. que permita la instalación del Matlab, lo que la hace una herramienta apta para cualquier entorno, y gracias a su simplicidad, puede ser usada de manera portable o de manera local instalada en el S.O. el alcance de usos de esta herramienta es enorme, puesto que al ser una primera versión puede tener muchos acoplamientos y mejoras, lo que lo hace una herramienta perfecta para el análisis de datos de QoS para redes que utilicen sistemas de VoIP, sin tomar en cuenta el tamaño de la red o la carga de datos

analizados, el programa entregara sin fallos los resúmenes visualizados en gráficas, o si así lo desea puede generar archivos que posean valores específicos ya ordenados para su evaluación.

# Referencias

## REFERENCIAS

- [1] Alexander Raake, *Speech Quality of VoIP: assessment and prediction*, John Wiley & Sons Inc., 2006, ISBN: 0-470-03060-8.
- [2] Alexander Raake, "Short-and long-term packet loss behavior: towards speech quality prediction for arbitrary loss distributions", *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 4 (6) (2006), pp. 1957-1968.
- [3] Homero Toral-Cruz, Al-Sakib Khan Pathan, and Julio C. Ramírez Pacheco, "Accurate Modeling of VoIP Traffic QoS Parameters in Current and Future Networks with Multifractal and Markov Models", *Mathematical and Computer Modelling Journal*, Elsevier, 57 (11-12) (2013), pp. 2832–2845.
- [4] Wireshark: <https://www.wireshark.org/>.
- [5] CommView®: <http://www.tamos.com/products/commview/>.
- [6] VQcapture™: <https://www.telchemy.com/vqcapture.php>.
- [7] VQmon®: <https://www.telchemy.com/vqmon.php>.
- [8] Schulzrinne H, Casner S (2003) RTP: a transport protocol for real-time applications. IETF RFC 3550
- [9] MOS: <https://www.voipmechanic.com/mos-mean-opinion-score.htm>
- [10] "El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión", Recomendación UIT-T G.107, 03/05
- [11] TIA, "Telecommunications IP Telephony Equipment Voice Quality Recommendations for IP Telephony" – PN-4689 ( TIA/EIA/TSB116) TIA Engineering Committee TR-41.1.
- [12] "Guide to Voice and Video over IP For Fixed and Mobile Networks", pp.130
- [13] "Guide to Voice and Video over IP For Fixed and Mobile Networks", pp.126
- [14] MATLAB®: [https://es.mathworks.com/products/matlab.html?s\\_tid=hp\\_products\\_matlab](https://es.mathworks.com/products/matlab.html?s_tid=hp_products_matlab).