



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER
COMO ALTERNATIVA PARA LA MEDICIÓN DE
TRÁFICO DE LLAMADAS EN CENTRO DE
CONMUTACIÓN TELEFÓNICA**

Autor: Daniel Moreno
Tutor Académico: Ing. Agustín Lárez

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

**LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER COMO ALTERNATIVA
PARA LA MEDICIÓN DE TRÁFICO DE LLAMADAS EN CENTRO DE
CONMUTACIÓN TELEFÓNICA**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

Autor:
Moreno, Daniel
C.I. : 15.977.715
Tutor académico:
Ing. Agustín Lárez

San Diego, Marzo 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Agustín Lárez, portador de la cédula de identidad Nro 8.155.922, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Daniel Moreno, portador de la cédula de identidad Nro 15.977.715, titulado **"LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER COMO ALTERNATIVA PARA LA MEDICIÓN DE TRÁFICO DE LLAMADAS EN CENTRO DE CONMUTACIÓN TELEFÓNICA"**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se le asigne.

En San Diego, a los 20 días del mes de Julio del 2018.

Ing. Agustín Lárez

C.I.: 8.155.922



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

San Diego, Marzo 2018

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quien suscribe esta Acta, deja constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: "LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER COMO ALTERNATIVA PARA LA MEDICIÓN DE TRÁFICO DE LLAMADAS EN CENTRO DE CONMUTACIÓN TELEFÓNICA", ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación recomendando su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Agustín Lárez

Tutor Académico

Firma

19-03-2018

Fecha

Ing. Alicia de Pizzella

Asesor Metodológico

Firma

15-3-2018

Fecha



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-T-001-2018-1

Valencia, 30 de Mayo de 2018.

Ciudadano:
Moreno Daniel
C.I. 15.977.715
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha 30/05/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado "LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER COMO ALTERNATIVA PARA LA MEDICIÓN DE TRÁFICO EN CENTRO DE CONMUTACIÓN TELEFÓNICA" presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación del Ing. Agustín Lárez, C.I. 8.155.922 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,


Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/0

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivos generales.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación del problema.....	4
1.5 Alcance de la investigación.....	5
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Procesamiento digital de señales.....	9
2.2.2 La Transformada Discreta de Fourier.....	10
2.2.3 La Transformada Rápida de Fourier.....	10
2.2.4 La telefonía.....	11
2.2.5 La conmutación telefónica.....	13
2.2.6 La central telefónica.....	14
2.2.7 El software.....	15
2.3 Definición de términos básicos.....	15

III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1 Tipo de investigación.....	17
	3.2 Diseño de la investigación.....	18
	3.3 Nivel de la investigación.....	18
	3.4 Población y muestra.....	18
	3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
	3.6 Fases metodológicas.....	20
IV	RESULTADOS	
	4.1 Fase I: Aplicar las herramientas matemáticas y conceptuales	24
	4.1.1 Descripción de la Ingeniería del tráfico.....	24
	4.1.2 Teoría del Tráfico.....	25
	4.2 Fase II: Diseñar el sistema.....	28
	4.2.1 La Transformada Discreta de Fourier.....	28
	4.2.2 La Teoría del muestreo de Nyquist.....	31
	4.2.3 La estructura de los códigos.....	31
	4.2.4 El sistema de procesamiento.....	36
	4.3 Fase III: Recopilar la información.....	38
	4.3.1 La tabla de datos.....	38
	4.4 Fase IV: Elaborar los ensayos y/o correcciones.....	43
	4.4.1 Resultados del sistema de procesamiento.....	43
	4.4.2 Ensayos y correcciones.....	52
	CONCLUSIONES	56
	RECOMENDACIONES	57
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	pp
1 Intensidad del tráfico.....	25
2 Términos de la ecuación de Intensidad del tráfico.....	27
3 Enunciado matemático de la DFT.....	30
4 Máximo de llamadas del muestreo.....	32
5 Identificación de las variables del sistema.....	33
6 Líneas de código para llamadas en dominio de la frecuencia...	34
7 Líneas de código para frecuencia de muestreo.....	34
8 Líneas de código para ciclos por día.....	35
9 Líneas de código para ciclos por hora.....	36
10 Líneas de código del Sistema de PDS.....	38
11 Tabla de muestras recopiladas por empresa de telefonía.....	40
12 Tabla de muestras recopiladas por empresa de telefonía.....	41
13 Tabla de datos importados de la original.....	43
14 Ubicación del máximo de llamadas en la tabla de datos.....	45
15 Ubicación del máximo de llamadas en MatLab.....	45
16 Frecuencia principal y sus armónicos de interés.....	47
17 Líneas de código para el cálculo del período principal.....	48
18 Ubicación de la instrucción “plot” en las líneas de código.....	51
19 Ubicación de la instrucción “stem” en las líneas de código.....	51
20 Tabla de muestras para ensayos.....	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICOS	pp
1 Arquitectura básica de una central de conmutación.....	13
2 Curso del tráfico en un equipo de conmutación.....	28
3 Componentes de un sistema PDS.....	37
4 Estadísticas de tráfico en dominio del tiempo por la empresa..	42
5 Número de llamadas en el dominio del tiempo.....	44
6 Frecuencia de muestreo analizado por MatLab.....	46
7 Frecuencia de la señal expresada en ciclos/día.....	49
8 Frecuencia de la señal expresada en ciclos/hora.....	50
9 Número de llamadas en el dominio del tiempo del ensayo.....	53
10 Frecuencia de muestreo del ensayo.....	54
11 Frecuencia expresada en ciclos/hora del ensayo.....	54
12 Frecuencia en ciclos/hora del ensayo, en señal discreta.....	55



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

LA TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER COMO ALTERNATIVA PARA LA MEDICIÓN DE TRÁFICO DE LLAMADAS EN CENTRO DE CONMUTACIÓN TELEFÓNICA

Autor: Daniel Moreno

Tutor: Ing. Agustín Lárez

Fecha: Marzo, 2018.

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito diseñar un sistema que realice la medición del tráfico de llamadas en centrales telefónicas en el dominio de la frecuencia a través del análisis de datos procesados por la Transformada Discreta de Fourier. Para esto, se obtuvo acceso a una información con características confidenciales que provienen de centrales telefónicas de una empresa privada que ejerce el servicio de las telecomunicaciones en la ciudad de Valencia. Una vez alcanzados los objetivos la herramienta se puede utilizar para obtener predicciones en el dominio de la frecuencia que corrijan ciertos colapsos en los conmutadores que puedan ser vulnerables ante ciertos comportamientos de altos picos frecuenciales. Con la recolección de estos datos se pudo conseguir una investigación del tipo factible, con diseño de campo y de nivel descriptivo. Se evaluaron los datos procesados y se realizaron conclusiones objetivas.

Descriptor: Procesamiento digital de Señales. Comunicaciones

INTRODUCCIÓN

En la rama de la telefonía se puede destacar una incuestionable cantidad de avances tecnológicos que vienen evolucionando desde sus etapas más incipientes, pero es la necesidad y la creatividad lo que la ha hecho desarrollarse a la escala global que vivimos hoy en día.

Por los motivos comentados, es fácil pensar que no habría manera de mejorar cualquier aspecto técnico que pudiera favorecer los procedimientos generales de la industria telefónica, sin embargo aplicando la misma energía que tuvieron los personajes que dejaron una huella en la investigación, se realiza el presente estudio que no es más que un aporte a los diversos procedimientos que tienen todas las actividades involucradas detrás de un enlace telefónico.

Como suele conocerse, las telecomunicaciones se logran interconectando enlaces o llamadas de una red a otra, a través de centrales telefónicas que a su vez forman una jerarquización dependiendo del enlace que se interconecte. Estas centrales según sus operaciones ayudan a obtener las informaciones o datos que se someten a ellas, como cantidades de llamadas por un tiempo determinado, cantidad de intentos fallidos, representaciones gráficas, entre otras, mas no son capaces de predecir de una forma concreta el flujo de llamadas en función de la frecuencia, ya que las estimaciones que se suelen hacer son para el dominio del tiempo.

La presente investigación hace el enfoque en desarrollar un sistema que logre medir el tráfico de interconexiones en el dominio de la frecuencia a través de la Transformada Discreta de Fourier para acercarse en lo posible a una predicción que permita evitar un posible colapso de llamadas en alguna central.

Este trabajo se encuentra estructurado en cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I: El problema, donde se plantea detalladamente la problemática de la investigación. Se exponen los objetivos tanto el general como los específicos. Además se muestra la formulación, la justificación del problema y su alcance, donde

se resalta la importancia que éste tiene y las implicaciones que pudiera presentar en el desarrollo teórico y práctico.

Capítulo II: Marco Teórico, donde se presentan los antecedentes mediante la revisión bibliográfica de trabajos anteriores que guardan relación con la investigación planteada y todas aquellas bases teóricas que sirven de fundamento para sustentar el estudio.

Capítulo III: Marco Metodológico, donde se explica el diseño de la investigación y determina además cual es la población o muestra que se encuentra sujeta al análisis para resolver el problema y no menos importante, se hace referencia a las fases metodológicas a realizar en el trabajo.

Capítulo IV: Resultados, donde se destacan los elementos que participaron en la investigaciones y las soluciones a los objetivos que definieron el alcance de la tesis.

Sin más que adicionar en esta introducción, le damos paso a los capítulos que le dan forma y estructura al correspondiente estudio, de la manera más concreta y específica posible.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento de problema

En la rama de la telefonía, como parte indispensable de la creciente globalización que se percibe a diario, los métodos, sistemas y equipos para la funcional operatividad de dicha industria, deben ser cada vez más innovadores, de intuitivo manejo y eficiente desempeño. Esto ha hecho que los más destacados fabricantes a nivel mundial desarrollen, en virtud de la ciencia y la tecnología, los mejores recursos para proveer una solución ante cualquier necesidad que exista en todos los contextos posibles. No obstante, puntualizando estrictamente en el tema del tráfico en redes telefónicas, en estándares mundiales, se comprende que se debe integrar una red telefónica que permita el establecimiento de conexiones tanto nacionales como internacionales con la mayor rapidez posible, máxima confiabilidad y mínimo costo.

Para lograr dichas metas, los operadores de servicio estructuran la red con un número limitado de trayectorias de conexión. Es por ello que, basado en la Teoría del Tráfico, se diseña la red de telefonía desde la concepción física que satisfaga la función de conmutación y su implementación.

Los registros comprueban que cada vez hay mayor número de abonados enlazados en una red telefónica por lo tanto el riesgo de congestión es sin duda una magnitud que se incrementa con el tiempo.

En el país en el que vivimos, a pesar de las coyunturas económicas que se presentan, la cifra de líneas telefónicas aumenta año tras año. Para finales del año 2014 el ente gubernamental encargado de las regulaciones del espectro radioeléctrico en la República Bolivariana de Venezuela conocido como CONATEL, nos hizo saber, en el artículo publicado <http://www.conatel.gob.ve/venezuela-registra-mas-de-30-millones-de-suscriptores-de-telefonía-movil/> que al cierre de ese año, Venezuela estimaba la cantidad total de suscriptores de telefonía en 32.019.086, esta estadística

refiere que existían para ese entonces 101 líneas de telefonía activas por cada 100 habitantes.

Estos números son claros indicadores de los posibles colapsos a los que están sometidos los centros de conmutación, exponiendo la calidad del servicio y la confianza del usuario. En función a ello, es fundamental la presencia de alternativas que produzcan soluciones, valiéndonos de recursos a la mano y procesos intelectuales en materia de sistemas que se desarrollen para gestionar una tarea. Motivado a esto se estructura la propuesta de medición de tráfico en centro de conmutación telefónica, utilizando las operaciones de Transformada Discreta de Fourier para cambiar los datos del dominio discreto al dominio de frecuencias y determinar con esta información una predicción, en base a modelos probabilísticos, que permitan actuar con intención de evitar un sobre congestionamiento en los centros de conmutación.

1.2 Formulación del problema

Dichos argumentos llevan a plantear la siguiente interrogante. ¿Cuáles son los parámetros técnicos a considerar para el desarrollo de un sistema de medición de tráfico de llamadas en una central telefónica enlazada en la troncal de Valencia, Estado Carabobo, durante las primeras dos semanas de diciembre del 2013?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Establecer un sistema asistido por la Transformada Discreta de Fourier como alternativa de medición de tráfico de llamadas en centro de conmutación telefónica.

1.3.2 Objetivos específicos

1-Aplicar las herramientas matemáticas y conceptuales necesarias para la mayor precisión en las lecturas arrojadas, utilizando criterios de Ingeniería del tráfico o Teoría de Tráfico de Llamadas, fundamentos prácticos de señales y sistemas, entre otras.

2-Diseñar un sistema que procese los datos de las señales en forma simple y con una representación gráfica de fácil análisis que permita ser interpretado por un usuario o equipo de trabajo.

3-Recopilar la información o datos requeridos para desarrollar el sistema con la mayor eficacia, con los parámetros evaluados, detallando así el alcance de los resultados.

4-Elaborar los ensayos y/o correcciones necesarias, con la finalidad de verificar que cumpla con las expectativas deseadas.

1.4 Justificación del problema

Las redes telefónicas a niveles internacionales, utilizan las centrales telefónicas para hacer el enlace con los abonados y de esta forma interconectar las llamadas. Dichos centros de conmutación operan mientras van formulando un registro de las llamadas que se interconectan en un tiempo determinado, sin embargo las centrales no están diseñadas para arrojar mediciones que pronostiquen la causa de una interrupción temporal por mínima que sea, proveniente de un congestionamiento en el tránsito.

Para evitar ese riesgo o por lo menos disminuirlo, se fundamentan las propuestas de la investigación, desarrollando la posibilidad de establecer un sistema que recabe las lecturas de llamadas gestionadas en forma discreta y procesarlas al dominio de frecuencia mediante un método práctico operacional de Transformada Discreta de Fourier y una vez conociendo los horarios más congestionados en ciertos sectores, calcular una predicción a corto plazo, que permita ejecutar con antelación un cambio de distribución de enlaces que se anticipe a un colapso.

1.5 Alcance del proyecto de investigación

La naturaleza de la investigación está enfocada en la estructura de un sistema sujeto a las propiedades de la TDF, no obstante para llevar a cabo la amplitud del proyecto es necesario establecer que los fines del sistema solo deben arrojar una lectura específica del tráfico en el dominio de la frecuencia, siendo así, el usuario podría extenderse tanto como desee sometiendo el sistema a un análisis con una mayor cantidad de datos para ubicar frecuencias fundamentales en rangos de meses o incluso años, ubicando de esta manera resultados de un interés particular.

Se utilizarán datos proporcionados por una empresa de servicio telefónico, recabados directamente de un centro de conmutación ubicado en una troncal de comunicaciones en la ciudad de Valencia, Estado Carabobo, durante el último mes del 2013. Todo esto, no solo para el apoyo del avance sino también para la realización de ensayos que nos permitan comprobar la eficacia del sistema relacionados a los objetivos.

Para procesar los datos no se utilizó otro recurso que MatLab con los cálculos que se importaron directamente de una hoja de cálculo de Excel, donde previamente se inserta la información que proviene del tráfico de llamadas que enlaza un centro de conmutación. Según los resultados que arrojaron los ensayos y/o experimentos se realizaron las gráficas que nos permiten generar conclusiones finales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Es indispensable para el avance de una investigación obtener los datos necesarios a niveles prácticos y teóricos que proporcionen una base sólida para soportar el estudio. Para el desarrollo de este proyecto es indispensable explorar los aportes que realizaron estudiosos de la vida científica en ámbitos de telefonía, redes de comunicación, señales, sistemas, entre otros. Sus contribuciones al crecimiento universal y al progreso investigativo serán destacados en cada uso que se haga en el desarrollo de este trabajo de grado, no solo como exigencia metodológica sino como homenaje a sus nombres en virtud de sus logros.

Por ser éste un tema parcialmente práctico y asociado a la tecnología se pueden encontrar una gran variedad de proyectos que se refieren a la telefonía como sistema de comunicaciones a escala mundial. Se extraerá toda la información de artículos en general o trabajos de grado sobre diseños matemáticos, algoritmos y programación, amén de un invaluable aprendizaje que se obtiene de los abnegados docentes universitarios que nos forman académicamente para alcanzar la mejor formación.

Los antecedentes más importantes que se pueden incorporar son en base a la Transformada de Discreta de Fourier, la cual como columna vertebral de esta investigación no está dissociada de ninguno de los otros aspectos que se abordarán a la medida que se avance, por lo tanto empezaremos detallando:

Rodas, M. (1977). Realizó un trabajo de grado titulado: “**La Transformada Rápida de Fourier**”, presentado para optar por el título de Ingeniería en la especialización de Electrónica en la Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito, Ecuador. En el mismo se hace una muy amplia y detallada explicación sobre la Transformada Rápida de Fourier, siendo ésta una derivación de la Transformada Discreta de Fourier demostrada por primera vez por J.W. Cooley y John Tukey, en

esta presentación la definen como “un algoritmo que hace posible la computación de la Transformada Discreta de Fourier de una secuencia de muestras, en un tiempo menor que cualquier otro algoritmos disponible”.

Para el proyecto es de notable importancia toda la información que se recabe sobre la TDF, sobre todo siendo en el caso particular de su versión más breve que es la FFT. Se pudo extraer de este estudio la forma de matriz-factor que se utiliza para calcular las secuencias de Cooley-Tukey.

Pérez Palma, E. (2014). Realizó un trabajo de grado titulado: **“Utilización de la tecnología Voz sobre IP dentro de una red”**, presentado para la obtención del título de Ingeniería en Computación, en la Universidad Nacional Autónoma de México, donde se hacen extensas referencias útiles de los conceptos en telefonía, la conmutación y las troncales.

Este trabajo constituye un aporte en la parte teórica de las redes circuitales de una comunidad, llamada troncal y unidas por las centrales telefónicas que interconectan las llamadas.

Fernández, R. & Randazzo, G. (2011). Realizaron un trabajo de grado titulado: **“Desarrollo de un prototipo analizador de redes telefónicas conmutadas basado en las centrales telefónicas MD 110 ERICKSON y ALPHACOM STENTOFON realizando mediciones de voltaje, cortocircuito, continuidad, resistencia y diferencia de tipo de tono para la detección de fallas”**, presentado para optar el título de Ingeniería en Electrónica, en la Universidad Nueva Esparta, en Caracas. En esta investigación fue dedicado todo un capítulo sobre todo lo relacionado a los conmutadores, su historia, tipos de ellos, tecnologías y otros importantes tópicos.

Gracias a la naturaleza del proyecto descrito podemos utilizarlo para extender los fundamentos teóricos de los conmutadores y todo lo relacionado a ellos, desde su importancia en la telefonía hasta sus más destacadas características.

En general, con una dedicada exploración de estos trabajos se pudo realizar un primer impulso investigativo que, combinado con la parte analítica, se pudieron conseguir los resultados satisfactorios que este proyecto merece recibir.

2.2 Bases teóricas

En el presente sub-capítulo se destacarán las notas más importantes que tomaron parte en el estudio y que evidencian una vez más lo fundamentales que son las bases teóricas para el avance de cualquier tema.

En esta etapa se hace especial mención a los más relevantes tópicos que formaron la arquitectura del proyecto. Profundizar en ellos es un vital requisito para asentar toda la investigación sobre un conocimiento sólido de cada aspecto o materia que se involucre en ella.

2.2.1 Procesamiento digital de señales

El profesor, escritor y Ph.D, Smith, Steven (2011), hizo una exquisita descripción de DSP (Digital SignalsProcessing) colocada a continuación: “El procesamiento digital de señales se distingue de otras áreas en ciencias de la computación por el tipo único de datos que utiliza: señales. En la mayoría de los casos, estas señales se originan como datos sensoriales del mundo real: vibraciones sísmicas, imágenes visuales, ondas de sonido, etc. DSP son las matemáticas, los algoritmos y las técnicas utilizadas para manipular estas señales una vez que se han convertido en digitales. Esto incluye una amplia variedad de objetivos, tales como: mejora de imágenes visuales, reconocimiento y generación de voz, compresión de datos para almacenamiento y transmisión, etc. Supongamos que conectamos un convertidor analógico a digital a una computadora y lo usamos para adquirir una porción de datos del mundo real. DSP responde a la pregunta: ¿qué sigue?”

Es más que claro que DSP es un pilar indispensable para el estudio de cualquier dato que se desee analizar en el espectro de frecuencias. Por ello es más que una obligación colocarlo de primero en las bases teóricas, puesto que sin estos aportes no podría siquiera pensar en hacer algo parecido.

Las centrales de conmutación, tienen una amplia responsabilidad en las redes de comunicación y además poseen una diversidad de funciones no fáciles de explicar resumidamente, pero sus operaciones de memoria o almacenamiento de interconexiones se realizan en el dominio del tiempo, por lo tanto Procesamiento Digital de Señales será una guía para conseguir que nuestros resultados puedan ser calificados en el dominio de la frecuencia.

2.2.2 La Transformada Discreta de Fourier

De las ideas de Thanos Antoulas y otros colaboradores que le dieron vida al libro “Señales y sistemas” de la universidad estadounidense Rice University (2006) se pudo extraer de la TDF, lo siguiente: “El análisis de Fourier es elemental para entender el comportamiento de las señales de sistemas. Este es el resultado de que los senosoidales son funciones de sistemas lineales variantes en el tiempo (LTI). Si pasamos cualquier senoidal a través de un sistema LTI, obtenemos la versión escalada de cualquier sistema sinusoidal como salida. Entonces, ya que el análisis de Fourier nos permite redefinir las señales en términos de sinusoidales, todo lo que tenemos que hacer es determinar el efecto que cualquier sistema tiene en todos los sinusoidales posibles, así tendremos un entendimiento completo del sistema.” Algo que se denota tan sencillo tiene detrás de sí una variabilidad de aspectos que fueron investigados y puestos en práctica desde hace siglos y hoy en día se siguen utilizando.

Para nuestro estudio, la TDF será, junto con su versión más usada (la Transformada Rápida de Fourier) por su fácil y sucinto manejo, las piedras angulares que protagonizarán la creación de este sistema para la medición de tráfico de llamadas.

2.2.3 La Transformada Rápida de Fourier

La Transformada Rápida de Fourier o FFT, además de ser un modelo abreviado para calcular la TDF, tiene a su vez distintas versiones o formas de aplicarse pero de cualquier manera es una herramienta no solo útil sino por demás efectiva. El profesor Weisstein, Eric, creador de la página web mathworld.com nos describe la FFT de la siguiente manera: “La transformada rápida de Fourier (FFT) es

un algoritmo discreto de transformación de Fourier que reduce el número de cálculos necesarios para puntos desde A , donde el \lg es el logaritmo de base 2”. Acuñada esta cita, resaltamos que es vital para el manejo de ensayos y recreación de líneas de cálculo, maniobrar todas las posibilidades con estos elementos que proporcionan los análisis de Fourier.

Si bien es cierto que la FFT también tiene sus complejidades matemáticas, se reduce bastante su rigurosidad cuando se emplea mediante programas algorítmicos. Por otro lado, es necesario saber manejar y entender el lenguaje de los códigos para la creación de líneas. Entonces se puede asegurar que las bonanzas de este recurso de Fourier bien utilizadas con un software que procese los resultados esperados es verdaderamente una asociación muy generosa.

Como ya se comentó antes, normalmente se utiliza las Transformada de Fourier o la FFT para hacer mediciones sobre lecturas arrojadas por el medio ambiente, tales como sismos, clima, actividad volcánica, o en la actualidad se le ha dado uso empresarial sobre movimiento de inventarios, fluctuaciones financieras o aspectos laborales, pero en este caso en particular se estudia sobre el comportamiento de una cantidad determinada de conexiones telefónicas en un rango de tiempo para evaluar las magnitudes de frecuencias que se generan en dicho muestreo.

2.2.4 La telefonía

El alcance del proyecto está delimitado por el área de la telefonía, como principio de comunicaciones a distancia. De ser así, no deja de parecer importante explorar y exponer toda causa y efecto que se produzca a raíz de los análisis espectrales en el dominio de tiempo y frecuencia, por lo tanto se requiere información elemental y profunda del campo de telefonía para trabajar con teorías sólidas. Una de las bibliografías importantes que se destacan en el estudio está basado en el trabajo de Escobar, M. (2012) quien comenta en su libro, detallado en los antecedentes, la realidad de lo que es una red de telefonía: “La red telefónica, por su gran cobertura geográfica, es la red de telecomunicaciones más utilizada a nivel mundial, para comprender su funcionamiento se requiere entender el principio de conmutación que

ha permitido el crecimiento de la red telefónica a cientos de millones de usuarios alrededor del mundo con una infraestructura bien desarrollada que optimiza la cantidad de circuitos necesarios para interconectar a todos los usuarios de la red, y conocer los dos tipos de conmutación que utiliza: de circuitos y de paquetes”. De no entender esto, será natural no entender lo que se desea investigar.

Hablar de telefonía es fascinante, requiere adentrarse en un universo de conceptos y elementos que conforman una de las tecnologías más evolucionadas y dominadas por el intelecto del hombre. Prácticamente cada campo de la telefonía es una materia de especialización y cada una tan importante como cualquier otra. Por eso es necesario resaltar algunos datos importantes sobre este punto, donde se podrá percibir mejor la complejidad del área donde se requiere trabajar y que van directamente relacionados a nuestros objetivos.

Los sistemas telefónicos son diseñados para satisfacer un número limitado de llamadas simultáneas. La ingeniería del tráfico se creó para este tipo de consideraciones donde el problema de dimensionamiento se reduce a decidir cuál es este límite, es decir, suministrar un buen servicio a costos razonables y generar ingresos que permitan el sustento de las operaciones del sistema.

El objetivo de la telefonía moderna en cualquier país es el de integrar una red telefónica que permita el establecimiento de conexiones tanto nacionales como internacionales con la mayor rapidez posible, máxima confiabilidad y mínimo costo. Para lograr estos objetivos, los operadores de servicio estructuran la red con un número limitado de trayectorias de conexión y este dato se puede fijar mediante la Teoría del Tráfico, donde básicamente se implementan dos objetivos,

- Diseñar la red de telefonía desde la concepción física que satisfaga la función de conmutación y su implantación.
- Dimensionar la red de telefonía de manera tal que le permita funcionar en condiciones óptimas de costo y calidad de servicio.

2.2.5 La conmutación telefónica

En este argumento, se puede decir que la conmutación es una de las tantas funciones que maneja una central telefónica, ya que esta contiene una estructura operativa muy extensa, no obstante, la conmutación como tal forma parte de la Red de Conexión de una central, la cual lo define Escobar, M. (2012) como: “(...) el conjunto de elementos y circuitos, que constituyen el soporte físico de la comunicación. Aquí se conectan los abonados y los enlaces entre sí. Los abonados utilizan sus equipos de línea para conectarse a la RdeC. Existe un equipo individual para cada abonado de la red; su principal misión es poder detectar el descolgado del teléfono de cada abonado de la red. La RdeC soporta físicamente las conexiones pertinentes para establecer una llamada de cualquier tipo. A través de ella se establece un camino hacia una salida libre que lleva la dirección del abonado destino de la llamada iniciada.”

El conjunto de elementos y circuitos que forman el equipo de conmutación se divide en dos partes bien diferenciadas, denominadas red de conexión o RdeC, como se entendió en el párrafo anterior, y unidad de control. La red de conexión comprende el conjunto de elementos y circuitos que constituyen el soporte físico de la comunicación, por tanto, los abonados se conectan entre sí a través de las redes de conexión de las centrales, tal y como se ilustra en el gráfico 1.

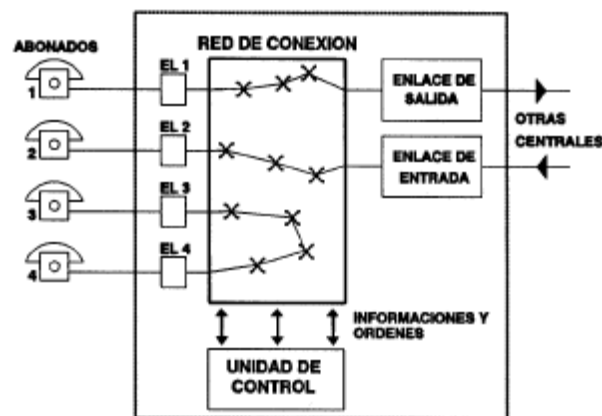


Gráfico 1. Arquitectura básica de una central de conmutación

Prácticamente se puede entender que sin la conmutación no existiría la telefonía como lo que se conoce. Si se quiere diseñar un algoritmo que trabaje como sistema para medir llamadas es una condición sine qua non que se obtenga toda la información teórica de este importante elemento de la telefonía.

2.2.6 La Central Telefónica

Como se estableció en el punto anterior, en la central telefónica se ejecuta el importante proceso de la conmutación, no obstante no es el único que participa en la estructura dinámica de este elemento. Interesa también destacar otra de sus funciones llamada la Unidad de Control, el cual se encarga exhaustivamente de lograr el enrutamiento de la conexión, desde el abonado llamante hasta el abonado llamado.

Este elaborado y complejo equipo, normalmente constituido por uno o varios computadores, debe poseer la inteligencia suficiente para discernir cual es la mejor ruta según las centrales telefónicas que puedan participar en el enlace de la interconexión.

Además de la conmutación en la RdeC y de la Unidad de Control, una central telefónica también debe tener la capacidad incuestionable de la señalización y de la tarificación si se produce un diálogo entre una central y la terminal telefónica del abonado llamante, pero también entre las centrales implicadas en la comunicación, y entre una central y la terminal del abonado llamado. Estos diálogos, necesarios en el establecimiento de una comunicación, y agrupados bajo la denominación genérica de señalización, son vitales en el portafolio de operaciones de una central.

Luego de que una conexión se establece se comprende que debe actuar el proceso de tarificación, donde la central lleva registros de la duración de cada conexión adjudicándole un factor tarifario al servicio de la llamada.

Estas son solo una parte minúscula de toda la participación que tiene una central telefónica en una red de comunicaciones, muy distinto a lo que opina la gran mayoría de que su única función es recortar la cantidad de enlaces por cantidad de abonados en una red, pues esta no es más que una de sus numerosas características.

2.2.7 El Software

La programación de códigos fue la manera como la herramienta se convirtió de una idea a la realidad, de un diseño a una interfaz gráfica plasmada en una pantalla que permita evaluar datos y tomar decisiones según la estadística. Para esto se necesitarían los recursos de un software algorítmico que se utiliza para la programación de códigos de diversos tipos de funciones y lógica matemática. Puede que resulte familiar escuchar de él cuando se refieren a simulaciones para el análisis de funciones pero es necesario ampliar el entendimiento y el manejo del software para llevar a cabo el desarrollo del presente desafío. En este sentido, Barragán (2008), define a Matlab como “un software de programación matemática absolutamente funcional en distintos niveles que tiene su propio lenguaje (Lenguaje M) y que tiene el rasgo de ser una herramienta sencilla y de fácil manejo.”

En los gráficos que le dan soporte a los resultados se pueden observar los alcances que su obtuvieron en la investigación, donde se reflejan las distintas magnitudes en frecuencias, los ciclos de llamadas en un tiempo determinado y los datos en escala del tiempo. Matlab tiene su innegable protagonismo en el proyecto pero no se llegará muy lejos si no se enlaza con el otro programa que contiene los datos y desde el cual deben ser importados para el procesamiento de la información, por eso se hace referencia a Excel. Este popular programa representado en una hoja de cálculo que permite recabar información de forma prolija, en este caso, es el instrumento recomendado para vaciar el historial que se someterá a su respectivo análisis, exportando su archivo a MatLab directamente y que en combinación con los códigos realizados se puedan conseguir resultados satisfactorios.

2.3 Definición de términos básicos

Abonados: también llamados “terminales”, es donde comienza el enlace que va conectado hasta la central telefónica.

Algoritmo: es un conjunto prescrito de instrucciones, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generan dudas a quien deba hacer dicha actividad.

Conmutador: equipo que facilita la conexión de llamadas telefónicas entre diferentes nodos que existen en distintos lugares.

Frecuencia: lo que matemáticamente se entiende como el inverso del tiempo calculado en unidades de Hertz, en otro sentido se entiende como la cantidad de veces que se repite un fenómeno o acontecimiento en un tiempo determinado.

Interfaz: Dispositivo capaz de transformar las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro.

Procesamiento digital de señales: es la manipulación matemática de una señal de información para modificarla o mejorarla en algún sentido.

Tráfico de llamadas: dinámica de interconexiones telefónicas que transitan por una troncal y/o centrales telefónicas en un tiempo determinado.

Transformada de Fourier: es una transformación matemática empleada para transformar señales desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.

Troncal: enlace que interconecta las llamadas externas de una central telefónica, concentrando y unificando varias comunicaciones simultáneas en una sola señal para un transporte y transmisión a distancia más eficiente entre varios centros de conmutación.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico necesita de un desarrollo coherente por parte del investigador, ya que esta es la etapa que muestra los caminos más adecuados para conseguir los objetivos planteados. El conocimiento preciso del objeto de estudio, aunado a una serie de técnicas e instrumentos que se aplicaron para su posterior análisis, determinaron de forma segura resultados satisfactorios,

En concordancia, es interesante lo que sostiene Balestrini, M. (2006): “Toda vez que se ha formado el problema de investigación, delimitado sus objetivos y asumidas las bases teóricas que orientarán el sentido de la misma de manera precisa, para indicar el tipo de datos que se desean indagar, deben relacionarse los distintos métodos y las técnicas que posibilitarán obtener la información requerida. A fin de cumplir con este importante aspecto inherente a todo proceso de investigación se deberá elaborar el Marco Metodológico o la metodología dentro del proyecto de investigación.”

A este respecto, la metodología abordada fue aquella que el investigador utilizó para sustentar de manera real lo que se pretende lograr a través de una serie de pasos, técnicas e instrumentos necesarios para conocer el objeto del estudio.

3.1 Tipo de investigación

El proyecto factible es el que permite la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable o de una solución posible, cuyo propósito es satisfacer una necesidad o solucionar un problema. Los proyectos factibles se deben elaborar respondiendo a una necesidad específica, ofreciendo soluciones de manera metodológicas. Hurtado de Barrera, J. (2010)

El proyecto factible se desarrolla a través del diagnóstico de las necesidades, el cual se basa en una investigación de campo, que consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, así como también es una investigación documental aquella que se

basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos. Arias, f. (1999)

3.2 Diseño de la investigación

El diseño es la estructura a seguir en una investigación, ejerciendo el control de la misma a fin de encontrar resultados confiables y su relación con las interrogantes surgidas de los supuestos e hipótesis. El diseño también es un planteamiento de una serie de actividades sucesivas y organizadas, que pueden adaptarse a las particularidades de cada investigación y que nos indican los pasos y pruebas a efectuar y las técnicas a utilizar para recolectar y analizar todo. Tamayo y Tamayo, M. (2001).

3.3 Nivel de la investigación

El nivel de este estudio se considera de carácter descriptivo según Tamayo y Tamayo, M. (2001) ya que “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupos de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente”. “Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación”. Arias, F. (1999).

Dicho esto, el trabajo de grado obedece a los parámetros de una investigación descriptiva ya que se propone a evaluar las actividades de enlaces de interconexión telefónica en forma de medición y procesar estos registros para analizar los resultados.

3.4 Población y muestra

“Cuando por diversas razones resulta imposible abarcar la totalidad de los elementos que conforman la población accesible, se recurre a la selección de una muestra. La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”. Arias, F. (1999).

Es prudente, verificar y hacer un análisis del presente punto, para posteriormente realizar el enfoque de lo que es para el trabajo la muestra y/o población.

La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación (Tamayo y Tamayo, M., 1997).

De la misma manera se puede destacar que la muestra es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico (Tamayo y Tamayo, M., 1997). Dicho esto se puede plantear que por la naturaleza de los datos que se han recabado, la población y la muestra se puede manejar como el mismo parámetro a usar para el análisis.

Teniendo en cuenta la nota anterior se puede señalar que la muestra que se utilizará para el estudio de la investigación es de origen fidedigno y corporativo, dadas una cantidad de llamadas realizadas y enlazadas por una central telefónica, llamada en el argot técnico “conmutador”, por un tiempo determinado, en escala de días, y para las cuales se sugiere la tarea, prácticamente de forma obligatoria, de someter esos datos a representaciones gráficas, filtrarlas y evaluarlas a fondo para obtener los resultados más efectivos.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Arias, F. (2006): “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas: la observación directa, la encuesta en sus modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental”. También señala que: “los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar información. Ejemplos: fichas, formatos, cuadros, tablas, entre otros”.

Apoyando el presente punto en los criterios establecidos, fundamentalmente se utilizó la entrevista como medio inicial para obtener informaciones de interés con respecto a los datos requeridos. Una vez puesta en marcha la recolección de datos, se obtuvo una herramienta que se aprovecha en los sistemas conmutación (CGR), a la

cual se tiene alcance gracias a la entrevista con la empresa de telefonía y que se convierte en este caso la fuente primaria de información.

Fusionar los datos de esta tabla con el software que nos otorga el análisis de estadística y procesamientos algorítmicos, es nuestra herramienta y mejor aliada al momento de optimizar el diseño del sistema que se proporciona para la medición del tráfico de llamadas.

Sintetizando, la información que se utiliza es el registro de datos del conmutador (CGR) para acceder al número de llamadas. El instrumento que se utiliza para el procesamiento de la información, es decir, convertir los datos de tiempos discretos en el dominio del tiempo al espectro de frecuencia es el programa MatLab. La técnica que se utiliza para hacer que todo trabaje con la sinergia deseada, es la programación de códigos en lenguaje M para Matlab, haciendo la importación de los datos desde el programa Excel, la cual tiene almacenados los cómputos o las variables necesarias para correr el software con los códigos establecidos y encontrar los resultados en el dominio de la frecuencia.

3.6 Fases metodológicas

Para realizar la investigación, se clasificará por fases asociadas directamente de nuestros objetivos específicos.

Fase I: Aplicar las herramientas matemáticas y conceptuales necesarias para la mayor precisión en las lecturas arrojadas, utilizando criterios de Ingeniería del tráfico o Teoría de Tráfico de llamadas, fundamentos prácticos de señales y sistemas, entre otras.

En esta fase es de suma importancia hacer uso de los recursos analíticos para obtener resultados satisfactorios. Es normal sentir siempre la necesidad de aplicar la mayor cantidad de herramientas para hacer mediciones, no obstante en esta oportunidad, la investigación está basada en las herramientas intrínsecamente relacionadas con el procesamiento pero obteniendo la efectividad en el análisis con la ayuda de 288 muestras, esto puede hacer que cualquier margen de error disminuya hasta un punto imperceptible.

Fase II: Diseñar un sistema que procese los datos de las señales en forma simple y con una representación gráfica de fácil análisis que permita ser interpretado por un usuario o equipo de trabajo.

Esta fase requiere de utilizar la mayor creatividad posible porque una de las metas más solicitadas del presente Trabajo de Grado es poder diseñar este sistema en virtud de hacerlo amigable en su uso y con una respuesta gráfica de práctico entendimiento. La premisa es que siempre que se desarrolle un sistema de fácil manejo, será mucho más sencillo de entenderlo y por lo tanto, de interpretarlo. La complejidad se debe llevar en su creación mas no en su uso.

Fase III: Recopilar la información o datos requeridos para desarrollar el sistema con la mayor eficacia, con los parámetros evaluados, detallando así el alcance de los resultados.

Como se había comentado en la primera fase, uno de los tópicos más importantes para la precisión del estudio era conseguir la mayor cantidad de muestras para llevar a cabo la factibilidad del sistema. No deja de ser importante resaltar que una empresa privada de telefonía, ofreció 288 muestras (llamadas) derivadas de varias centrales telefónicas que unen diferentes troncales en la ciudad de Valencia y que le dan confiabilidad al análisis estadístico.

Estos datos están contenidos en un registro de llamadas que se generan en los E1 (un rango de conmutador) llamado CGR, que clasifica la información en sus diferentes características, hora, fecha, duración de la interconexión, intento fallido o cumplido, entre otros. Con esta recopilación de datos en tiempos discretos es mucho más sencillo realizar todo el análisis en el espectro de frecuencias y otros datos gráficos que se pueden usar para el entendimiento de la información.

Fase IV: Elaborar los ensayos y/o correcciones necesarias, con la finalidad de verificar que cumpla con las expectativas deseadas.

Cualquier clase de investigación de este tipo que se realice debe estar sustentado a pruebas y ensayos, de lo contrario no se puede atender a sus correcciones, que con toda seguridad, las hubo. En virtud de eso, luego de culminar el

sistema de procesamiento de datos, se debió obligatoriamente, compilar las líneas de código y realizar la mayor cantidad de pruebas, hasta conseguir el nivel de eficiencia deseado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El avance o progreso que se pueda obtener en una investigación que pertenezca a un ámbito tan desarrollado como la telefonía, específicamente la conmutación, no parece ser algo de simple aceptación, ya que no es fácil suponer que un campo tan desarrollado pueda ser mejorado o contener alguna característica que pueda ser corregida. En el presente trabajo de grado se antepone la idea de que los resultados puedan ser lo más productivo posible, ofreciéndole al amplio mundo de la tecnología telefónica, al menos un incipiente proyecto que pueda abrir los portales de la mejoría sobre ciertas vicisitudes que se tratan en el cuerpo de esta tesis.

Con esta intención se aprovecharon los aportes y los conocimientos que se utilizaron, donde se trató de explotar al máximo toda la capacidad de los recursos y de la gente que formó parte de esta iniciativa.

Para superar la problemática establecida, se hizo énfasis en varios pasos importantes que se detallan en las fases metodológicas, pero cubriendo un enfoque más general es relevante mencionar que para alcanzar el desarrollo de dichas fases, la investigación tuvo que abrir camino a estudiar distintos tipos de temas en el área que se quiso comprender y que fundamentalmente fueron descritos en el capítulo 2 de las bases teóricas, donde se hace exclusiva mención de los conceptos que se requieren para avanzar de forma consistente hacia los objetivos establecidos. Asimismo, no solo fue prudente sino una exigencia entender al máximo posible temas esenciales como la telefonía, la conmutación, las redes de comunicaciones, partes y procesos de las centrales, abonados, enlaces y una variedad de bases teóricas y prácticas sobre el programa MatLab como piedra angular para la evolución de la propuesta. Además no se puede menoscabar el importante protagonismo que tuvo la recolección de datos y del valor que representó en los resultados.

Una vez sometido el proyecto a todo este estudio se dio lugar al cumplimiento de cada fase sin mayores desafíos más que el de su propia naturaleza, el cual no puede ser menospreciado.

Como lo antesala el objetivo general, la principal meta era poder realizar una medición de la cantidad de interconexiones que pueden transitar por un centro de conmutación representado en el dominio de la frecuencia mediante los artificios de Fourier. Para esto fue necesario establecer un rango de tiempo que comprendiera la existencia de todas las muestras y en virtud de eso poder analizar los períodos y las escalas que se iban a presentar para facilitar las representaciones gráficas.

Para darle entrada a cómo se pudieron alcanzar las siguientes metas, se hace una extensa explicación del paso a paso que terminó hilvanando los puntos claves y por lo tanto, la estructura de esta tesis.

4.1 Fase I: Aplicar las herramientas matemáticas y conceptuales necesarias para la mayor precisión en las lecturas arrojadas, utilizando criterios de Ingeniería del tráfico o Teoría de Tráfico de llamadas, fundamentos prácticos de señales y sistemas, entre otras.

4.1.1 Descripción de la Ingeniería del tráfico

En telefonía o en general para las telecomunicaciones se denomina ingeniería o gestión de tráfico a diferentes funciones necesarias para planificar, diseñar, proyectar, dimensionar, desarrollar y supervisar redes de comunicaciones en condiciones óptimas de acuerdo a la demanda de servicios, márgenes de beneficios de la explotación, calidad de la prestación y entorno regulatorio y comercial.

Para los efectos del estudio, en nuestra realidad, el tráfico y la congestión telefónica fueron sin duda, aspectos a evaluar. Puesto que en nuestro país se está manifestado desde hace varios años un detrimento a nivel de servicios públicos y privados, donde la población continúa su crecimiento mas no así la implementación de nuevas redes y un buen mantenimiento preventivo ni predictivo.

Esta es una de las razones por las que trabajar activamente en nuestro país en la especialidad del tráfico de llamadas es realmente una proeza.

Agner Erlang a principios del siglo XX, desarrolló la Teoría de Procesos Estocásticos, sus estudios fueron relacionados a la estadística pero ampliamente utilizados en la telefonía. Del matemático se dedujo que la Intensidad del Tráfico era el producto entre la Número de llamadas en una momento pico por el Tiempo de retención de cada una de ellas, y por ello la unidad de medida de la Intensidad del Tráfico lleva su nombre.

$A=C \times T$

A: Intensidad de tráfico
C: Número de llamadas en la hora pico
T: Tiempo promedio de retención de cada llamada

La intensidad de tráfico se mide en *erlangs*

Tabla 1. Ecuación de Intensidad del Tráfico

Llegar a esta teoría hizo posible entender qué es un Erlang, ya que en la tabla de muestras otorgada por la empresa de telefonía tiene un factor que se mide en la unidad mencionada y aunque no está directamente asociada al desarrollo del sistema, permite conjeturar que si existe una medición para la intensidad del tráfico en ciertas horas picos de una jornada, quiere decir que existe la posibilidad de que algún elemento colapse, aunque sea muy poco probable. Al existir una mínima posibilidad de desequilibrio en la calidad del servicio, entonces existe un problema que puede y debe tener una solución.

4.1.2 Teoría del Tráfico

El objetivo de la telefonía moderna en cualquier país es el de integrar una red telefónica que permita el establecimiento de conexiones tanto nacionales como internacionales con la mayor rapidez posible, máxima confiabilidad y mínimo costo.

Para lograr estos objetivos, los operadores de servicio estructuran la red con un número limitado de trayectorias de conexión. El número preciso de trayectorias de conexión se puede fijar mediante la Teoría de Tráfico.

Merece el esfuerzo recordar que los objetivos fundamentales de la Teoría del Tráfico son, diseñar la red de telefonía desde la concepción física que satisfaga la función de conmutación y dimensionar la red de telefonía de manera tal que le permita funcionar en condiciones óptimas de costo y calidad de servicio. Además en el tráfico telefónico es una tarea imperativa trabajar con los sistemas de pérdida y sistemas de espera, los cuales son los responsables de señalarle al usuario que el abonado llamado está en línea ocupada, que la troncal está congestionada y no está en la capacidad de conectar la llamada o bien si la llamada es a un teléfono móvil, notificarle con el tono que su llamada está en espera.

Todos estos aspectos contienen una información teórica que cooperó mucho a trabajar con más confianza y pleno conocimiento sobre lo que se estructuraba y a razonar con mayor precisión acerca de los resultados. Ampliando un poco más este tema, se destaca tal como se ha visto, que la intensidad de tráfico

Llamando:

T al tiempo de observación

C al número total de ocupaciones que ocurren durante el tiempo de observación

t_m al tiempo promedio de duración de estas ocupaciones

Queda:

$$\lambda = C \times t_m$$

Tabla 2. Descripción de términos de Intensidad del Tráfico.

Por lo tanto, según se aprecia en la lámina anterior, el dimensionamiento del equipo de conmutación se basa en el concepto de Hora de Máximo Tráfico (Call Busy Hour, CBH). Donde CBH es el período continuo de una hora en la que se registra el mayor número de conexiones en la red. Se puede conocer el número durante la CBH si se cuentan las ocupaciones que surgen en una hora (C) y se multiplica por el tiempo (tm) expresado en horas. Lógicamente el resultado debe medirse en Erlangs.

Durante la generación del tráfico un equipo conmutador que opera dentro de una red troncal, debe cumplir con los parámetros del tráfico ofrecido o fuente que le da entrada al sistema y un tráfico cursado o de servicio donde es aceptado al sistema. Puede existir un grupo de llamadas que no es aceptado por el sistema denominado tráfico residual ya que el conmutador se encuentra sin capacidad, para este caso puede existir una troncal de desborde que cumple la condición de desviar las llamadas para que las conexiones se completen. Si no hay una troncal de desborde el tráfico residual se pierde y el usuario recibe el tono de ocupado. En el siguiente cuadro se detalla un esquema de la situación.

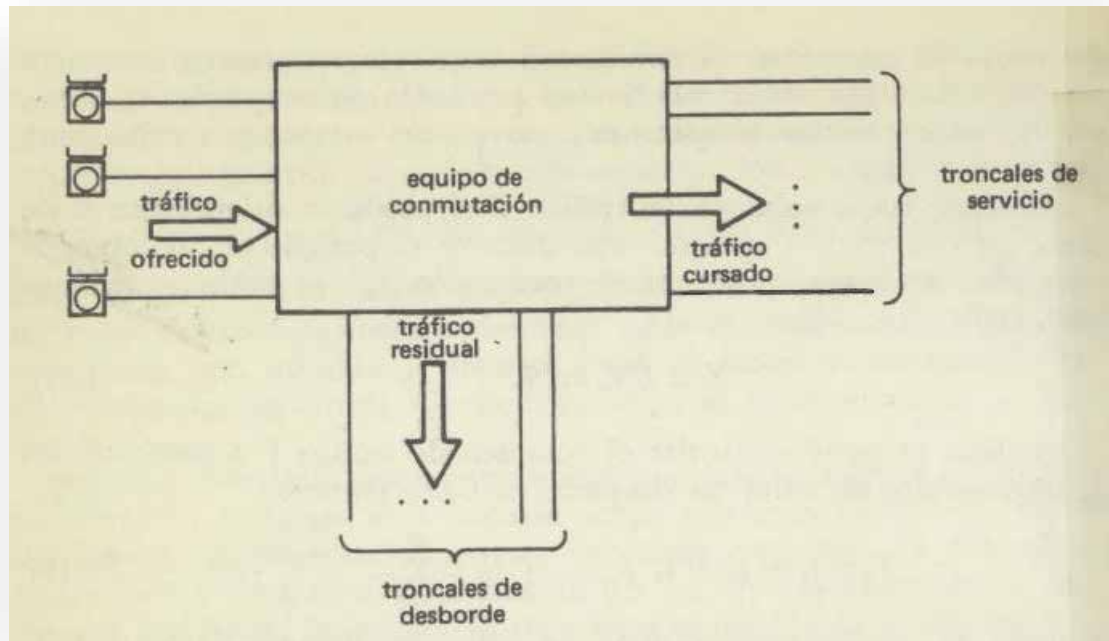


Gráfico 2. Curso del tráfico en un equipo de conmutación

Estas indagaciones son concluyentes al momento de asumir que se hace factible desviar las llamadas de una central que se encuentra en una posición de colapso telefónico. Este fue un paso importante en la presente fase puesto que gracias a estos conceptos se tiene la certeza de que un sobre congestionamiento podría ser evitado si se realiza un reporte que permita anticiparse a un pico de frecuencia de tráfico en algún momento determinado.

4.2 Fase II: Diseñar un sistema que procese los datos de las señales en forma simple y con una representación gráfica de fácil análisis, que permita ser interpretado por un usuario o equipo de trabajo.

4.2.1 La Transformada Discreta de Fourier

Como se ha dejado expuesto en los argumentos anteriores, la combinación de Fourier con los objetivos de la investigación es, posiblemente, la columna vertebral del sistema para crear resultados factibles. Pero es importante explicar que aunque las premisas matemáticas en funciones están pensadas para ser sistematizadas bajo los

criterios de La Transformada Discreta de Fourier (DFT), finalmente se termina utilizando la Transformada Rápida de Fourier (FFT), ya que en sí misma la FFT no es una nueva transformada sino que se trata de un algoritmo para el cálculo de la DFT. Su importancia radica en el hecho que elimina una gran parte de los cálculos repetitivos que están sometidos a la DFT, por lo tanto se logra un cálculo más rápido. Además, la FFT generalmente permite una mayor precisión en el cálculo de la DFT disminuyendo los errores de redondeo.

La FFT es una herramienta fundamental en el procesamiento digital de señales. Su origen es relativamente reciente puesto que fueron J.W.Cooley y J.W.Tukey, quienes hacia 1965 abordaron por primera vez el problema de la programación de un algoritmo para el cálculo de series complejas.

Ya que esta es una herramienta que se utiliza bajo los criterios de un software, donde su implementación es dictaminada por varias instrucciones de código, no parece demasiado necesario dilatarse en explicaciones algebraicas sino más bien en términos o ideas teóricas que demuestren porqué trabajar con Fourier nos permite realizar las aplicaciones con resultados confiables cuando se necesita trabajar con el espectro de frecuencias y se tienen muestras de un tipo específico.

Ahora bien, en base a la DFT, la cual abarca teóricamente el principio matemático para trasladar una información en el dominio del tiempo al de frecuencia y por lo cual es que se menciona en el título de esta tesis, es importante distinguir su enunciado.

La secuencia de N números complejos x_0, \dots, x_{N-1} se transforma en la secuencia de N números complejos X_0, \dots, X_{N-1} mediante la DFT con la fórmula:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} kn} \quad k = 0, \dots, N-1$$

donde i es la unidad imaginaria y $e^{\frac{2\pi i}{N}}$ es la N -ésima raíz de la unidad. (Esta expresión se puede escribir también en términos de una matriz DFT, cuando se escala de forma apropiada se convierte en una matriz unitaria y X_k puede entonces ser interpretado como los coeficientes de x en una base ortonormal.)

La transformada se denota a veces por el símbolo \mathcal{F} , igual que en $\mathbf{X} = \mathcal{F}\{\mathbf{x}\}$ o $\mathcal{F}(\mathbf{x})$ o $\mathcal{F}\mathbf{x}$.

Tabla 3. Enunciado matemático de la DFT

La DFT requiere que la función de entrada sea una secuencia discreta y de duración finita. Dichas secuencias se suelen generar a partir del muestreo de una función continua, como puede ser la voz humana. Al contrario que la Transformada de Fourier en Tiempo Discreto (DTFT), esta transformación únicamente evalúa suficientes componentes frecuenciales para reconstruir el segmento finito que se analiza. Utilizar la DFT implica que el segmento que se analiza es un único período de una señal periódica que se extiende de forma infinita y si esto no se cumple, se debe utilizar una ventana para reducir los espurios del espectro. Por la misma razón, la DFT inversa (IDFT) no puede reproducir el dominio del tiempo completo, a no ser que la entrada sea periódica indefinidamente. Por estas razones, se dice que la DFT es una transformada de Fourier para análisis de señales de tiempo discreto y dominio finito.

La entrada de la DFT es una secuencia finita de números reales o complejos, de modo que es ideal para procesar información almacenada en soportes digitales. En particular, la DFT se utiliza comúnmente en Procesamiento Digital de Señales y otros campos relacionados a analizar las frecuencias que contiene una señal muestreada. Por estas propiedades se puede discernir que el estudio cumple a cabalidad con los requerimientos del análisis de Fourier, cuando se destaca que la entrada de datos

pertenece a una secuencia finita de números y además discreta, por tanto los puntos críticos a evaluar para confirmar el uso de la Transformada fueron aprobados y de resultados satisfactorios.

4.2.2 La Teoría del muestreo de Nyquist

Existe otro parámetro que debió analizarse para cumplir con los requerimientos del análisis de frecuencia. Este fue la Teoría del muestreo de Nyquist, la cual indica que para realizar un proceso de muestreo de forma confiable y no se pierda la calidad de la información, la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual que el doble de la máxima frecuencia.

La Teoría de Nyquist comprende múltiples campos de la digitalización y además tiene distintos usos, pero en el espíritu de esta ocasión se utiliza para manejar una escala de frecuencia de muestreo lo más confiable posible, donde puedan representarse todos los datos arrojados por el sistema sin riesgo de que algún valor no pueda ser visualizado.

Normalmente la Teoría de Nyquist se busca utilizar para hacer una conversión de las señales analógicas de forma continua, a una señal digital, discretizando una secuencia de muestras en un período determinado pero como ya se mencionó, tiene diversos usos y en el caso de esta investigación se utiliza para buscar un parámetro confiable de frecuencia de muestreo al momento de analizar la frecuencia fundamental y sus armónicos.

Para lograr esto, primero se analizó la entrada de los datos en el sistema para calcular la frecuencia máxima. Esto sucedió así porque se tenía una tabla de datos de forma discreta en un rango de 12 días, específicamente 288 horas, pero no se tenía la frecuencia fundamental, la cual era necesaria para hallar una frecuencia de muestreo ideal para obtener resultados satisfactorios, cumpliendo así con la ecuación

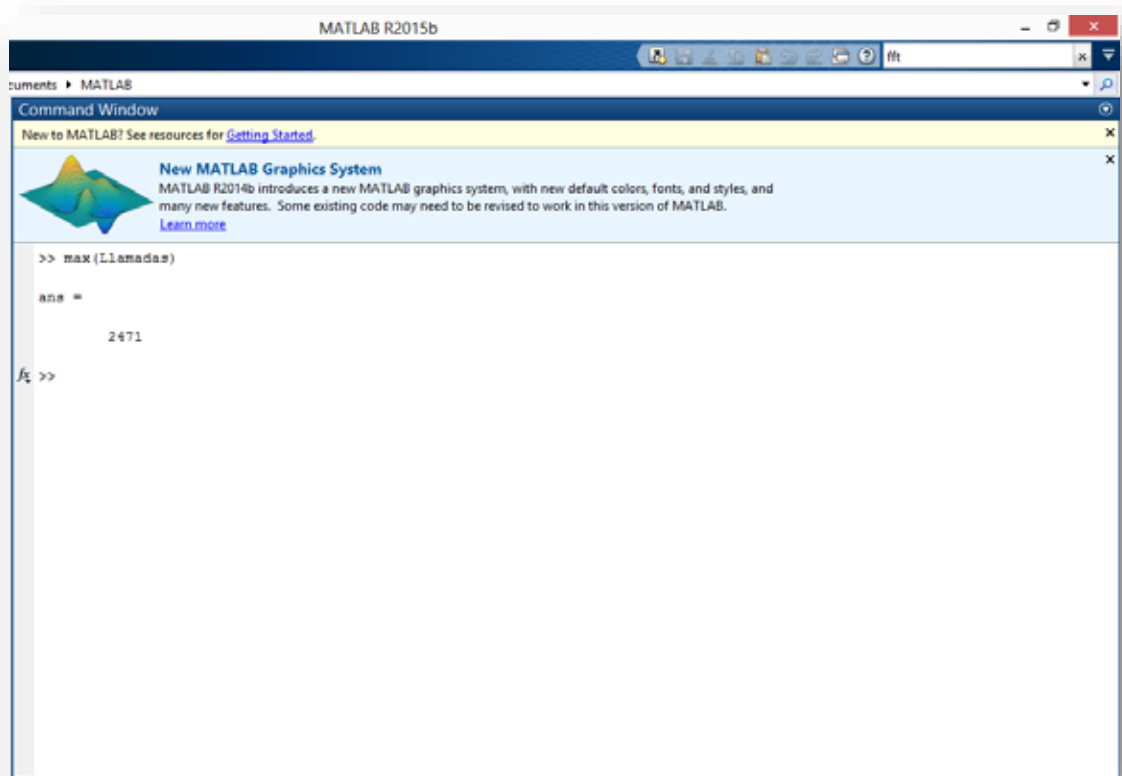
4.2.3 La estructura de los códigos

El famoso y versátil programa MatLab es una herramienta fundamental para determinar una gran cantidad resultados, con un portafolio de funciones muy extenso

y de grandes capacidades pero en todo caso solo es una plataforma que debe ser alimentado con líneas de código configuradas con una lógica que corresponda a la respuesta que el usuario desea recibir.

Esencialmente debe tener una señal de entrada, que para los efectos de esta investigación fueron los datos proporcionados por la empresa telefónica y esta información se importó directamente con las funciones predeterminadas que posee el programa.

Luego de esto, con una exhaustiva cantidad de ensayos, correcciones y la asesoría pertinente, se encontró la metodología y el razonamiento lógico para plasmar las líneas de códigos que se utilizaron para realizar el sistema de análisis. En los siguientes cuadros se apreciarán de forma más detallada el desarrollo de las mismas.



The image shows a screenshot of the MATLAB R2015b Command Window. The window title is "MATLAB R2015b". The Command Window displays the following text:

```
documents \ MATLAB
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
New MATLAB Graphics System
MATLAB R2014b introduces a new MATLAB graphics system, with new default colors, fonts, and styles, and many new features. Some existing code may need to be revised to work in this version of MATLAB.
Learn more
>> max(Llamadas)
ans =
    2471
f1 >>
```

Tabla 4. Máximo de llamadas de las muestras, representado en MatLab

Esta gráfica se muestra para confirmar que la frecuencia máxima que se encontró fue de 2.471 llamadas, por lo tanto para cumplir ampliamente con la Teoría de Nyquist se utilizó una frecuencia de muestreo de 10.000, la cual está dos veces por encima del mínimo requerido.

A continuación se muestra la sucesión de líneas que le dan inicio al análisis y confirman que la frecuencia de muestreo se configuró a 10.000 llamadas por hora.

```
%Tesis de Daniel  
x= Llamadas(:,1);  
Fs=10000; % Frecuencia de muestreo Hz (Número llamadas/hora)  
t = (0:length(x)-1); %Tiempo en hora
```

Tabla 5. Identificación de las variables del sistema

Como se puede observar, se identifican las variables X (Llamadas), la frecuencia de muestreo (Fs) configurada en 10.000 llamadas por hora y una variable t para representar el tiempo. Este sistema es flexible y permite que un usuario pueda configurar, según las exigencias del caso, el valor de alguna variable pero teniendo en cuenta que se puede afectar el resultado de otras compilaciones si no se realiza correctamente.

El siguiente cuadro representa la configuración que se utilizó para visualizar la gráfica de la cantidad de llamadas en función del tiempo.

```

figure(1)
plot(t,x)
xlabel('Tiempo en hora')
ylabel('Número llamadas')
NFFT =length(x); % Número de puntos de la FFT
F = (0:1/NFFT:1-1/NFFT)*Fs; % Vector Frecuencia
TEMP = fft(x,NFFT)/NFFT; %Coeficientes de Fourier
TEMP(1) = 0; % Se remueve la componente DC
Y=2*abs(TEMP(1:NFFT)); % valor absoluto de los coeficientes de Fourier

```

Tabla 6. Líneas de código para llamadas en dominio del tiempo

Para mantener un orden sobre lo que se está analizando parece prudente trabajar primero que nada con una representación gráfica que nos modele una función del Número de llamadas vs el Tiempo, en este caso se expresó en horas y el sistema fue configurado de esa manera pero como se explicó anteriormente, cualquier parámetro puede ser modificado para un análisis más amplio o reducido.

En el siguiente cuadro se indican los códigos para empezar a trabajar directamente con el dominio de la frecuencia y se lograría observar la función total de la frecuencia de muestreo.

```

figure(2)
helperFrequencyAnalysisPlot2(F,Y,'FrecuenciaHz','Magnitud')
[ymaxx,maxindex]= max(Y);
maxfreqx = F(maxindex);
mainfrecuencia0=num2str(maxfreqx);
holdon
plot(maxfreqx, 0, 'r.', 'MarkerSize',25);
text(maxfreqx, 35, ['Frecuencia = ',mainfrecuencia0, 'Hz']);
hold off

```

Tabla 7. Líneas de código para frecuencia de muestreo

Este cuadro contiene la información para arrojar los datos sobre un plano de la frecuencia versus la magnitud y se utiliza una codificación para marcar donde podría estar ubicada la frecuencia principal de dicha gráfica. Cuando se anexen los gráficos resultantes de estos códigos sobre los datos del muestreo se podrán identificar mejor los parámetros de cada instrucción.

A partir de esta etapa se hace una secuencia de instrucciones para que el sistema arroje el análisis pero por ciclos en un período determinado. De esta manera se puede evaluar con mayor eficiencia cuales son los picos máximos y las informaciones generales que nos pudieran interesar para el estudio de un posible comportamiento del tráfico.

```
figure(3)
helperFrequencyAnalysisPlot2(F1*60*60*24,Y(1:NFFT/2),...
'Frecuencia (ciclos/Día)', 'Magnitud')
maxfreqx1 = 60*60*F1(maxindex);
mainfrecuencia=num2str(1/maxfreqx1);
```

Tabla 8. Líneas de código para ciclos por día

La intención de esto es poder obtener, aprovechando la plataforma de MatLab, una mayor gama informativa que nos permita tener más conclusiones a favor del estudio. En este caso, se realiza una instrucción para que el programa pueda reflejar un diagrama en ciclos por día medido contra una magnitud que nos indique cuales son los valores máximos.

Lo mismo se puede conseguir cambiando la instrucción para realizar un análisis de ciclos por hora, cambiando solo la especificación de la escala que se desea modificar. Tal como aparece en el siguiente cuadro.

```

figure(4)
plot(F1*60*60,Y(1:NFFT/2));
xlabel('(ciclos/Hora)')
ylabel('Magnitud')
hold on
plot(0.0417, 0, 'r.', 'MarkerSize',25);
text(0.0417, 35, ['Frecuencia = ',mainfrecuencia, ' Horas']);
hold off

```

Tabla 9. Líneas de código de ciclos por hora

Esto puede ser muy útil para la verificación de resultados, ampliando o reduciendo la escala en la que un usuario desea evaluar el tráfico. Asimismo, si el usuario necesita revisar un tráfico en un plano de meses, solo debe cambiar la instrucción correspondiente si tiene conocimientos básicos del uso de MatLab, pero se debe considerar que para recibir información sobre una escala de meses, se debe importar una cantidad de muestras lo suficientemente proporcional al resultado que se desea obtener.

4.2.4 El sistema de procesamiento

En el ámbito del procesamiento digital de señales, un sistema puede contener diversos componentes, cumplir varios procesamientos y arrojar múltiples resultados. Siempre con la idea de que un sistema pueda recibir y entregar información digital, muestreada y cuantificada, independientemente de que el origen de la señal sea analógica y su destino final sea de la misma naturaleza.

Un sistema debe cumplir con una cantidad de tareas pero también se debe regir bajo ciertos parámetros, como tener un orden, una lógica, sincronización, entre otros. Cada elemento que la compone debe operar en sinergia con el equipo y además entregar una señal coherente para los efectos de su configuración.

Así bien, a continuación se muestra un diagrama que muestra los componentes comunes que debe tener un sistema de procesamiento de señales digitales.

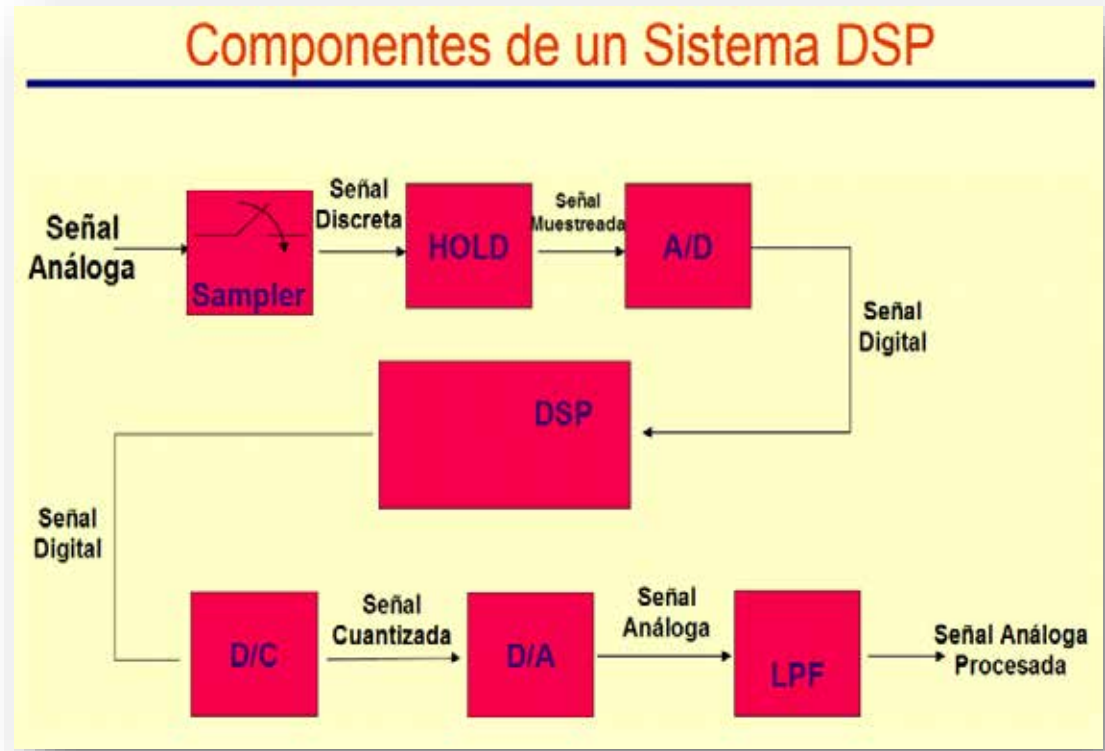


Gráfico 3. Componentes de un Sistema de Procesamiento Digital de Señales

Aunque el sistema de procesamiento que se realizó para este estudio fue en su esencia algo relativamente modesto y desarrollado en códigos, igualmente debe cumplir con los principios reglamentarios para el funcionamiento coherente. Esto por ello que se hace énfasis en este apartado donde se desea explicar que para elaborar un sistema primero debe entenderse cómo se puede fabricar, cuáles son las propiedades que imperan su funcionamiento y cómo debe ser su estructura.

Por eso puede observarse que al describir el funcionamiento de cada instrucción en el subcapítulo anterior, se hace especial distinción de cada tarea que se debe ejecutar con cada una. Se ingresan primero unas variables, luego se busca una función en el dominio del tiempo, luego se trabaja con las frecuencias y al final

algunas funciones en el plano de ciclos, tal como se describió. Todo esto con la intención de buscar un orden en el algoritmo que le diera armonía al sistema y a los resultados.

```

%Néxis de Daniel
x= llamadas(:,1);
Fs=10000; % Frecuencia de muestreo Hz (Número llamadas/hora)
t = (0:length(x)-1); %Tiempo en hora

figure(1)
plot(t,x)
xlabel('Tiempo en hora')
ylabel('Número llamadas')
NFFT =length(x); % Número de puntos de la FFT
F = (0:1/NFFT:1-1/NFFT)*Fs; % Vector Frecuencia
TEMP = fft(x,NFFT)/NFFT; %Coeficientes de Fourier
TEMP(1) = 0; % Se remueve la componente DC
V=2*abs(TEMP(1:NFFT)); % valor absoluto de los coeficientes de Fourier

figure(2)
helperFrequencyAnalysisPlot2(F,V,'Frecuencia[Hz]', 'Magnitud')
[ymaxx,maxindex]= max(V);
maxfreqx = F(maxindex);
mainfrecuencia0=num2str(maxfreqx);
hold on
plot(maxfreqx, 0, 'r.', 'MarkerSize',25);
text(maxfreqx, 35, ['Frecuencia = ',mainfrecuencia0, 'Hz']);
hold off

clc
fprintf('PERIODO PRINCIPAL T= %4.2f Hora\n', Fs/maxfreqx);
fprintf('NUMERO LLAMADAS EN EL PERIODO PRINCIPAL= %4.2f\n',ymaxx);
k=0;
for l = 1:NFFT/2
if (V(l)>200)
k=k+1;
f1(k)=F(l);
else
end
end
fprintf('PERIODOS CON MAS DE 200 LLAMADAS\n');
for u = 1:k

fprintf('PERIODO T%d',u);
fprintf('= %4.2f Hora\n',Fs./F1(u));
end

Fsl = 1/(60*60); %Rata de muestreo, una muestra cada 60 minutos (1/Seg)
F1 = (0:1/NFFT:1/2-1/NFFT)*Fsl; % Vector Frecuencia

figure(3)
helperFrequencyAnalysisPlot2(F1*60*60*24,V(1:NFFT/2),...
'Frecuencia (ciclos/Día)', 'Magnitud')
maxfreqc1 = 60*60*F1(maxindex);
mainfrecuencia=num2str(1/maxfreqc1);

figure(4)
plot(F1*60*60,V(1:NFFT/2));
xlabel('Ciclos/Hora')
ylabel('Magnitud')
hold on
plot(0.0417, 0, 'r.', 'MarkerSize',25);
text(0.0417, 35, ['Frecuencia = ',mainfrecuencia, ' Horas']);
hold off

figure(5)
stem(1./(F1(1:length(F1)/2)*60*60),V(1:NFFT/4));
xlabel('Hora')
ylabel('Magnitud')
hold on
plot(24, 0, 'r.', 'MarkerSize',25);
hold off

```

Tabla 10. Líneas de código del Sistema de Procesamiento Digital de Señales

Finalmente en esto se convierte un sistema en códigos que se rige bajo las especificaciones que se investigaron sobre los sistemas de procesamiento digital, donde cada línea cumple con una función en su arquitectura que permite entregar resultados coherentes y en este sentido se puede aseverar que los resultados fueron sólidamente satisfactorios.

4.3 Fase III: Recopilar la información o datos requeridos para desarrollar el sistema con la mayor eficacia, con los parámetros evaluados, detallando así el alcance de los resultados.

4.3.1 La tabla de datos.

Para verificar el funcionamiento de un sistema codificado con un análisis de Fourier para medir el tráfico de llamadas, es posible que sea suficiente con simular

una tabla de datos que contenga informaciones poco aproximadas a la realidad, solo con la intención de demostrar que el procesamiento realmente se cumple, no obstante para los efectos de esta tesis, buscando la máxima confiabilidad en los resultados y por lo tanto, veracidad en las conclusiones, se hizo el mayor esfuerzo posible por encontrar datos reales de una empresa privada de servicio telefónico en Valencia donde se obtuvo no solo la data a utilizar sino una valiosísima información acerca de las operaciones de una central telefónica, sus componentes, y una cantidad incalculable de asesorías que le dieron la mayor inspiración a la investigación.

En las consultorías que se hicieron se dejó sobre entendido que las centrales telefónicas tienen complejas funciones en sus operaciones pero no proyectan informaciones en el dominio de la frecuencia que permita esbozar alguna conclusión a favor del tráfico. Para tales casos se dejan guiar por los cómputos que se derivan del dominio del tiempo, y no parece haber mayor necesidad de hacer escrutinios en función de la frecuencia. La mayoría de las decisiones se toman a favor de estos resultados en el dominio del tiempo, los centros de conmutación y sus componentes están configurados y probados para que ofrezcan una fiabilidad operativa en su vida útil trabajando en dicho dominio, pero cuando se consultó que sucedía cuando necesitaban tener algún valor en frecuencias para hacer algún diagnóstico, la respuesta fue que hacían los cálculos manualmente.

En este sentido, cuando se ofreció el planteamiento que hace esta investigación, la aceptación fue muy positiva y la cooperación para llevarla a cabo no se hizo esperar.

De esta manera, la empresa concedió una tabla proveniente de su base de datos, que contiene las llamadas que transitaron por una troncal durante 12 días del mes de diciembre del 2013. La tabla contiene información privilegiada sobre ID de componentes, los canales disponibles de los conmutadores, los Erlangs que se produjeron en los rangos de llamadas y la cantidad de llamadas que se procesaron. Además la tabla contiene una de las informaciones más importantes para llevar a cabo el sistema de procesamiento; los cifras de llamadas que se realizaron en un hora

específica del calendario durante esos 12 días. Todo esto fue cedido con la condición de contribuir académicamente a la comunidad universitaria pero manteniendo el nombre de la empresa en el anonimato.

Los datos eran exactamente lo que se necesitaba. Se tenía la idea, los objetivos y los datos para llevar a la realidad un sistema con la información más confiable que se pudiera tener. Para la ejecución del sistema realmente se necesitaban los valores de las llamadas y las horas de la conexión pero con la información adicional se logró extender la investigación con mucha más eficacia.

La siguiente gráfica presenta la información general de una hoja de cálculo con los campos que se van completando con el tráfico de llamadas.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with the following columns: A: EMPRESA, B: EQUIPO/EXT, C: FECHA, D: HORA, E: TIPO, F: INTENTOS OUT, G: INTENTOS IN, H: DURACION, I: TIPO, J: TIPO, K: DURACION, L: INTENTOS, M: TIPO, N: TIPO, O: COMPLETADO. The 'INTENTOS OUT' column (F) is highlighted in red. The spreadsheet contains data for various companies (e.g., MBSVAL) and their equipment (e.g., 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1500).

Tabla 11. Tabla de muestras recopiladas por una empresa de telefonía

Se pueden observar una larga lista de columnas donde cada una ofrece una información diferente pero la que aparece demarcada en color rojo es la cifra de llamadas que se generan en un hora y aparece con el nombre de INTENTOS OUT,

haciendo referencia a los intentos que salieron y pudieron establecer la conexión. En la demarcación de color azul se pueden observar dos columnas con información que también se necesitaba para la precisión de los resultados. La fecha y la hora en la que se establecieron el número de llamadas. De esta manera se recibieron 288 horas de conexiones repartidas consecutivamente en 12 días de diciembre 2013.

FECHA	HORA	Más. de CANSERV	Más. de ERLANGS	Más. de PCCAPUTL	Suma de INTENTOS_OUT	Suma de CAPOFRECCDA
02/12/2013	09:00:00 a.m.	30	3.14	15.44	76	20.34
02/12/2013	09:30:00 a.m.	30	3.93	15.32	83	20.34
02/12/2013	10:00:00 a.m.	30	3.86	16.96	101	20.34
02/12/2013	11:00:00 a.m.	30	3.21	15.70	82	20.34
02/12/2013	12:00:00 p.m.	30	5.05	24.82	100	20.34
02/12/2013	01:00:00 p.m.	30	3.29	16.67	81	20.34
02/12/2013	02:00:00 p.m.	30	4.0	23.6	97	20.34
02/12/2013	03:00:00 p.m.	30	3.83	18.83	76	20.34
02/12/2013	04:00:00 p.m.	30	6.86	33.68	98	20.34
02/12/2013	05:00:00 p.m.	30	5.4	26.55	95	20.34
02/12/2013	05:30:00 p.m.	30	2.80	14.86	79	20.34
02/12/2013	07:00:00 p.m.	30	2.66	12.64	63	20.34
02/12/2013	08:00:00 p.m.	30	1.22	6	67	20.34
Total 02/12/2013		30	6.05	33.68	1098	204.42
03/12/2013	09:00:00 a.m.	30	4.74	23.3	85	20.34
03/12/2013	09:30:00 a.m.	30	4.67	24.43	92	20.34
03/12/2013	10:00:00 a.m.	30	5.43	26.7	102	20.34
03/12/2013	11:00:00 a.m.	30	4.70	23.4	88	20.34
03/12/2013	12:00:00 p.m.	30	5.26	25.96	94	20.34
03/12/2013	01:00:00 p.m.	30	4.57	22.47	97	20.34
03/12/2013	02:00:00 p.m.	30	3.43	16.80	88	20.34
03/12/2013	03:00:00 p.m.	30	4.17	20.5	95	20.34
03/12/2013	04:00:00 p.m.	30	6.99	26.52	94	20.34
03/12/2013	05:00:00 p.m.	30	4.09	20.11	93	20.34
03/12/2013	05:30:00 p.m.	30	3.01	14.6	86	20.34
03/12/2013	07:00:00 p.m.	30	2.99	14.7	80	20.34
03/12/2013	08:00:00 p.m.	30	1.79	8.25	45	20.34
Total 03/12/2013		30	5.43	26.7	1128	204.42

Tabla 12. Tabla de muestras recopiladas en otra hoja por la empresa de telefonía

Esta tabla ofrece la misma información que se observaba en la anterior pero tiene la facilidad de que puede filtrar todas los campos, permitiéndonos utilizar justamente los datos que realmente se requieren. Para este caso se aprecian Hora y Fecha, Máximos Canales en Servicio, Máximos de Erlangs por esa hora, Máximo de Capacidad Utilizada (%), Sumatoria de las Llamadas y la Sumatoria de la Capacidad Ofrecida.

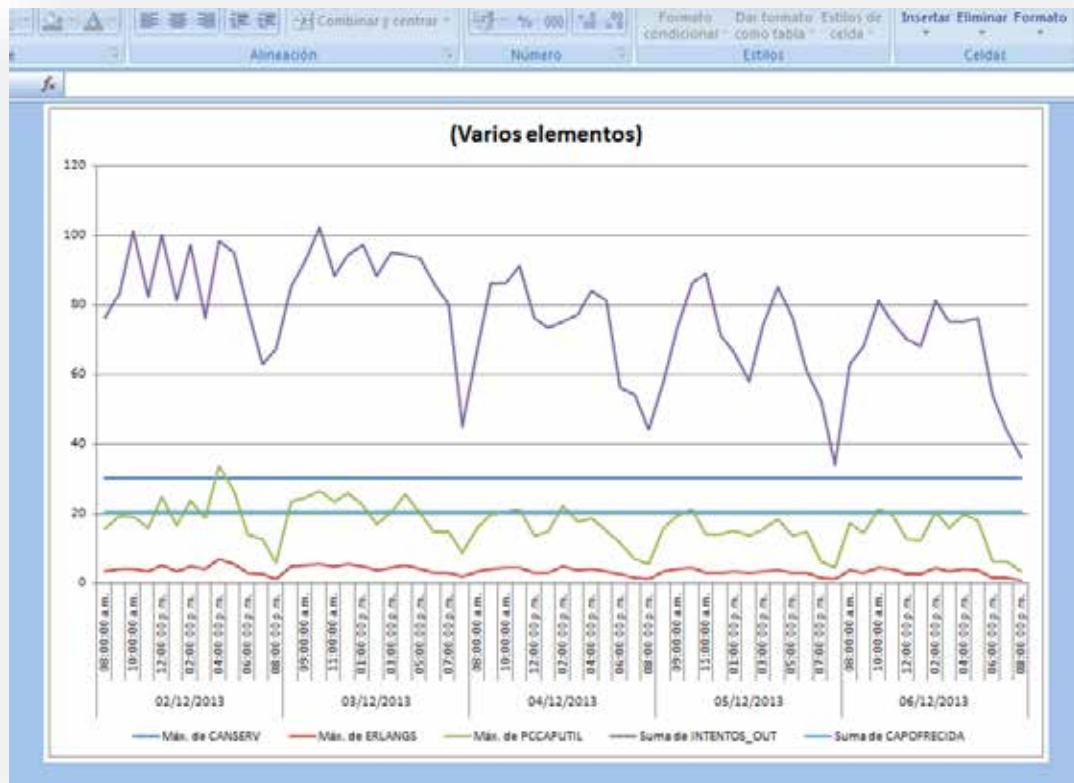


Gráfico 4. Gestión de llamadas en dominio del tiempo, realizado por la empresa de telefonía

Esta hoja representa lo que el análisis del archivo puede hacer con la información antes mostrada, donde se calcula una cantidad de llamadas en un rango del día en el dominio del tiempo y pueden graficar la estadística de la intensidad del tráfico (Erlangs), mostrada en la línea roja, la Capacidad utilizada en la línea verde, la Capacidad ofrecida señalizada en la línea horizontal inferior y la línea horizontal superior indica los Canales en servicio. Se pueden graficar las mediciones de varios elementos de conmutación.

Merece ser comentado que para los objetivos del análisis espectral de frecuencia, solo se necesitaban los números de las llamadas, considerando que la fecha o la hora solo iban a participar como guías para los ciclos. En ese caso, se importó dicha información en una tabla aparte, para no manipular o alterar el archivo original, y se realizó una sumatoria de todas las llamadas que se tramitaron en las

distintas horas de una jornada diaria. De esta manera se podía hacer el análisis espectral en períodos diarios. La tabla modelo se muestra a continuación.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	01/12/2013	12:00 a.m.	109			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	8					120
3		01:00 a.m.	77			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	14					59
4		02:00 a.m.	52			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	28					29
5		03:00 a.m.	39			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	28					25
6		04:00 a.m.	32			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	28					33
7		05:00 a.m.	50			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	22					116
8		06:00 a.m.	164			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	1					318
9		07:00 a.m.	343			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	1					761
10		08:00 a.m.	456			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	1					1711
11		09:00 a.m.	784			11/12/2013	12:00:00 a.m.	80	C	8			120		1854
12		10:00 a.m.	901			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	1					1360
13		11:00 a.m.	1091			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	18					2125
14		12:00 p.m.	907			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	10					2180
15		01:00 p.m.	953			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	10					1366
16		02:00 p.m.	915			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	8					1896
17		03:00 p.m.	848			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	10					1824
18		04:00 p.m.	852			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	1					2067
19		05:00 p.m.	875			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	1					2212
20		06:00 p.m.	824			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	1					1829
21		07:00 p.m.	839			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	1					1343
22		08:00 p.m.	665			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	0			59		1512
23		09:00 p.m.	574			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	2					1391
24		10:00 p.m.	291			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	6					827
25		11:00 p.m.	164			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	6					283
26						11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	5					
27	02/12/2013	12:00 a.m.	81			11/12/2013	01:00:00 a.m.	80	C	8					

Tabla 13. Tabla de datos importada de la original

Con este archivo en una hoja de Excel se realizó la importación de los datos para abrir las variables en MatLab, donde se corrieron los códigos para que se procese la información.

Dando por avanzado este paso con expectativas favorables se pueden emitir conclusiones de resultados plenamente alcanzados.

4.4 Fase IV: Elaborar los ensayos y/o correcciones necesarias, con la finalidad de verificar que cumpla con las expectativas deseadas.

4.4.1 Resultados del sistema de procesamiento.

Para satisfacer completamente el alcance de los objetivos, es necesario extenderse en este punto y sobre cómo los códigos lograron procesar efectivamente los datos y generar las gráficas que pudiesen emplearse para realizar conclusiones.

Los códigos que se establecieron fueron descritos anteriormente en el punto 4.2.3 (La estructura de los códigos), pero en este apartado se mostrarán los resultados que se originaron de dicho algoritmo.

Haciendo énfasis en la información primaria que se buscaba sobre las estadísticas de la cantidad de llamadas realizadas en el dominio del tiempo, durante los 12 días de muestra se obtuvo la siguiente respuesta.

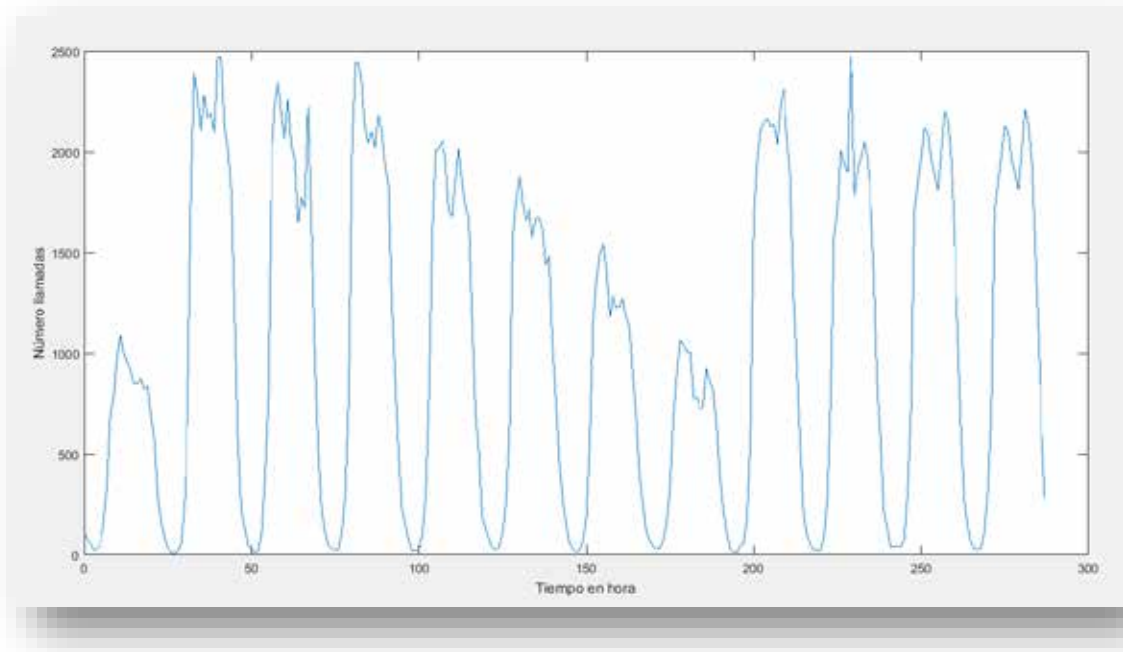


Gráfico 5. Número de llamadas en el dominio del tiempo

De acuerdo a la tabla de datos y los códigos que se generaron para conseguir el pico máximo de llamadas durante los 12 días, lo que declara esta gráfica es auténtico, ya que en la búsqueda esa información por el programa MatLab arrojó que la hora donde se obtuvo el pico máximo de llamadas fue el 2/12/2013 a las 4pm, teniendo un registro de 2471 llamadas. Luego de esto, se pudieron verificar otros picos altos similares a este pero ligeramente de menor magnitud.

26					12/12/2013 02:00:00 a.m.	60	0	5	
27	02/12/2013	12:00 a.m.	83		12/12/2013 02:00:00 a.m.	60	0	5	
28		01:00 a.m.	37		12/12/2013 02:00:00 a.m.	30	0	1	
29		02:00 a.m.	10		12/12/2013 02:00:00 a.m.	30	0	1	
30		03:00 a.m.	7		12/12/2013 02:00:00 a.m.	30	0	2	
31		04:00 a.m.	16		12/12/2013 02:00:00 a.m.	30	0	1	29
32		05:00 a.m.	57		12/12/2013 03:00:00 a.m.	30	0	0	
33		06:00 a.m.	251		12/12/2013 03:00:00 a.m.	30	0	1	
34		07:00 a.m.	683		12/12/2013 03:00:00 a.m.	60	0	4	
35		08:00 a.m.	1722		12/12/2013 03:00:00 a.m.	60	0	5	
36		09:00 a.m.	2390		12/12/2013 03:00:00 a.m.	60	0	5	
37		10:00 a.m.	2283		12/12/2013 03:00:00 a.m.	60	0	5	
38		11:00 a.m.	2103		12/12/2013 03:00:00 a.m.	30	0	1	
39		12:00 p.m.	2281		12/12/2013 03:00:00 a.m.	30	0	1	
40		01:00 p.m.	2167		12/12/2013 03:00:00 a.m.	30	0	1	
41		02:00 p.m.	2193		12/12/2013 03:00:00 a.m.	30	0	2	25
42		03:00 p.m.	2097		12/12/2013 04:00:00 a.m.	30	0	2	
43		04:00 p.m.	2471		12/12/2013 04:00:00 a.m.	30	0	7	
44		05:00 p.m.	2468		12/12/2013 04:00:00 a.m.	60	0	5	
45		06:00 p.m.	2121		12/12/2013 04:00:00 a.m.	60	0	5	
46		07:00 p.m.	2011		12/12/2013 04:00:00 a.m.	60	0	6	
47		08:00 p.m.	1817		12/12/2013 04:00:00 a.m.	60	0	5	
48		09:00 p.m.	1196		12/12/2013 04:00:00 a.m.	30	0	1	
49		10:00 p.m.	546		12/12/2013 04:00:00 a.m.	30	0	1	

Tabla 14. Ubicación del máximo de llamadas en la tabla de datos

```

MATLAB R2015b
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
New MATLAB Graphics System
MATLAB R2014b introduces a new MATLAB graphics system, with new default colors, fonts, and styles, and many new features. Some existing code may need to be revised to work in this version of MATLAB.
Learn more
>> max(Llamadas)
ans =
    2471
fx >>

```

Tabla 15. Ubicación del máximo de llamadas en la plataforma de MatLab

La escala del tiempo en el gráfico 5 está representada en horas pero de manera continua, lo que quiere decir es que a las 4pm del día 2/12/2013, se encuentra en la

escala 40, esto se calcula así por las 24 horas que transcurrieron en el primer día de diciembre y luego las 16 horas que corrieron para alcanzar las 4pm.

En el gráfico 5 puede notarse que hay 12 oscilaciones fácilmente apreciables, que denotan el tráfico que se gestionó durante los 12 días del muestreo, pero se entiende que las oscilaciones de menor tráfico representan los días sábados y domingo, ya que el 1/12/2013 fue domingo y los días 7 y 8/12/2013 fueron sábado y domingo respectivamente. Lo que deja absolutamente demostrado que durante los días de semana existe mucha más actividad telefónica que durante los fines de semana.

En la siguiente gráfica se aprecia la frecuencia de muestreo que se generó con los códigos establecidos.

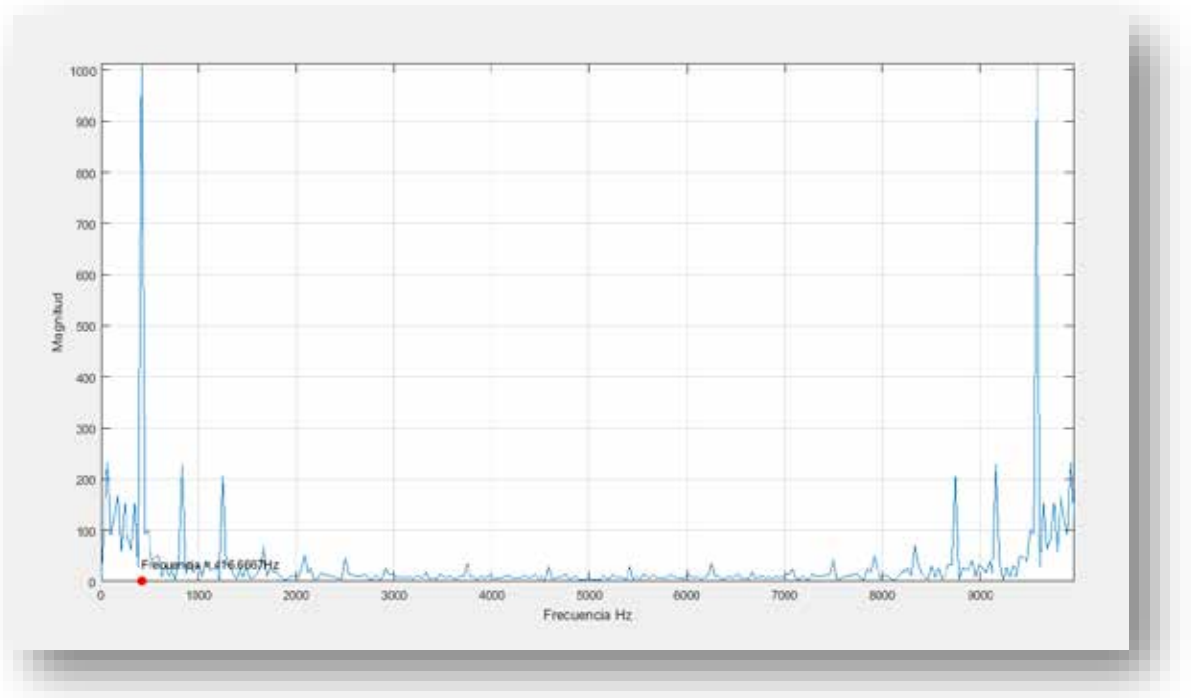
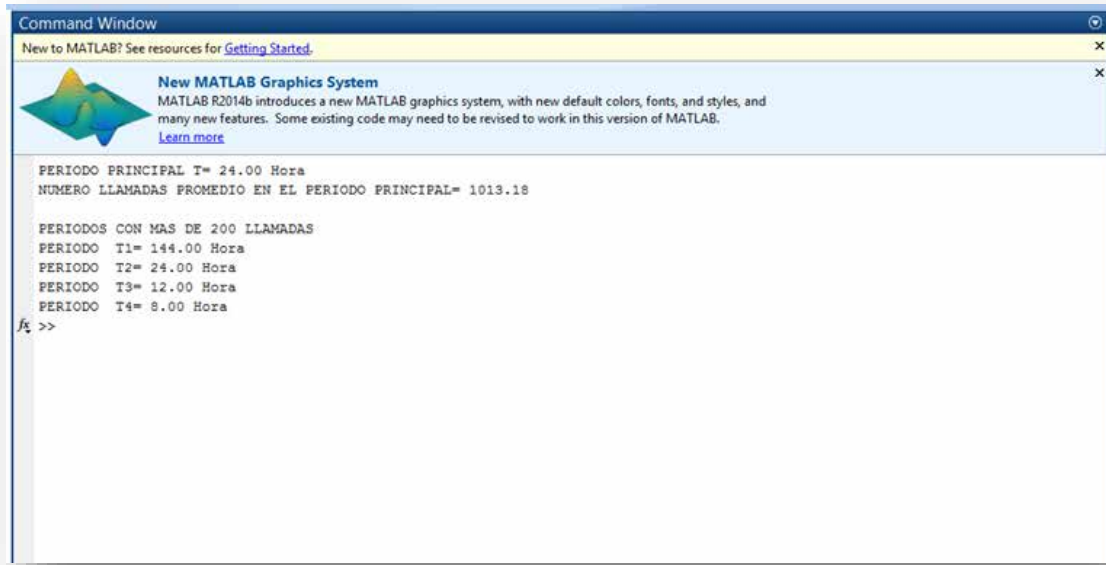


Gráfico 6. Frecuencia de muestreo analizado por MatLab

Con una frecuencia de muestreo (f_s) de 10.000Hz se generó esta gráfica, donde se aprecia notoriamente que la frecuencia principal es el pico donde se encuentra el punto rojo en la parte inferior, exactamente a 416,66 Hz, donde se ubica

con una magnitud de 1013, pero cómo saber que ese es el número exacto y qué representan los otros picos a niveles inferiores. Esas interrogantes se pueden responder en la siguiente lámina.



```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
New MATLAB Graphics System
MATLAB R2014b introduces a new MATLAB graphics system, with new default colors, fonts, and styles, and many new features. Some existing code may need to be revised to work in this version of MATLAB.
Learn more
PERIODO PRINCIPAL T= 24.00 Hora
NUMERO LLAMADAS PROMEDIO EN EL PERIODO PRINCIPAL= 1013.18
PERIODOS CON MAS DE 200 LLAMADAS
PERIODO T1= 144.00 Hora
PERIODO T2= 24.00 Hora
PERIODO T3= 12.00 Hora
PERIODO T4= 8.00 Hora
f1 >>
```

Tabla 16. Frecuencia de muestreo y sus armónicos de interés

Esta respuesta se decidió colocar justamente para poder evidenciar los valores que tenían cada pico relevante en la gráfica de frecuencia de muestreo. Se puede verificar que el período principal de la gráfica tiene un valor de 1.013 y se presenta cada 24 horas. Los otros picos de menor magnitud pero que sostienen cierta relevancia, son los armónicos generados por la frecuencia fundamental y se buscan en el sistema colocando una configuración de códigos donde se ubican los picos mayores de cierta magnitud, en este caso 200 y la respuesta del sistema fue la que se observa en el cuadro. Existen 4 picos mayores de magnitud 200; el primero T1 en 144 horas; T2 en 24 horas, la cual es la frecuencia principal; T3 en 12 horas y T4 en 8 horas.

Esto hace concluir que cada 24 horas existe la mayor variación en el tráfico de llamadas. La referencia de T1 ubicada en 144 horas sugiere que cada 6 días (del cociente $144/24$) existe otra variación en la actividad telefónica y los valores de T3 y

T4 son frecuencias que varían cada 12 y 8 horas respectivamente, lo que nos deja suponer que durante el día también existen, como es de esperarse, fluctuaciones en el tráfico.

El código que se utilizó para reflejar esta información se coloca a continuación. No se colocó en el apartado Estructura del código porque se deseaba ampliar al detalle inicialmente.

```
fprintf('PERIODO PRINCIPAL T= %4.2f Hora\n',  
Fs/maxfreqx);  
fprintf('NUMERO LLAMADAS EN EL PERIODO PRINCIPAL=  
%4.2f\n\n',ymaxx);  
k=0;  
forI = 1:NFFT/2  
if (Y(I)>=200)  
k=k+1;  
F1(k)=F(I);  
else  
end  
end  
fprintf('PERIODOS CON MAS DE 200 LLAMADAS\n');  
foru = 1:k  
fprintf('PERIODO T%d',u);  
fprintf('= %4.2f Hora\n',Fs./F1(u));  
end
```

Tabla 17. Líneas de código para el cálculo de la frecuencia principal y sus armónicos

Con esta información que hasta los momentos se ha obtenido se pudiese contribuir una conclusión predictiva derivada del comportamiento del tráfico que manifiestan las gráficas, sin embargo con la intención de ampliar los horizontes de la investigación, y siguiendo con la secuencia del código, se estableció que se diagramaran dos cuadros extras representados en ciclos por día y ciclos por hora. Éstas básicamente son las mismas informaciones que se consiguieron con el gráfico de frecuencias, pero en este caso están escalados en ciclos por día u hora para

demostrar que se puede expandir o reducir la búsqueda evaluada. Por otro lado es prudente destacar que al medir una señal en el espectro de la frecuencia, la respuesta siempre será la misma aunque le cambiemos la escala en la cual se está evaluando, la diferencia que se puede denotar es que se hará un acercamiento o un alejamiento de los resultados.

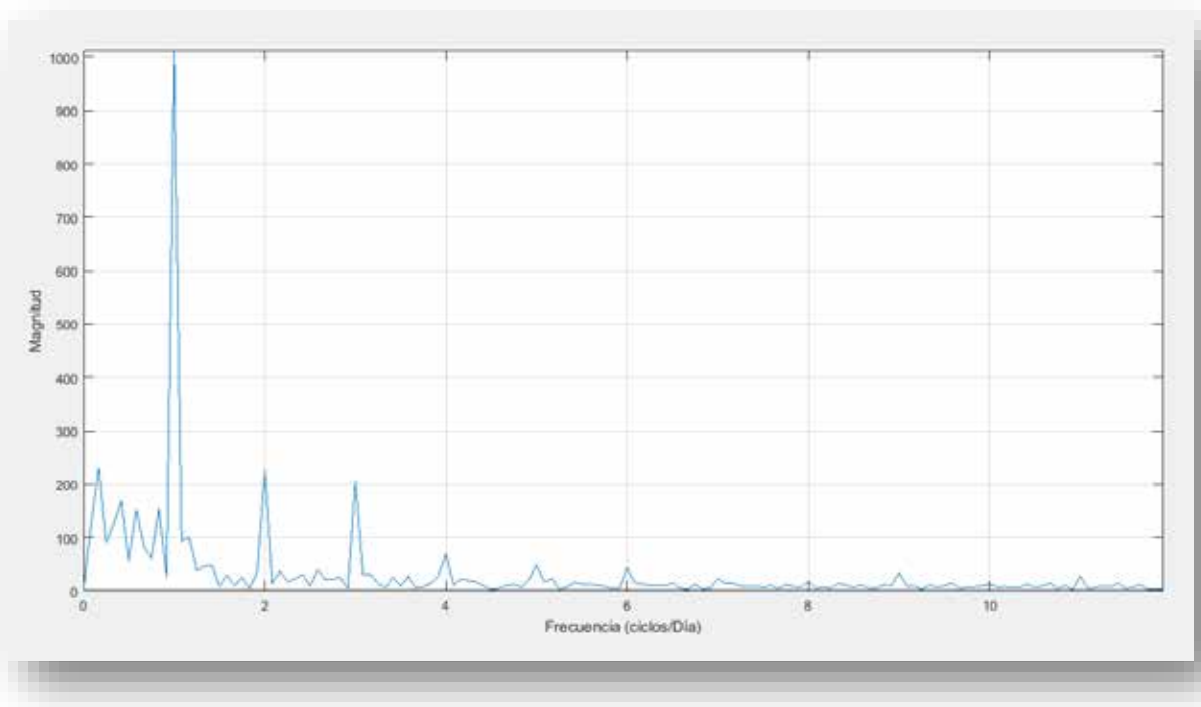


Gráfico 7. Frecuencia de la señal expresada en ciclos/día

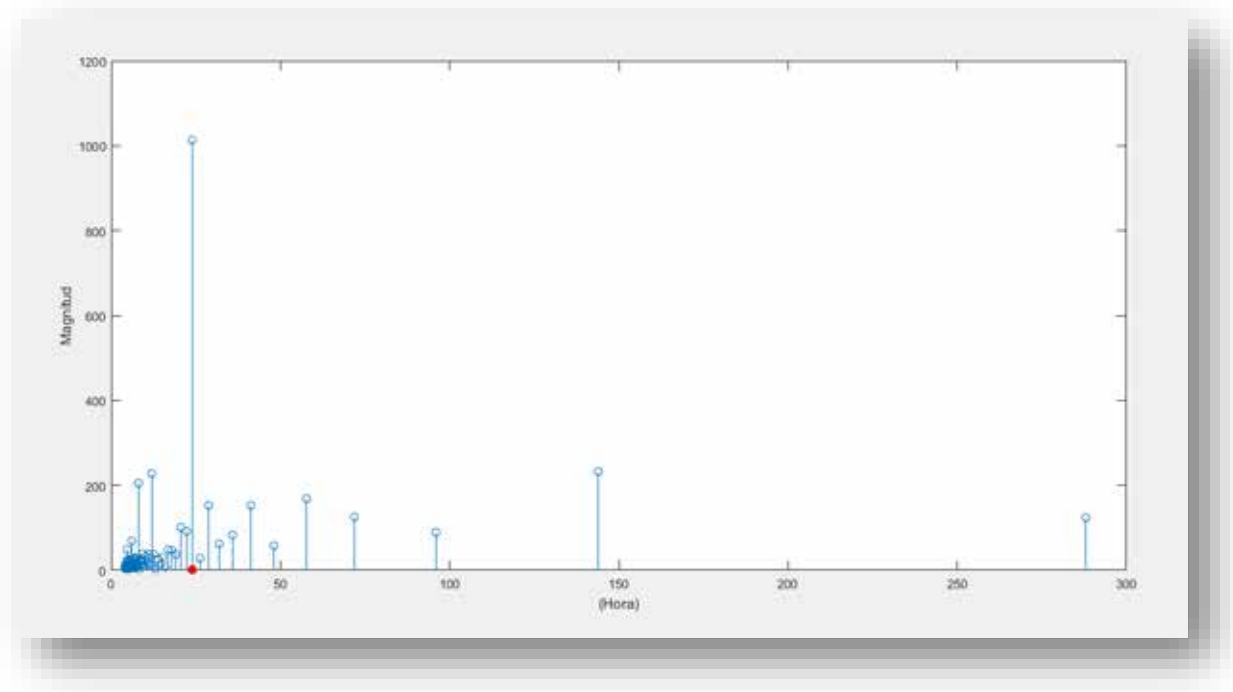


Gráfico 8. Frecuencia de la señal expresada en ciclos/hora

Se logra comprender en ambas descripciones que lo primero que cambia es la escala de frecuencia a ciclos, aunque la magnitud sigue siendo la misma. En la versión de ciclos por día se logra visualizar que la mayor magnitud se encuentra ubicada en 1 día, justo donde es de esperarse ya que en el gráfico de frecuencia de muestreo se deduce que la frecuencia principal está ubicada en 24 horas. Para la siguiente lámina escalada en ciclos por hora, se puede observar que ampliando el plano se distingue el pico máximo en 24 horas, donde aparece el punto rojo, y los otros picos superiores a magnitud 200 que representan los armónicos de la frecuencia fundamental están ubicados en 8, 12 y 144 horas. Ahora bien, en este diagrama de ciclos por hora, se puede observar una diferencia gráfica. Los datos están planteados de forma discreta y no continua, como se han colocado en las explicaciones previas. Esto se hizo con una intención, demostrar que se puede diagramar la señal deseada con las mismas configuraciones pero cambiando la característica de la señal. Esto se logra cambiando solo una instrucción en las líneas de código.

Por ejemplo, se puede observar que en los códigos que arrojan cualquier otro diagrama como la de “número de llamadas por tiempo” se observa que en sus líneas de código aparece la palabra “plot”, esto sugiere que la información de la señal se trace en líneas, de forma continua, mientras que si se coloca la palabra “stem”, como se colocó en los códigos para la gráfica de “ciclos por hora”, la característica de la señal es discreta. Tal como se muestra en las siguientes descripciones.

```

figure(1)
plot(t,x)
xlabel('Tiempo en hora')
ylabel('Número llamadas')
NFFT = length(x); % Número de puntos de la FFT
F = (0:1/NFFT:1-1/NFFT)*Fs; % Vector Frecuencia
TEMP = fft(x,NFFT)/NFFT; % Coeficientes de Fourier
TEMP(1) = 0; % Se remueve la componente DC
Y=2*abs(TEMP(1:NFFT)); % valor absoluto de los
coeficientes de Fourier

```

Tabla 18. Ubicación de la instrucción “Plot” en las líneas de código

```

figure(5)
stem(1./(F1(1:length(F1)/2)*60*60),Y(1:NFFT/4));
xlabel('Hora')
ylabel('Magnitud')
hold on
plot(24, 0, 'r.', 'MarkerSize',25);
hold off

```

Tabla 19. Ubicación de la instrucción “Stem” en las líneas de código

4.4.2 Ensayos y correcciones

Todo este avance requirió inevitablemente de una serie de modificaciones que se realizaron a raíz de los ensayos y los códigos que sirvieron de experimento, con el fin de darle forma y estructura al sistema de procesamiento en el período de diseño. Una vez se encontró la arquitectura final y secuencia de códigos que arrojarían los resultados esperados ya se podía dar por culminada esta laboriosa etapa.

Se realizaron otras simulaciones en virtud de probar con otros datos, si las respuestas del sistema eran satisfactorias y finalmente, con pruebas fehacientes se puede asegurar que toda la parte experimental, aunque tomó un tiempo valioso pero necesario, ayudó a ejecutar las correcciones pertinentes.

En la siguiente gráfica se puede observar la tabla de datos para uno de los ensayos, donde se reflejó una cantidad de llamadas por el orden de 3.500 por hora entre las 2pm y 5pm durante el rango de 15 días, donde se pudieron muestrear 301 conexiones en total, específicamente de lunes a viernes para poder identificar claramente el diferencial de los picos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U			
1	01/12/2013	12:00 a.m.	109	02/12/2013	12:00 a.m.	89	03/12/2013	12:00 a.m.	132	04/12/2013	12:00 a.m.	109	05/12/2013	12:00 a.m.	145	06/12/2013	12:00 a.m.	145	07/12/2013	12:00 a.m.	145	08/12/2013	12:00 a.m.	145
2	Domingo	01:00 a.m.	77	Lunes	01:00 a.m.	37	Martes	01:00 a.m.	44	Miércoles	01:00 a.m.	44	Jueves	01:00 a.m.	67	Viernes	01:00 a.m.	67	Sábado	01:00 a.m.	67	Domingo	01:00 a.m.	67
3		02:00 a.m.	52		02:00 a.m.	10		02:00 a.m.	27		02:00 a.m.	27		02:00 a.m.	21		02:00 a.m.	21		02:00 a.m.	21		02:00 a.m.	21
4		03:00 a.m.	19		03:00 a.m.	7		03:00 a.m.	9		03:00 a.m.	22		03:00 a.m.	19		03:00 a.m.	19		03:00 a.m.	19		03:00 a.m.	19
5		04:00 a.m.	32		04:00 a.m.	16		04:00 a.m.	21		04:00 a.m.	29		04:00 a.m.	28		04:00 a.m.	28		04:00 a.m.	28		04:00 a.m.	28
6		05:00 a.m.	50		05:00 a.m.	57		05:00 a.m.	104		05:00 a.m.	114		05:00 a.m.	97		05:00 a.m.	97		05:00 a.m.	97		05:00 a.m.	97
7		06:00 a.m.	166		06:00 a.m.	251		06:00 a.m.	390		06:00 a.m.	315		06:00 a.m.	294		06:00 a.m.	294		06:00 a.m.	294		06:00 a.m.	294
8		07:00 a.m.	343		07:00 a.m.	683		07:00 a.m.	776		07:00 a.m.	802		07:00 a.m.	807		07:00 a.m.	807		07:00 a.m.	807		07:00 a.m.	807
9		08:00 a.m.	696		08:00 a.m.	1722		08:00 a.m.	1921		08:00 a.m.	2042		08:00 a.m.	1621		08:00 a.m.	1621		08:00 a.m.	1621		08:00 a.m.	1621
10		09:00 a.m.	784		09:00 a.m.	2390		09:00 a.m.	2215		09:00 a.m.	2441		09:00 a.m.	2011		09:00 a.m.	2011		09:00 a.m.	2011		09:00 a.m.	2011
11		10:00 a.m.	981		10:00 a.m.	2283		10:00 a.m.	2345		10:00 a.m.	2447		10:00 a.m.	2018		10:00 a.m.	2018		10:00 a.m.	2018		10:00 a.m.	2018
12		11:00 a.m.	1091		11:00 a.m.	2103		11:00 a.m.	2203		11:00 a.m.	2364		11:00 a.m.	2058		11:00 a.m.	2058		11:00 a.m.	2058		11:00 a.m.	2058
13		12:00 p.m.	997		12:00 p.m.	2281		12:00 p.m.	2062		12:00 p.m.	2127		12:00 p.m.	1967		12:00 p.m.	1967		12:00 p.m.	1967		12:00 p.m.	1967
14		01:00 p.m.	953		01:00 p.m.	2167		01:00 p.m.	2264		01:00 p.m.	2044		01:00 p.m.	1717		01:00 p.m.	1717		01:00 p.m.	1717		01:00 p.m.	1717
15		02:00 p.m.	915		02:00 p.m.	3560		02:00 p.m.	3728		02:00 p.m.	3498		02:00 p.m.	3677		02:00 p.m.	3677		02:00 p.m.	3677		02:00 p.m.	3677
16		03:00 p.m.	848		03:00 p.m.	3625		03:00 p.m.	3465		03:00 p.m.	3350		03:00 p.m.	3390		03:00 p.m.	3390		03:00 p.m.	3390		03:00 p.m.	3390
17		04:00 p.m.	852		04:00 p.m.	3490		04:00 p.m.	3570		04:00 p.m.	3410		04:00 p.m.	3415		04:00 p.m.	3415		04:00 p.m.	3415		04:00 p.m.	3415
18		05:00 p.m.	875		05:00 p.m.	3510		05:00 p.m.	3650		05:00 p.m.	3449		05:00 p.m.	3470		05:00 p.m.	3470		05:00 p.m.	3470		05:00 p.m.	3470
19		06:00 p.m.	824		06:00 p.m.	2121		06:00 p.m.	1724		06:00 p.m.	1931		06:00 p.m.	1734		06:00 p.m.	1734		06:00 p.m.	1734		06:00 p.m.	1734
20		07:00 p.m.	839		07:00 p.m.	2011		07:00 p.m.	2223		07:00 p.m.	1841		07:00 p.m.	1663		07:00 p.m.	1663		07:00 p.m.	1663		07:00 p.m.	1663
21		08:00 p.m.	685		08:00 p.m.	1817		08:00 p.m.	1621		08:00 p.m.	1252		08:00 p.m.	1156		08:00 p.m.	1156		08:00 p.m.	1156		08:00 p.m.	1156
22		09:00 p.m.	574		09:00 p.m.	1196		09:00 p.m.	977		09:00 p.m.	868		09:00 p.m.	699		09:00 p.m.	699		09:00 p.m.	699		09:00 p.m.	699
23		10:00 p.m.	291		10:00 p.m.	546		10:00 p.m.	512		10:00 p.m.	500		10:00 p.m.	505		10:00 p.m.	505		10:00 p.m.	505		10:00 p.m.	505
24		11:00 p.m.	154		11:00 p.m.	220		11:00 p.m.	218		11:00 p.m.	223		11:00 p.m.	179		11:00 p.m.	179		11:00 p.m.	179		11:00 p.m.	179

Tabla 20. Tabla de muestras para ensayos

Luego de recrear esta tabla se llevaron a cabo las pruebas y los resultados gráficos se identifican a continuación.

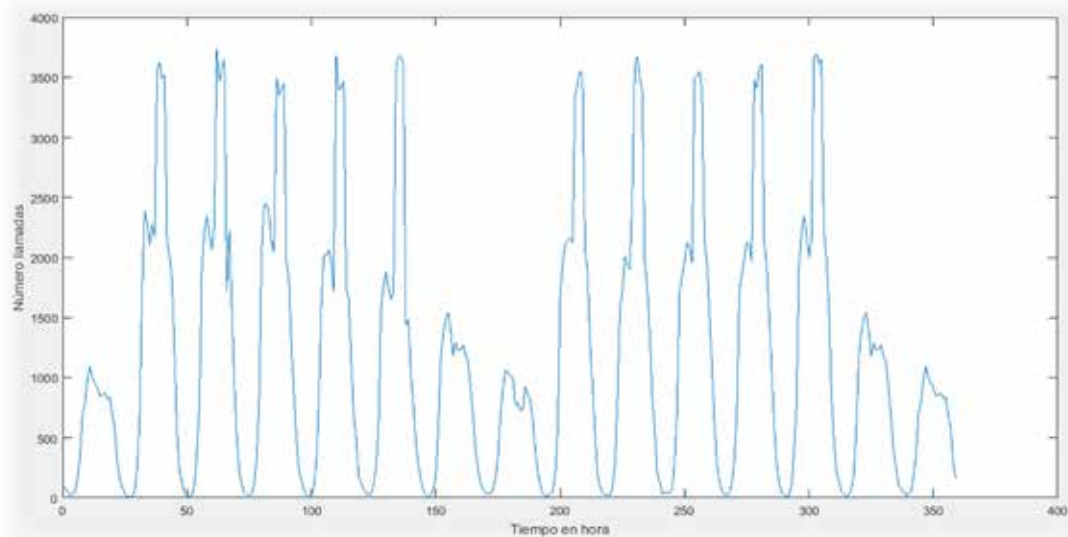


Gráfico 9. Número de llamadas en el dominio del tiempo para los ensayos

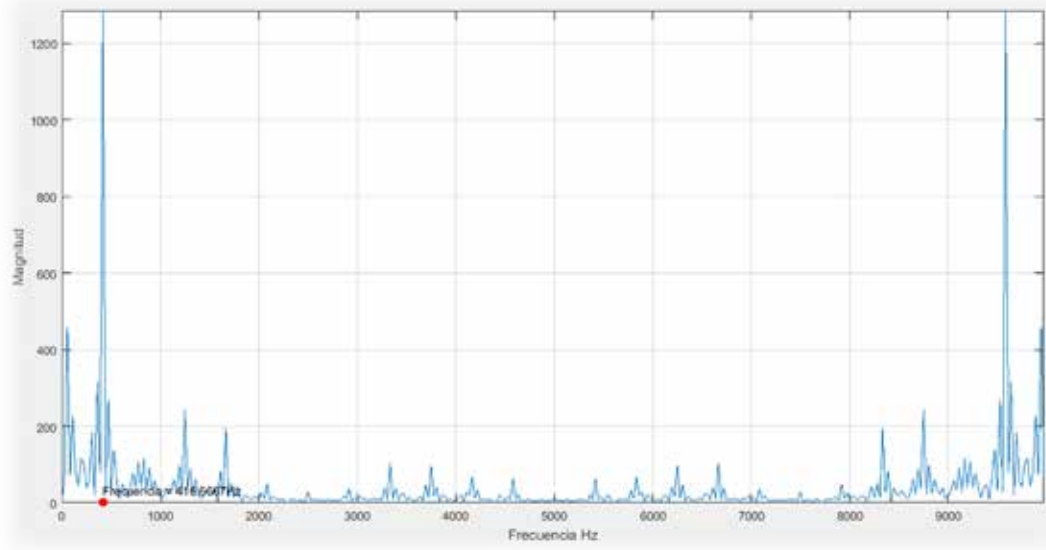


Gráfico 10. Frecuencia de muestreo del ensayo

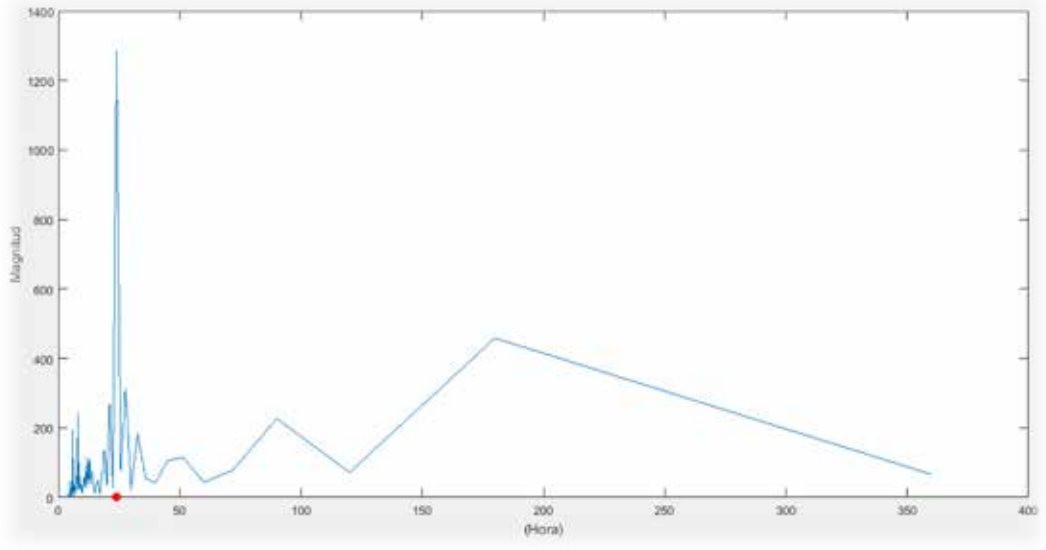


Gráfico 11. Frecuencia expresada en ciclos/hora del ensayo

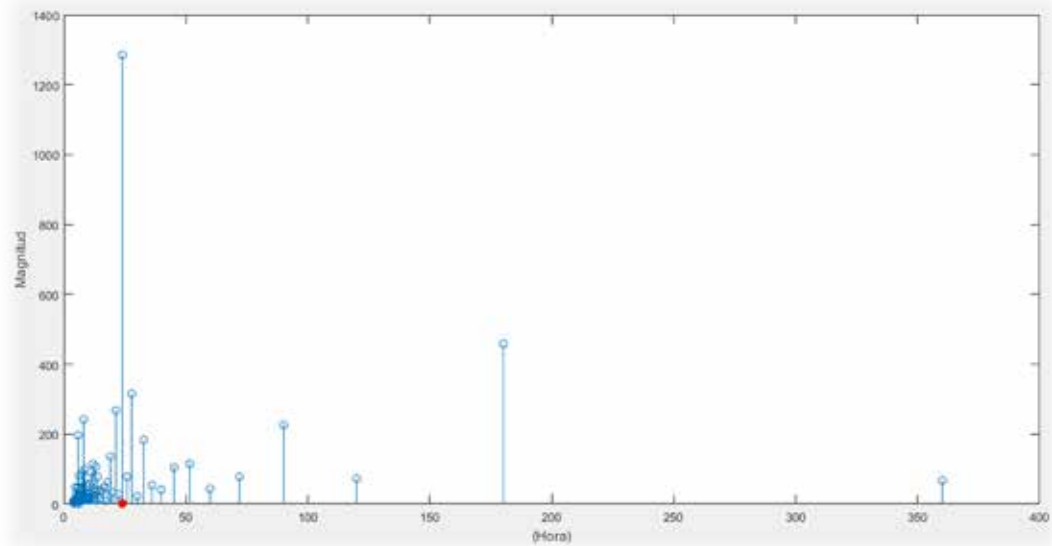


Gráfico 12. Frecuencia expresada en ciclos/hora del ensayo, en señal discreta

Con estas pruebas se lograron corregir varios detalles que se fueron suscitando en la medida que se iba avanzando. Sin más que comentar, con la culminación de este apartado se da por cerrado este capítulo.

CONCLUSIONES

Culminando la investigación se puede concluir que el proyecto es de naturaleza factible ya que se busca solventar una necesidad en base a un diagnóstico que se encuentra gracias a la consultaría y la entrevista de miembros de una empresa de servicio. Asimismo la recolección de datos fue de origen fidedigno y confidencial para la contribución de esta tesis.

Se puede concluir que las fases de la investigación fueron concernientes y dieron resultados satisfactorios, puesto que fueron derivadas de un planteamiento coherente y con objetivos viables.

Los recursos utilizados fueron más que suficientes y pertinentes para la procedencia de los objetivos.

La etapa experimental fue esencial para las correcciones del sistema de procesamiento digital. Se sometieron las pruebas al ensayo y error para filtrar cualquier situación inesperada en la lista de funciones del sistema.

Como conclusión final se puede agregar que esta investigación puede abrir camino al uso del análisis de Fourier como una herramienta que pueda ser automatizada para generar soluciones en el campo telefónico u otros.

RECOMENDACIONES

Al hacer un balance de todas las metas que se iban cumpliendo y todos los obstáculos que se iban superando, se fueron presentando diversas ideas que todavía, en la culminación de esta tesis, tienen más vigencia que nunca y como recomendaciones se pueden enumerar a continuación.

1. Es imperativo, que no mermen las investigaciones que puedan reflejar una mejoría en el servicio de telefonía, principalmente porque vivimos en un país que transita una terrible situación económica y un detrimento de la moral en general, lo que termina por acabar con las mejores intenciones de crecer en un país a nivel industrial y de querer siempre ofrecer el mejor servicio. Es por esta y otras razones que debemos exhortar a terceros, a que se aprovechen las ocasiones para ofrecer una idea que pueda mejorar algún proceso, que termine beneficiando a algún sector empresarial y por lo tanto a los ciudadanos.
2. Se puede recomendar además, gracias a los testimoniales, que se generen otras soluciones en las operaciones de telefonía donde se practique el análisis de Fourier, quizá para el área de mantenimiento de componentes u otros, con la intención de explorar el mayor alcance posible de una herramienta tan fundamental como la Transformada de Fourier. De esta manera se puede disminuir la complejidad en la faena de los operarios, basándose en herramientas de este tipo que podrían mitigar a gran escala este aspecto, perdiendo menos tiempo en los procesos y aumentando la capacidad de respuesta.
3. Por último, como sugerencia constructiva, acudir a los buenos oficios de la UJAP para que acondicione los computadores en pro de que la comunidad estudiantil pueda aprender y trabajar en plataformas como MatLab y se puedan permitir desarrollos de este tipo, apoyándose en su casa de estudio.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	TIEMPO									
	NOV DIC 2017	ENE 2018	FEB 2018	MAR 2018	ABR 2018	MAY 2018	JUN 2018	JUL 2018	AGOS 2018	TOTAL EN MESES
Aplicar las herramientas matemáticas y conceptuales necesarias para la mayor precisión en las lecturas arrojadas.	X	X								2
Diseñar un sistema que procese los datos de las señales en forma simple.			X	X						2
Recopilar la información requerida para desarrollar el sistema con la mayor eficacia, con los parámetros evaluados.					X	X				2
Elaborar los ensayos y/o correcciones necesarias, con la finalidad de verificar que cumpla con las expectativas deseadas.							X	X		2
Procesamientos en tiempo real.									X	1
Defensa de Trabajo de Grado.									X	1
TOTAL										10

Moreno, D. 2018

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Textuales

- Arias, F. (1999): **El proyecto de investigación**. Caracas. Quirón.
- Balestrini, M. (2006): **¿Cómo se elabora un proyecto de investigación?** Caracas. BL Consultores y asociados.
- Escobar, M. (2012): **Telefonía y conmutación**. México DF. Red tercer milenio.
- Hurtado de Barrera, J. (2010): **El proyecto de investigación**. Caracas. Quirón.
- Oppenheim, A. &Willsky, A. (2012): **Señales y sistemas**. USA. Prentice-Hall. Inc.
- Smith, S. (2011): **Guía del ingeniero para procesamiento digital de señales**. USA. California Technical Publishing.
- Tamayo y Tamayo, M. (1997): **El proceso de la investigación científica**. México DF. Limusa Noriega Editorial.

Electrónicos

- Antoulas, T. (2006): **Señales y sistemas**. USA, Rice University, Archivo PDF. Martes, 6 de Marzo 2018, 10:40 pm.
- Barragán, D. (2008): **Manual de interfaz gráfico de usuario en MatLab**. Ecuador. Archivo PDF. Lunes 5 de Marzo 2018, 9:10 pm.
- Weisstein, E. (2007): <http://www.mathworld.com/fastfouriertransform.html> Martes, 6 de Marzo 2018, 3:50 am.
- https://es.wikipedia.org/wiki/Transformada_de_Fourier Conceptos y fundamentos básicos de la Transformada de Fourier. Lunes, 5 de Marzo 2018, 8:30 pm.
- https://es.wikipedia.org/wiki/Transformada_r%C3%A1pida_de_Fourier Definiciones y algoritmos de la Transformada Rápida de Fourier. Lunes, 5 de Marzo 2018, 9:00pm
- https://en.wikipedia.org/wiki/Cooley%E2%80%93Tukey_FFT_algorithm Descripción de la Transformada Rápida de Fourier por el método de Cooley- Tukey. Lunes, 5 de Marzo 2018, 10:00 pm.