



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

**Diseño e implementación de un sistema de adquisición de
parámetros para la caracterización de la red de cobre de la Empresa
ETAPA EP**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico

Autores:

Xavier Miguel Pesántez Loyola

José Alfredo Sarmiento Condo

Director:

Edgar Rodrigo Pauta Astudillo

Cuenca - Ecuador

2012

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi familia,
que de cierta manera ha formado parte de mis logros
a lo largo de toda mi trayectoria universitaria,
y una dedicación especial a mi madre quien me
ha dado el apoyo constante para alcanzar todas las
metas que me he propuesto.

Xavier Pesántez

Dedicatoria

Este trabajo se le dedico a Dios que fue quien me guió,
a mi madre que supo llenarme de valor y lucha constante
para no rendirme ante cualquier adversidad
y a cada uno de los maestros que supieron dotarnos
de conocimientos y destrezas a lo largo de
nuestra carrera universitaria.

José Sarmiento

Agradecimientos

Agradecemos mucho el apoyo de nuestros docentes, por haber formado en nosotros personas de calidad, exigiendo siempre el profesionalismo en cada tarea ejecutada. Un agradecimiento especial al Ing. Leonel Pérez por la motivación constante para llegar a cumplir nuestras metas y al Ing. Mgtr. Edgar Pauta por permitir el cumplimiento de éste trabajo de graduación.

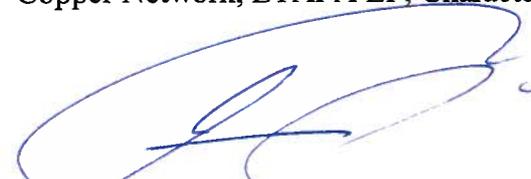
17/10/12

ABSTRACT

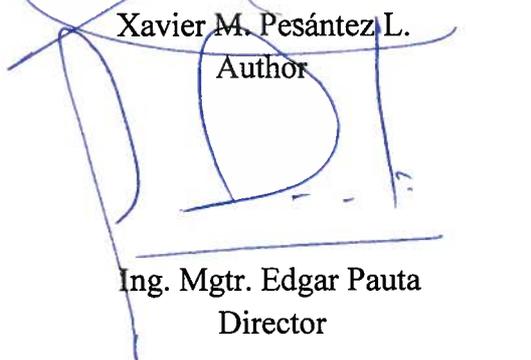
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR PARAMETER ACQUISITION FOR CHARACTERIZATION OF THE COPPER NETWORK IN ETAPA EP COMPANY

This document shows a System for Electrical Parameter Acquisition for a copper network in operation, where electrical parameters are employed, such as Loop Resistance, Distance, Capacitance, Impedance to the Characteristic, and Attenuation in any of the segments of the copper cable, whether it is a Primary, Secondary or Tertiary Network. For the acquisition of the parameters we employed *MyDAQ* data acquisition card, property of *National Instruments*, with the aid of an external hardware card in order to achieve the conditions of acquisition. The software is built on *LabVIEW 2009 (National Instruments)*, where the parameters are acquired and managed. This provides the possibility of creating a data base in SQL language. The data is stored in Microsoft Access.

Key Words: External Plant, ADSL, MyDAQ, Acquisition, Parameters, Copper Network, ETAPA EP, Characterization.



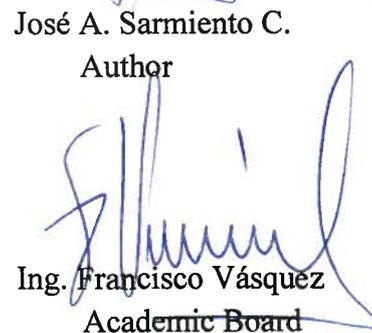
Xavier M. Pesántez L.
Author



Ing. Mgr. Edgar Pauta
Director



José A. Sarmiento C.
Author



Ing. Francisco Vásquez
Academic Board



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS



Translated by,
Diana Lee Rodas

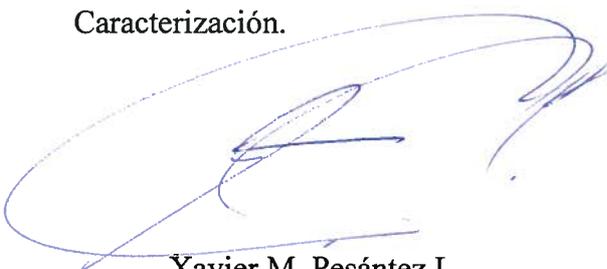
Resumen
17/10/12

RESUMEN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE COBRE DE LA EMPRESA ETAPA EP

Este documento muestra un Sistema de Adquisición de Parámetros Eléctricos de una red de cobre en funcionamiento, en donde se abarcan parámetros eléctricos como Resistencia de Bucle, Distancia, Capacitancia, Impedancia Característica y Atenuación de cualquier tramo del tendido del cable de cobre, ya sea Red Primaria, Secundaria o Tercera Línea. Para la adquisición de parámetros se utiliza una tarjeta de adquisición de datos *MyDAQ* propiedad de *National Instruments*, con la ayuda de una tarjeta de hardware externo para lograr las condiciones de adquisición. El software está construido en *LabVIEW 2009 (National Instruments)* en donde se adquieren y manejan los parámetros. Este a su vez proporciona la posibilidad de crear una base de datos en lenguaje SQL, almacenando los datos en Microsoft Access.

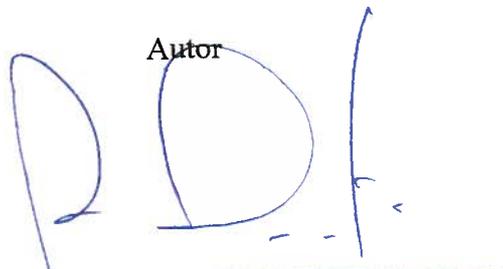
Palabras Clave: Planta Externa, ADSL, MyDAQ, Red de Cobre, ETAPA EP, Caracterización.



Xavier M. Pesántez L.



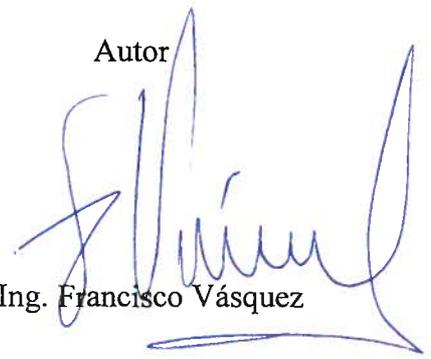
José A. Sarmiento C.



Autor

Ing. Mgtr. Edgar Pauta

Director



Autor

Ing. Francisco Vásquez

Junta Académica

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de Ilustraciones.....	xi
Índice de Tablas.....	xiv
Índice de Anexos.....	xv
Introducción.....	1
Capítulo I: ESTRUCTURA DE LA RED DE COBRE	
1.1. Introducción.....	3
1.2. Estructura de la red de Planta Interna.....	3
1.3. Estructura de la red de Planta Externa.....	4
1.3.1. Red Primaria.....	5
1.3.2. Red Secundaria.....	6
1.3.3. Red de Dispersión o Abonado.....	6
1.3.4. Arquitectura de la Red.....	6
1.4. Parámetros de la Red.....	8
1.4.1. Resistencia.....	8
1.4.2. Resistencia de Bucle.....	9
1.4.3. Desequilibrio Resistivo.....	9
1.4.4. Resistencia de Continuidad de Pantalla.....	10
1.4.5. Capacitancia.....	11
1.4.6. Inductancia.....	14
1.4.7. Impedancia Característica.....	15
1.4.8. Atenuación.....	16
1.5. DSL.....	18
1.5.1. Introducción.....	18
1.5.2. Características.....	19
1.5.3. ADSL.....	21
1.5.3.1. Funcionamiento.....	21
1.5.3.2. RADSL.....	23
1.5.3.3. ADSL2 y ADSL2+.....	24

1.5.3.4. CDSL.....	25
1.5.3.5. HDSL.....	26
1.5.3.6. HDSL2 o SHDSL.....	27
1.5.3.7. SDSL.....	27
1.5.3.8. VDSL.....	27
1.6. Botellón.....	29
1.6.1. Distribución Botellón.....	29
1.6.2. Plano.....	30
1.7. Conclusión.....	30

Capítulo II: HARDWARE

2.1. Introducción.....	31
2.2. Partidor de tensión.....	31
2.2.1. Funcionamiento.....	31
2.3. Multivibrador 555.....	33
2.3.1. Características.....	33
2.3.2. Funcionamiento.....	34
2.3.3. Multivibrador Aestable.....	35
2.4. Conmutador Digital HEF4066B.....	37
2.4.1. Concepto.....	37
2.4.2. Características Técnicas.....	37
2.4.3. Funcionamiento.....	39
2.4.4. Distribución de Pines.....	41
2.5. Generador de Funciones XR-2206.....	42
2.5.1. Introducción.....	42
2.5.2. Concepto.....	42
2.5.3. Características.....	43
2.5.4. Funcionamiento.....	46
2.6. MyDAQ.....	48
2.6.1. Introducción.....	48
2.6.2. Características Técnicas.....	49
2.7. Desarrollo del Hardware.....	56
2.7.1. Medición de Resistencia de Bucle.....	56
2.7.2. Medición de Capacitancia.....	57
2.7.3. Cálculos de basados en Resistencia de Bucle y Capacitancia.....	61
2.7.3.1. Calculo de Distancia.....	61
2.7.3.2. Calculo de Impedancia Característica.....	61
2.7.3.3. Calculo de Atenuación.....	62
2.7.4. Conmutación del Par bajo Prueba.....	62

2.7.5. Esquema y PCB del hardware de Adquisición de Parámetros..... 63
 2.8. Conclusión..... 63

Capítulo III: DESARROLLO DE SOFTWARE

3.1. Introducción..... 64
 3.2. La herramienta gráfica LabVIEW..... 64
 3.2.1. Programación gráfica de flujo de datos..... 65
 3.2.2. Beneficios de la programación G..... 66
 3.2.2.1. Programación gráfica intuitiva..... 66
 3.2.3. Paralelismo y rendimiento automáticos..... 67
 3.2.4. Combinando G con otros lenguajes..... 68
 3.3. Desarrollo de Software..... 70
 3.3.1. Autenticación de Usuario..... 70
 3.3.2. Adquisición de Resistencia de Bucle..... 72
 3.3.3. Cálculo de Distancia..... 74
 3.3.4. Adquisición de Capacitancia..... 75
 3.3.5. Cálculo de Atenuación..... 80
 3.3.6. Cálculo de Impedancia Característica..... 81
 3.3.7. Gráfica de Atenuación vs Distancia..... 82
 3.3.8. Simulación gráfica del Sistema..... 84
 3.3.9. Finalización del Sistema de Adquisición..... 85
 3.4. Conclusión..... 87

Capítulo IV: BASE DE DATOS

4.1. Introducción..... 88
 4.2. El lenguaje SQL..... 88
 4.2.1. Orígenes..... 88
 4.2.2. Características generales del SQL..... 90
 4.2.3. Lenguaje de definición de Datos (DDL)..... 91
 4.2.3.1. Comando CREATE..... 91
 4.2.3.2. Comando ALTER..... 92
 4.2.3.3. Comando DROP..... 92
 4.2.3.4. Comando TRUNCATE..... 92
 4.2.4. Lenguaje de Manipulación de Datos (MDL)..... 93
 4.2.4.1. Comando INSERT..... 93
 4.2.4.2. Comando SELECT..... 96
 4.2.4.3. Comando UPDATE..... 96
 4.2.4.4. Comando DELETE..... 97
 4.2.4.5. Disparadores..... 97

4.3. Desarrollo de la Base de Datos.....	97
4.3.1. Finalización del Sistema de Adquisición.....	97
4.3.2. Proceso de creación de la Base de Datos.....	99
4.4. Conclusión.....	104

Capítulo V: RESULTADOS DEL SISTEMA

5.1. Introducción.....	106
5.2. Parámetros Recomendados.....	106
5.3. Resultados.....	107
5.4. Conclusión.....	118

Conclusiones.....	119
-------------------	-----

Bibliografía.....	121
-------------------	-----

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Capítulo I: ESTRUCTURA DE LA RED DE COBRE

Figura 1.1: Estructura de la red de Planta Interna.....	4
Figura 1.2: Red Primaria.....	5
Figura 1.3: Red Secundaria.....	6
Figura 1.4: Esquema de la Red	7
Figura 1.5: Arquitectura de la Red de Cobre	7
Figura 1.6: Circuito Simétrico	8
Figura 1.7: Pruebas de Desequilibrio Resistivo	10
Figura 1.8: Continuidad de Pantalla.....	10
Figura 1.9: Capacitancia entre Hilos.....	12
Figura 1.10: Ecuaciones de Capacitancia	12
Figura 1.11: Tipos de Fallas en los pares.....	13
Figura 1.12: Efectos de Inductancia.....	14
Figura 1.13: Impedancia Característica vs Frecuencia	15
Figura 1.14: Tabla de Impedancias	16
Figura 1.15: Atenuación.....	17
Figura 1.16: Ecuaciones de Atenuación.....	17
Figura 1.17: Tabla de Atenuación.....	18
Figura 1.18: Tipos de Tecnologías xDSL	20
Figura 1.19: Características Tecnologías xDSL	20
Figura 1.20: Splitter	22
Figura 1.21: Arquitectura ADSL	22
Figura 1.22: Arquitectura ADSL - abonado.....	23
Figura 1.23: Variación de Ancho de Banda de canales - RADSL	24
Figura 1.24: ADSL vs ADSL2+	25
Figura 1.25: Comparación de pares de Cobre vs ADSL.....	26
Figura 1.26: Arquitectura VDSL	28
Figura 1.27: Canales de Transmisión.....	29

Capítulo II: HARDWARE

Figura 2.1: Divisor de Tensión	32
--------------------------------------	----

Figura 2.2: Formula de un Partidor de Tensión32

Figura 2.3: Estructura Interna 55534

Figura 2.4: Periodo Multivibrador Aestable35

Figura 2.5: Multivibrador Aestable.....36

Figura 2.6: Formulas Multivibrador Aestable.....36

Figura 2.7: Interruptores del HEF4066B38

Figura 2.8: Diagrama Interno del Conmutador Digital HEF4066B.....38

Figura 2.9: Esquema Interno HEF4066B.....40

Figura 2.10: R_{ON} vs Voltaje de Entrada.....41

Figura 2.11: Distribución de Pines.....41

Figura 2.12: Características Generales y de Oscilación.....44

Figura 2.13: Distribución de Pines.....45

Figura 2.14: Diagrama Interno XR220646

Figura 2.15: Circuito de Conexión para barrido de Frecuencias47

Figura 2.16: Circuito externo para generación de forma de onda senoidal.....48

Figura 2.17: Tarjeta de Adquisición de datos MyDAQ49

Figura 2.18: Conexión diferencial de tierra con referencia a la conexión50

Figura 2.19: Conexión diferencial para fuentes de señal flotante con una resistencia.....51

Figura 2.20: Conexión diferencial para fuentes de señal flotante con dos resistencias51

Figura 2.21: Distribución de pines de MyDAQ52

Figura 2.22: Multímetro Digital.....55

Figura 2.23: Software Multímetro Digital55

Figura 2.24: Partidor de Tensión para medición de Resistencia de Bucle57

Figura 2.25: XR-2206 en configuración FSK58

Figura 2.26: Multivibrador Aestable 555 como fuente de señal FSK.....59

Figura 2.27: Esquema del XR-2206 de frecuencia variable y conmutación de resistencias...60

Figura 2.28: Triangulo de Voltajes del circuito serie RC60

Capítulo III: DESARROLLO DE SOFTWARE

Figura 3.1: Bucle While en G65

Figura 3.2: Datos de Origen, Análisis y Almacenamiento.....67

Figura 3.3: Código de LabVIEW FPGA.....68

Figura 3.4: Formule Node en LabVIEW69

Figura 3.5: MathScript Node en LabVIEW70

Figura 3.6: Block Diagram del Sistema de Autenticación de Usuario.....71

Figura 3.7: Front Panel del Sistema de Autenticación de Usuario71

Figura 3.8: Proceso de Adquisición de Resistencia de Bucle73

Figura 3.9: Indicador Numérico en la Pantalla Frontal del Sistema73

Figura 3.10: Proceso de Adquisición de Resistencia de Bucle74

Figura 3.11: Indicador Numérico de Distancia del par de abonado en el panel frontal74

Figura 3.12: Proceso de Adquisición Resistencia de Bucle y Distancia de Par de Abonado .75

Figura 3.13: Subproceso de Adquisición de Capacitancia a frecuencia de 1kHz76

Figura 3.14: Subproceso de Adquisición de Capacitancia a frecuencia de 100kHz77

Figura 3.15: Subproceso de Adquisición de Capacitancia a frecuencia de 1MHz78

Figura 3.16: Indicador Numérico de Capacitancia del par de abonado78

Figura 3.17: Subproceso para promediar Capacitancias a diferentes frecuencias79

Figura 3.18: Adquisición de Capacitancia del par de abonado80

Figura 3.19: Indicador Numérico de Atenuación en el panel frontal del sistema81

Figura 3.20: Diagrama de Bloques del cálculo de Atenuación del par de abonado.....81

Figura 3.21: Diagrama de Bloques del cálculo de Impedancia característica del par.....82

Figura 3.22: Indicador Numérico de la Impedancia Característica en el panel frontal.....82

Figura 3.23: Diagrama de Bloques del Rotulado del eje “X” en la gráfica At. vs Distancia..83

Figura 3.24: Diagrama de Bloques del Rotulado del eje “Y” en la gráfica At. vs Distancia..83

Figura 3.25: Diagrama de Bloques de la construcción de la grafica de At. Vs Distancia.....84

Figura 3.26: Gráfica de Atenuación vs Distancia en el Panel Frontal84

Figura 3.27: Simulación gráfica de la adquisición de parámetros del Sistema.....85

Figura 3.28: Simulación gráfica en el panel frontal del Sistema85

Figura 3.29: Diagrama de Bloques de la finalización del Sistema de Adquisición86

Figura 3.30: Diagrama de Bloques del subproceso correspondiente al Case 2 del Sistema ...87

Capítulo IV: BASE DE DATOS

Figura 4.1: Ejemplo para crear un tabla.....91

Figura 4.2: Sintaxis del Comando ALTER.....92

Figura 4.3: Sintaxis del Comando DROP92

Figura 4.4: Sintaxis del Comando TRUNCATE.....93

Figura 4.5: Sintaxis del Comando INSERT en la forma básica.....93

Figura 4.6: Sintaxis del Comando INSERT en la forma acortada94

Figura 4.7: Sintaxis del Comando INSERT en forma avanzada.....94

Figura 4.8: Ejemplo del Comando INSERT para copiar datos entre tablas.....95

Figura 4.9: Ejemplo del Comando INSERT para copiar algunos datos entre tablas95

Figura 4.10: Sintaxis del Comando SELECT96

Figura 4.11: Sintaxis del Comando UPDATE96

Figura 4.12: Sintaxis del Comando DELETE.....97

Figura 4.13: Boton “FINALIZAR” y el “Case Structure” asociado98

Figura 4.14: Cuadro de Dialogo del “Prompt User to Input”98

Figura 4.15: “Case Structure” en el “Case False”99

Figura 4.16: Diagrama de Bloques del “Two Button Dialog”100

Figura 4.17: Cuadro de Dialogo del “Two Button Dialog”100

Figura 4.18: “Case False” al pulsar el botón “Cancel” del cuadro de Dialogo101

Figura 4.19: DB Tools Open Connection con el “Path” respectivo del archivo DSN.....101

Figura 4.20: DB Tools Insert Data con los parámetros ingresados en tabla BDETAPAEP .102

Figura 4.21: DB Tools Close Connection.....103

Figura 4.22: Base de Datos en Microsoft Access103

Figura 4.23: Diagrama de Bloques de la creación de la Base de Datos “BDETAPAEP”104

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo I: ESTRUCTURA DE LA RED DE COBRE

Tabla 1.1: Valores de Resistencia de Bucle9

Tabla 1.2: Mediciones entre el par de cobre y pantalla.....11

Tabla 1.3: Ecuaciones de parámetros resistivos.....11

Tabla 1.4: Características Técnicas HDSL26

Tabla 1.5: Distribución Botellón #22 Central Centro30

Capítulo II: HARDWARE

Tabla 2.1: Especificaciones Técnicas39

Tabla 2.2: Distribución de Pines45

Tabla 2.3: Especificaciones Técnicas de entradas Analógicas52

Tabla 2.4: Salida Analógica53

Tabla 2.5: Especificaciones Técnicas de salidas Analógicas.....53

Tabla 2.6: Contador / temporizador de señales56

Capítulo IV: BASE DE DATOS

Tabla 4.1: Modificaciones del SQL a lo largo del tiempo89

Capítulo V: RESULTADOS DEL SISTEMA

Tabla 5.1: Valores recomendados en Parámetros Eléctricos de Par de Abonado106

Tabla 5.2: Resultados de la Medición con el Sistema de Adquisición de Parámetros107

Tabla 5.3: Resultados con el Medidor Digital de Alta Precisión (Fluke)112

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano del Botellón # 22 de 1200 pares de la Central Centro123

Anexo 2: Esquema del Sistema de Adquisición124

Anexo 3: PBC del Sistema de Adquisición125

Xavier Miguel Pesántez Loyola

José Alfredo Sarmiento Condo

Trabajo de Graduación

Ing. Mgtr. Edgar Pauta Astudillo

Octubre 2012

INTRODUCCIÓN

La medición de los parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP es una tarea difícil, debido a que el departamento técnico necesita un equipo de medición de alta precisión, el cual solo puede realizar una medición a la vez, esto implica que para poder tener la caracterización de un par de cobre se necesita implementar un tiempo bastante elevado lo cual dificulta y en cierta forma incomoda la medición completa de los parámetros eléctricos del par de abonado.

Para tratar de reducir el tiempo en estas mencionadas mediciones y optimizar los recursos técnicos, se pretende construir un sistema de adquisición de parámetros eléctricos de la red de cobre integrado, el cual al conectar el par de abonado a dicho sistema se encargará de realizar todas las mediciones de los parámetros eléctricos del cobre sin tener que modificar alguna escala o mucho menos cambiar de tipo de medición, debido a que este sistema integrado permite automáticamente medir diferentes parámetros sin modificación alguna.

Para la construcción de este sistema se utilizarán algunas herramientas de hardware y software que nos permitirán adquirir y visualizar todos los parámetros eléctricos de la red de cobre de ETAPA EP, entre ellos se encuentra la tarjeta de adquisición de datos MyDAQ de National Instruments como parte de hardware además del hardware externo adicional que proporcionará los medios para la adquisición de datos y LabVIEW 2009 de National Instruments como parte del software que nos proporcionará el manejo y la visualización de los datos adquiridos, además este software nos permite crear un sistema de Bases de Datos

en lenguaje SQL para poder almacenar los datos medidos en Microsoft Access también como parte del software. Este sistema se proyecta a reemplazar a los equipos de medición convencionales que además de tener baja optimización tienen costos muy elevados comparados con los costos de implementación de este sistema.

CAPITULO I

ESTRUCTURA DE LA RED DE COBRE

1.1. Introducción

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca “ETAPA EP”, actualmente brinda los servicios de telefonía fija con redes de nueva generación “Red NGN”; e internet banda ancha por la red de cobre con tecnología ADSL, ADSL+, ADSL2+. Desde que ETAPA EP comenzó con estos servicios ha existido gran acogida y un incremento notable de abonados. Está distribuida por toda el área urbana y parte del área rural de la ciudad de Cuenca, brindando una amplia cobertura a su población con servicios de telecomunicaciones. En este capítulo se muestra la arquitectura de la red de cobre de planta externa desde que nace el servicio hasta la última milla; nos concentraremos en la red primaria para el diseño y pruebas pertinentes del proyecto.

1.2. Estructura de la Red de Planta Interna

El repartidor o Central (MDF “Main distribution frame”), interconecta entre planta interna y planta externa en la central telefónica mediante equipos. Generalmente se ubica en la planta baja del edificio de la central. Está básicamente formada por: software mediante un sistema operativo y base de datos con información en tablas; y hardware que comprende la conmutación a la que se conectan una cierto número de módulos dependiendo de la dimensión de la red; y control mediante técnicas digitales.

El distribuidor posee uno o más bastidores a lo largo de la central, donde se encuentran paneles para hilos horizontales que se conectan a los equipos e hilos verticales que van hacia la red primaria. Al momento de una instalación se realiza una interconexión entre dichos paneles para dar continuidad al enlace.

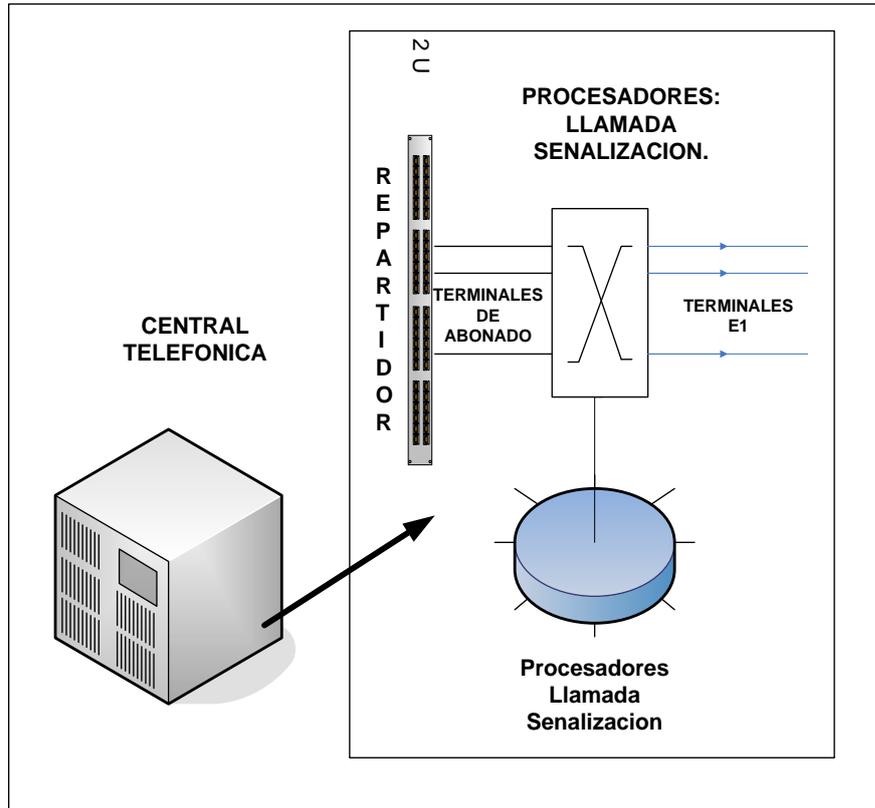


Figura 1.1. Estructura de la red de planta interna.

1.3. Estructura de la Red de Planta Externa

Planta externa en términos de telecomunicaciones es el conjunto de medios que enlazan la central telefónica con los abonados. La arquitectura de la red se compone por: cámaras, tendidos, postes, armarios, equipos y productos que hacen que un enlace llegue a su destino final. La Planta Externa abarca lo que se encuentra incluido entre el Repartidor Principal (MDF: “main distribution frame”), de la central telefónica y la última milla que ingresan a edificios o casas para brindar el servicio.

El par de cobre destinado a cada cliente no se dirige directamente desde el hogar hasta la central. Hay tramos de comunicaciones constituidos por hilos de par trenzado, para un óptimo mantenimiento y utilización, las mismas que se detallan a continuación.

1.3.1. Red Primaria

Es toda la red que nace desde el repartidor (MDF) por medio de una serie de cables de 1.200, 1.500, 1.800, y 2.400 pares de cobre, conocidos también como botellones, hasta el armario (comúnmente de 300 pares) correspondiente de un distrito (cubre segmentos rectangulares de 80000 m²).

Estos cables primarios en el caso de la Empresa Etapa EP se identifican con un número de: botellón, regleta del repartidor, armario, pares de dicho cable y la central a la que pertenece. Para la ubicación de un armario se recomienda hacerlo en la 1/3 parte definida por los dos extremos de sus cajas pertenecientes a ese distrito, con el fin de optimizar recursos con respecto a distancias de los cables primarios y secundarios.

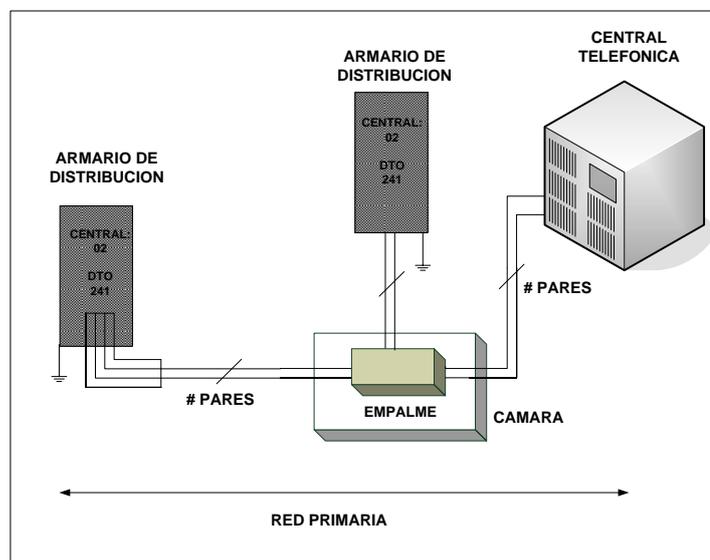


Figura 1.2. Red Primaria

Los elementos de la red primaria básicamente son:

- **Bloques**, se utilizan en los armarios de 100 pares cada uno.
- **Empalmes**, utilizado para la distribución de la red a diferentes puntos. En empalmes mayores a 200 pares se usa un módulo (reellenos de gelatina y petróleo) de conexión de 25 pares.
- **Cables**, generalmente son de 200, 300, 600, 900, 1200 pares para redes subterráneas y de 100 pares para redes secundarias.
- **Herrajería en Cámaras**, se colocan consolas en cada cara lateral de la cámara.

1.3.2. Red Secundaria

Esta red nace desde el armario hasta un punto llamado cajas de distribución. Dicho trayecto puede ser aéreo, subterráneo o adosado dependiendo el lugar en que se encuentra y la infraestructura de la red.

La caja terminal generalmente es de 10 pares (en algunos casos hasta 20 pares). Estas pueden ser: exteriores, ubicadas en los postes e interiores que se instalan en edificios con varias decenas de pares o en mini postes para lugares privados. La red secundaria siempre es de mayor capacidad que la red primaria por motivos de flexibilidad y mantenimiento.

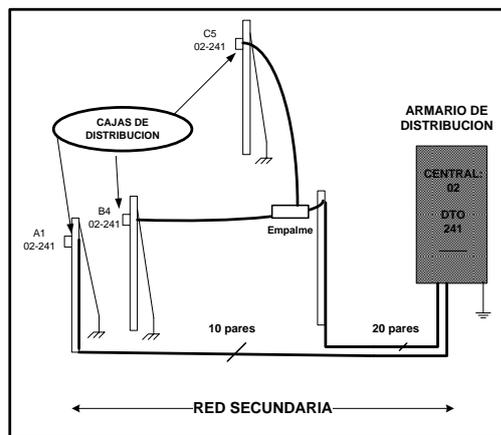


Figura 1.3. Red Secundaria

La relación entre la red primaria y la red secundaria, es del 70 %, es decir, que de cien pares secundarios, setenta tendrán conexión con la red primaria.

1.3.3. Red de Dispersión o Abonado

La red de dispersión es el tramo final que conecta finalmente al abonado para brindar los diferentes servicios; conocida también como acometida o tercera línea y nace de cada una de las cajas de la red secundaria.

1.3.4. Arquitectura de la Red

Una vez explicada cada tramo de un enlace de la red telefónica, podemos ver de una manera gráfica la arquitectura de la red de principio a fin. La red directa primaria se utiliza en enlaces para edificios o condominios que tienen su red privada propia, con su armario de distribución y su red interna.

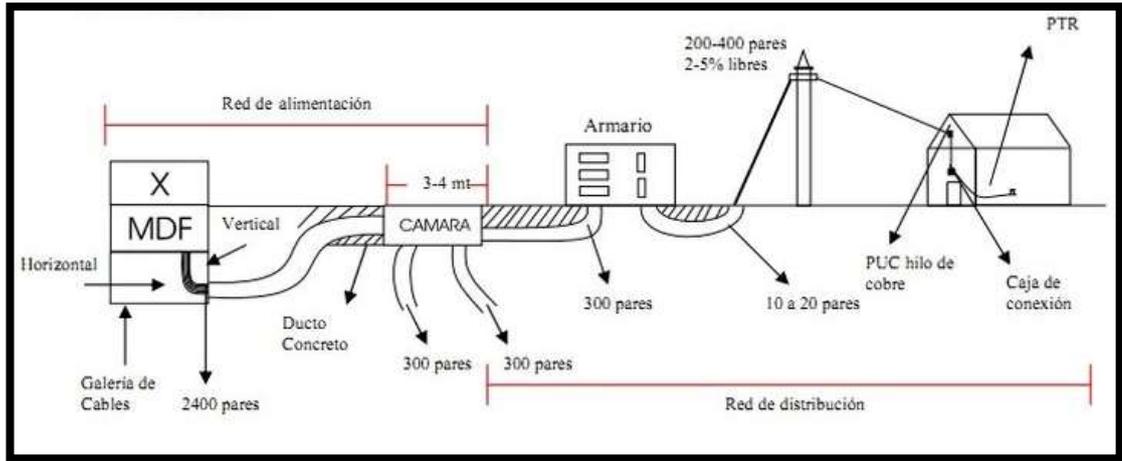


Figura 1.4. Esquema de la red

En el grafico se observa toda la red de planta externa, pero veamos la red de planta interna que esta interconectada completando así toda la arquitectura de la red.

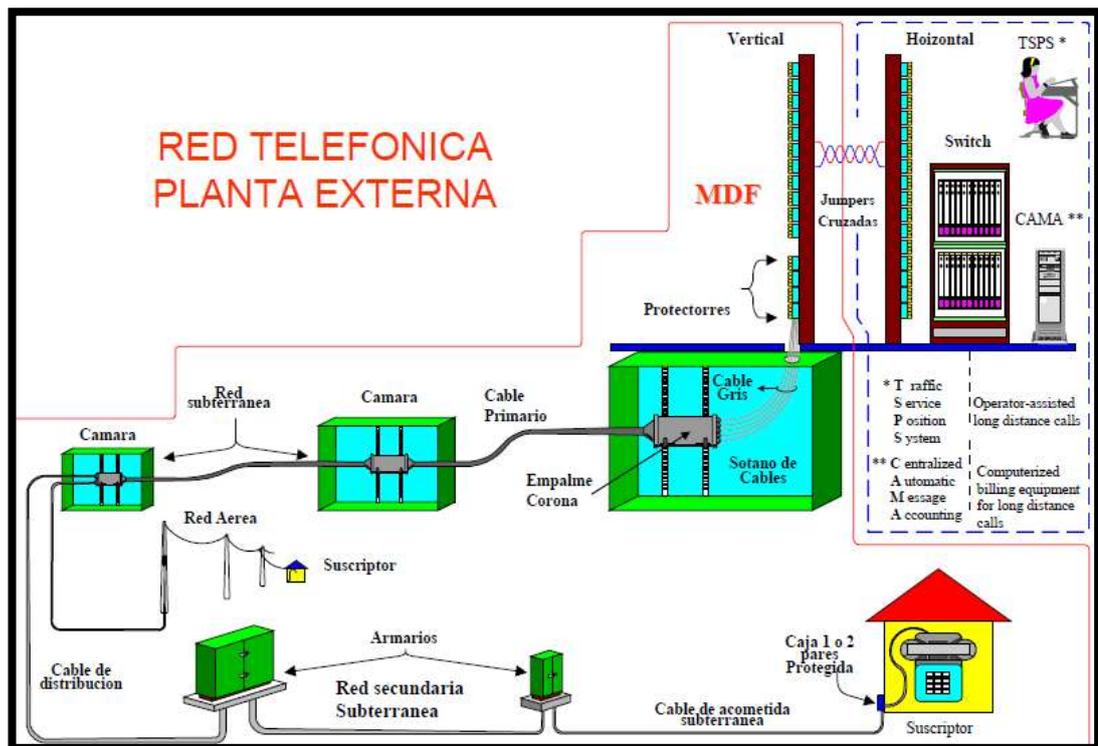


Figura 1.5. Arquitectura de la Red de Cobre

Fuente: Red de Conmutación Publica, Edwin Ramón Lacayo, 2010.

1.4. Parámetros de la Red

Un circuito simétrico se compone de dos hilos entorchados entre sí, (distancia homogénea entre sus conductores) y conectados a tierra. El hilo conductor tiene características eléctricas de resistencia e inductancia básicamente, y a su vez, entre el par de cobre generan una capacitancia simétrica y una resistencia de aislamiento.

Un circuito puede entonces ser esquematizado de la siguiente manera:

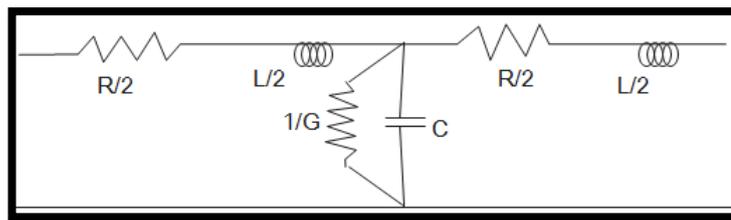


Figura 1.6. Circuito Simétrico

Fuente: Telecomunicaciones, Planta externa, Msc. Edgar Pauta, UDA, 2011.

R = Resistencia lineal [Ω/km]

C= Capacitancia lineal [Faradios/km]

L = Inductancia lineal [H/km]

G = Conductancia lineal (inversa de la resistencia) [Mho/km]

1.4.1. Resistencia

La resistencia es la oposición al paso de la corriente eléctrica. En la red de cobre depende de parámetros como: temperatura, frecuencia, diámetro del conductor, longitud, entre otros, que hacen que su valor resistivo varíe. En una red de cobre sea esta telefónica o de datos se presentan parámetros resistivos muy importantes de los que se depende para un funcionamiento eficiente del servicio. Todos estos parámetros se detallan a continuación.

1.4.2. Resistencia de bucle

Este parámetro nos sirve para identificar la longitud del cable. Para realizar esta medición se requiere un cortocircuito al extremo lejano y en el extremo cercano un óhmetro, cumpliendo con los valores límite por definición según el calibre del conductor.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = \Omega \qquad S = \frac{\pi}{4} \cdot \phi^2$$

R = Resistencia de bucle [Ω].

ρ = Resistividad del cobre [0.0174 Ω mm²/m]

L = Longitud del cable [m].

S = Sección del conductor [mm²].

Servicios	Resistencia de bucle	Conductor de 0.4mm. 26 AWG	Conductor de 0.5mm. 24 AWG
Servicio de Voz	$\leq 1300 \Omega$	4,28 km.	6,74 km.
Servicio XDSL hasta 64 kbps	$\leq 1000 \Omega$	3,57 km.	5,61 km.
Servicio XDSL hasta 2 Mbps	$\leq 600 \Omega$	2,14 km.	3,37 km.
Servicio XDSL hasta 8 Mbps	$\leq 400 \Omega$	1,40 km.	2,20 km.

Tabla 1.1. Valores de Resistencia de bucle.

1.4.3. Desequilibrio Resistivo

Es la diferencia de resistencia entre la línea A y la línea B del par; el valor no debe exceder de 17 Ω y debe ser menor al 2% de la resistencia de bucle, por lo contrario el cable presenta un alto nivel de inducción produciendo distorsiones en la calidad del par.

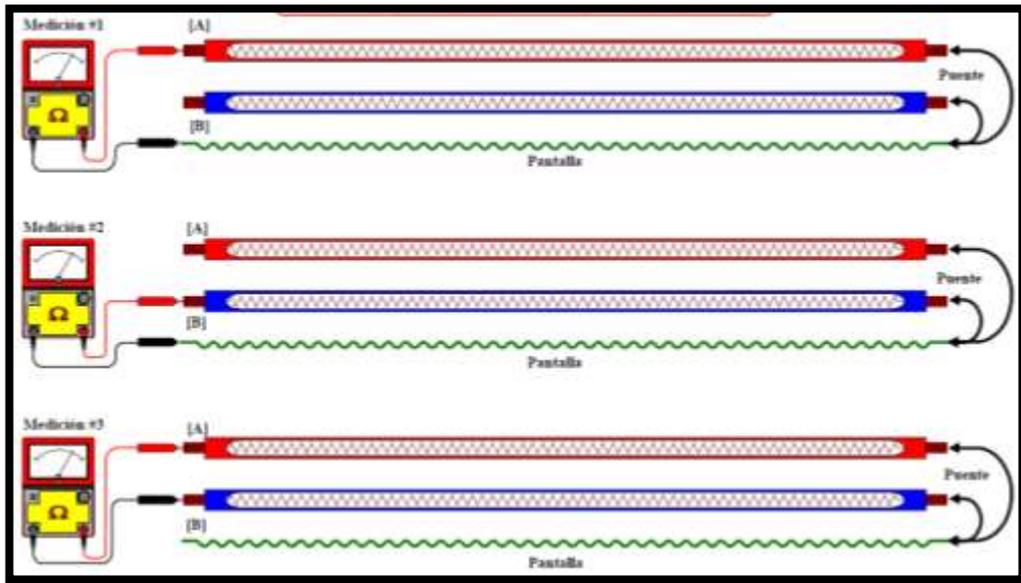


Figura 1.7. Pruebas de desequilibrio Resistivo

Fuente: Telecomunicaciones, Planta externa, Msc. Edgar Pauta, UDA, 2011.

Para un cable en óptimas condiciones la medición 1 debe ser igual a la medición 2; y la medición 3 la suma de la medición 1 y la medición 2.

1.4.4. Resistencia de continuidad de Pantalla

El cable posee una pantalla de aluminio, que disipa a tierra las corrientes electromagnéticas. Por lo tanto la pantalla debe ser continua en todo el enlace y la impedancia de los empalmes debe ser la mínima posible. Dicha resistencia es la suma en serie de las resistencias de las pantallas conectadas y los empalmes que no debe exceder los 5 Ω.

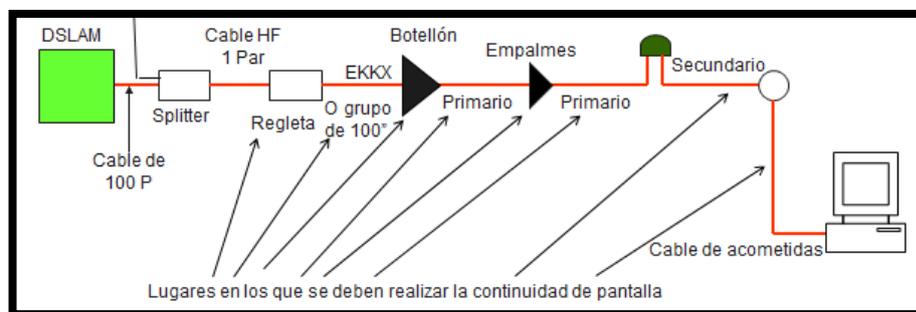


Figura 1.8. Continuidad de Pantalla

Fuente: Telecomunicaciones, Planta externa, Msc. Edgar Pauta, UDA, 2011.

Existe una expresión matemática la cual nos permite determinar los valores de resistencia de bucle, desequilibrio resistivo entre la línea A y B del par y la resistencia de continuidad de pantalla. Debemos realizar tres mediciones entre el hilo A y B, y la pantalla para verificar su continuidad.

A+B	=	x
A+C	=	y
B+C	=	z

Tabla 1.2. Mediciones entre el par de cobre y pantalla

De estos valores medidos y de las equivalencias con respecto a x, y, z se deduce los parámetros resistivos más importantes de la red:

$A+B = x$	Resistencia de bucle
$y - z = Dr.$	Desequilibrio Resistivo
$M - x = Rcp.$	Resistencia de continuidad de pantalla

Tabla 1.3. Ecuaciones de parámetros resistivos

1.4.5. Capacitancia

Es la cantidad de electricidad que se almacena en par de cobre, valor que depende de la distancia, frecuencia y el tipo de aislante. Si la separación entre las armaduras del condensador disminuye, aumentan la capacidad, el potencial y la energía.

Al construir un par de cobre se generan efectos capacitivos de un hilo hacia el otro, a la que se le conoce como capacitancia mutua, y de un hilo hacia la pantalla. Estos hilos por su simetría se comportan tal cual a un condensador, almacenando cargas; lo que nos lleva a deducir que la capacidad mutua de un par telefónico es directamente proporcional a la longitud.

Las normas internacionales han determinado en teoría que el valor de capacitancia mutua de un par de cobre con núcleo de aire es de 52 nanoFaradios/kilometro [nF/km], con un margen de error de ($\pm 2nF$). Con este dato podemos determinar un parámetro importante de la red, que es la distancia, la que es limitante para servicios de voz y datos, como se vio en puntos anteriores.

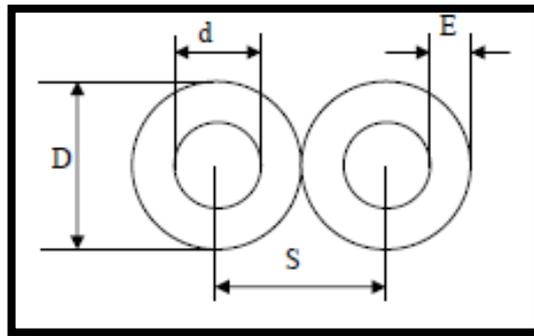


Figura 1.9. Capacitancia entre hilos

Fuente: Estructura de la Red, Línea de Cobre, ETAPA, 2002.

La ecuación de la capacitancia viene dada por:

$$C = \frac{1}{\omega \cdot \chi c} = [\text{nanoFaradios}]$$

$$C = \epsilon \cdot \frac{S}{D} = [\text{nanoFaradios}]$$

$$C = \frac{E \cdot \epsilon}{\log 0.94 \cdot \frac{(S)}{d}} = \frac{0.38 \times 1.9}{\log 0.94 \cdot \frac{(S)}{d}} = [\text{Faradios/metro}]$$

Figura 1.10. Ecuaciones de capacitancia.

Fuente: Planta Externa, Cables Simétricos y Coaxiales, Candia Díaz, Miguel, 2000

Donde:

ω = Frecuencia angular [$2\pi.F$]

χ_c = Reactancia capacitada [Ω]

C = Capacitancia mutua [Faradios]

S = Sección.

ε = Permeabilidad relativa o constante dieléctrica.

D = Distancia

d = diámetro de conductores

π = distancia entre conductores [mm]

Además de la distancia podemos también determinar con la ayuda de equipos, fallas en el cable como son: par abierto, línea o hilo abierto, pantalla cortada y par cruzado, que al momento del mantenimiento de la red, son de gran ayuda; como se observa a continuación en el gráfico.

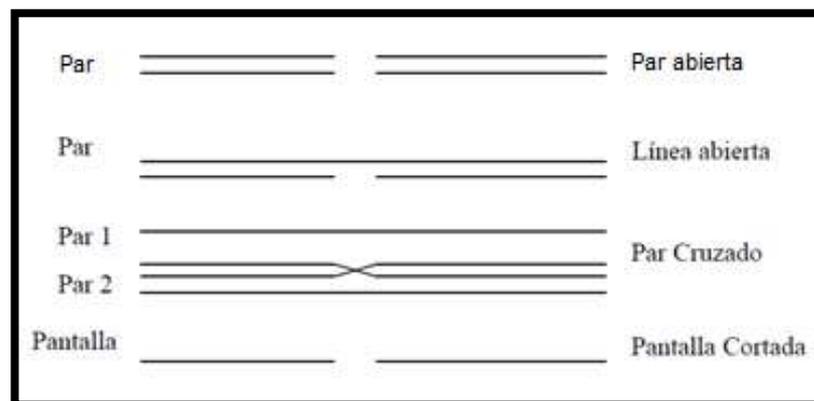


Figura 1.11. Tipos de fallas en los pares.

Fuente: Estructura de la Red, Línea de Cobre, ETAPA, 2002.

1.4.6. Inductancia

El par de cobre por su simetría muestra características similares una bobina de inducción con núcleo de aire, debido a su trenzado y cambio de sentido en el trayecto. Al atravesar la corriente eléctrica por el medio se genera campos electromagnéticos que circulan alrededor de los hilos en forma de anillos; estableciéndose una ley: los campos producidos por corrientes de sentidos opuestos de hilos cercanos, tienen sentidos opuestos y se contrarrestan, caso contrario si las corrientes de los hilos son iguales, no existe variación de resistencia.

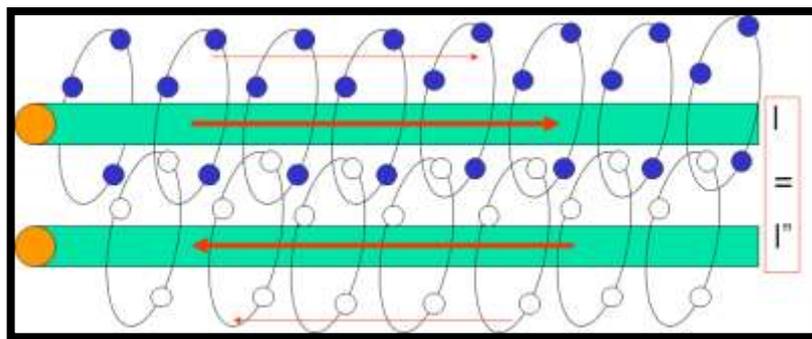


Figura 1.12. Efectos de Inductancia.

Fuente: Telecomunicaciones, Planta externa, Msc. Edgar Pauta, UDA, 2011.

Debido a este campo se genera una fuerza contra electromotriz, opuesta al efecto que lo genera, a la que le llamamos como Reactancia Inductiva (XL). La inductancia varía en función de la frecuencia por la que atraviesa el medio, su unidad es el henrio (H), y es el valor recíproco de la capacitancia.

$$L = \frac{X.L}{\omega} = \text{Henrios} = H$$

ω = Frecuencia Angular = $[2.\pi.f]$

L = Inductancia en henrios

Xl = Reactancia inductiva expresada en Ohm.

1.4.7. Impedancia Característica

Es la relación entre la tensión y la intensidad en la línea, en un cualquier punto de una línea de transmisión considerada infinitamente larga. La impedancia característica representa un valor uniforme en todo el trayecto de la línea o a su vez el valor de impedancia en un cualquier punto del conductor si no existe señal reflejada, caso que se cumple cuando la impedancia de carga es exactamente la impedancia característica.

La impedancia depende de la inductancia de los pares de cobre y la capacidad que existe entre ellos: a mayor diámetro de conductor, menor es la inductancia; si mayor es la distancia entre los conductores, menor es su capacitancia.

La impedancia característica, como vimos está relacionada directamente con la capacitancia e inductancia, por lo tanto también varía según la frecuencia y del tipo de conductor que se aplique. A frecuencias altas casi todos los conductores poseen una impedancia similar, pero a bajas frecuencias la impedancia varía dependiendo del tipo de cable, razón por la cual no es recomendable utilizar un calibre muy alto de conductor AWG. Como se observa en los gráficos a continuación:

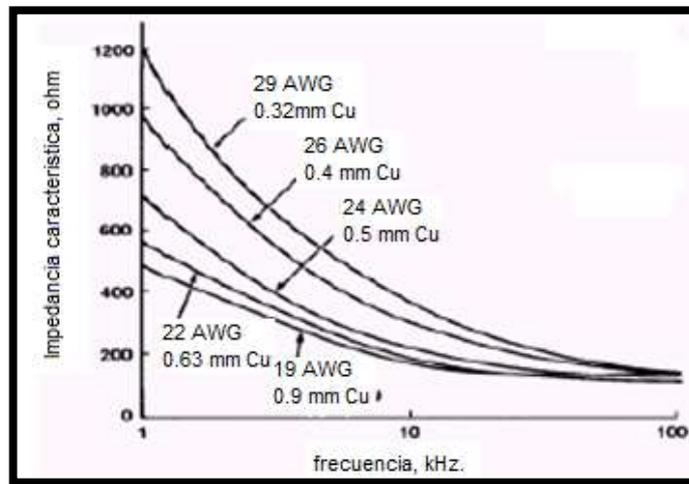


Figura 1.13. Impedancia característica vs frecuencia.

Fuente: Estructura de la Red, Línea de Cobre, ETAPA, 2002.

AWG	Ø	800 Hz	1600 Hz	3600 Hz	550 Khz.	1.2 Mhz
26	0.41	1029 Ω	728 Ω	485 Ω	100 Ω	100 Ω
24	0.51	806 Ω	570 Ω	380 Ω	100 Ω	100 Ω
22	0.64	643 Ω	454 Ω	303 Ω	100 Ω	100 Ω
19	0.91	450 Ω	318 Ω	212 Ω	100 Ω	100 Ω

Figura 1.14. Tabla de impedancias.

Fuente: Estructura de la Red, Línea de Cobre, ETAPA, 2002.

Se representa con la letra Z_o , se mide en ohmios, y está representada por la ecuación:

$$Z_o = \sqrt{\frac{R \cdot JWL}{G \cdot JWC}} = \Omega$$

$$Z_o = \sqrt{\frac{R}{W \cdot C}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Z_o = Impedancia característica de la línea [Ω].

R = Resistencia de bucle de la línea [Ω].

C = Capacidad de la línea [Faradios].

L = Inductancia de la línea [Henrios].

$$W = 2 \cdot \pi \cdot f$$

1.4.8. Atenuación

Es la pérdida de voltaje o potencia a lo largo de todo el trayecto al momento de inyectar una señal alterna. La atenuación varía en función de la frecuencia, a valores altos aumentan notablemente las pérdidas en el material dieléctrico de aislamiento y en frecuencias bajas las características de atenuación reducen.

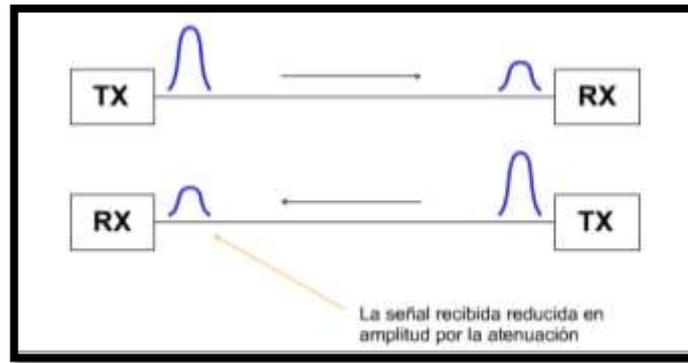


Figura 1.15. Atenuación.

Fuente: Telecomunicaciones, Planta externa, Msc. Edgar Pauta, UDA, 2011.

Se le representa en dB y su ecuación es la relación entre la potencia entregada en un punto de salida y la potencia medida en el punto de entrada, como se muestra en las ecuaciones. La potencia de entrada siempre será mayor a la potencia de salida, razón por la cual la relación logarítmica siempre es un valor negativo expresado en dB.

$$At[dB] = 10 \cdot \log \frac{P_s}{P_e}$$

$$At[db/Km] = 8.686 \times \sqrt{\frac{W.C.R}{2}}$$

$$At[dB] = 20 \cdot \log \frac{V_s}{V_e}$$

Figura 1.16. Ecuaciones de Atenuación.

Fuente: Estructura de la Red, Línea de Cobre, ETAPA, 2002.

Donde:

P_e = Potencia de entrada [W] o [mW].

P_s = Potencia de salida [W] o [mW].

ω = Frecuencia Angular $2 \cdot \pi \cdot f$

C = Capacitancia

R = Resistencia

Vs = Voltaje de salida

Ve= Voltaje de entrada

En la tabla que se muestra a continuación, se observa la atenuación en ciertos rangos de frecuencia a la que se encuentra el sistema.

AWG	Ø	800 Hz	1600 Hz	3600 Hz	550 Khz.	1.2 Mhz
26	0.41	1.65 dB	2.34 dB	3.50 dB	43.33 dB	64 dB
24	0.51	1.29 dB	1.83 dB	2.75 dB	33.94 dB	50.14 dB
22	0.64	1.03 dB	1.46 dB	2.18 dB	27.05 dB	39.96 dB
19	0.91	0.72 dB	1.02 dB	1.53 dB	18.95 dB	27.99 dB

Figura 1.17. Tabla de Atenuación.

Fuente: Estructura de la Red, Línea de Cobre, ETAPA, 2002.

1.5. DSL

1.5.1. Introducción

Línea Digital de Abonado o DSL (Digital Subscriber Line) es una familia de tecnologías de transmisión de datos a alta velocidad por un par de cobre, que interconecta al usuario final con un nodo de red. Su gran ventaja es que utilizan líneas telefónicas comunes para aliviar el cuello de botella existente y satisfacer la creciente demanda de velocidad por parte de los usuarios, reduciendo los costos y tiempos de instalación. Esto convierte al DSL en una tecnología prometedora, con muy buenas velocidades de transmisión y un costo relativamente bajo.

Esta familia de tecnologías provee un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrica como asimétrica de alta velocidad.

Una de las grandes dificultades que presenta este sistema es determinar si un bucle de abonado es apto para brindar servicio DSL. Los daños en las derivaciones, los cambios de sección e introducción de interferencias del medio pueden reducir su rendimiento. Con frecuencia, la empresa descubre que el bucle de abonado es inadecuado para la DSL solamente con que un instalador o un cliente intenten poner en servicio el modem DSL del abonado. El resultado de la operación es un desplazamiento costoso y un cliente descontento; además, es importante hacer notar que el técnico no sabe a ciencia cierta qué aspecto del bucle se tiene que corregir para que el servicio DSL funcione.

Una solución atractiva para este problema sería la implementación de un software como se plantea en esta tesis, que caracterice el estado de la red, certificando así el bucle de abonado para proporcionar servicios xDSL, mas no una prueba y error, que consiste en conectar el modem y verificar si funciona o no. El problema que obtenemos con estas pruebas erróneas es que la mayoría de los sistemas xDSL tienen la capacidad de ajustarse a las condiciones de la línea, para transmitir a la mayor velocidad posible, mas no, transmitir su máxima velocidad con una línea en buen estado.

1.5.2. Características

Las principales características de esta tecnología son:

- Utiliza espectros de frecuencia que no son utilizados para el transporte de voz, creando un canal adicional de datos, que permite el transporte a alta velocidad de información sin perder las características de comunicación telefónica tradicional.
- Utiliza conexiones directamente entre una central de conmutación telefónica a una casa u oficina y se utiliza la infraestructura existente de cableado para telefonía básica, lo que indica un costo mínimo.
- Esta familia de tecnologías dan una conexión digital sobre las líneas de la red telefónica básica que es el cobre; ofrece integración de los servicios de voz y datos, permitiendo conversaciones telefónicas e intercambio de datos simultáneamente.

- Cada tipo de tecnología de esta familia xDSL tiene diferentes características en cuanto a distancia a la central, velocidad y aplicación.
- Se encuentra en la capa física del modelo OSI y brindan un gran ancho de banda sin la necesidad de amplificarla o repetirla la señal.
- La familia de tecnologías se dividen en:

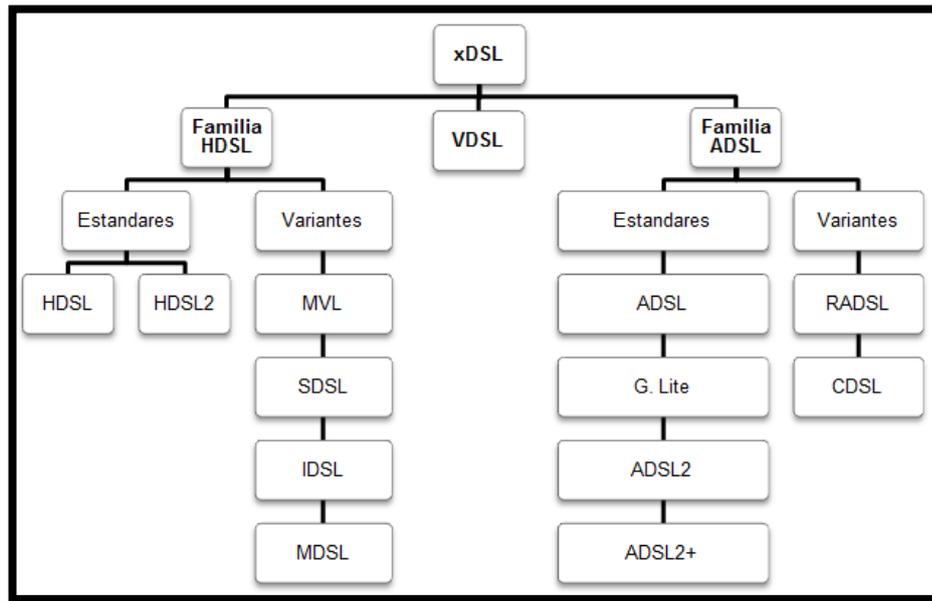


Figura 1.18. Tipos de tecnologías xDSL.

Fuente: Diseño de una Red ADSL2+, ESPOL, V. Martinez, J. Delgado, 2002.

	VELOCIDAD	MODO	APLICACIÓN
DSL	160 Kbps (2B+D)	Simétrico	Servicio de transmisión de datos y voz
HDSL	1.544 Mbps 2.048 Mbps	Simétrico	T1/E1 Redes WAN
SDSL	1.544 Mbps 2.048 Mbps	Simétrico	Igual que HDSL
ADSL	1.5 a 9 Mbps 16 a 640 Mbps	Bajada Subida	Acceso a Internet. Televisión por demanda, multimedia Interactiva.
VDSL	13 a 52 Mbps 1.5 a 2.3 Mbps	Bajada Subida	Igual que ADSL

Figura 1.19. Características Tecnologías xDSL.

Fuente: Diseño de una Red ADSL2+, ESPOL, V. Martinez, J. Delgado, 2002.

1.5.3. ADSL

EL ADSL (Línea Digital Asimétrica del Abonado, por sus siglas en inglés) es una tecnología xDSL que permite una transmisión de datos de alta velocidad por medio del par de cobre de la línea telefónica. Es un sistema asimétrico que permite la transmisión tanto de subida como de bajada de datos a diferente velocidad, siempre con mayor velocidad de descarga debido a que contiene mayor información.

La asimetría se debe a los dos canales de transmisión de datos, y al servicio original de telefonía POTS (Antiguo Servicio de Telefonía Pública, por sus siglas en inglés). La prioridad del ancho de banda se da primero la velocidad de bajada, velocidad de subida y finalmente a los POTS. De esta manera es como se puede brindar los servicios de internet y telefonía simultáneamente.

1.5.3.1. Funcionamiento

De un par de cobre simple de la red telefónica se realiza una conversión a una línea digital de alta velocidad con el fin de soportar altas velocidades de transmisión de datos. Para la transmisión simultánea de los servicios de voz y datos se realiza mediante canales de transmisión aprovechando el amplio espectro de frecuencias de la siguiente manera:

- Un canal para la transmisión de voz entre los 200Hz y 3.4kHz, en banda base.
- Un “Canal Downstream”, que va desde la central telefónica hasta el usuario, alcanza velocidades que van de 256 kbps hasta 9 Mbps, en frecuencias alrededor de 1.1 Mhz.
- Un “Canal Upstream”, que va desde el usuario hasta la central telefónica, alcanza velocidades que van de 64 kbps hasta 1.5 Mbps, en frecuencias alrededor de 24 khz.

Los datos por el par de cobre pasan por un dispositivo llamado “splitter”. El "splitter" se coloca delante de los módems del usuario (ATU-R, ADSL Unidad Terminal Remota) y de la central (ATU-C, ADSL Unidad Terminal Central) y está formado por dos filtros, uno de paso bajo y otro de paso alto cuya finalidad es la de separar las señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (telefónicas). Esta transmisión de datos bidireccional llega a un modem (modulador-demodulador) especial para tecnología DSL con conexión RJ-11.

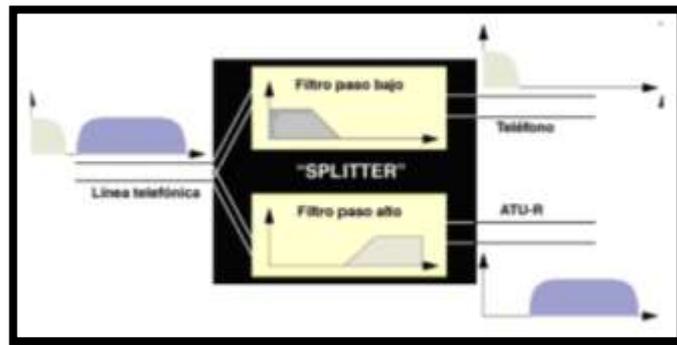


Figura 1.20. “Splitter”.

Fuente: Universidad de Costa Rica, Cristian Gómez, ADSL, 2005

En la central existe un DSLAM (Multiplexador Digital de Acceso a la línea del Subscritor), que es un multiplexor que proporciona a los abonados accesos a los servicios DSL sobre un cable de par trenzado. Este dispositivo es el que separa la voz y los datos de la línea de abonado. Posee un gran número de tarjetas de las cuales consta de varios modem ATU-C, que controla el tráfico de todos los enlaces ADSL.

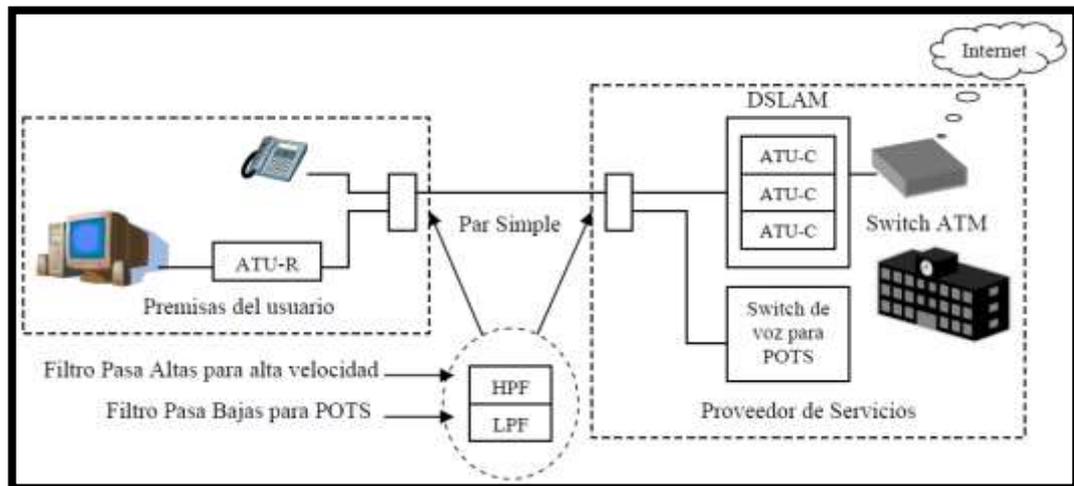


Figura 1.21. Arquitectura ADSL.

Fuente: ADSL Standars, Implementation and Architecture, K. Summers, USA 2003.

El uso del “splitter” donde se encuentra el modem ATU-R puede causar molestias al abonado, ya que se tiene extensiones de la línea telefónica, razón por la que algunas

empresas han desarrollado un tipo especial de “splitter” llamado “microfiltro”, que va conectado a cada toma telefónica, filtrando así solamente la señal telefónica.

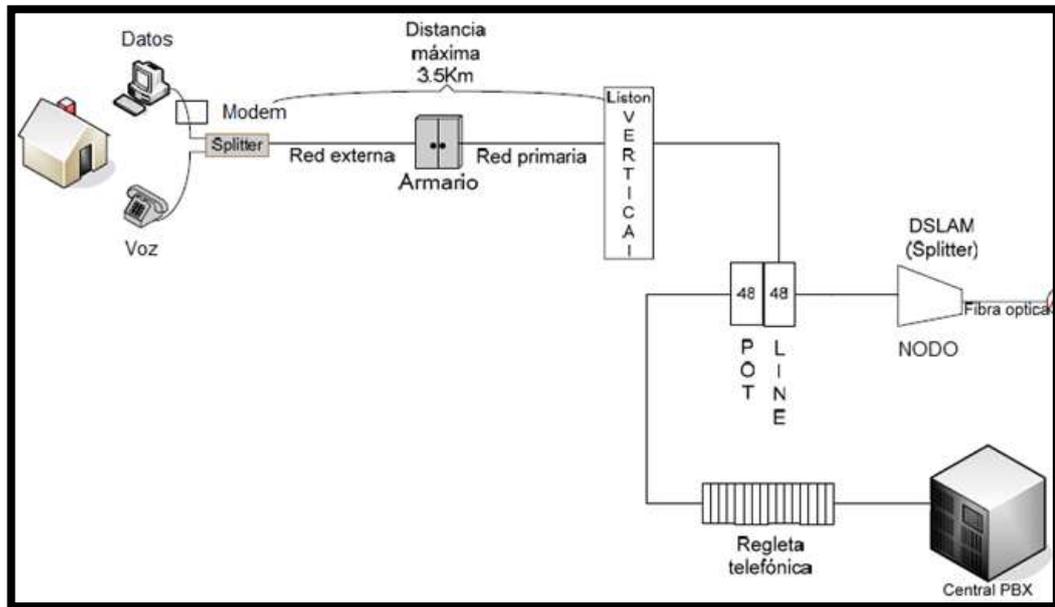


Figura 1.22. Conexión ADSL - abonado.

Fuente: ADSL Standars, Implementation and Architecture, K. Summers, USA 2003.

Como se observa en la figura, en varios casos el nodo de datos no se encuentra en el mismo sitio donde se encuentra la central telefónica, estos nodos son ubicados en puntos estratégicos con el fin de brindar mayor cobertura de la red.

1.5.3.2. RADSL

Esta tecnología es una variación del ADSL, con el fin de aumentar la calidad. Su técnica básica es adaptar la velocidad por medio de software con una serie de pruebas sobre un par telefónico, determinando así la máxima tasa de transferencia que puede soportar la línea. A esta variante de tecnología se le denomina RADSL (“Rate Adaptative Digital Subscriber Line”). Dicho de otro modo RADSL es una versión inteligente no estandarizada de ADSL.

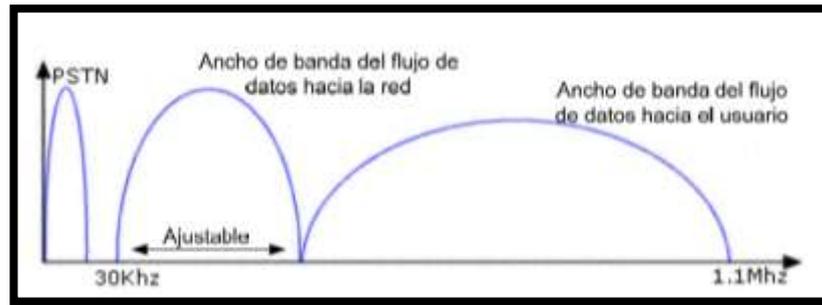


Figura 1.23. Variación de ancho de banda de canales. RADSL

Fuente: Unidad de Costa Rica, Facultad Ingeniería Eléctrica, Alternativas DSL.2005.

El estado de una línea telefónica varía dependiendo de su antigüedad, técnicas de instalación, interferencias del medio, entre otras. Los módems RADSL compensan la tasa de transmisión ante estas condiciones de la línea y la distancia del enlace automáticamente, reduciendo el ancho de banda pero manteniendo una velocidad óptima.

Su velocidad de operación puede alcanzar los 8 Mbps de descarga y 1.544 Mbps de subida de información. Puede alcanzar límites de velocidad hasta 5,5 km con un par de cobre de calibre 24 AWG.

1.5.3.3. ADSL2 y ADSL2+

ADSL2, es una evolución de la tecnología ADSL, con el fin de mejorar el rendimiento, interoperabilidad y soporte para nuevas aplicaciones y servicios.

Sus principales características con respecto a la tecnología ADSL son:

- Mejoras en velocidad de transferencia de datos.
- Incremento en la distancia ADSL, con una técnica de adaptación dinámica, SRA (Seamless Rate Adaptation) que varía la tasa de transferencia de datos de una conexión mientras está operando, sin interrupciones del servicio.
- Mejor resistencia al ruido, debido a la alta diafonía, temperatura y humedad que se presentaba en la tecnología ADSL.
- Modo stand-by para ahorro de energía.
- Reduce el tiempo de inicialización en hasta 10 segundos.

ADSL2+ es una evolución de los sistemas ADSL y ADSL2. Básicamente es un ensanchamiento en el espectro de la frecuencia, pasando de 1.1 Mhz a 2.2 Mhz en su ancho de banda. Las características principales de esta tecnología son:

- Alcanza velocidades de hasta 20 Mbps en descarga de datos.
- Incremento de ruido debido a que se ocupa la parte alta del espectro de frecuencias. Su mejora de ancho de banda es hasta los 2.5km, dependiendo de las condiciones del cobre.
- La estructura de red varía con respecto a los sistemas ADSL y ADSL2.

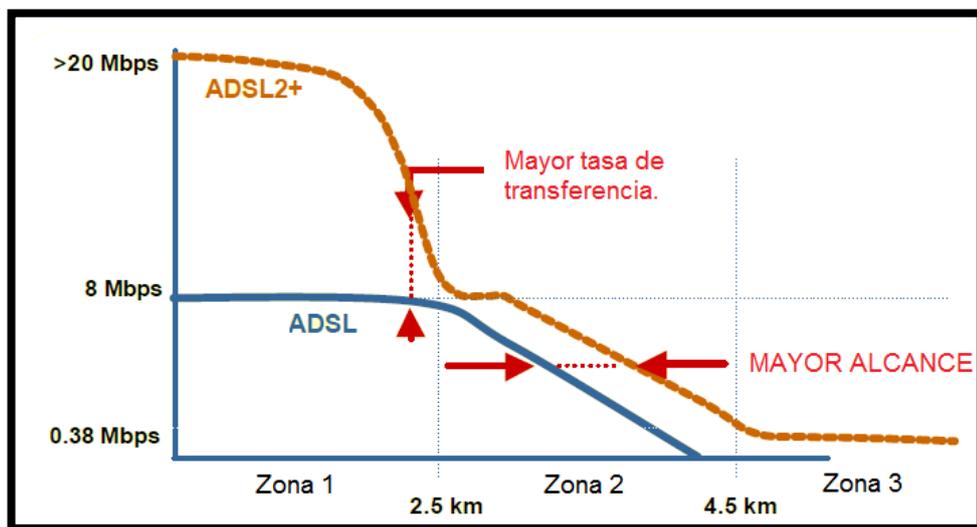


Figura 1.24. ADSL vs ADSL2+

FUENTE: Francisco J. Rey, Technical Leader CALA/SCCA South xDSL. Lucen technologies.

1.5.3.4. CDSL

CDSL (Consumer Digital Subscriber Line) está relacionado con ADSL y RADSL, conservando algunas diferencias. CDSL es modesto en términos de distancia y velocidad comparado con ADSL y RADSL, pero su ventaja es que no necesita de splitter (filtros). Estos filtros se ubicaban en las extensiones telefónicas del abonado; este sistema no necesita de ello ni su cableado.

1.5.3.5. HDSL

La línea de abonado digital de alta velocidad (HDSL, High bit rate Digital Subscriber Line), es una más de la familia DSL. Es una tecnología simétrica y bidireccional, la velocidad desde el usuario a la central y viceversa es la misma. Ocupa dos pares de cobre a diferencia de las demás.

Es la tecnología más avanzada, por lo que se implementa en fábricas, donde se necesita un alto tráfico de transporte de información. HDSL más que al usuario residencial, está enfocado con actividades empresariales. Sus principales características son:

Ancho de banda	200kHz
Velocidad de modulación	400kHz
Velocidad de transmisión	800kbps
Atenuación de transmisión	13.38dBm o 138 Ω

Tabla 1.4. Características técnicas HDSL.

La máxima velocidad que puede alcanzar es de 2048 Mbps (transmisión full dúplex), con un ancho de banda de hasta 240 kHz, utilizando dos pares de cobre de calibre 24 AWG, en distancias hasta 3600 km. Su modulación es por amplitud utilizando la modulación por amplitud de pulsos (2B1Q, dos-binario, uno cuaternario).

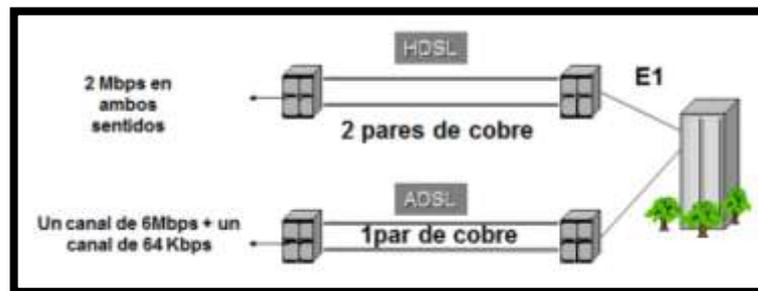


Figura 1.25. Comparación de pares de cobre HDSL vs ADSL.

Fuente, ITESO Telecomunicaciones, Aplicaciones HDSL.

Es la mejor manera de transmitir sobre un par de línea de cobre T1/E1 (formatos de transmisión digital), con un menor ancho de banda y sin regenerar la señal con repetidoras, optimizando así costos.

Sus aplicaciones principales son:

- Conexiones de redes a través de PBX.
- Interconexión de nodos.
- Servicios de internet.
- Redes privadas de datos.

1.5.3.6. HDSL2 ó SHDSL

Es una evolución de HDSL, estandarizada como ITU-T G.991.2 SHDSL. La innovación de este sistema es su capacidad de brindar velocidades T1/E1 en el cliente, a diferencia del anterior, requiere un solo un par de cobre, optimizando así recursos. Su carga y descarga de datos también es simétrica.

Posee una adaptación dinámica de potencia, es decir, ajusta los niveles de potencia afine a las condiciones de la línea y la interferencia de ruido. SHDSL está diseñado para un transporte simétrico de información, con adaptación a dinámica a las características del canal, que van desde 192 kbps hasta 2,3 Mbps.

1.5.3.7. SDSL

SDSL (Single line Digital Subscriber Line): Es la misma tecnología que HDSL, con velocidades de 384 a 768 kbps, con transmisión en un solo par de cobre, alcanzando distancias máximas de 3 kilómetros. Está orientado a usuarios residenciales que solo disponen de una línea telefónica y para redes de datos.

1.5.3.8. VDSL

Este sistema VDSL (Very High Subscriber Line) es la última versión que se diseñó y la que mayor velocidad alcanza de la familia xDSL. Fue implementada para el transporte ATM (Modo de transferencia asíncrona); su arquitectura es una combinación de una red de fibra

óptica FTTC (Fiber To The Curb) o FTTB (Fiber To The Build), y la red telefónica de cobre común.

Sus principales características son:

- Alcanza velocidades de descarga entre 13 a 52 Mbps, y de subida entre 1.5 a 2.3 Mbps.
- La distancia máxima que puede alcanzar es de 1500 kilómetros, sin contar con el enlace de fibra óptica.
- Puede operar en modo simétrico con en asimétrico. Utiliza 4 canales para la transmisión de datos, dos para descarga y dos para subida, con lo cual se aumenta la potencia de transmisión de manera sustancial.
- Su ancho de banda permite que se pueda brindar servicios de: televisión en alta definición (HDTV), video digital conmutado y servicios en redes LAN (Local Area Network).
- El espectro que utiliza esta entre 200 kHz y 30 MHz. Varía en función del trafico si es simétrico o asimétrico.

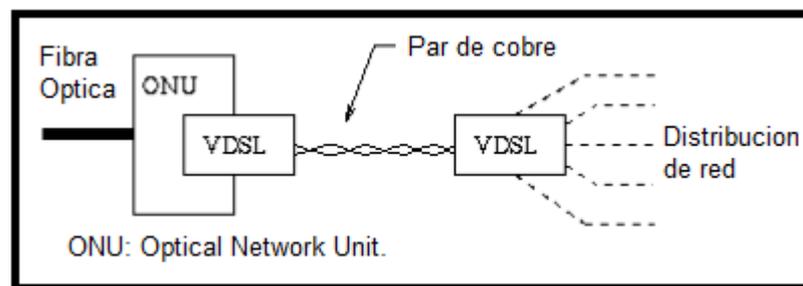


Figura 1.26. Arquitectura VDSL.

Fuente, ITESO Telecomunicaciones, Aplicaciones HDSL.

El canal de descarga alcanza velocidades entre 1,5 Mbps y 6,3Mbps. Se presenta al cliente como uno solo o como múltiples subcanales dependiendo de la función a realizar. Las transmisiones de recepción residen en la banda de espectro más alta. El canal de carga, sus velocidades varían entre 16 kbps y 640 kbps y residen en la banda del espectro más bajo.

El VDSL asimétrico fue diseñado para el envío al abonado de servicios como difusión digital de TV, video, acceso a internet, telemedicina, entre otros, debido a que requiere un canal de bajada con mayor ancho de banda que el de subida.

El VDSL simétrico fue diseñado para clientes de pequeña y mediana empresa, para aplicaciones de alta velocidad como teleconferencia y teleconsulta.

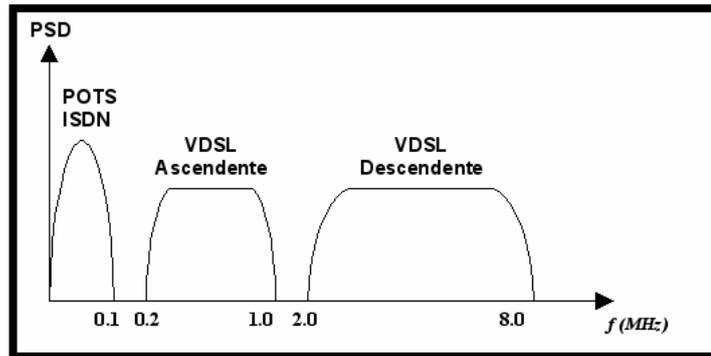


Figura 1.27. Canales de transmisión.

Fuente: <http://www.adslayuda.com/vdsl.html> - Marzo 2012

1.6. Botellón

Para las pruebas con el software en LabView, tomaremos el botellón # 22 de 1200 pares de la red primaria de la central centro de la empresa ETAPA EP. A continuación se indican sus distritos y la dirección de los mismos.

1.6.1. Distribución Botellón

El botellón consta de 1200 pares distribuidos en 300 pares para los distritos: 32, 43, 79, 94 de la central centro. Las pruebas se realizarán en cada uno de los pares de cada distrito.

DISTRITO #	DIRECCION	CENTRAL	CAPACIDAD
32	Luis Cordero y Héroes de Verdeloma	Centro	300 pares
43	Eugenio Espejo y Pedro León	Centro	300 pares
79	Antonio Farfán y Eugenio Espejo	Centro	300 pares
94	Eugenio Espejo y Hermano Miguel	Centro	300 pares

Tabla 1.5. Distribución Botellón # 22 Central Centro.

1.6.2. Plano

El plano del tendido del botellón de 1200 pares se encuentra en el Anexo 1. ([Ver Anexo 1](#)).

1.7 Conclusión

En este capítulo se vio todos los elementos activos y pasivos que intervienen en una red de planta interna y de planta externa. Estas dos están interconectadas entre sí, la red de planta interna es la que genera el servicio con los diferentes equipos de telecomunicaciones, y la red de planta externa es la que se encarga de llevar el servicio hacia cada uno de los abonados, con una red seccionada como es la primaria, secundaria y última milla; esto con el fin de tener un rápido acceso para el mantenimiento y ampliación de la infraestructura.

Además se pudo identificar los diferentes parámetros técnicos que requiere la red para que este en óptimas condiciones como son: resistencia de bucle, la capacitancia, ruido, desequilibrio resistivo, resistencia de continuidad de pantalla, inductancia, impedancia característica, atenuación. Como se observó en el capítulo todos estos tienen su fórmula y un procedimiento para calcular y poder certificar que la red soportara los servicios ofertados a través de ella.

Finalmente se estudió los diferentes tipos de tecnologías de la familia xDSL (Línea de Subscriptor de abonado) que se emplea para ofrecer el servicio de internet de banda ancha. Se indicó las características que las diferencian a cada una de ellas y su limitante que es la distancia aunque el ancho de banda incrementa.

CAPITULO II

HARDWARE

2.1. Introducción

El Hardware es la herramienta que comunica al Software y la red a medir. En este capítulo se muestra todos los elementos electrónicos que hacen posible una conexión entre estos dos sistemas. Se utilizará un partidor de tensión para obtener resistencia; se utilizará también un generador de funciones XR2206 para obtener una onda senoidal y con ayuda de un multivibrador 555 se harán posibles las mediciones de capacitancia; un conmutador digital HEF4066BP que permite medir los parámetros de la línea de cobre al mismo tiempo. Además se explicará el procedimiento para el diseño esquemático y PCB (Printed Circuit Board) del Hardware que será un ruteo de doble capa.

2.2. Partidor de Tensión

Los partidores de tensión son muy utilizados en electrónica, por proporcionar un voltaje de alimentación a un equipo, pero con un voltaje menor al aplicado. En el diseño del Hardware es una herramienta elemental para la medición de la resistencia del cable, al momento de medir el voltaje que cae sobre la resistencia conocida.

2.2.1. Funcionamiento

Se basa básicamente en un arreglo de dos resistencias. Partimos con una resistencia que nos imponemos con valor comercial conocido para realizar los cálculos de tensión que se requiere. Existen varias posibilidades de encontrar el valor de la segunda resistencia. Veamos la figura que se muestra a continuación de un divisor de tensión básico:

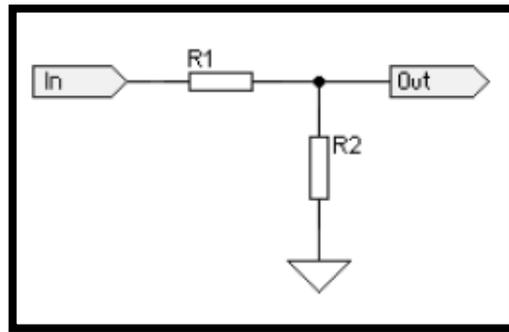


Figura 2.1. Divisor de tensión.

Fuente: PDF. Voltage Dividers & Attenuators, Elliot Sound Products.

Para el análisis de estos circuitos, hay que tomar en cuenta que tanto para AC (corriente alterna) o DC (corriente directa) el partidor de tensión se comporta de la misma manera. Para obtener la fórmula de un partidor resistivo, es decir, compuesto de resistencias como impedancias; determinamos el Voltaje en la resistencia R2, valiéndonos de la ley de Kirchoff (La ley de Kirchoff nos dice que en un circuito cerrado la suma de las tensiones en un circuito cerrado es cero), y la ley de ohm:

$$I = \frac{V_{out}}{R_T} = \frac{V_{out}}{(R1 + R2)}$$

En donde:

I = Corriente que circula por el circuito.

V_{out} = Voltaje a la salida del divisor.

R_T = Resistencia

Si reemplazamos la corriente de salida, obtenemos que:

$$V_{out} = I \cdot R2$$

$$V_{R2} = V_{out} = V_{IN} \cdot \left(\frac{R2}{R1 + R2} \right)$$

Figura 2.2. Formula de un partidor de tensión.

Si reemplazamos el valor de V_{IN} en la fórmula del partidor de tensión, obtenemos que:

$$V_{R2} = V_{out}$$

Como se puede notar, el partidor de tensión es un elemento útil para convertir un voltaje alto, a uno más bajo, gracias a su fórmula matemática; las resistencias tienen que ser de tolerancia sensible para un cálculo exacto. Sin embargo no es conveniente utilizar en circuitos de potencia.

2.3. Multivibrador 555

El LM555 es un circuito integrado altamente estable para la generación de precisión, retrasos u oscilación. Se compone de un Flip-Flop tipo RS, dos comparadores simples y un transistor de descarga. Elementos adicionales se proporcionan para la activación o restablecimiento, si lo desea. Es estable frente a variaciones de tensión de alimentación y de temperatura.

2.3.1. Características

Este integrado posee características muy importantes, que hacen que sea uno de los componentes más utilizados en la actualidad. A continuación sus más relevantes:

- El voltaje de alimentación es de 4.5 a 18 voltios, aunque existen versiones que se alimentan con 2 voltios. En el hardware se fija una alimentación de 5v para que en su salida nos dé una señal lógica de la familia TTL.
- El periodo de la oscilación desde microsegundos hasta horas, dependiendo los elementos externos conectados.
- En su pin de salida nos entrega hasta 200 mA.
- Posee un ciclo de trabajo ajustable.
- La estabilidad en frecuencia varia 0,005% por °C.

- Necesita un número mínimo de componentes exteriores, la frecuencia de oscilación se controla con dos resistencias y un condensador.
- Se utiliza en dos configuraciones: monoestable y aestable, esta última será la utilizada en nuestro hardware.

2.3.2. Funcionamiento

Tiene una arquitectura interna simple, pero útil, como se muestra en el gráfico. Consta de dos amplificadores operacionales. La frecuencia de funcionamiento y ciclo de trabajo depende de dos resistencias y un condensador externo, conectados que hacen la función de comparadores de tensión entre los pines 5 (“control de voltaje”), 6 (“threshold”) y 2 (“disparo”); de ahí se conectan a un transistor para el pin 3 (output) que es el que genera la oscilación.

El colector del transistor produce la descarga del condensador en un tiempo calculado. La entrada de control establece el nivel de umbral threshold, aunque en la mayoría de los casos, esta va conectada a 0 voltios. Cuando el voltaje en el Threshold supera los dos tercios del voltaje de alimentación, su salida pasa a nivel lógico alto, saturando así el transistor y descargando el condensador en un tiempo (t), hasta que su salida pase a nivel 0. Por otra parte, si la tensión es menor a un tercio del voltaje aplicado, la salida del amplificador pasa a nivel bajo, el transistor deja de conducir y la salida del integrado nos da un nivel lógico alto.

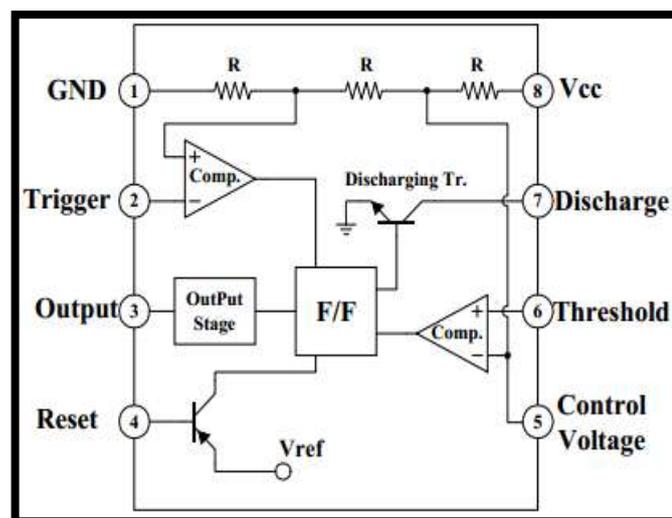


Figura 2.3. Estructura interna 555.

Fuente: DataSheet NE555, National Semiconductor.

El Reset (pin 4), se habilita externamente, basta con colocarlo a cero voltios para poner la salida a nivel bajo, sin importar su valor de ingreso. Si el Reset no es utilizado, se debe conectar a Vcc (pin 8).

2.3.3. Multivibrador Aestable

Este multivibrador se caracteriza por tener en su salida una forma de onda cuadrada continua de ancho predeterminado y que se repite periódicamente. El termino aestable se debe a la configuración, porque la salida no permanece fija en ninguno de los dos estados, si no varía en un tiempo T. Su amplitud es directamente proporcional al voltaje aplicado.

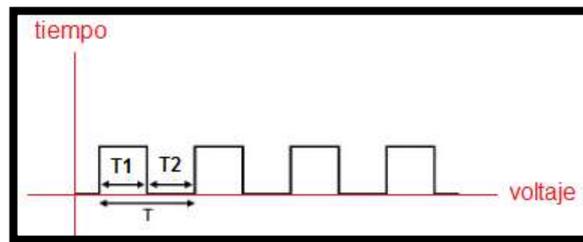


Figura 2.4. Periodo multivibrador aestable.

Fuente: <http://www.neoteo.com/ne555> - Abril 2012

La señal de salida como se observa en la figura está en un tiempo alto T1 y otro en un tiempo bajo T2. Los tiempos de duración dependen de los valores externos de R1, R2 y C1. El capacitor C2 que va en el pin 5 de control de voltaje no se utiliza.

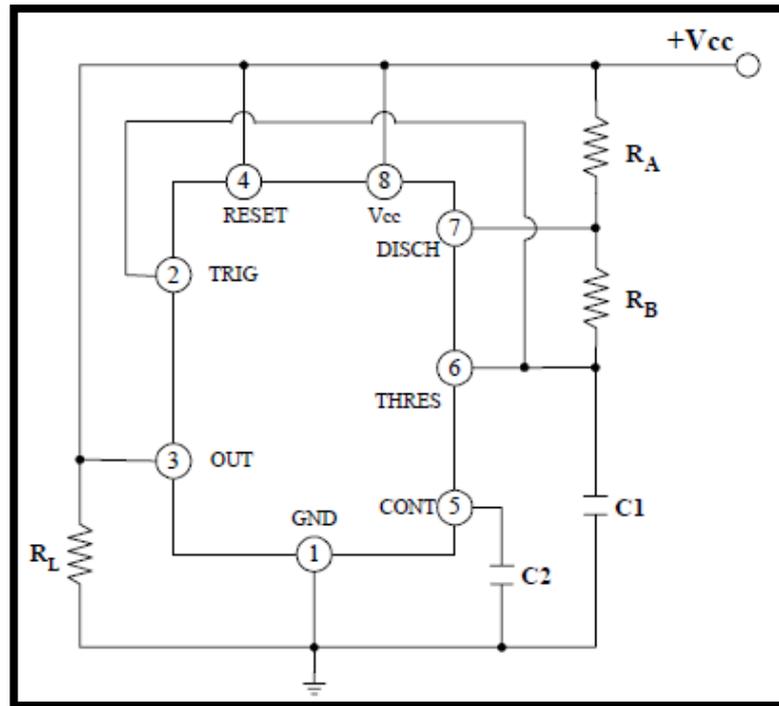


Figura 2.5. Multivibrador Aestable

Fuente: DataSheet NE555, National Semiconductor.

Visto el circuito, se muestran las fórmulas para el cálculo del multivibrador aestable:

$$T1 = \ln(2) \cdot (RA + RB) \cdot C1$$

$$T2 = \ln(2) \cdot RB \cdot C1$$

$$F = \frac{1}{\ln(2) \cdot C1 \cdot (RA + 2 \cdot RB)} = [Hz]$$

$$T = \frac{1}{f} = T1 + T2 \text{ [segundos]}$$

Figura 2.6. Formulas Multivibrador aestable.

En donde:

T1 = tiempo en nivel alto [segundos].

T2 = tiempo en nivel bajo [segundos].

T = Periodo [segundos].

F = Frecuencia [Hz].

2.4. Conmutador Digital HEF4066B

2.4.1. Concepto

El conmutador digital HEF4066B es un conjunto de cuatro interruptores analógicos que están asociados en un solo circuito integrado, que nos permite la conmutación automática entre las diferentes entradas que disponemos en nuestro hardware. Para realizar los parámetros de medición de la red, se necesita en algunos casos cortocircuitar el extremo y en otros casos a lazo abierto del par de cobre.

Este chip cumple la función de multiplexor/demultiplexor que realiza toda la caracterización de la red colocando el par de cobre en nuestro hardware, sin necesidad de cortocircuitar, optimizando así tiempo y recursos.

2.4.2. Características Técnicas

El conmutador digital HEF4066B dispone de cuatro interruptores independientes analógicos, como se observa en la figura. Cada interruptor posee tres terminales:

- Un conector de entrada para cada interruptor.
- Un conector de salida para cada interruptor.
- Entrada "Enable" que se activa en nivel lógico alto mediante impedancias.

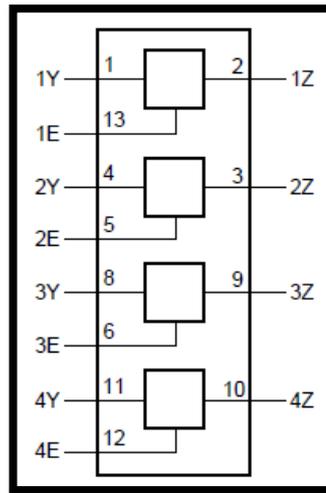


Figura 2.7. Interruptores del HEF4066B

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

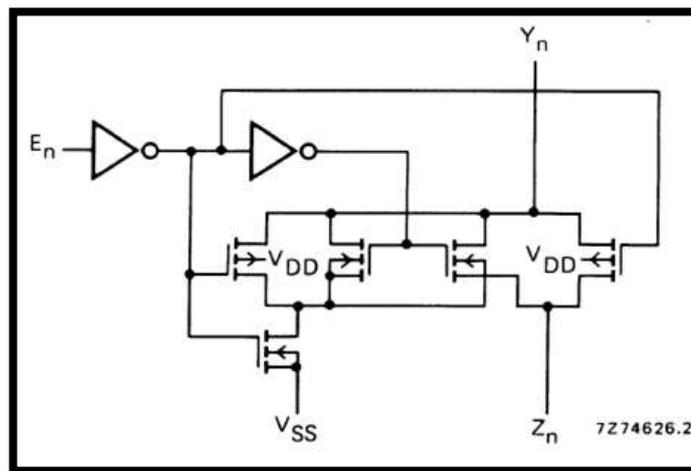


Figura 2.8. Diagrama Interno del Conmutador Digital HEF4066B.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

La temperatura ideal para el funcionamiento del chip es de 25° C, y su disipación de potencia máxima es de 100mW. A continuación se muestra las especificaciones técnicas de funcionamiento de un conmutador al momento de habilitar (“Enable”) el interruptor digital.

	VDD (Voltios)	SIMBOL O	MIN . (Ω)	NORMA L (Ω)	MAX . (Ω)	CONDICIONE S
RESISTENCI A ON	5 10	R_{ON}	- -	350 80	2500 245	Habilita Vdd. $V_{IS} = V_{SS}$ a V_{DD}
RESISTENCI A ON	5 10	R_{ON}	- -	115 50	340 160	Habilita Vdd. $V_{IS} = V_{SS}$
RESISTENCI A ON	5 10	R_{ON}	- -	120 65	365 200	Habilita Vdd. $V_{IS} = V_{DD}$

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas.

En donde:

V_{IS} = Voltaje de alimentación del integrado y voltaje de entrada al terminal Y o Z del interruptor, según la configuración.

V_{SS} = Voltaje de alimentación del integrado.

V_{OS} = Voltaje en la salida al terminal Y o Z del interruptor, según la configuración.

V_{DD} = Voltaje (“Enable”) que habilita el interruptor.

2.4.3. Funcionamiento

El chip HEF4066B tiene una excelente sensibilidad a bajas impedancias, y la resistencia durante el funcionamiento del interruptor es relativamente constante en toda la señal de entrada. Además las salidas y las entradas del integrado están protegidas contra efectos electrostáticos.

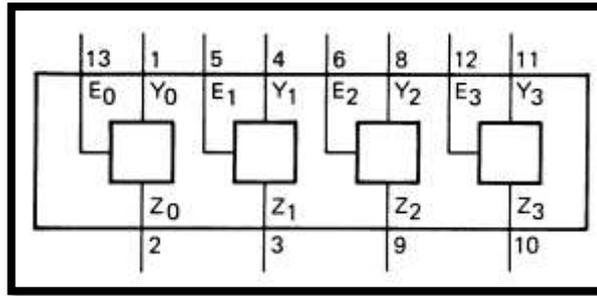


Figura 2.9. Esquema interno HEF4066B.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

El funcionamiento depende de dos estados:

- Si el pin de “Enable” se conectada a VDD, se produce una baja de impedancia entre Y y Z y se establece una condición de funcionamiento.
- Si el pin de “Enable” está conectada a “VSS” el conmutador se desactiva y se produce una alta impedancia entre Y y Z.

En la figura de continuación se muestra la gráfica de funcionamiento de la resistencia de encendido con respecto a la tensión de entrada, donde se concluye que mientras mayor sea la impedancia en la que el conmutador se activa, el voltaje de alimentación es mayor y continuo.

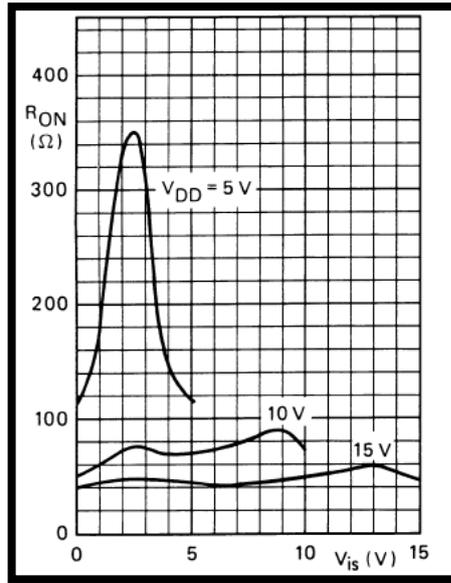


Figura 2.10. R_{ON} vs. Voltaje de entrada.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

2.4.4. Distribución de Pines

El circuito integrado consta de 14 pines como se ve en la figura; distribuido en entradas y salidas de manera independientes para cada switch, pin de Enable y su respectiva fuente de alimentación.

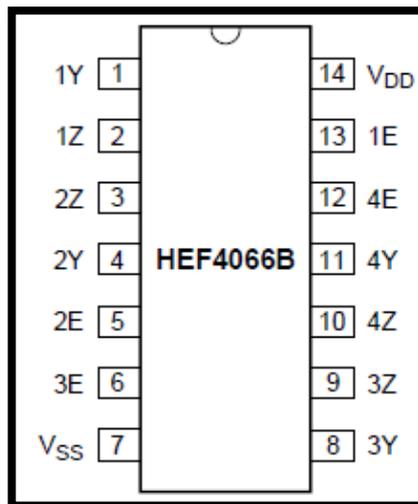


Figura 2.11. Distribución de Pines.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

En donde:

Los pines 1, 2, 8 y 11 son entradas o salidas independientes.

Los pines 2, 3, 9 y 10 son entradas o salidas independientes.

Los pines 5, 6, 12, y 13 son entradas de habilitación de los switchs (“enable”). Son activas en nivel alto.

El V_{SS} (pin 7) es tierra (0v.)

El V_{DD} (pin 14) es la fuente de alimentación de voltaje.

2.5. Generador de Funciones XR-2206

2.5.1. Introducción

En los últimos años, el uso de circuitos integrados a gran escala, para la generación de formas de ondas y frecuencias, se ha incrementado notablemente, porque los osciladores para circuitos integrados tienen una excelente estabilidad en frecuencia y un rango amplio de sintonización, además de su facilidad de uso.

Los generadores de “formas de ondas y funciones se usan extensamente en sistemas de comunicaciones, y laboratorios de mediciones y control. De hecho, los circuitos integrados tienen una gran ventaja respecto a los circuitos discretos, como la posibilidad de obtener circuitos electrónicos complejos de un gran número de dispositivos activos en un solo chip. En nuestro hardware no es la excepción el uso de un generador de funciones, para la caracterización de la red ocuparemos un monolítico integrado XR2206 por sus grandes ventajas en sistemas de comunicaciones, instrumentos y aplicaciones de generación de tono senoidal (onda portadora) para AM (Amplitud Modulada) y FM (Frecuencia Modulada).

2.5.2. Concepto

Es un generador de funciones monolítico integrado (XR-2206), que nos produce las formas de onda como: sinusoidal de alta calidad, cuadrada, triangular, rampa, y formas de onda de pulso de alta estabilidad y precisión. Las formas de onda de salida pueden ser moduladas tanto en amplitud como en frecuencia por una señal externa de modulación y se puede

seleccionar externamente la frecuencia de operación sobre un rango de 0,01Hz a más de 1 MHz. En el hardware se utilizará el generador de función XR2206 para generar una forma de onda senoidal con modulación FSK, a la que nos centraremos más adelante.

2.5.3. Características

Las características más relevantes de este integrado son:

- Distorsión de onda “Low-sine” tiene un porcentaje de 0.5% típico.
- La estabilidad típica de la frecuencia generada es de 20 ppm / ° C, haciendo un barrido de frecuencia lineal en un rango 2000: 1, y oscila con una tensión de control externa.
- Sensibilidad de bajo suministro de energía 0,01%.
- Modulación de amplitud lineal.
- Compatible con Controladores FSK de la familia TTL.
- Rango de alimentación 10V a 26V.
- “Duty Cycle” es ajustable de 1% a 99%.
- La frecuencia de operación se puede seleccionar en el exterior del controlador en un rango de 0,01 Hz a más de circuito de 1MHz, razón por la cual se hace ideal para ocupar en la telecomunicaciones e instrumentación como generador de funciones dependiendo la forma de onda que se requiera.

Todos estos valores son típicos de un generador de funciones monolítico. A continuación se muestra las características generales, según la oscilación, dependiendo su linealidad y según su forma de onda.

Parameters	XR-2206P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
General Characteristics								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	± 5		± 13	± 5		± 13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 \geq 10k\Omega$
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000pF, R_1 = 1k\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	$C = 50\mu F, R_1 = 2M\Omega$
Frequency Accuracy		± 1	± 4		± 2		% of f_0	$f_0 = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		± 10	± 50		± 20		ppm/ $^{\circ}C$	$0^{\circ}C \leq T_A \leq 70^{\circ}C$ $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sine Wave Amplitude Stability ²		4800			4800		ppm/ $^{\circ}C$	
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	$V_{LOW} = 10V, V_{HIGH} = 20V,$ $R_1 = R_2 = 20k\Omega$
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	$f_H @ R_1 = 1k\Omega$ $f_L @ R_1 = 2M\Omega$

Figura 2.12. Características generales y de oscilación.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

Como ya sabemos el chip soporta frecuencia desde 0.01hz hasta 1Mhz, por lo tanto está dentro de la frecuencia de trabajo, que son 100 khz para la frecuencia baja y 200 khz para la frecuencia alta.

- El chip está compuesto de 16 pines de conexión externa que se muestra en la figura, para las diferentes aplicaciones como:
- Generador de forma de onda
- Generador de barrido de frecuencias
- Generador AM / FM.
- Generador de FSK, entre otras.

# PIN	SIMBOLO	TIPO	DESCRIPCION
1	AMSI	ENTRADA	Entrada de señal de modulación de amplitud.
2	STO	SALIDA	Onda de salida senoidal o triangular.

3	MO	SALIDA	Salida del Multiplicador.
4	Vcc		Fuente de alimentacion.
5	TC1	ENTRADA	Tiempo de entrada al capacitor.
6	TC2	ENTRADA	Tiempo de salida al capacitor.
7	TR1	SALIDA	Tiempo de salida Resistencia 1.
8	TR2	SALIDA	Tiempo de salida Resistencia 2.
9	FSKI	ENTRADA	Entrada FSK (Frecuency Shift Keying Input).
10	BIAS	SALIDA	Referencia de voltaje interno.
11	SYNCO	SALIDA	Sincronizador de salida. Necesita resistencia de Pull Up a Vcc.
12	GND		Pin de Tierra.
13	WAVEA1	ENTRADA	Entrada 1 de ajuste de forma de onda.
14	WAVEA2	ENTRADA	Entrada 2 de ajuste de forma de onda.
15	SYMA1	ENTRADA	Ajuste de simetria de Onda 1.
16	SYMA2	ENTRADA	Ajuste de simetria de Onda 2.

Tabla 2.2. Distribución de Pines.

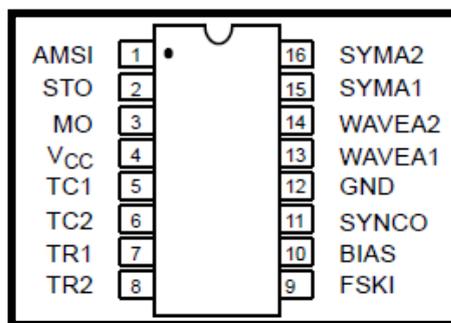


Figura 2.13. Distribución de Pines.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

2.5.4. Funcionamiento

El generador de funciones monolítica generar la señal a la frecuencia seleccionada. Esto lo hace basándose en los valores de resistencia(R) y capacitancia(C), conectados a sus pines 7, 8 y 5,6 respectivamente, como se muestra en la Figura:

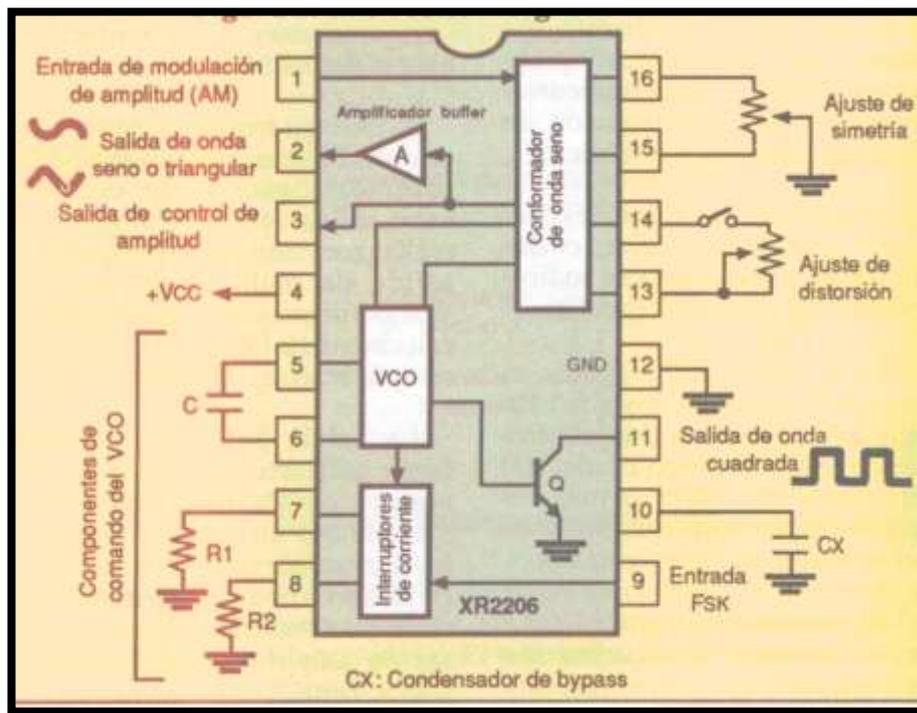


Figura 2.14 Diagrama Interno XR2206.

Fuente: I.S.T.P. EPAMET – MARANGANI, Proyectos Electrónicos.

El XR-2206 se compone de cuatro bloques funcionales; un oscilador controlado por voltaje (VCO), un multiplicador analógico, un moldeador de señales senoidales; un “buffer” de amplificador de ganancia, y un conjunto de interruptores de corriente. El oscilador controlado por voltaje (VCO) produce una frecuencia de salida proporcional a una corriente de entrada, que está fijado por una resistencia y a su vez los terminales a tierra. Con dos pasadores de tiempo, dos salidas discretas de frecuencia pueden ser producidas de forma independiente para FSK aplicaciones de generación mediante la entrada de FSK (pin 9). Esta entrada controla los interruptores de corriente que seleccione una de las corrientes de tiempo de resistencia, y la envía al VCO.

El VCO es el corazón del circuito. Genera una onda triangular cuya frecuencia depende del valor de un condensador y una resistencia externos. Esta frecuencia se puede evaluar matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$F = 1 / R \times C$$

En donde:

F es la frecuencia de salida en Hertz [Hz].

R el valor de ohmios [Ω].

C el valor en faradios (F) del condensador conectado entre los pines 5 y 6.

Para garantizar la estabilidad de la frecuencia con la temperatura se recomienda utilizar resistencia entre $4K\Omega$ y $200K\Omega$ y condensadores entre 1000 pF. y 100uF (valores comerciales).

Si conectamos una resistencia de valor R1 al pin 7 y otra de valor R2 al pin 8 se tiene dos valores discretos de frecuencia, controlando el voltaje aplicado al pin 9. Este modo de funcionamiento se denomina llaveado por desplazamiento de frecuencia o FSK.

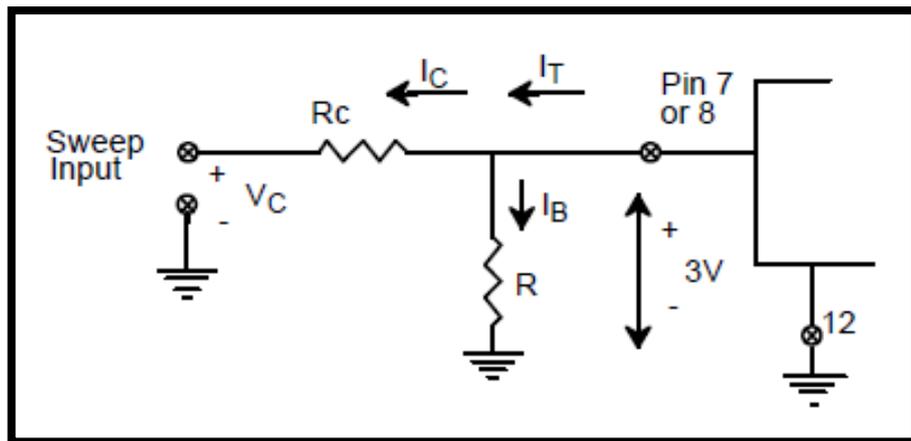


Figura 2.15. Circuito de conexión para barrido de frecuencias.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

El generador de funciones que se ocupara en nuestro hardware es para generar una forma de onda senoidal, porque lo que solo se fijara solo en ese modo de funcionamiento del controlador.

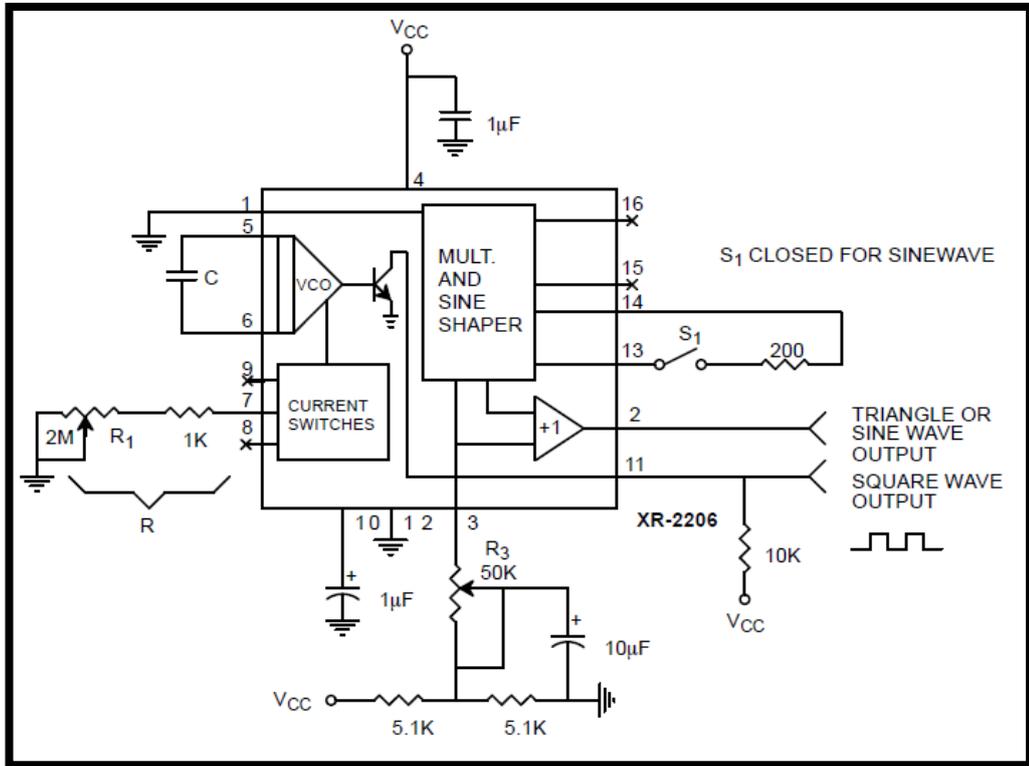


Figura 2.16. Circuito externo para generación de forma de onda senoidal.

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

2.6. MyDAQ

2.6.1. Introducción

MyDAQ es una tarjeta de adquisición de datos portátil de la Empresa National Instruments, funciona con la plataforma NI LabView para la instrumentación del software. Este equipo es fundamental en el proyecto, porque comunica a nuestro sistema de adquisición entre Hardware (recibe datos del sistema) y Software (procesa las señales del sistema).

En este capítulo estudiaremos las características del equipo, los rangos de funcionamiento, la calidad de resolución máxima que analiza las señales, especificaciones técnicas y demás prestaciones que nos brinda. El desarrollo del software se muestra en el capítulo 3.

2.6.2. Características Técnicas

MyDAQ dispone de: entradas analógicas (AI), salidas analógicas (AO), entradas y salidas digitales (DIO), de audio, fuente, un Multímetro digital (DMM), fuentes de alimentación de bajo consumo de corriente. A continuación describiremos las prestaciones de la tarjeta.

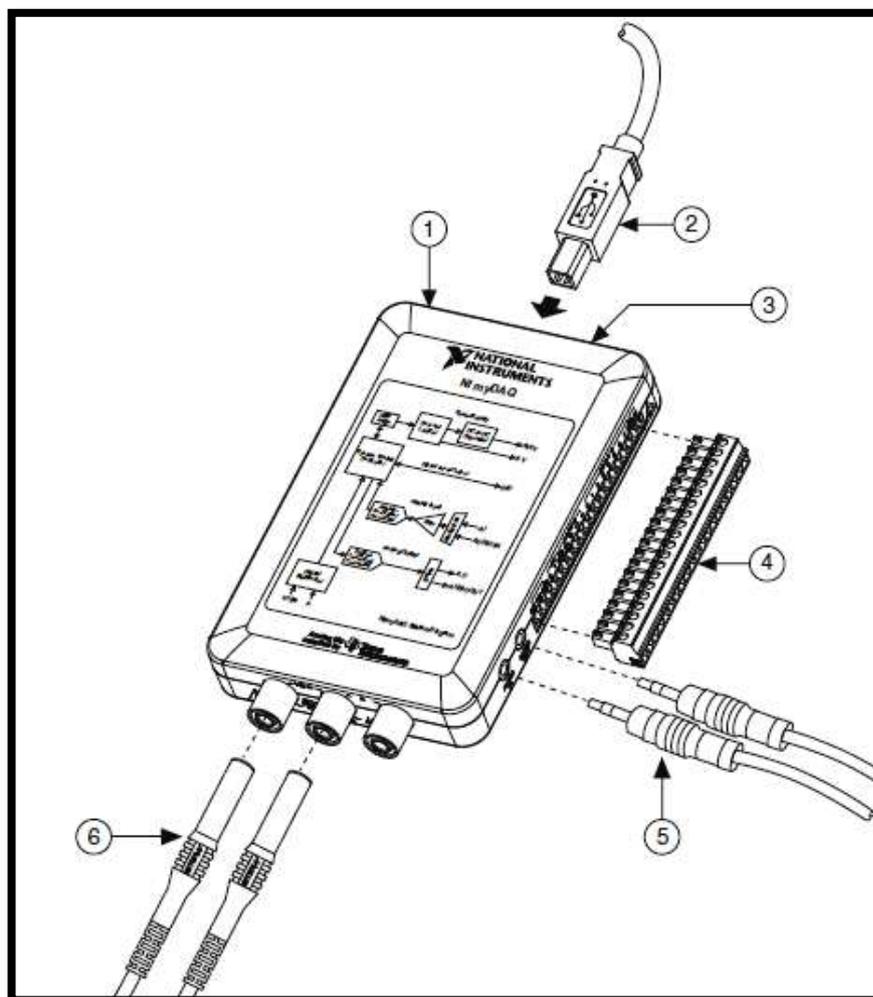


Figura 2.17. Tarjeta de adquisición de datos MyDAQ.

Fuente: Data Sheet, MyDAQ, National Instruments, Manual, 2011.

- 1.- NI MyDAQ
- 2.- Cable USB para conexión con la PC.
- 3.- LED, indica actividad del equipo.
- 4.- Conector de terminales de tornillo (20 pines). Se encuentran las entradas/salidas digitales/analógicas de la tarjeta.
- 5.- Cable de audio.
- 6.- Cables banana para el multímetro digital.

Entradas / Salidas Digitales (DIO).- Posee 8 entradas bidireccionales activadas a 5v que se pueden configurar como entradas o salidas mediante programación por software. Además pueden funcionar como contadores digitales o temporizadores según la aplicación. Al configurar los canales de entrada y las conexiones de la señal, primero debe determinar si las fuentes de señal son flotantes o de tierra se hace referencia. En las secciones siguientes se describen estos dos tipos de señales.

- **TIERRA REFERENCIAL CON REFERENCIA A LA CONEXION.**- Una fuente de la señal de referencia a tierra se conecta al sistema, por lo que ya está conectado a un punto común en lo que respecta al dispositivo NI MyDAQ (interconectar las tierras de los dos sistemas entre sí). Instrumentos o dispositivos con salidas que no aislado enchufe en el sistema de electricidad del edificio son las fuentes de señal de referencia en tierra.

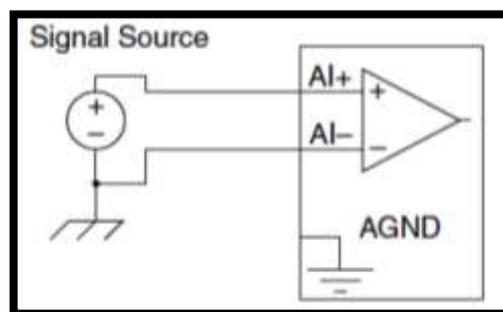


Figura 2.18. Conexión diferencial de tierra con referencia a la conexión.

El voltaje de tierra entre dos instrumentos conectados a el sistema de construcción del poder es entre 1 y 100 mV. Esta diferencia puede ser mayor si los circuitos no están correctamente conectados y aislados.

- FUENTES DE SEÑAL FLOTANTE.-** Una fuente de señal flotante tiene un punto de referencia aislada, como por ejemplo fuentes de alimentación, baterías, amplificadores, entre otros. Un instrumento o dispositivo que tiene una salida aislada es una señal variable de la fuente.

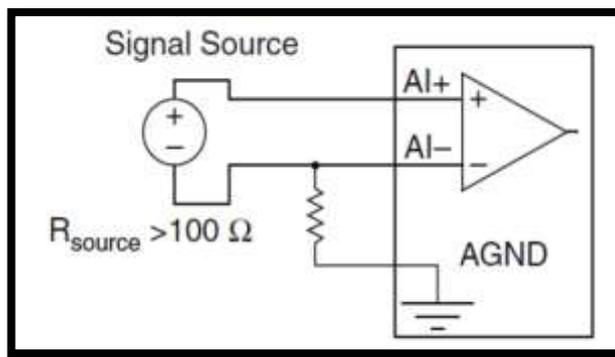


Figura 2.19. Conexión diferencial para fuentes de señal flotante con una resistencia.

Fuente: Data Sheet, MyDAQ, National Instruments, Manual, 2011.

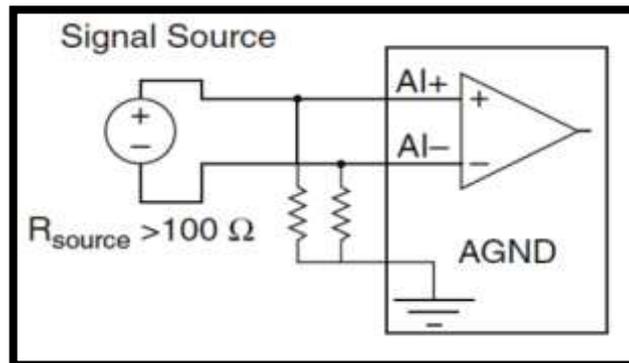


Figura 2.20. Conexión diferencial para fuentes de señal flotante con dos resistencias.

Fuente: Data Sheet, MyDAQ, National Instruments, Manual, 2011.

Entradas Analógicas (AI).- Dispone de dos canales analógicos, que pueden trabajar como voltaje diferencial de alta impedancia. Estas entradas tienen un solo convertidor de analógico a digital multiplexado, con un rango de medición de $\pm 10V$.

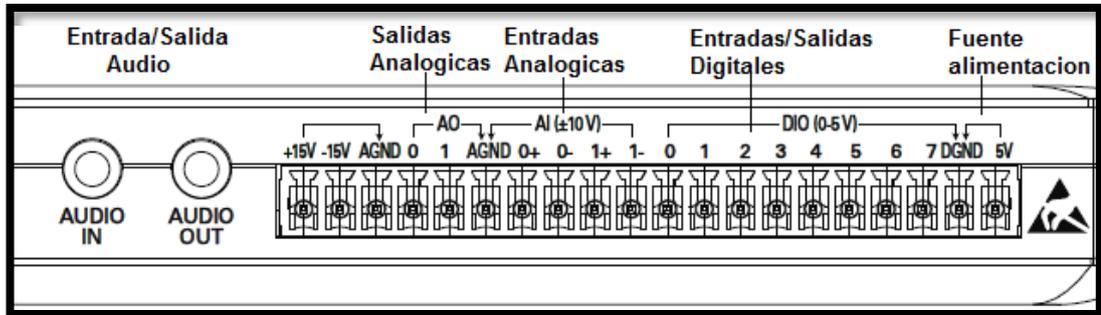


Figura 2.21. Distribución de pines de MyDAQ.

Fuente: Data Sheet, MyDAQ, National Instruments, Manual, 2011

Las entradas analógicas de este dispositivo, se rigen a sus valores técnicos de operación:

DESCRIPCION	VALOR
Número de canales	2 o 1 entrada estéreo.
Resolución ADC	16 bits.
Velocidad máxima de muestreo	200 KS /s
Precisión de la sincronización	100 ppm de velocidad de muestreo
Tiempo de resolución	10 nano segundos
Entradas analógicas	$\pm 10 V, \pm 2V DC.$
Entradas de audio	$\pm 2V AC.$

Tabla 2.3. Especificaciones técnicas de entradas analógicas.

Salidas Analógicas (AO).- Tiene dos canales de salidas analógicas configurables como voltaje de salida para cualquier aplicación o como salida de audio. La salida tiene un convertidor de digital a analógico, por lo que se pueden utilizar simultáneamente. La resolución de la salida es de hasta 200000 muestras por segundo por cada canal. Se puede usar de dos modos:

Modo	Uso
Uso general salida analógica	Genera hasta $\pm 10V$. de señal
Audio	Dos canales de salida estéreo.

Tabla 2.4. Salida analógica.

Fuente: Data Sheet, MyDAQ, National Instruments, Manual, 2011.

Las especificaciones técnicas de las salidas analógicas del MyDAQ se observan en la tabla de continuación.

DESCRIPCION	VALOR
Número de canales	Dos de tierra- referencia o una salida de audio estéreo.
Resolución ADC	16 bits.
Velocidad máxima de muestreo	200 KS /s
Tiempo de resolución	10 nano segundos
Salidas analógicas	$\pm 10 V$, $\pm 2V$ DC.
Salidas de audio	$\pm 2V$ AC.
Máxima corriente de salida	2 mA.
Impedancia de salida analógica	1 Ω .
Impedancia de salida de audio	120 Ω .

Tabla 2.5. Especificaciones técnicas de salidas analógicas.

Fuentes de alimentación.- MyDAQ dispone de tres fuentes de alimentación.

- $\pm 15V$. Se utiliza para componentes analógicos de potencia que se requiera, ya sea reguladores, amplificadores, etc.
- $+5V$. Para aplicaciones de componentes digitales.

Su limitación es en corriente, para salidas analógicas y digitales entrega máximo 500mW como máximo y 100mW como mínimo.

Multímetro digital.- La tarjeta de adquisición de datos posee un multímetro con funciones de: medidor de tensión en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC), óhmetro (DC y AC), y un medidor de diodos. Va adjunto del software para la percepción de las medidas.

El multímetro digital que nos trae el MyDAQ puede realizar las siguientes mediciones:

- ✓ Tensión (DC y AC)
- ✓ Corriente (DC y AC)
- ✓ Resistencia
- ✓ Prueba de diodos
- ✓ Continuidad audible para las mediciones.

Además está limitado a los parámetros de medición:

- Voltaje de Corriente Continua: rangos de 60 V, 20 V, 2 V, y 200 mV.
- El voltaje de Corriente Alterna: rangos de 20 V, 2 V, y 200 mV.
- La corriente en Corriente Continua: rangos de 1 A, 200 mA, y 20 mA.
- La corriente en Corriente Alterna: rangos de 1 A, 200 mA, y 20 mA.
- Resistencia: rangos de 20 mW, 2 mW, 200 kΩ 20 kΩ, 2 kΩ, y 200 Ω
- Diodo: rango de 2 Voltios.

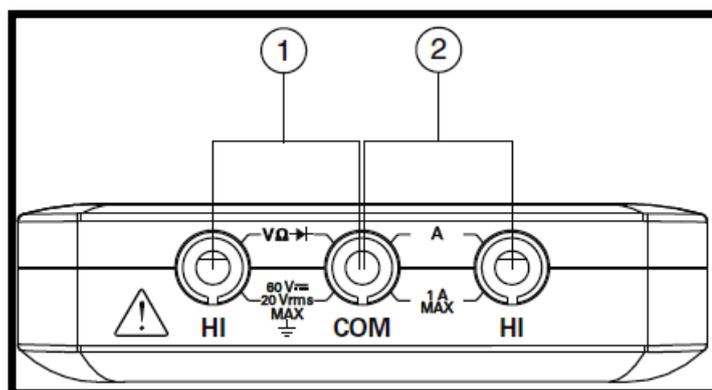


Figura 2.22. Multímetro Digital.

Fuente: Data Sheet, MyDAQ, National Instruments, Manual, 2011.

1.- (HI) Terminal de entrada positiva para tensión, resistencia y las mediciones del diodo.

COM.- Referencia para las mediciones.

2.- (HI) Entrada positiva para corriente.

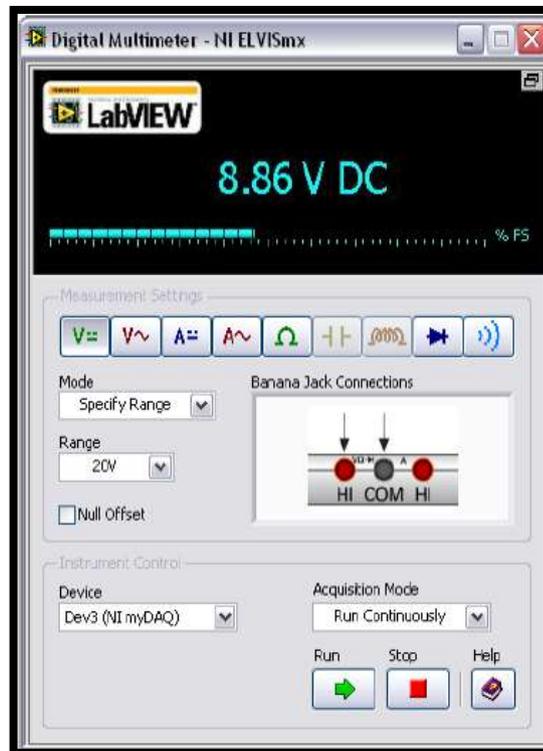


Figura 2.23. Software Multímetro Digital.

Fuente: Data Sheet, MyDAQ, National Instruments, Manual, 2011.

Entrada / Salida digital y Contadores / Temporizadores.- Tiene ocho líneas de software programadas internamente (DIO), que se pueden configurar de manera individual como entrada o salida. Las líneas son:

- Entrada / Salida Digital (DIO) 0
- Entrada / Salida Digital (DIO) 1
- Entrada / Salida Digital (DIO) 2
- Entrada / Salida Digital (DIO) 3, esta puede ser configurada como contador / temporizador. Cuando se utiliza esta Entrada / Salida como codificador de cuadratura, las entradas / salidas DIO1, DIO2 y DIO3 pasan a ser A, B y Z, como se observa en la figura.

Señal NI MyDAQ	Interfaz de funciones Programable	Señal Contador Temporizador	Codificador de señal cuadratura
DIO0	PFI0	CTR 1 Fuente	A
DIO1	PFI1	CTR 0 Disparo	B
DIO3	PFI3	CTR 0 Salida	Z

Tabla 2.6. Contador / temporizador de señales.

2.7. Desarrollo del Hardware

En este apartado se explica detalladamente las funciones específicas de cada conjunto de elementos de hardware que sirven para la medición de los Parámetros Eléctricos de la Red de Cobre presentes en el sistema de Adquisición.

2.7.1. Medición de Resistencia de Bucle

Para realizar la medición de Resistencia de Bucle en el sistema, se utiliza un Partidor de Tensión. El par de cobre bajo prueba se convierte en la Resistencia R2 del partidor, R1 y el voltaje de ingreso al partidor son conocidos, por lo tanto al realizar una medición con la Tarjeta de Adquisición de Datos “MyDAQ” de la caída de tensión en R2 se puede calcular la corriente que circula por el partidor y por consiguiente por medio de Ley de Ohm calcular R2 ó que es lo mismo la Resistencia de Bucle del par de Abonado.

En la siguiente figura se ilustra el diagrama del partidor de tensión conformado por la resistencia conocida y el par de abonado.

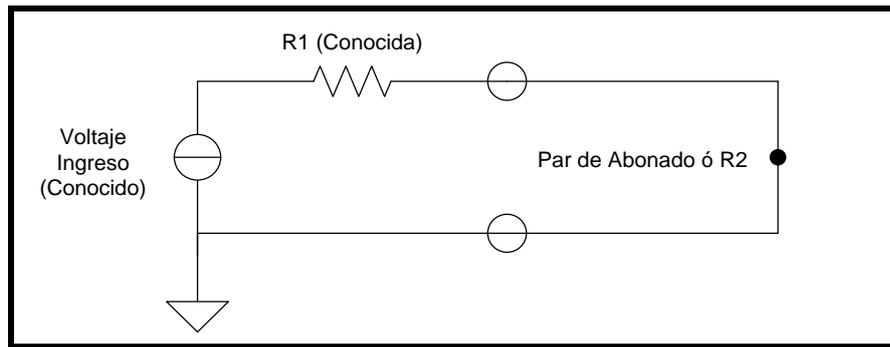


Figura 2.24. Partidor de Tensión para la medición de Resistencia de Bucle

2.7.2. Medición de Capacitancia

Para lograr la medición de Capacitancia en el sistema de Adquisición, se utilizan algunos elementos de hardware, los cuales nos van a ayudar a generar las condiciones para que se realice dicha medición.

El elemento más importante dentro de esta medición es el “Generador de Funciones XR-2206”. Este integrado genera una onda Senoidal pura de frecuencia variable. Para lograr generar esta onda el XR-2206 se conecta en configuración FSK con Mínima Distorsión de Armónicos, esta configuración es una combinación entre el Generador de Onda Senoidal FSK y el Generador de Onda Senoidal con Mínima Distorsión de Armónicos.

El Generador de Onda Senoidal FSK necesita una fuente FSK externa, la cual se logra armando un oscilador 555 como multivibrador aestable, este oscilador ingresa al pin 9 del XR-2206 y alterna la conducción entre el pin 7 y el pin 8, es decir cuando el pin 9 está en un nivel alto ($>2V$) el pin 7 es activado. Igualmente en el caso contrario cuando el pin 9 del XR-2206 está en un nivel bajo ($<1V$) el pin 8 es activado.

La siguiente figura muestra la configuración del Generador de Funciones FSK.

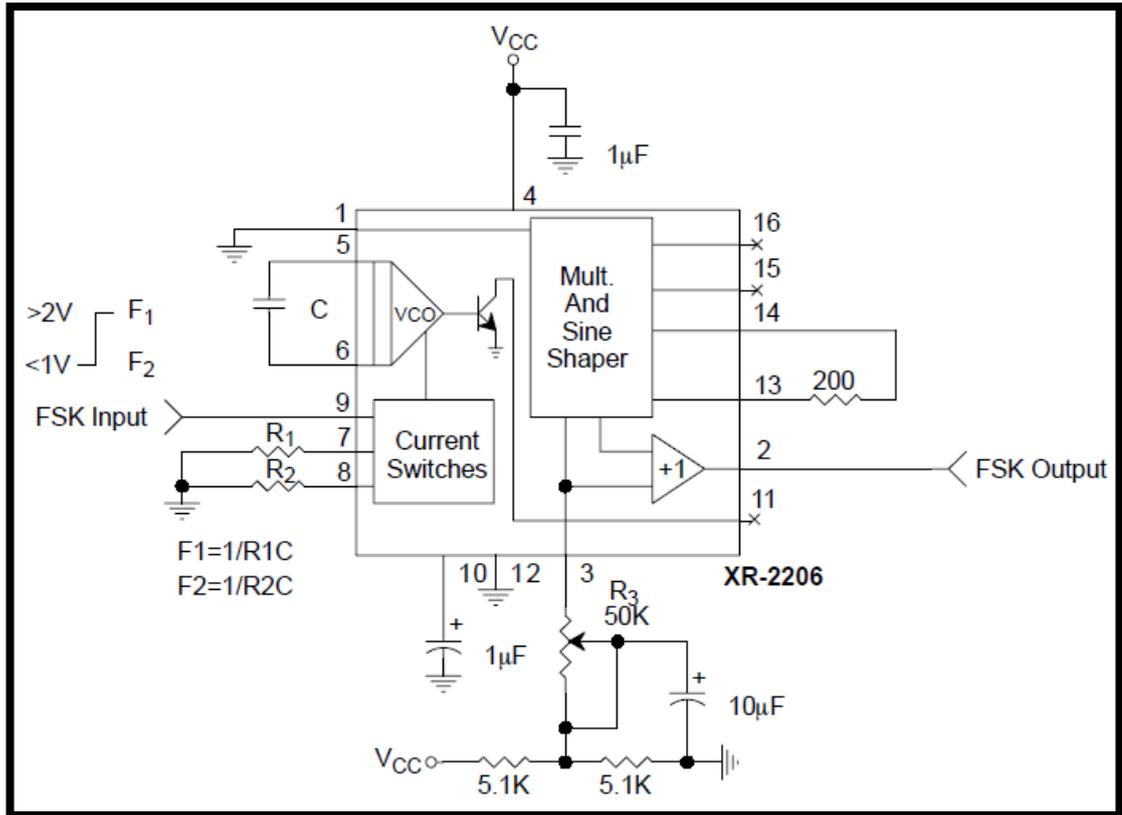


Figura 2.25. XR-2206 en configuración FSK

Fuente: Data Sheet, Philips, Enero 1995.

La siguiente figura ilustra la conexión del oscilador 555 como multivibrador a estable para la fuente de señal FSK realizado en Altium Designer Winter 2009.

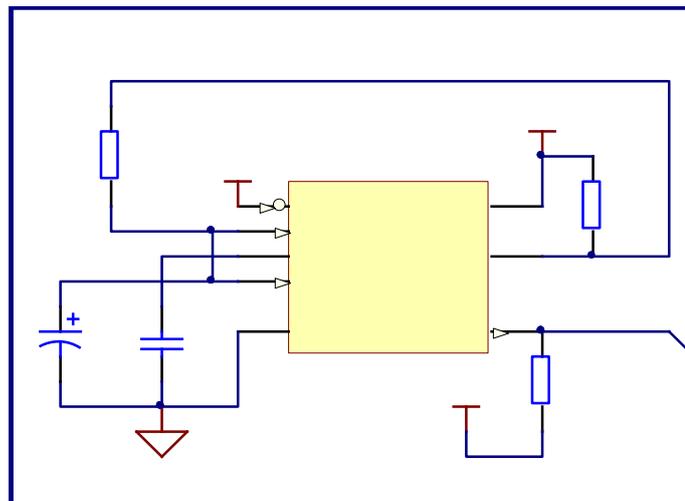


Figura 2.26. Multivibrador Aestable 555 como fuente de señal FSK

Para poder conseguir la onda senoidal de salida con una frecuencia variable, se diseña al multivibrador para que éste tenga la mayor parte de su tiempo de oscilación en un nivel alto, con esto se puede despreciar el pin 8 y utilizar únicamente el pin 7 como entrada de resistencia para el filtro que nos dará la frecuencia de oscilación de la onda senoidal pura de salida. Con la ayuda de un Conmutador Digital HEF4066B se pueden colocar distintas resistencias en el pin 7 del Generador XR-2206. Este conmutador posee 4 contactos abiertos, los cuales se cierran luego de activar su respectivo pin de Control, logrando de esta manera poder conmutar la resistencia que se conecta al pin 7 con distintas combinaciones de entradas de control en el Conmutador.

La frecuencia de salida de la onda se calcula con la formula $f=1/RC$, por lo tanto al cambiar la resistencia de entrada al pin 7 consecuentemente cambiará la frecuencia de oscilación de la onda senoidal de salida. La capacitancia C se encuentra conectada directamente a los pines 5 y 6 del Generador de Funciones XR-2206.

Con esto se logra realizar una medición de capacitancia en 3 frecuencias distintas en forma de un barrido, las cuales abarcan las frecuencias audibles en el orden de 1kHz, frecuencias en el orden de los 100kHz y frecuencias de trabajo de ADSL y ADSL2+ en el orden de 1MHz. Estas mediciones se promedian para determinar la capacitancia total resultante que nos servirá como medición definitiva.

La siguiente figura ilustra el esquema del circuito del Generador de Funciones XR-2206 y la conmutación de resistencias por medio del HEF4066B realizado en Altium Designer Winter 2009.

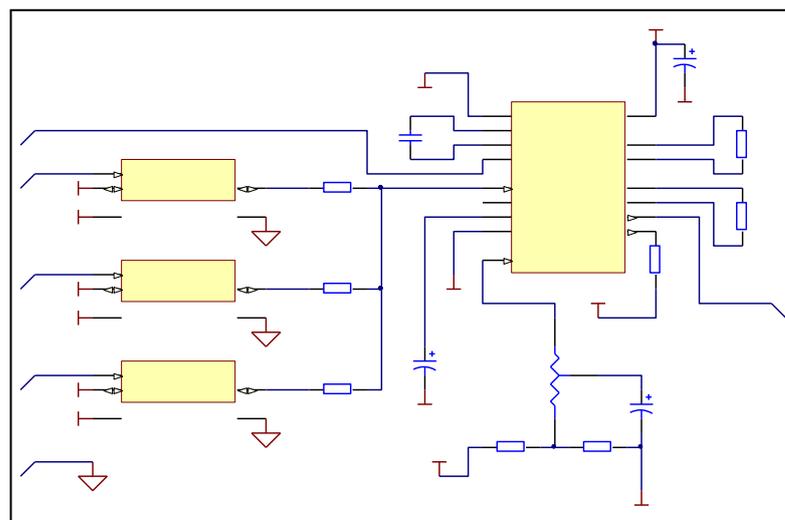


Figura 2.27. Esquema del XR-2206 de frecuencia variable y conmutación de resistencias con el HEF4066B en Altium Designer Winter 2009

Para lograr la medición de capacitancia se alimenta un circuito RC con la onda senoidal generada que tiene un valor RMS de 5V. La resistencia R es conocida y la capacitancia C está formada por el par de cobre. Se realiza entonces la medición de la caída de voltaje en la resistencia R que la llamaremos VR, con lo cual al saber el valor de la resistencia podemos calcular la Corriente del circuito serie RC.

Al conocer entonces el valor de VR y el valor de voltaje de la fuente de alimentación VS, podemos calcular el voltaje de la capacitancia C utilizando el triangulo de voltajes que se muestra en la siguiente figura.

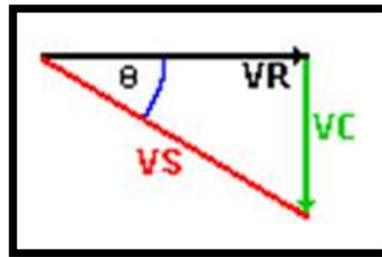


Figura 2.28. Triangulo de Voltajes del circuito serie RC

Fuente: http://www.unicrom.com/Tut_circuitoRC.asp - Abril 2012

Para obtener la magnitud de VC utilizamos la siguiente fórmula:

$$VC = \sqrt{VS^2 - VR^2}$$

Al tener como valores conocidos el voltaje VC y la corriente que circula por el circuito podemos calcular por Ley de Ohm la reactancia capacitiva XC del par de cobre C. Con la reactancia capacitiva se calcula la C del circuito por medio de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot XC}$$

Donde:

- C → Capacitancia
- f → Frecuencia
- XC → Reactancia Capacitiva

Con este método se mide y calcula la capacitancia del par de cobre en todas las frecuencias de medición que nos entrega el generador de funciones XR-2206.

En base a estos dos parámetros medidos hasta el momento, se pueden calcular los siguientes parámetros eléctricos de la red de cobre. Por este motivo estos parámetros deben tener una elevada precisión, debido a que son pilares fundamentales para definir el valor de los distintos parámetros que se derivan de ellos.

2.7.3. Cálculo de Parámetros basados en Resistencia de Bucle y Capacitancia

2.7.3.1. Cálculo de Distancia

Para realizar el cálculo de la Distancia del par de abonado se utiliza la siguiente fórmula:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R	→	Resistencia de Bucle
ρ	→	Constante de Resistividad del Material (Cu)
L	→	Longitud del cable
S	→	Sección del conductor

Para calcular la distancia se despeja L de la formula. Al ser ésta L la longitud total del cable, entonces el resultado se debe dividir entre dos, debido a que el bucle está formado por los dos hilos cortocircuitados, por lo tanto la distancia del cable es la mitad de la longitud calculada.

2.7.3.2. Cálculo de Impedancia Característica

Para calcular la Impedancia Característica en el Sistema se utiliza la siguiente fórmula:

$$Z_o = \sqrt{\frac{R}{w \cdot C}}$$

Donde:

Z_o	→	Impedancia Característica
R	→	Resistencia de Bucle
w	→	Frecuencia Angular $(2 \cdot \pi \cdot f)$
C	→	Capacitancia

La frecuencia angular (W) es igual a $2 \cdot \pi \cdot f$, en donde f es la frecuencia de análisis en ese instante de tiempo.

2.7.3.3. Cálculo de Atenuación

Para realizar el cálculo de Atenuación del Sistema se utiliza la siguiente fórmula:

$$At = 8,686 \cdot \sqrt{\frac{w \cdot C \cdot R}{2}}$$

Donde:

At	→	Atenuación
w	→	Frecuencia Angular
C	→	Capacitancia
R	→	Resistencia de Bucle

2.7.4. Conmutación del Par bajo Prueba

Para realizar las mediciones mencionadas anteriormente, se realiza un sistema de conmutación del par de cobre bajo prueba para que éste pueda ser alternado entre la medición de Resistencia de Bucle y la medición de Capacitancia. Para lograr esta conmutación se utiliza nuevamente un Conmutador Digital HEF4066B, el cual conmuta

ambos hilos del par entre un ambiente de medición y otro, realizando combinaciones de señal entre los pines de control para lograr este objetivo.

2.7.5. Esquema y PCB del Hardware de Adquisición de Parámetros

El esquema completo del hardware para el Sistema de Adquisición de Parámetros Eléctricos para la Red de Cobre de la Empresa ETAPA EP se encuentra en el Anexo 2. El esquema está realizado en Altium Designer Winter 2009. (Ver Anexo 2).

El diseño del PCB (Printed Circuit Board) a doble capa para el Sistema de Adquisición de Parámetros Eléctricos de la Red de Cobre de la Empresa ETAPA EP se encuentra en el Anexo 3. Esta elaborado en Altium Designer Winter 2009. (Ver Anexo 3).

2.8. Conclusión

En este capítulo se identificó los diferentes elementos electrónicos que se necesitan para determinar los parámetros de la red de cobre, con tan solo conectar el par de cobre en los terminales de nuestro hardware. El multivibrador junto con el generador de funciones XR-2206 nos permiten generar una forma de onda senoidal que viaja a través de un tiempo determinado a lo largo del par de cobre; obteniendo así el valor de su capacitancia que es uno de los parámetros con mayor dificultad a medir. El interruptor digital HEF4066 es un circuito integrado que nos permite hacer un switcheo automático dentro de nuestro hardware, permitiendo así realizar las mediciones del par de cobre a lazo abierto y a lazo cerrado en una sola prueba de medición. El partidor de tensión no es más que una técnica de juego de resistencias que nos permite tener un voltaje menor al de ingreso y obtener la resistencia del cable, identificando la caída de tensión en una de sus resistencias desconocidas.

Finalmente se especificó detalladamente las interconexiones y funciones de los elementos del hardware en el circuito impreso y como estos generan las condiciones ideales para la adquisición de parámetros por medio de la tarjeta MyDAQ, el switcheo entre mediciones y la automatización del sistema.

CAPITULO III

DESARROLLO DE SOFTWARE

3.1. Introducción

El desarrollo de software está elaborado en LabVIEW propiedad de NI (National Instruments) debido a la interface gráfica que proporciona para dar al usuario un sistema comprensible y sin complejidad de operación. En este capítulo se detalla minuciosamente la construcción y el funcionamiento de cada sección de software elaborado para la adquisición de cada parámetro individual de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP.

3.2. La herramienta gráfica LabVIEW

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G indica que es un lenguaje Gráfico. Fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux. La última versión existente hasta la fecha es la 2011.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque en la actualidad se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación Electrónica) sino también a su programación embebida. Un lema tradicional de LabVIEW es: "La potencia está en el Software", que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más potente.

Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante como tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos como Hardware de otros fabricantes.

3.2.1. Programación gráfica de flujo de datos

LabVIEW es diferente de la mayoría de lenguajes de propósito general por dos razones principales. Primero, la programación G se desarrolla cableando iconos gráficos en un diagrama que compila directamente a código máquina de modo que los procesadores del ordenador pueden ejecutarlo. Aunque se representa gráficamente en lugar de texto, G contiene los mismos conceptos de programación que se pueden encontrar en la mayoría de los lenguajes tradicionales. G incluye todas las construcciones estándar como tipos de datos, bucles, eventos, variables, recursividad y programación orientada a objetos.

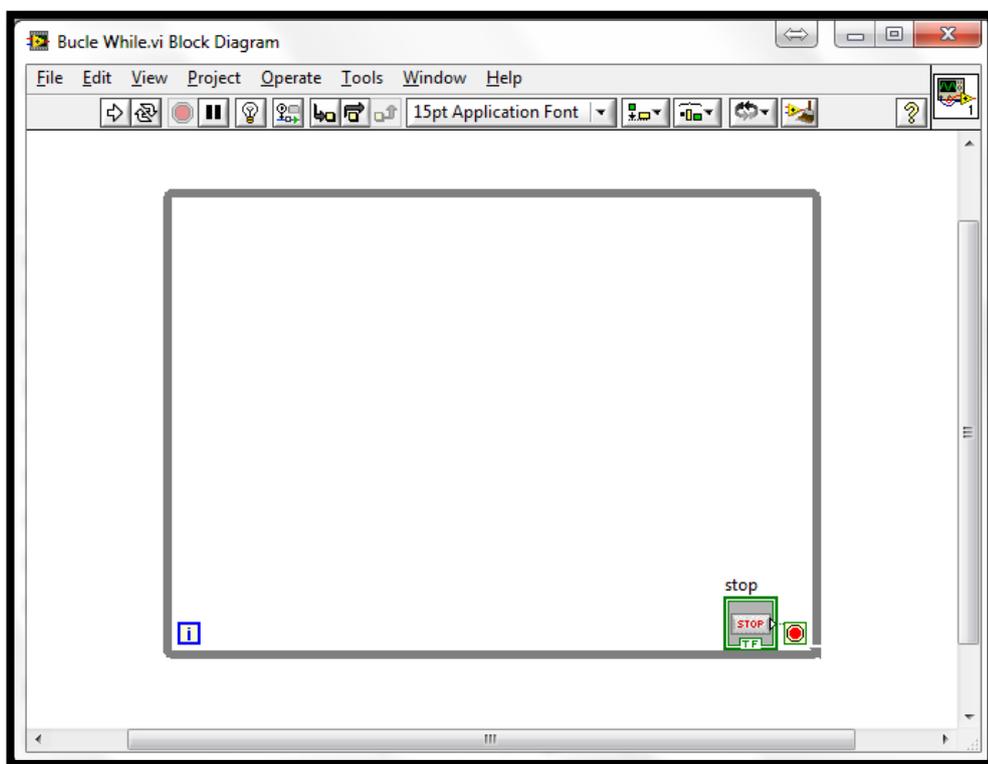


Figura 3.1. Un bucle While en G se representa por un lazo gráfico que se ejecuta hasta que se cumple una condición de parada.

Segundo, el código G desarrollado en LabVIEW se ejecuta de acuerdo con las reglas del flujo de datos en lugar del acercamiento más tradicional (en otros términos, una serie secuencial de comandos para ser llevados a cabo) que se encuentran en la mayoría de los lenguajes de programación basados en texto como C y C++. Los lenguajes de flujo de datos como G (también VEE de Agilent, Microsoft Visual y Apple Quartz Composer) promueven

los datos como concepto principal detrás de cualquier programa. El flujo de datos entre los nodos del programa, líneas no secuenciales de texto, determina el orden de ejecución.

3.2.2 Beneficios de la programación G

3.2.2.1. Programación gráfica intuitiva

Como todo el mundo, los ingenieros y científicos aprenden observando y procesando imágenes sin necesidad de pensamiento consciente. Se denominan “pensadores visuales”, ya que son especialmente aptos a organizar información con procesamiento visual. Piensan mejor en imágenes. Sin embargo, la mayoría de los lenguajes de programación requieren el empleo de cantidades ingentes de tiempo en aprender la sintaxis necesaria asociada con el lenguaje y mapear la estructura del mismo al problema a solventar. La programación gráfica con G provee de una experiencia más intuitiva.

El código G es más sencillo de entender por ingenieros y científicos porque están familiarizados con la visualización y la modelización gráfica de procesos y tareas en términos de diagramas de bloque y flujogramas. Además, ya que los lenguajes de flujo de datos requieren basar la estructura del programa en el propio flujo, a usted se le anima a pensar en términos del problema que quiere solucionar. Por ejemplo, un programa típico en G puede adquirir, en primer lugar, de varios canales de datos de temperatura, después pasarlos a una función de análisis y finalmente escribirlos a disco. En conjunto, el flujo de datos y los pasos involucrados en este programa son sencillos de comprender en el diagrama de LabVIEW.

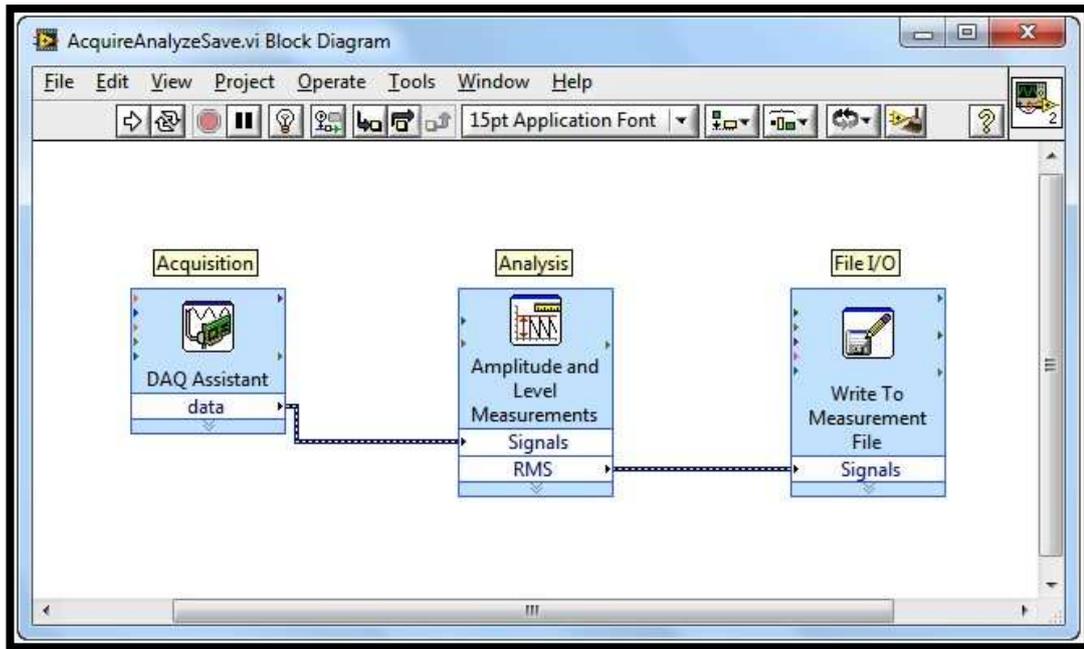


Figura 3.2. Los datos se originan en la función de adquisición y luego fluyen a las funciones de análisis y almacenamiento a través de los cables.

Fuente: <http://www.ni.com/labview/whatis/graphical-programming/esa/> - Marzo 2012

3.2.3 Paralelismo y rendimiento automáticos

El paralelismo es importante en la programación ya que desbloquea las ganancias de rendimiento relativas a los programas secuenciales debido a cambios recientes en el diseño de los procesadores. Anteriormente, los fabricantes de chips incrementaron la velocidad del reloj del procesador para aumentar el rendimiento. Hoy, en cambio, el aumento de las velocidades de reloj para obtener mejoras en el rendimiento no es viable debido al consumo de energía y a las restricciones de disipación de calor. Entonces, los fabricantes de chips han diseñado nuevas arquitecturas con múltiples núcleos de procesamiento en un único chip.

Para sacar provecho al rendimiento disponible en procesadores multinúcleo, se usa multihilo en las aplicaciones. Si se emplean los tradicionales lenguajes basados en texto, se deben crear y administrar hilos para implementar el paralelismo, algo complicado para programadores no expertos.

Por el contrario, la naturaleza paralela del código G hace a la multitarea y multihilo fáciles de implementar. El compilador trabaja continuamente para identificar secciones paralelas del código. Siempre que el código G tiene una rama en un cable o una secuencia paralela de nodos en un diagrama, el compilador intenta ejecutar el código en paralelo del conjunto de

hilos administrados por LabVIEW. En consecuencia no se tiene que escribir el código para la ejecución paralela, el lenguaje G se encarga de ello.

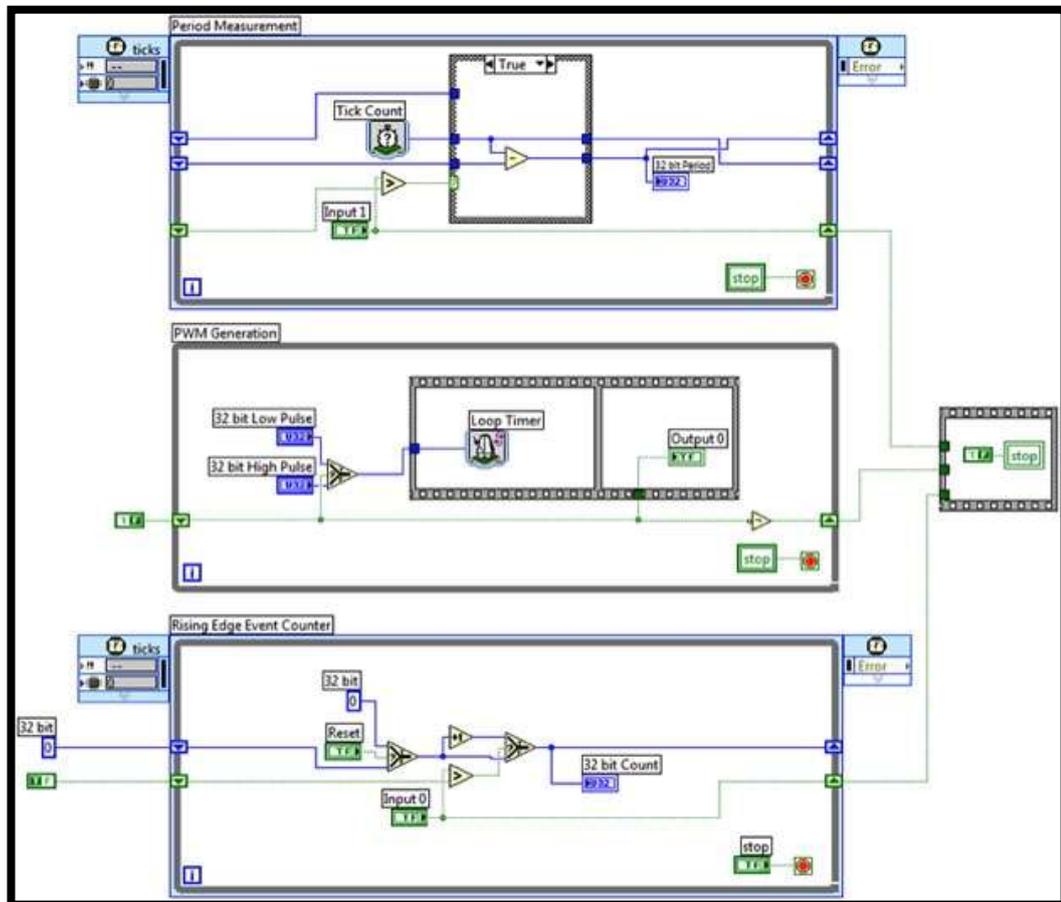


Figura 3.3. El código de LabVIEW FPGA con paralelismo genera caminos independientes en el chip de la FPGA.

Fuente: <http://www.ni.com/labview/whatis/graphical-programming/esa/> - Marzo 2012

3.2.4 Combinando G con otros lenguajes

Aunque el código G provee de una representación excelente para el paralelismo y elimina el requisito de los desarrolladores de entender y administrar el uso de memoria, no es necesariamente ideal para todas las tareas. En particular, las fórmulas matemáticas y las ecuaciones pueden ser representadas en texto. Por esa razón, se puede usar LabVIEW para combinar la programación gráfica con varias formas de programación en texto. Se puede elegir un enfoque textual, gráfico o combinado.

Por ejemplo, LabVIEW contiene el concepto de Formula Node que evalúa las formulas y expresiones matemáticas de un modo similar a C en el diagrama de bloques. Estas fórmulas matemáticas se pueden ejecutar codo con codo e integrarlas en el código gráfico de LabVIEW.

```

int32 sp = 0;

// initialize stack
// which contains a pair of index
stack[sp++] = 0;
stack[sp++] = sizeofDim(numArr,0) - 1;

// as long as stack is not empty
// continue calculation
while(sp)
{
    int32 p, r, j, i;
    float f;

    // take beginning and ending
    // index off the stack
    p = stack[sp - 2];

```

Figura 3.4. Formula Node usa sintaxis similar a C para representar expresiones matemáticas de una forma sucinta en formato de texto.

Fuente: <http://www.ni.com/labview/whatis/graphical-programming/esa/> - Marzo 2012

Igualmente, el MathScript Node añade programación textual matemática en LabVIEW, generalmente compatible con la sintaxis de los archivos .m.

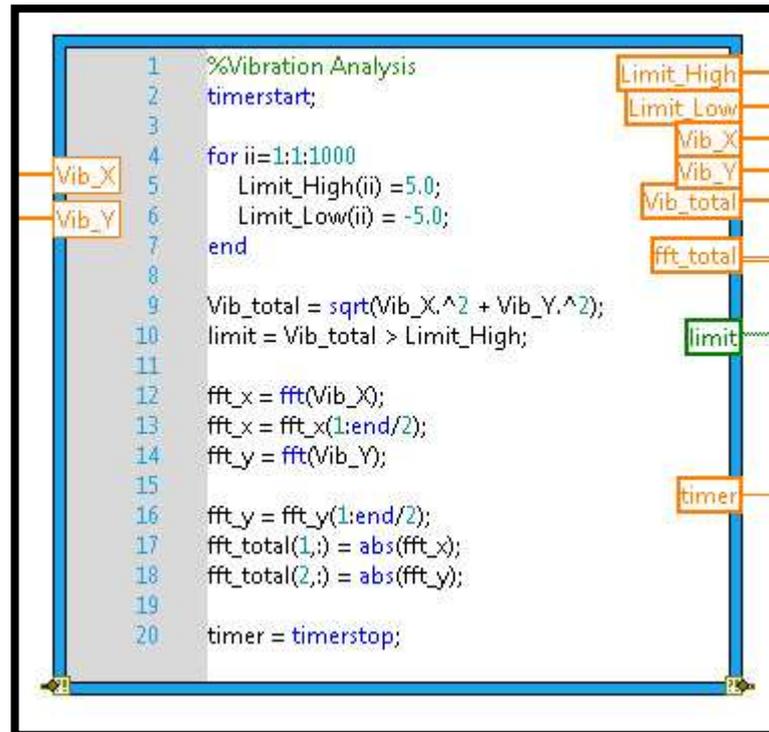


Figura 3.5. Con MathScript Node, usted puede crear o reutilizar archivos .m para el procesamiento de señales y el análisis de datos.

Fuente: <http://www.ni.com/labview/whatis/graphical-programming/esa/> - Marzo 2012

3.3. Desarrollo de Software

El software elaborado para la adquisición de parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP se explica detalladamente a continuación:

3.3.1. Autenticación de Usuario

El primer paso que se realiza para ingresar al sistema de adquisición, es la autenticación del usuario. Para esto se construye un SubVI que realiza la función de autenticación.

Para la construcción del SubVI se crea un nuevo VI el cual va a realizar la comparación de valores ingresados al sistema de autenticación, el mismo posee un “Menu Ring” el cual tiene todos los nombres de los usuarios habilitados por el administrador del sistema, luego se realiza un match entre la contraseña asignada a dicho usuario y la contraseña ingresada. Cuando los dos valores de String son iguales el VI coloca en True una variable booleana que es la que va a permitir el ingreso al Sistema de Adquisición.

Las contraseñas asignadas a cada usuario se realizan mediante un “Case Structure”, el cual va cambiando su case de acuerdo a la posición del “Menu Ring”, en cada Case de Usuario existe un “String” establecido permanentemente el cual corresponde a la contraseña asignada y es la que se va a comparar con el “String” ingresado por el usuario actual. Se crea una constante “String” vacía para asegurar que cada vez que corra el sistema de autenticación el campo de contraseña inicialice vacío.

Adicional a esto se crea un “Property Node” del “Menu Ring” para adquirir el texto establecido en el ítem del mismo. Esto nos va servir más adelante para crear la Base de Datos que será explicada a detalle en el capítulo 4.

En las siguientes figuras se muestran el Panel Frontal y el Diagrama de Bloques del sistema de autenticación del usuario.

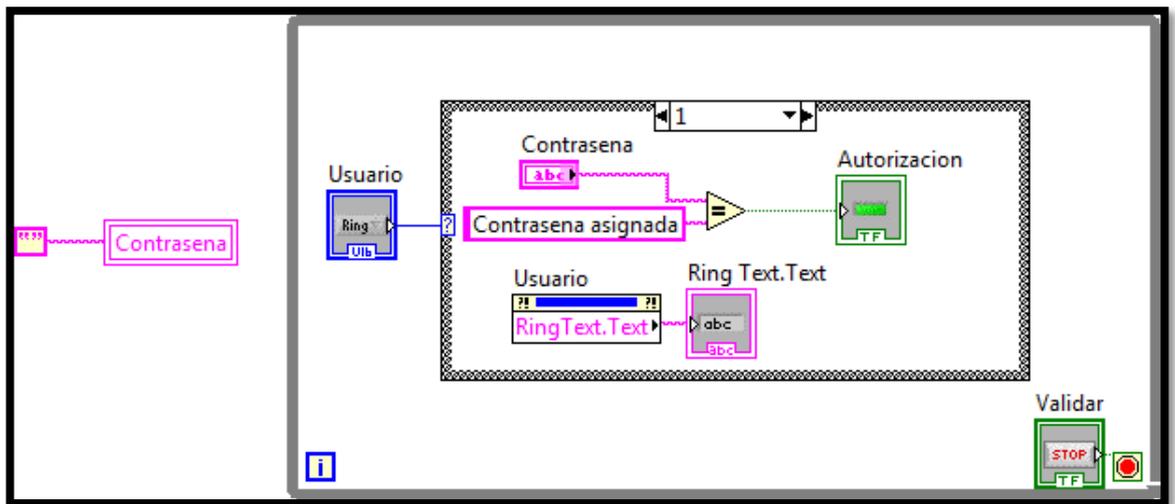


Figura 3.6. Block Diagram del Sistema de Autenticación de Usuario



Figura 3.7. Front Panel del Sistema de Autenticación de Usuario

3.3.2. Adquisición de Resistencia de Bucle

Luego de haberse autenticado, el proceso del programa ingresa a un “Case Structure” el cual direcciona el sistema al siguiente paso. En caso de que la autenticación falle, el programa muestra un mensaje de Error indicando que no se tiene permisos para acceder a la aplicación y las sanciones en caso del uso no autorizado. Cuando la autenticación es correcta el programa entra en un “While Loop” que proporciona el funcionamiento continuo de la aplicación.

Dentro del “While Loop” se encuentra un nuevo “Case Structure” el cual indica el proceso a seguir dentro de la adquisición de parámetros, controlado por un “Numeric Control” nombrado como “Proceso”. En la posición “0” del “Case Structure” se encuentra el proceso para la adquisición de Resistencia de Bucle.

El primer paso para la adquisición de Resistencia de Bucle es conmutar las salidas del Switch Digital HEF4066BP para que las mismas coloquen al par de abonado en el partidor de tensión, el mismo que es monitoreado desde el puerto AI0 (Analog Input 0) de la tarjeta de adquisición de datos (MyDAQ) para el cálculo de Resistencia de Bucle. Para esto se colocan los puertos (Digital Output); DO 0/0 y DO 0/1 en TRUE y los puertos DO 0/2 y DO 0/3 en FALSE por medio de un “Output DAQ Assistant” nombrado como “DAQ Conmuta Puertos”. Una vez que los puertos señalados anteriormente conmutan el Switch Digital HEF4066BP la MyDAQ estará lista para medir los datos correctos de resistencia.

Para iniciar con el proceso de medición, se utiliza un Input “DAQ Assistant”, nombrado como “DAQ Resistencia”, este adquiere el voltaje presente en el cable de abonado que forma parte de la resistencia que se encuentra en la salida del partidor de tensión construido para este fin. Al adquirir este voltaje se puede calcular la resistencia del cable de abonado por Ley de Ohm al tener una resistencia conocida y por consiguiente la corriente que circula por el cable. Para realizar este cálculo se utiliza primero un “Amplitude and Level Measurements” que permite sacar el promedio del valor DC del voltaje medido, luego de obtener este promedio se utiliza una “Formula” nombrada como “Calculo de Resistencia” para realizar el cálculo por Ley de Ohm, a la salida de la cual se obtiene el valor de Resistencia de Bucle, este valor es visualizado por medio de un Indicador Numérico nombrado como “Resistencia de Bucle” en la pantalla frontal del sistema.

En las siguientes figuras se muestra el proceso de medición de Resistencia de Bucle y el Indicador Numérico en la pantalla frontal.

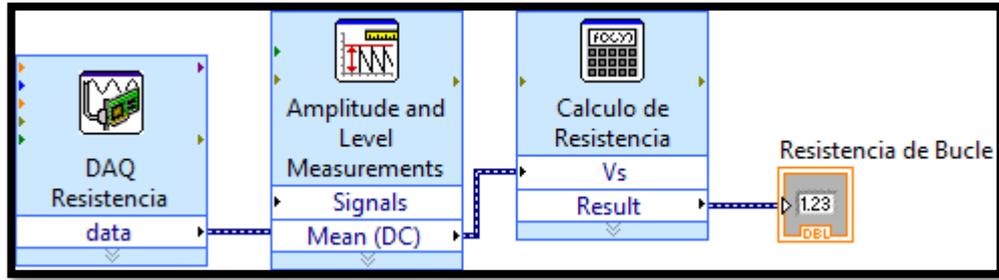


Figura 3.8. Proceso de adquisición de Resistencia de Bucle



Figura 3.9. Indicador Numérico en la Pantalla Frontal del Sistema.

Este proceso se repite constantemente cada 200ms debido a un “Time Delay” colocado dentro del “Case Structure”. Luego de 5 segundos contabilizados por medio de un “Elapsed Time”, tiempo en el cual se debe colocar al cable de abonado correctamente para la medición de Resistencia de Bucle, se permite la visualización en la pantalla frontal de un botón para realizar dicha medición nombrado como “Medir Resistencia”.

Al presionar este botón de medición el proceso captura la medición instantánea de Resistencia de Bucle y coloca al “Case Structure” en la siguiente posición. Este posicionamiento se realiza por medio de un “Select” que me reposiciona en “0” si no se presiona el botón o en “1” si el botón es presionado, este último es el proceso para la adquisición de Capacitancia, indicada en un apartado posterior. Para modificar el número de proceso se utiliza una “Local Variable” del Control Numérico “Proceso” ubicado para controlar el “Case Structure”.

La Figura 3.10 muestra el diagrama de bloques completo del proceso de medición de Resistencia de Bucle, la Figura incluye el Case de Autenticación de Usuario con el respectivo SubVI.

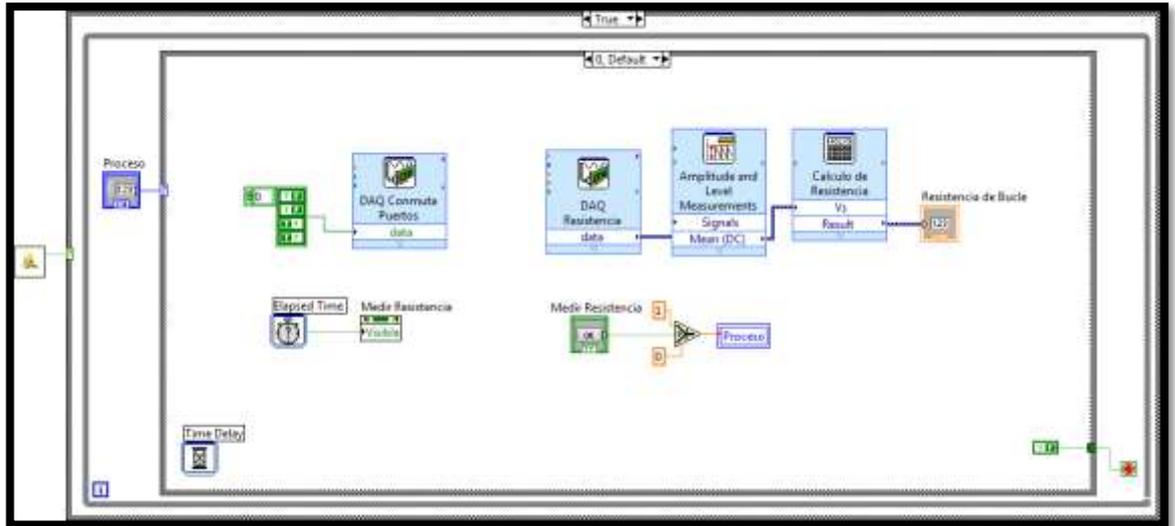


Figura 3.10. Proceso de Adquisición de Resistencia de Bucle

3.3.3. Cálculo de Distancia

Para realizar el cálculo de la Distancia del par de Abonado se utiliza una nueva “Formula” nombrada como “Calculo de Distancia”, esta se conecta a la salida de la Formula “Calculo de Resistencia” para poder utilizar el dato de Resistencia de Bucle en la fórmula que permitirá mostrar la distancia. A la salida de “Calculo de Distancia” se coloca un indicador numérico llamado “Distancia” que mostrará el dato de Distancia de par de abonado en la pantalla frontal del Sistema.

La ilustración muestra el indicador numérico de Distancia en el panel frontal del Sistema.



Figura 3.11. Indicador Numérico de Distancia del par de abonado en el panel frontal

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques del proceso “0” en donde se calcula Resistencia de Bucle y Distancia de par de Abonado.

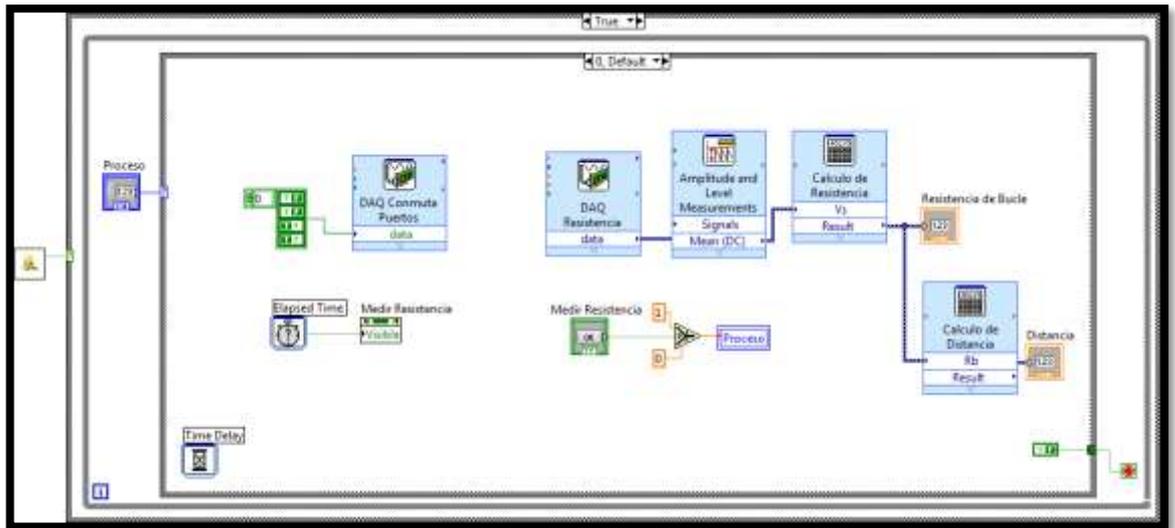


Figura 3.12. Proceso de adquisición de Resistencia de Bucle y Distancia de par de abonado.

3.3.4. Adquisición de Capacitancia

Luego de pasar por el proceso de adquisición de Resistencia de Bucle, el proceso salta al siguiente caso del “Case Structure”, en este caso el “Case 1” que corresponde al proceso de adquisición de Capacitancia del par de abonado.

En este proceso se utiliza una herramienta llamada “Flat Sequence Structure”, la misma que está compuesta de “Frames” que sirven para realizar subprocesos en una secuencia ordenada. Dentro del primer Frame se encuentra un “Output DAQ Assistant” llamado “DAQ Puertos” que sirve para conmutar las salidas del Switch Digital HEF4066BP. Al conmutar las salidas del Switch Digital se conecta al par de abonado en serie con una resistencia conocida. Este circuito serie es alimentado por la salida del Generador de Funciones XR2206, el mismo que genera una onda senoidal pura de amplitud conocida y frecuencia variable lo que me va a permitir realizar el barrido de frecuencias en el par de abonado.

La MyDAQ adquiere el nivel de voltaje que cae sobre el par de abonado por medio del puerto AI1 (Analog Input 1), al obtener este voltaje se calcula la Reactancia Capacitiva X_C y al tener una corriente conocida gracias a la resistencia en serie y la frecuencia de análisis se puede calcular la Capacitancia del par de abonado.

Para realizar este procedimiento se coloca en el siguiente Frame un “While loop” el cual va a iterar mientras se produce el subproceso de medición. Dentro de este se coloca un “Input DAQ Assistant” llamado “DAQ Cap1”, este adquiere la caída de voltaje en el par de abonado a una frecuencia de 1kHz, luego utilizando un “Tone Measurements” llamado

“Frecuencia” se mide la frecuencia real a la cual está el par de abonado. Por medio de un “Reciprocal” se saca el Periodo de la onda senoidal y con estos datos ya se puede calcular la Capacitancia por medio de una nueva “Formula” llamada “Calc Cap1”. A la salida de esta fórmula se coloca un indicador numérico de nombre “Cap”, el cual almacena el dato de capacitancia a la frecuencia de 1kHz.

Para asegurar que la Capacitancia se mida correctamente, se construye un contador por medio de un “Shift Register”, el cual realiza un conteo de 200ms para detener el “While Loop” y poder pasar al siguiente “Frame”.

El barrido de frecuencias se realiza utilizando también Switches Digitales HEF4066BP para conmutar el valor de resistencia del Generador de Funciones XR2206 y con ello poder variar la frecuencia de su salida. Dentro del mismo “Frame” se encuentra un “Output DAQ Assistant”, llamado “DAQ DP” que conmuta las salidas digitales DO 0/4 – DO 0/6. En este “Frame” se activa solo el puerto DO 0/4, colocando así el Generador de Funciones a una frecuencia de 1kHz.

La siguiente figura ilustra el subproceso de adquirir la Capacitancia a una frecuencia de 1kHz.

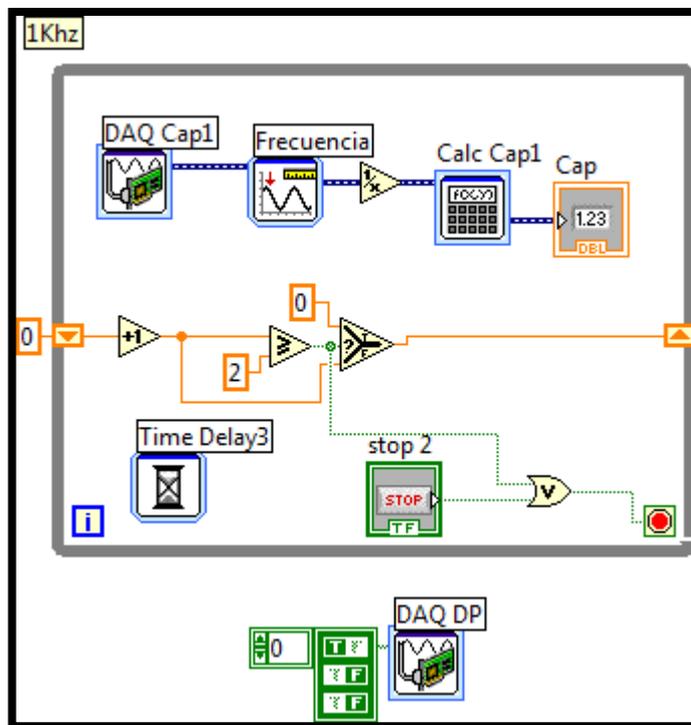


Figura 3.13. Subproceso de adquisición de Capacitancia a frecuencia de 1kHz

En el siguiente “Frame” se realiza el mismo proceso pero a una frecuencia de 100kHz, la diferencia dentro de este “Frame” es que la salida digital DO 0/4 ya no se encuentra activa, ahora se activa únicamente las salida digital DO 0/5, logrando con esto conmutar la resistencia que produce una onda de 100kHz en el Generador de Funciones XR2206.

En la Figura 3.14 se ilustra el subproceso para adquirir Capacitancia a una frecuencia de 100kHz.

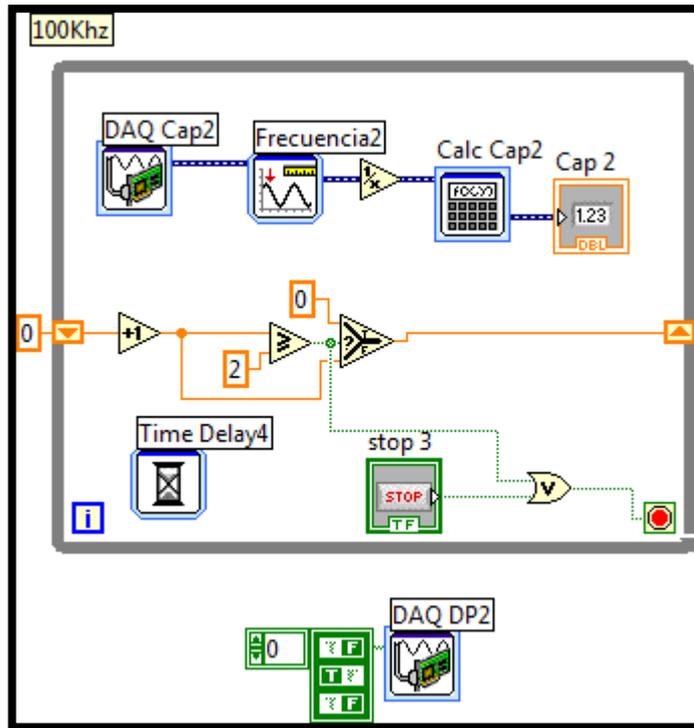


Figura 3.14. Subproceso de adquisición de Capacitancia a una frecuencia de 100kHz

En el próximo “Frame” se repite el proceso, pero para adquirir Capacitancia a 1MHz. Al igual que el “Frame” anterior la única diferencia es la conmutación de los puertos de salida, que en este caso únicamente se tiene activa las salida digital DO 0/6, logrando entonces producir en el Generador de Funciones una frecuencia de 1MHz.

La siguiente ilustración muestra el subproceso de adquisición de Capacitancia a 1MHz.

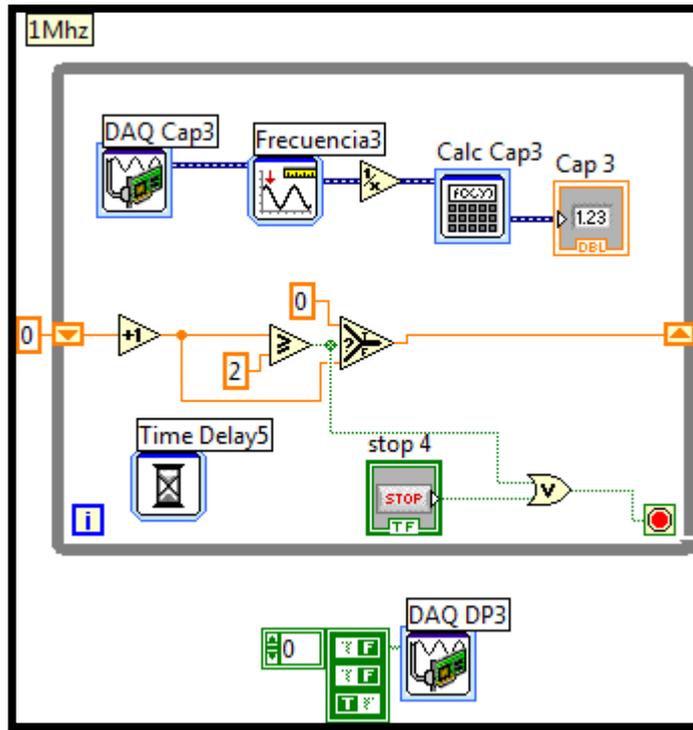


Figura 3.15. Subproceso de adquisición de Capacitancia a una frecuencia de 1MHz

En el siguiente y ultimo “Frame” se realiza un promedio de las mediciones realizadas de capacitancia a diferentes frecuencias. Se coloca un “While Loop” que itera durante el promedio de Capacitancias. Se crean “Local Variables” de los indicadores numéricos “Cap1”, “Cap2” y “Cap3” que almacenan las mediciones a diferentes frecuencias y se promedian los datos. A la salida de dicho promedio se coloca un indicador numérico llamado “Capacitancia”, el cual muestra el valor de capacitancia del par de abonado.

En la siguiente figura se muestra el indicador de Capacitancia del Sistema en el panel frontal.



Figura 3.16. Indicador Numérico de Capacitancia del par de abonado

Dentro de este mismo “Frame” se utilizan también “Local Variables” de dos botones llamados “Medir Cap” y “Recalcular Cap”, los mismos que se vuelven visibles en este “Frame” para poder realizar ya sea la medición de los datos ó recalcular los mismos en caso de alguna falla del usuario. Si se pulsa el botón “Recalcular Cap” este detiene el “While Loop” y reinicia la secuencia del “Flat Sequence Structure” lo que produce un nuevo cálculo y promedio de Capacitancias. Caso contrario si se pulsa el botón “Medir Cap” se utiliza una variable local de “Proceso” y se coloca al “Case Structure” en su siguiente proceso.

En la siguiente figura se muestra el subproceso para promediar los valores de Capacitancia a diferentes frecuencias.

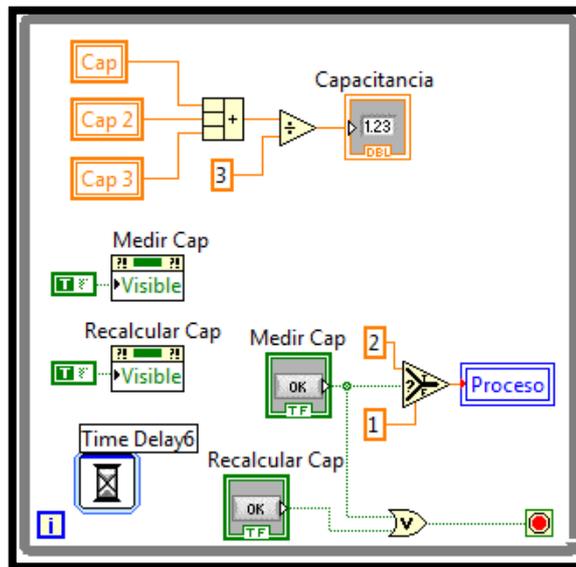


Figura 3.17. Subproceso para promediar Capacitancias a diferentes frecuencias.

En la figura 3.18 se muestra todo el proceso de adquisición de Capacitancia del par de abonado.

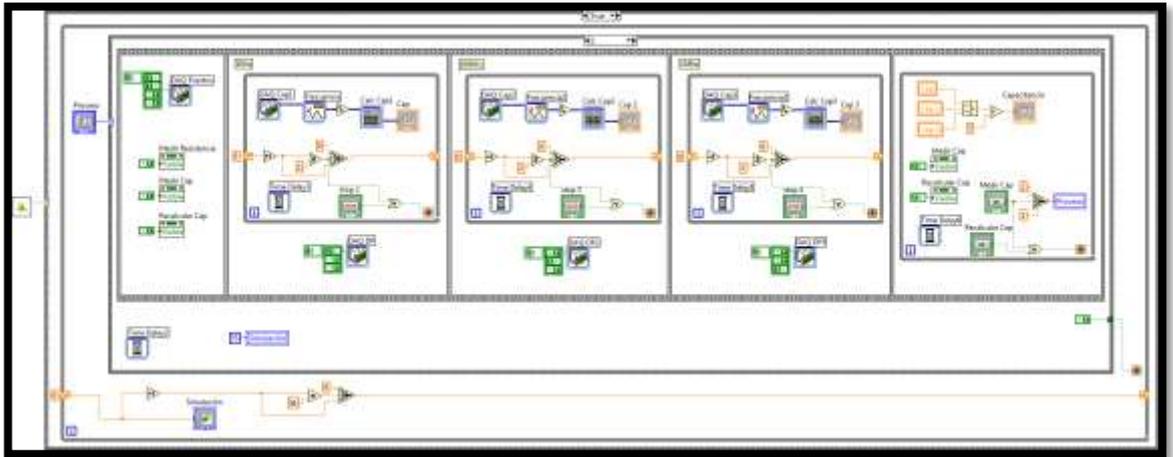


Figura 3.18. Adquisición de Capacitancia del par de abonado.

3.3.5. Cálculo de Atenuación

Luego de haber adquirido la Capacitancia del par de abonado, se tienen los datos suficientes para realizar el cálculo tanto de la Atenuación como de la Impedancia Características del par de abonado. En este apartado se explica el cálculo de la Atenuación.

El “Case Structure” luego de haber pulsado el botón “Medir Cap” como se explicó en el apartado anterior pasa al siguiente “Case” que en este caso es el “Case 2”. Para realizar el cálculo de Atenuación del par de abonado, se utilizan variables locales tanto de la Resistencia de Bucle calculada en el “Case 0” como de la Capacitancia calculada en el “Case 1”. Se utiliza también un “Pointer Slide” nombrado “Frecuencia de Prueba” el cual permitirá variar la frecuencia de análisis y por lo tanto el cálculo de la Atenuación.

Para utilizar todos los datos mencionados se utiliza un “Formula Node”, esta herramienta sirve para insertar Lenguaje “C” dentro de la programación en LabVIEW. Se crean variables de entrada para ingresar los datos requeridos y variables de salida para sacar los resultados calculados. Se utiliza un algoritmo para realizar el cálculo de la Atenuación y el resultado se obtiene por medio de la variable de salida “at”, la misma que se visualiza por medio de un indicador numérico llamado “Atenuación”.

La siguiente figura muestra el indicador numérico de Atenuación en el panel frontal de Sistema.



Figura 3.19. Indicador Numérico de la Atenuación en el panel frontal del sistema

En la siguiente ilustración se muestra el diagrama de bloques del cálculo de la Atenuación del par de abonado.

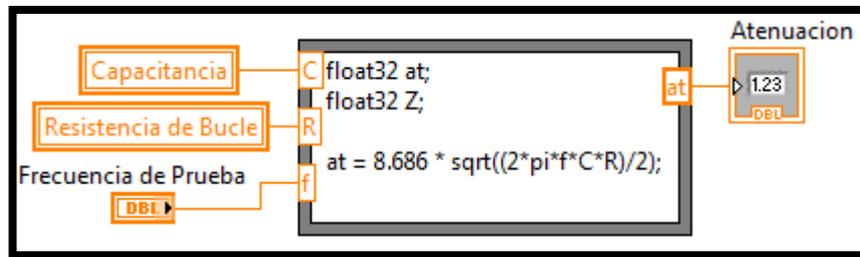


Figura 3.20. Diagrama de Bloques del cálculo de Atenuación del par de abonado

3.3.6. Calculo de Impedancia Característica

Para realizar el cálculo de Impedancia Característica del par de abonado se utiliza el mismo “Formula Node” que se utilizó para el cálculo de la Atenuación, a este se le añade una variable de salida adicional llamada “Z”. Se añade adicionalmente un algoritmo para realizar el cálculo de la Impedancia Característica del par de abonado y este resultado es mostrado por medio de un indicador numérico llamado “Impedancia Característica”.

La Figura 3.21 muestra el diagrama de bloques del cálculo de la Impedancia Característica del par de abonado.

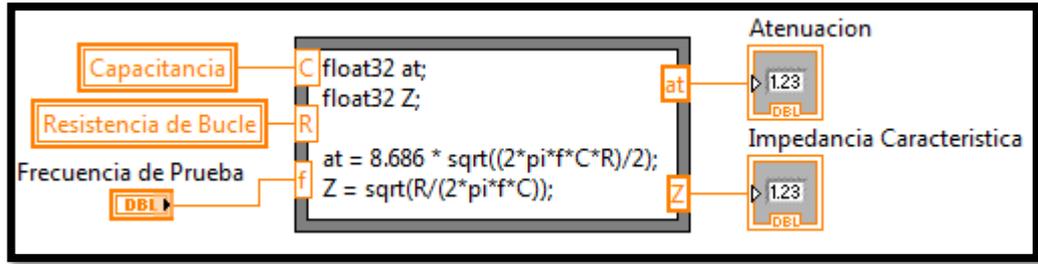


Figura 3.21. Diagrama de Bloques del cálculo de Impedancia Característica del par de abonado

La siguiente figura muestra el indicador numérico de la Impedancia Característica del par de abonado en el panel frontal del sistema.



Figura 3.22. Indicador Numérico de la Impedancia Característica en el panel frontal

3.3.7. Gráfica de Atenuación vs Distancia

Para construir la gráfica de Atenuación vs Distancia se utiliza un “XY Graph” llamado “Atenuación vs Distancia”, este tipo de gráfico permite trazar puntos en las coordenadas “X” y “Y”. Para realizar el rotulado del eje “X” se utiliza una variable local del indicador numérico “Distancia”, el mismo que tiene almacenado el valor calculado de la Distancia del par de abonado. Este dato almacenado es dividido por una constante de 1000, con esto se logra sacar el valor de Distancia en Kilómetros, este valor es redondeado a su inmediato superior e ingresado a un “Property Node” llamado “XScale.Maximum” perteneciente al “XY Graph” que coloca la escala máxima en el rotulado del eje “X”.

La siguiente figura muestra la estructura del diagrama de bloques para la rotulación del eje “X” en el “XY Graph”.

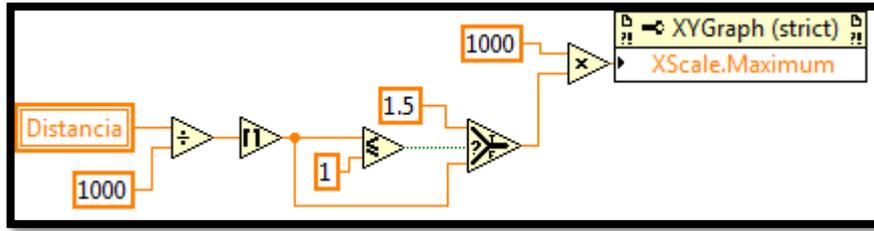


Figura 3.23. Diagrama de Bloques del rotulado del eje “X” en la gráfica de Atenuación vs Distancia

Para la rotulación del eje “Y” se utiliza el valor de Atenuación del par de abonado y se le adiciona el valor de 1, este valor ingresa a un “Property Node” llamado “YScale.Maximum” perteneciente al “XY Graph” que coloca la escala máxima en el rotulado del eje “Y”.

La Figura 3.24 muestra el diagrama de bloques para el rotulado del eje “Y” en el “XY Graph”.

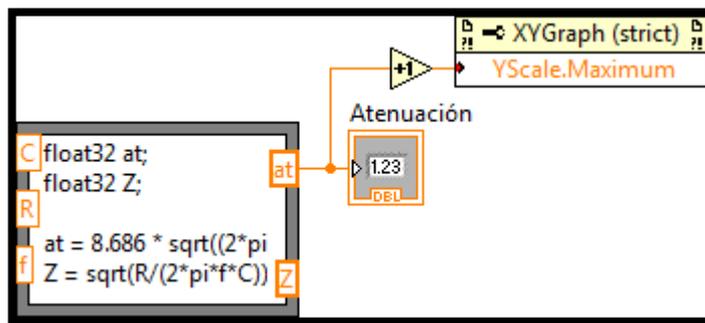


Figura 3.24. Diagrama de Bloques del rotulado del eje “Y” en la gráfica de Atenuación vs Distancia

Luego de realizar el rotulado de los ejes, se construye la gráfica. Para ello se utiliza un “For Loop”, a este se ingresa un número de iteraciones igual al valor de la distancia en Kilómetros redondeada al inmediato superior. Se utiliza entonces una variable local del indicador numérico “Atenuación” que tiene almacenado el valor del mismo nombre. Se utiliza también el numero de iteración del “For Loop” y se realiza una multiplicación entre estos dos valores para empezar a trazar los puntos en el eje “Y”. Para trazar los puntos del eje “X” se coloca una constante de valor 1000 y se utiliza también el número de iteración del “For Loop”, se realiza una multiplicación entre ambos valores y se empiezan a trazar los valores de este eje.

La ilustración muestra el diagrama de bloques de la construcción de la gráfica de Atenuación vs Distancia.

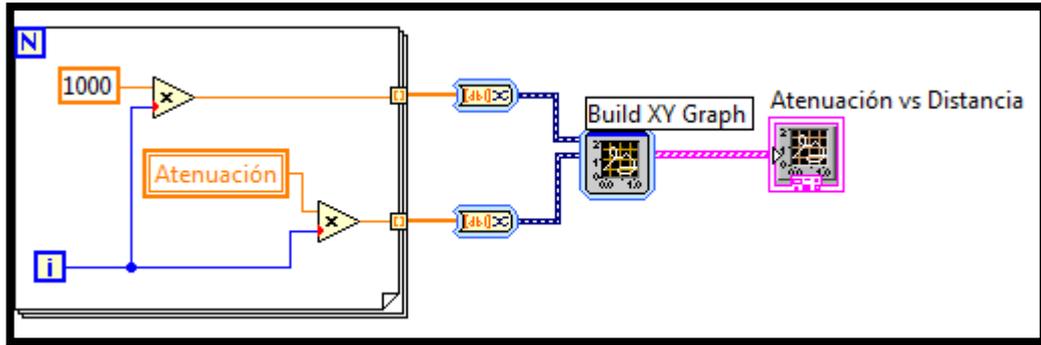


Figura 3.25. Diagrama de Bloques de la construcción de la gráfica de Atenuación vs Distancia

La siguiente figura muestra la gráfica de Atenuación vs Distancia en el panel frontal del sistema.

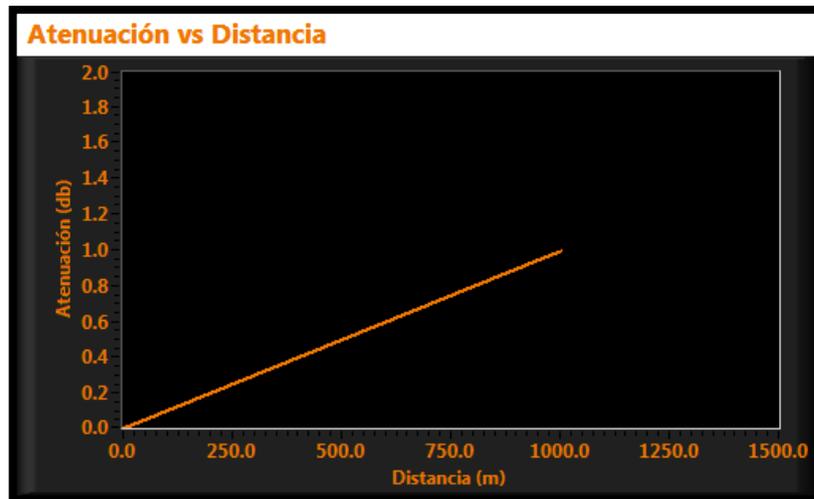


Figura 3.26. Gráfica de Atenuación vs Distancia en el panel frontal

3.3.8. Simulación gráfica del sistema

Dentro del sistema, se construye una simulación grafica del proceso de adquisición de parámetros a lo largo de toda la red de planta externa. Para realizar dicha simulación se utiliza una herramienta llamada “Pict Ring” nombrada dentro del sistema como “Simulación”.

Esta herramienta sirve para cargar dentro de ella en forma de un Array de elementos, un cierto número de imágenes que forman una secuencia completa. Al mostrar cada imagen luego de un tiempo determinado, se logra una visualización de movimiento continuo.

Para lograr iterar las imágenes dentro del “Pict Ring” se utiliza un “Shift Register” anclado al “While Loop” principal. Este “Shift Register” selecciona en cada iteración del “While Loop” la imagen a mostrar aumentando en una unidad su registro. Se logra así entonces la secuencia de la simulación del sistema. Al llegar al número 56, que es el numero de imágenes cargadas dentro de “Simulación”, el “Shift Register” coloca el registro en “0” inicializando nuevamente la secuencia de “Simulación”.

En la siguiente ilustración se muestra el proceso para construir la simulación gráfica del sistema.

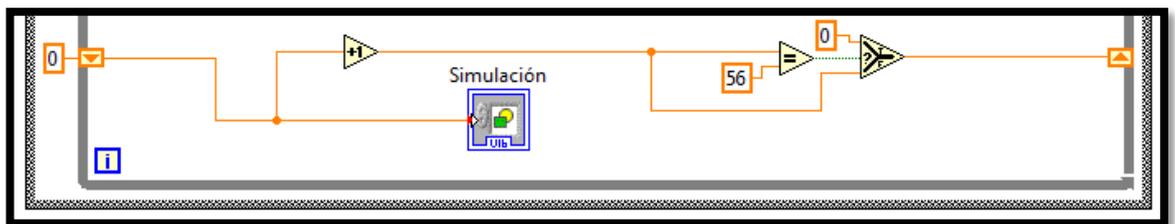


Figura 3.27. Simulación gráfica de la adquisición de parámetros del sistema.

La siguiente figura muestra la simulación grafica en el panel frontal

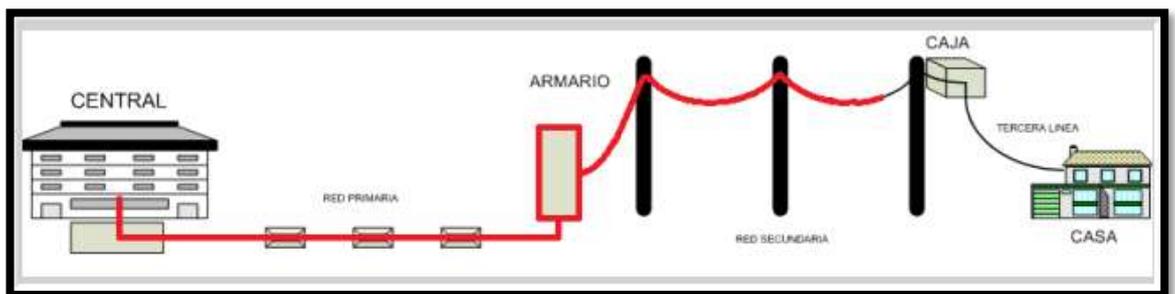


Figura 3.28. Simulación gráfica en el panel frontal del sistema

3.3.9. Finalización del Sistema de Adquisición

Luego de haber adquirido todos los parámetros del par de abonado, se necesita finalizar el sistema para poder salir del mismo. Para esto existe un botón llamado “FINALIZAR” dentro del “Case 2”. Al presionar dicho botón se ingresa a un nuevo “Case Structure” el cual posee

dentro del mismo una variable local del control “Proceso”, esta variable local posiciona al “Case Structure” de procesos en el “Case 0”, provocando que cuando se vuelva a correr el sistema, este inicialice en el proceso de Adquisición de Resistencia de Bucle. Adicionalmente a esto existe una constante booleana TRUE que detiene el “While Loop” principal, ocasionando que el sistema finalice.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques de la finalización del sistema de Adquisición de Parámetros.

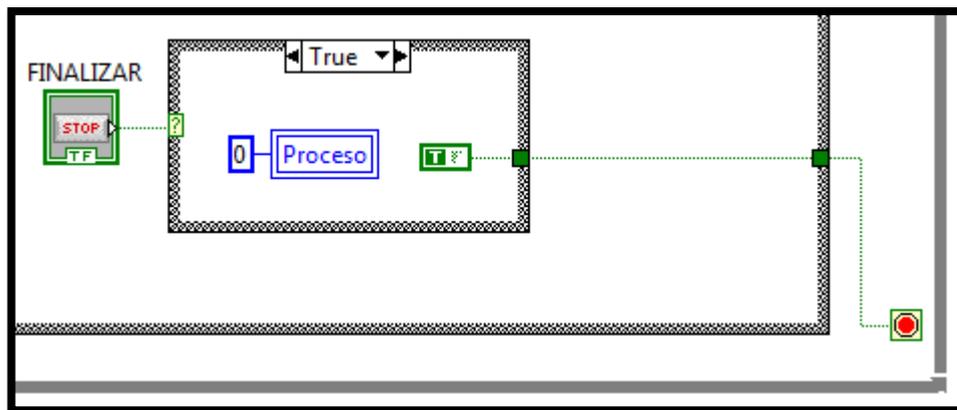


Figura 3.29. Diagrama de Bloques de la finalización del Sistema de Adquisición

La siguiente Figura muestra todo el subprocesso correspondiente al “Case 2” del sistema, en donde se evidencian los cálculos de Atenuación, Impedancia Característica, Grafica de Atenuación vs Distancia, Simulación gráfica y Finalización del Sistema.

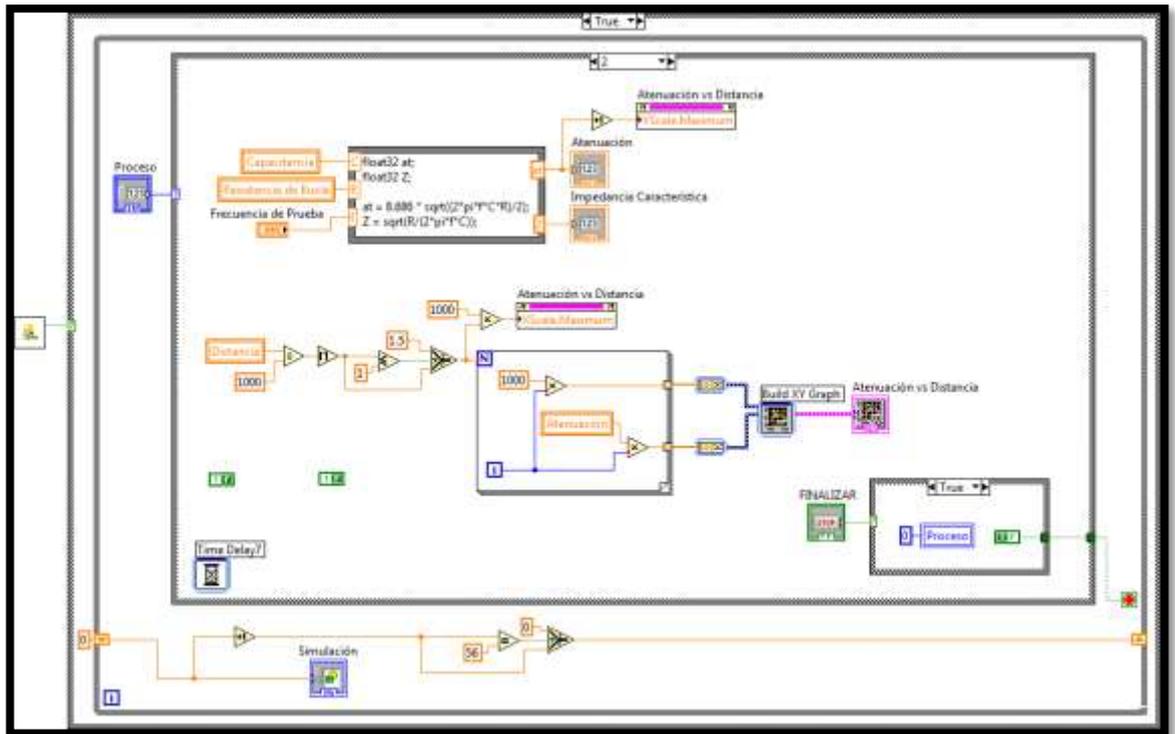


Figura 3.30. Diagrama de Bloques del subproceso correspondiente al “Case 2” del sistema

3.4. Conclusión

En este capítulo se ha descrito todo el proceso de construcción del software para la adquisición de parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP, desde la autenticación de usuario por medio de SubVI's, los subprocesos para adquisición de Resistencia de Bucle y Capacitancia y los subprocesos para cálculo de Distancia, Impedancia Característica y Atenuación.

En base a dichos procesos de adquisición, los resultados obtenidos nos ayudaron a obtener referencias gráficas del estado de atenuación de la red por kilómetro de distancia, gráficas que sirven para una proyección del estado del par de abonado a lo largo de su recorrido.

Se muestran resultados de interfaz de usuario didácticas para simular el proceso de medición en el recorrido del cable en toda su extensión o en sus segmentos individuales, para en cierta forma orientar el tipo de adquisición que realiza el sistema. Además se muestra la forma de finalización del software hasta este punto de avance de programación, más adelante se mostrará como varía la forma de finalización cuando se añadan partes adicionales para la creación de la base de datos al programa.

CAPITULO IV

BASE DE DATOS

4.1. Introducción

La construcción de la Base de Datos está elaborada en LabVIEW propiedad de NI (National Instruments), LabVIEW proporciona el desarrollo de Bases de Datos en lenguaje SQL, se utilizará entonces Microsoft Access para almacenar los datos y manejar los mismos. En este capítulo se detalla minuciosamente el funcionamiento de cada sección de software para la construcción de la Base de Datos en la cual se almacenan los parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP.

4.2. El Lenguaje SQL

El lenguaje de consulta estructurado o SQL (por sus siglas en inglés structured query language) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en estas. Una de sus características es el manejo del álgebra y el cálculo relacional permitiendo efectuar consultas con el fin de recuperar de una forma sencilla información de interés de una base de datos, así como también hacer cambios sobre ella.

4.2.1. Orígenes

Los orígenes del SQL están ligados a los de las bases de datos relacionales. En 1970 E. F. Codd propone el modelo relacional. Basándose en estas ideas, los laboratorios de IBM definen el lenguaje SEQUEL (Structured English Query Language) que sería ampliamente implementado por el sistema de gestión de bases de datos (SGBD) experimental System R, desarrollado en 1977 también por IBM. Sin embargo, fue Oracle quien lo introdujo por primera vez en 1979 en un programa comercial.

El SEQUEL terminaría siendo el predecesor de SQL. El SQL pasa a ser el lenguaje por excelencia de los diversos sistemas de gestión de bases de datos relacionales surgidos en los años siguientes y es por fin estandarizado en 1986 por el ANSI, dando lugar a la primera versión estándar de este lenguaje, el "SQL-86" o "SQL1". Al año siguiente este estándar es también adoptado por la ISO.

Sin embargo, este primer estándar no cubre todas las necesidades de los desarrolladores e incluye funcionalidades de definición de almacenamiento que se consideraron suprimir. Así que en 1992 se lanza un nuevo estándar ampliado y revisado del SQL llamado "SQL-92" o "SQL2".

En la actualidad el SQL es el estándar de la inmensa mayoría de los SGBD comerciales, y aunque la diversidad de añadidos particulares que incluyen las distintas implementaciones comerciales del lenguaje es amplia, el soporte al estándar SQL-92 es general y muy amplio.

El ANSI SQL sufrió varias revisiones y agregados a lo largo del tiempo:

Año	Nombre	Alias	Comentarios
1986	SQL-86	SQL-87	Primera publicación hecha por ANSI. Confirmada por ISO en 1987.
1989	SQL-89		Revisión menor.
1992	SQL-92	SQL2	Revisión mayor.
1999	SQL:1999	SQL2000	Se agregaron expresiones regulares, consultas recursivas (para relaciones jerárquicas), triggers y algunas características orientadas a objetos.
2003	SQL:2003		Introduce algunas características de XML, cambios en las funciones, estandarización del objeto sequence y de las columnas autonumericas. (Ver Eisenberg et al.: <i>SQL:2003 Has Been Published.</i>)
2006	SQL:2006		ISO/IEC 9075-14:2006 Define las maneras en las cuales el SQL se puede utilizar conjuntamente con XML. Define maneras de importar y guardar datos XML en una base de datos SQL, manipulándolos dentro de la base de datos y publicando el XML y los datos SQL convencionales en forma XML. Además, proporciona facilidades que permiten a las aplicaciones integrar dentro de su código SQL el uso de XQuery, lenguaje de consulta XML publicado por el W3C (World Wide Web Consortium) para acceso

			concurrente a datos ordinarios SQL y documentos XML.
2008	SQL:2008		Permite el uso de la cláusula ORDER BY fuera de las definiciones de los cursores. Incluye los disparadores del tipo INSTEAD OF. Añade la sentencia TRUNCATE.

Tabla 4.1. Modificaciones del SQL a lo largo del tiempo

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

4.2.2. Características Generales del SQL

El SQL es un lenguaje de acceso a bases de datos que explota la flexibilidad y potencia de los sistemas relacionales permitiendo gran variedad de operaciones. Es un lenguaje declarativo de "alto nivel" o "de no procedimiento", que gracias a su fuerte base teórica y su orientación al manejo de conjuntos de registros, y no a registros individuales, permite una alta productividad en codificación y la orientación a objetos. De esta forma una sola sentencia puede equivaler a uno o más programas que se utilizarían en un lenguaje de bajo nivel orientado a registros.

Como ya se dijo, y suele ser común en los lenguajes de acceso a bases de datos de alto nivel, el SQL es un lenguaje declarativo, quiere decir que especifica qué es lo que se quiere y no cómo conseguirlo, por lo que una sentencia no establece explícitamente un orden de ejecución.

El orden de ejecución interno de una sentencia puede afectar gravemente a la eficiencia del SGBD, por lo que se hace necesario que éste lleve a cabo una optimización antes de su ejecución. Muchas veces, el uso de índices acelera una instrucción de consulta, pero ralentiza la actualización de los datos. Dependiendo del uso de la aplicación, se priorizará el acceso indexado o una rápida actualización de la información. La optimización difiere sensiblemente en cada motor de base de datos y depende de muchos factores.

Existe una ampliación de SQL conocida como FSQL (Fuzzy SQL, SQL difuso) que permite el acceso a bases de datos difusas, usando la lógica difusa. Este lenguaje ha sido implementado a nivel experimental y está evolucionando rápidamente.

4.2.3. Lenguaje de definición de Datos (DDL)

El lenguaje de definición de datos (en inglés Data Definition Language, o DDL), es el que se encarga de la modificación de la estructura de los objetos de la base de datos. Incluye órdenes para modificar, borrar o definir las tablas en las que se almacenan los datos de la base de datos. Existen cuatro operaciones básicas: CREATE, ALTER, DROP y TRUNCATE.

4.2.3.1. Comando CREATE

Dentro del Lenguaje de definición de datos del SQL, la sentencia CREATE permite la definición o creación de muchos objetos de la base de datos tales como: tablas (esquemas), índices, vistas, dominios, ligaduras de integridad y procedimientos.

Veremos ahora las sentencias correspondientes a la creación de los esquemas o lo que es lo mismo las tablas que contendrán los datos de dicha base de datos, la sentencia CREATE TABLE. La sentencia CREATE TABLE define el nombre de la tabla, las columnas con su tipo de datos, las ligaduras de integridad que vigilan el valor que se guarda como dato en las columnas o atributos, sean llaves o no.

En la siguiente figura se muestra la sintaxis para crear una tabla.

```
CREATE TABLE "nombre_tabla"  
  
("columna 1" "tipo_de_datos_para_columna_1",  
  
"columna 2" "tipo_de_datos_para_columna_2",  
  
..., PRIMARY KEY (columna 1) )
```

Figura 4.1. Ejemplo para crear una tabla.

Fuente: <http://sql.1keydata.com/es/sql-create-table.php> - Junio 2012

4.2.3.2. Comando ALTER

Este comando permite modificar la estructura de un objeto. Se pueden agregar/quitar campos a una tabla, modificar el tipo de un campo, agregar/quitar índices a una tabla, modificar un trigger, etc.

La siguiente figura muestra la sintaxis de este comando.

```
ALTER TABLE 'TABLA_NOMBRE' ()  
  
ADD NUEVO_CAMPO INT UNSIGNED meel
```

Figura 4.2. Sintaxis del comando ALTER

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

4.2.3.3. Comando DROP

Este comando elimina un objeto de la base de datos. Puede ser una tabla, vista, índice, trigger, función, procedimiento o cualquier otro objeto que el motor de la base de datos soporte. Se puede combinar con la sentencia ALTER.

La siguiente figura muestra la sintaxis para el comando DROP.

```
DROP TABLE 'TABLA_NOMBRE'
```

Figura 4.3. Sintaxis del comando DROP

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

4.2.3.4. Comando TRUNCATE

Este comando trunca todo el contenido de una tabla. La ventaja sobre el comando DROP, es que si se quiere borrar todo el contenido de la tabla, es mucho más rápido, especialmente si la tabla es muy grande. La desventaja es que TRUNCATE sólo sirve cuando se quiere eliminar absolutamente todos los registros, ya que no se permite la cláusula WHERE. Si

bien, en un principio, esta sentencia parecería ser DML (Lenguaje de Manipulación de Datos), es en realidad una DDL, ya que internamente, el comando TRUNCATE borra la tabla y la vuelve a crear y no ejecuta ninguna transacción.

La siguiente figura muestra la sintaxis para el comando TRUNCATE.

```

TRUNCATE TABLE "TABLA_NOMBRE1"
```

Figura 4.4. Sintaxis del comando TRUNCATE

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

4.2.4. Lenguaje de Manipulación de Datos (DML)

Un lenguaje de manipulación de datos (*Data Manipulation Language*, o *DML* en inglés) es un lenguaje proporcionado por el sistema de gestión de base de datos que permite a los usuarios llevar a cabo las tareas de consulta o manipulación de los datos, organizados por el modelo de datos adecuado.

El lenguaje de manipulación de datos más popular hoy día es SQL, usado para recuperar y manipular datos en una base de datos relacional.

4.2.4.1. Comando INSERT

Una sentencia *INSERT* de SQL agrega uno o más registros a una (y sólo una) tabla en una base de datos relacional.

La siguiente figura muestra la sintaxis del comando INSERT en su forma básica.

```

INSERT INTO "tabla" ("columna1", ["columna2,..."]) VALUES ("valor1", ["valor2,..."])
```

Figura 4.5. Sintaxis del comando INSERT en la forma básica

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

Las cantidades de columnas y valores deben ser iguales. Si una columna no se especifica, le será asignado el valor por omisión. Los valores especificados (o implícitos) por la sentencia INSERT deberán satisfacer todas las restricciones aplicables. Si ocurre un error de sintaxis o si alguna de las restricciones es violada, no se agrega la fila y se devuelve un error.

Cuando se especifican todos los valores de una tabla, se puede utilizar la sentencia acortada como se muestra en la siguiente figura.

```
INSERT INTO "VALUES" ("valor1", ["valor2,..."])
```

Figura 4.6. Sintaxis del comando INSERT en la forma acortada

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

También se puede utilizar el comando INSERT en formas avanzadas. Una característica de SQL (desde SQL-92) es el uso de constructores de filas para insertar múltiples filas a la vez, con una sola sentencia SQL.

En la siguiente figura se muestra la sintaxis del uso del comando INSERT en una de las formas avanzadas.

```
INSERT INTO "tabla" ("columna1", ["columna2,..."])  
  
VALUES ("valor1a", ["valor1b,..."]), ("value2a", ["value2b,..."]),...
```

Figura 4.7. Sintaxis del comando INSERT en forma avanzada

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

Esta característica es soportada por DB2, PostgreSQL (desde la versión 8.2), MySQL, y H2.

Un INSERT también puede utilizarse para recuperar datos de otras tablas, modificarlos si es necesario e insertarlos directamente en la nueva tabla. Todo esto se hace en una sola

sentencia SQL que no implica ningún procesamiento intermedio en la aplicación cliente. Un SUBSELECT se utiliza en lugar de la cláusula VALUES. El SUBSELECT puede contener JOIN, llamadas a funciones, y puede incluso consultar en la misma TABLA los datos que se inserta. Lógicamente, el SELECT se evalúa antes que la operación INSERT esté iniciada.

En la figura 4.8 se muestra un ejemplo para copiar datos entre tablas.

```
INSERT INTO phone_book2

SELECT *

FROM phone_book

WHERE name IN ('John Doe', 'Peter Doe')
```

Figura 4.8. Ejemplo del comando INSERT para copiar datos entre tablas

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

Una variación es necesaria cuando solo algunos de los datos de la tabla fuente se están insertando en la nueva tabla, pero no todo el registro. (O cuando los esquemas de las tablas no son iguales).

La siguiente figura muestra el resultado de la variación del uso del INSERT para copiar datos.

```
INSERT INTO phone_book2 ( [name],
[phoneNumber] )

SELECT [name], [phoneNumber]

FROM phone_book

WHERE name IN ('John Doe', 'Peter Doe')
```

Figura 4.9. Ejemplo del comando INSERT para copiar algunos datos entre tablas

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

El SELECT produce una tabla (temporal), y el esquema de la tabla temporal debe coincidir con el esquema de la tabla donde los datos son insertados.

4.2.4.2. Comando SELECT

Utilizado para consultar registros de la base de datos que satisfagan un criterio determinado.

La figura 4.10 muestra la sintaxis para el uso del comando SELECT.

```
SELECT Campos FROM Tabla;
```

Figura 4.10. Sintaxis del comando SELECT

Fuente: <http://www.asptutor.com/zip/sql.pdf> - Junio 2012

Este comando devuelve un recordset con los campos seleccionados de la tabla.

4.2.4.3. Comando UPDATE

Una sentencia UPDATE de SQL es utilizada para modificar los valores de un conjunto de registros existentes en una tabla.

La siguiente figura muestra la sintaxis del comando UPDATE.

```
UPDATE My_table SET field1 = 'updated value asd' WHERE field2 = 'N';
```

Figura 4.11. Sintaxis del comando UPDATE

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

4.2.4.4. Comando DELETE

Una sentencia DELETE de SQL borra uno o más registros existentes en una tabla.

La figura 4.12 muestra la sintaxis para el comando DELETE.

```
"DELETE FROM "tabla" WHERE "columna1" = "valor1""
```

Figura 4.12. Sintaxis del comando DELETE

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL> - Junio 2012

4.2.4.5. Disparadores

Los disparadores, también conocidos como desencadenantes (triggers en inglés) son definidos sobre la tabla en la que opera la sentencia INSERT, los desencadenantes son evaluados en el contexto de la operación. Desencadenantes BEFORE INSERT permiten la modificación de los valores que se insertará en la tabla. Desencadenantes AFTER INSERT no puede modificar los datos de ahora en adelante, pero se puede utilizar para iniciar acciones en otras tablas, por ejemplo para aplicar mecanismos de auditoría.

4.3. Desarrollo de la Base de Datos

La Base de Datos para el almacenamiento e utilización de los parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP se explica detalladamente a continuación:

4.3.1. Finalización del Sistema de Adquisición

Como se explicó en el Capítulo III, existe un botón llamado “FINALIZAR”, el cual activa otro “Case Structure” que finaliza el “While Loop” principal y coloca el control “Proceso” en 0, cambiando al “Case Structure” de procesos al “Case 0”.

Para crear la base de datos que almacenará todos los parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP, se realizan algunos cambios sobre el “Case Structure” que es activado con el botón “FINALIZAR”.

Luego de pulsar el botón de finalización, el “Case Structure” dentro de su instancia “True” tiene un “Prompt User for Input” el cual pide el número de Distrito en donde se encuentra la Regleta, pide además el número de la Regleta y también el número del Par que se encuentra bajo prueba. Estos valores se almacenan en indicadores numéricos pertenecientes a cada campo.

En la siguiente figura se muestra el botón “FINALIZAR” con el “Case Structure” asociado al mismo.

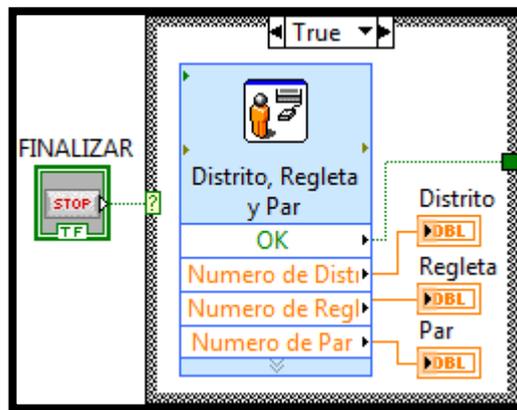


Figura 4.13. Botón “FINALIZAR” y el “Case Structure” asociado.

La siguiente figura muestra el cuadro de dialogo del “Prompt User to Input” en funcionamiento.



Figura 4.14. Cuadro de Dialogo del “Prompt User to Input”

Luego de validar todos los campos del “Prompt User for Input” y pulsar la tecla “OK” del cuadro de dialogo, la salida booleana “OK” se coloca en “True” logrando con esto activar una nueva etapa del proceso de creación de la Base de Datos. En la instancia “False” del “Case Structure” se encuentra una constante booleana “False” la misma que desactiva cualquier subproceso siguiente.

La figura 4.15 muestra el “Case Structure” en su “Case False”.

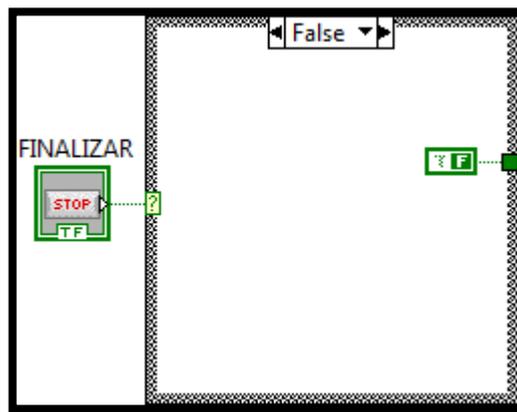


Figura 4.15. “Case Structure” en el “Case False”.

4.3.2. Proceso de creación de la Base de Datos

Luego de pulsar la tecla “OK” del cuadro de dialogo del “Prompt User to Input”, este genera un valor booleano “True”, el cual activa un nuevo “Case Structure”, este ultimo nos va a servir para preguntar al usuario si desea guardar todos los datos adquiridos en la Base de Datos. Dentro del “Case True” se encuentra un “Two Button Dialog”, el mismo que genera un cuadro de dialogo preguntando “Desea almacenar los datos?”, este cuadro tiene dos teclas de respuesta “OK” y “Cancel”. Para la respuesta “OK” el “Two Button Dialog” genera una salida booleana en “True”, caso contrario si se pulsa “Cancel” la salida booleana será “False”. Dentro del “Case False” existe una constante booleana “False” la cual mantiene al programa sin finalizar hasta que sean ingresados todos los campos del cuadro de dialogo del “Prompt User to Input”.

La siguiente figura muestra el diagrama de bloques del “Two Button Dialog”.

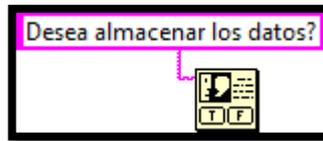


Figura 4.16. Diagrama de Bloques del “Two Button Dialog”

La Figura 4.17 muestra el cuadro de dialogo del “Two Button Dialog” cuando el programa está en funcionamiento.

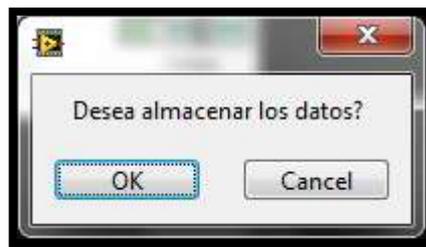


Figura 4.17. Cuadro de Dialogo del “Two Button Dialog”

Cuando es pulsada la tecla “OK” / ”Cancel” del cuadro de dialogo anterior, la salida booleana “True” / “False” activa finalmente otro “Case Structure”, el mismo que está encargado de crear la base de Datos y guardar los parámetros ó de finalizar el programa sin guardar ningún dato.

Si es pulsado el botón “Cancel” este ingresa al “Case False”, el cual contiene una constante booleana “True” la misma que detiene el “While Loop” principal finalizando el programa sin guardar ningún parámetro en la Base de Datos.

En la siguiente figura se muestra el “Case False” luego de haber pulsado el botón “Cancel”.

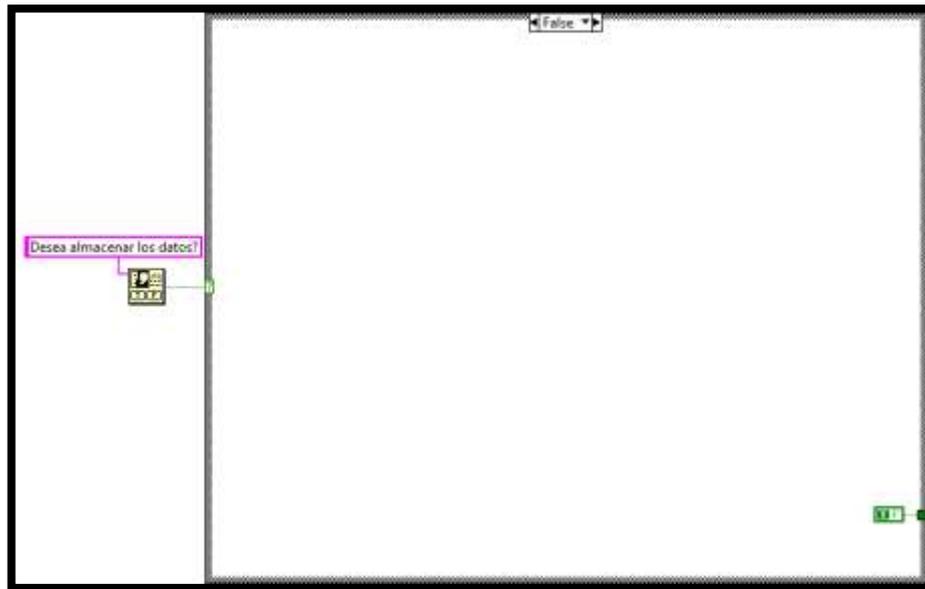


Figura 4.18. “Case False” al pulsar el botón “Cancel” del cuadro de Dialogo.

Si es pulsado el botón “OK” este ingresa al “Case True”. Dentro de éste se utilizan herramientas del “Database Connectivity Toolkit”. El primer paso es crear la instancia para la Base de Datos, para esto se utiliza el “DB Tools Open Connection” el mismo que crea la conexión con el archivo “DATA SOURCE NAME” o “DSN” para la referencia a la Base de Datos que trabaja sobre ODBC, utilizando el driver para Microsoft Access. Esta conexión se crea ingresando el “Path” del archivo DSN creado para la Base de Datos.

La siguiente ilustración muestra el “DB Tools Open Connection” y el “Path” ingresado del archivo DSN.

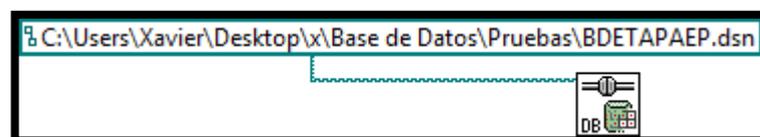


Figura 4.19. “DB Tools Open Connection con el “Path” respectivo del archivo DSN”

A continuación se conecta un “DB Tools Insert Data”, esta herramienta cumple con todas las funciones para crear la nueva tabla en la Base de Datos e insertar los datos adquiridos en la misma.

Para realizar este proceso inicialmente se ingresa a esta herramienta un nombre para la Tabla de la Base de Datos predefinido “BDETAPAEP”. Se debe ingresar también un “Array” llamado “Columnas” el cual almacena el número y los nombres de cada columna para la nueva tabla de “BDETAPAEP”. Finalmente esta herramienta necesita conocer los datos a ingresar en cada fila de la tabla de acuerdo al número de columnas definido, para esto se ingresan todos los datos de los Parámetros Eléctricos de la Red de Cobre de la Empresa ETAPA EP obtenidos en procesos anteriores, por medio de “Variables Locales” a un “Bundle”, el cual ensambla todos los datos individuales y los representa en forma de un “Cluster”, el mismo que es requerido por el “DB Tools Insert Data” en el pin “data” para colocar los datos en la nueva tabla “BDETAPAEP”. Finalmente se coloca una constante booleana “True” en el pin “create table?” para que se pueda generar la tabla.

La ilustración muestra el “DB Tools Insert Data” con todos los parámetros a ingresar en la nueva tabla “BDETAPAEP”.

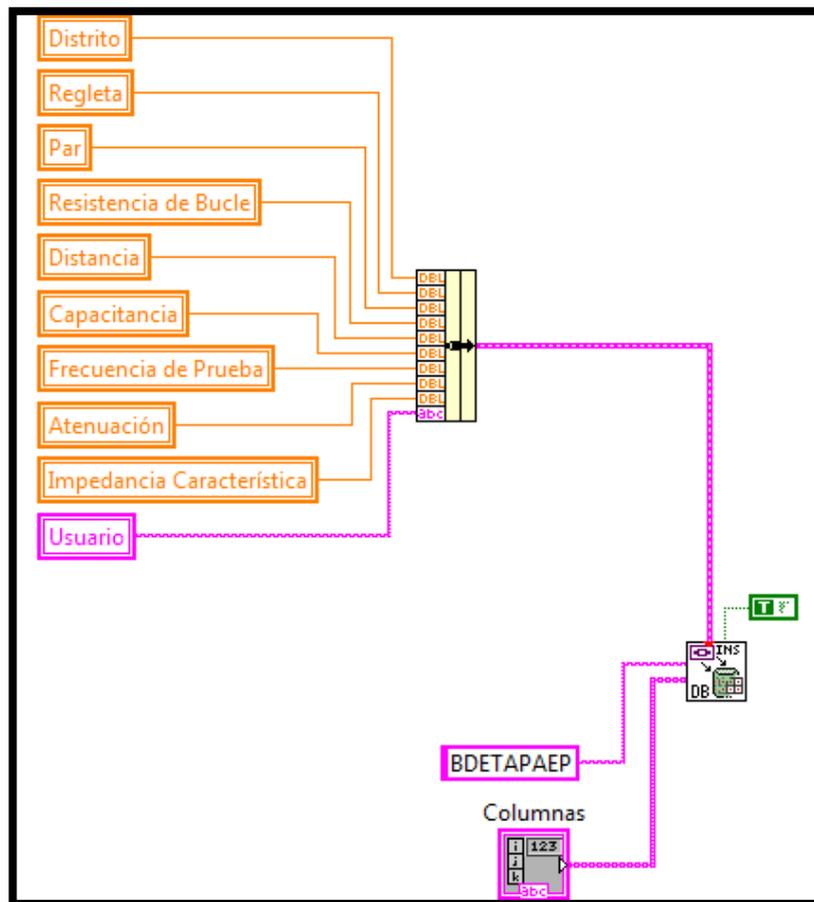


Figura 4.20. “DB Tools Insert Data” con los parámetros ingresados en la tabla “BDETAPAEP”

Finalmente se cierra la conexión de la Base de Datos con la herramienta “DB Tools Close Connection”. Esta se encarga de terminar la instancia y cerrar la conexión con el archivo de referencia DSN.

La Figura 4.21 muestra la herramienta “DB Tools Close Connection”



Figura 4.21. “DB Tools Close Connection”

Con este proceso es creada la Base de Datos con la tabla “BDETAPAEP” y almacenados los Parámetros Eléctricos de la Red de Cobre de la Empresa ETAPA EP.

La siguiente ilustración muestra la Base de Datos en “Microsoft Access” con todos los parámetros adquiridos en las mediciones de los pares de cobre bajo prueba.

Distancia	Regista	Par	Resistencia de Bucho	Distancia	Capacitancia	Frecuencia	Atenuación	Impedancia Característica	Usuario
2345	1	67	44.1625441033430	259.241827179066	1.20267112207519E-08	631947.368421053	8.91940116882324	30.4104747772217	Xavier Pesántez
5678	2	82	44.3698503002934	260.458750668733	1.20420266225804E-08	511210.526315759	8.04615592956543	33.8691558837891	Jose Sarmiento
20	2	9	45.9295263751251	269.614320929826	1.3733175055049E-08	310631.578947368	6.81473588943481	41.3949890136719	Xavier Pesántez
4579	1	62	45.1899918953335	265.271123529539	1.19852356629142E-08	846157.894736842	10.4223318099976	26.6306782695313	Xavier Pesántez
5680	3	74	46.2206163825611	271.375901550359	1.19989832759003E-08	156789.473684211	4.5401406288147	62.5397033691405	Jose Sarmiento

Figura 4.22. Base de Datos en “Microsoft Access” con los parámetros adquiridos en las mediciones de la Red de Cobre de ETAPA EP.

A continuación en el “Case True” se coloca un valor de “0” en la variable local del control “Proceso” para asegurar que el programa cuando se ejecute en una nueva sesión inicialice desde el “Case 0” del “Case Structure” de procesos, es decir nuevamente en la adquisición de Resistencia de Bucle. Para parar el programa, se coloca una constante booleana “True” que detiene el “While Loop” principal, ocasionando que finalice completamente el algoritmo del programa.

En la ilustración siguiente se muestra todo el diagrama de bloques para la creación de la Base de Datos “BDETAPAEP” que almacena los Parámetros Eléctricos de la Red de Cobre de la Empresa ETAPA EP.

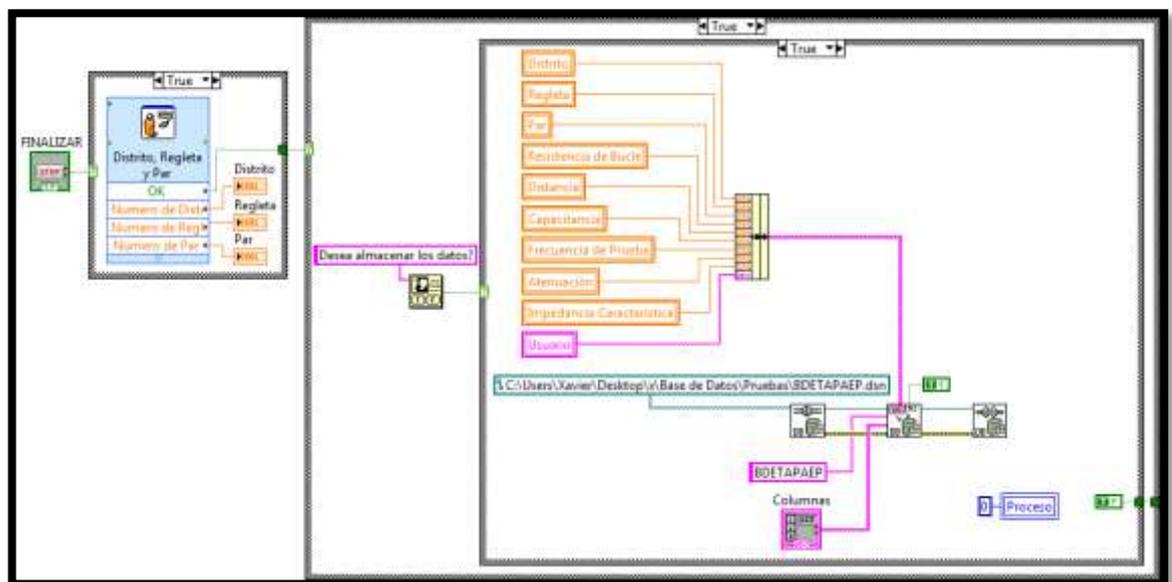


Figura 4.23. Diagrama de Bloques de la creación de la Base de Datos “BDETAPAEP”

4.4. Conclusión

En este capítulo se ha descrito todo el proceso de construcción del software para el almacenamiento de los parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP adquiridos en el capítulo anterior, se explica cómo varía la forma de finalización del programa para poder añadir la el proceso de programación para crear la Base de datos y almacenar los parámetros.

Se muestran los cuadros de dialogo adicionales que se utilizan para agregar información fundamental en la distinción de los pares de la red en cada prueba. Además se ha diseñado el programa para que el usuario elija si desea una grabación de los datos o si escoge no hacerlo. Se muestra también como se almacenan los datos de la autenticación del usuario descrita en el capitulo anterior, para llevar un cierto control de los datos almacenados en la Base de Datos.

Finalmente se describe como se realiza la finalización definitiva del programa, colocando al mismo en una condición óptima para la realización de una nueva prueba, luego de realizar una grabación de datos o luego de cancelar dicha grabación.

CAPITULO V

RESULTADOS DEL SISTEMA

5.1. Introducción

Los resultados del sistema son realizados mediante una comparación de un equipo de medición digital de alta precisión versus el sistema de adquisición de parámetros para la caracterización de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP. Estos datos se tabulan para visualizar una comparación específica de cada par de abonado medido del botellón de 1200 pares de la Central Centro de la Empresa ETAPA EP. Este capítulo muestra la fidelidad y la precisión del sistema construido.

5.2. Parámetros Recomendados

Existen ciertos rangos de medición de los parámetros eléctricos dentro de los cuales se pueden ofrecer los servicios de voz y/o datos a través del par de abonado. Estos rangos de valores se describen a continuación en la tabla.

Servicio	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (m)	Capacitancia (nF/km)	Atenuación (dB)	Impedancia Característica (Ω)	Frecuencia Referencial (Mhz)
Voz unicamente	≤ 1800	≤ 6500	52	≤ 416	≥ 27	1.2
Datos	≤ 1300	≤ 4670	52	≤ 354	≥ 23	1.2
Voz y Datos	≤ 1300	≤ 4670	52	≤ 354	≥ 23	1.2

Tabla 5.1. Valores recomendados en Parámetros Eléctricos de Par de Abonado

5.3. Resultados

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenido con el Sistema de Adquisición de Parámetros para Red de Cobre, con una frecuencia de prueba de 500khz.

SISTEMA DE ADQUISICION DE PARAMETROS									
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (m)	Capacitancia (F)	Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB)	Impedancia Característica (Ω)	Estado
32	379	1	344.871	1245.338	6.43E-08	500000	51.258	41.324	BUENO
32	379	7	344.871	1245.338	7.59E-08	500000	55.689	38.036	BUENO
32	379	10	0.000	0.000	3.53E-08	500000	0.000	0.000	MALO
32	379	14	344.871	1245.338	6.42E-08	500000	51.221	41.354	BUENO
32	379	15	344.871	1245.338	6.47E-08	500000	51.420	41.194	BUENO
32	379	27	344.871	1245.338	8.69E-08	500000	59.597	35.542	BUENO
32	379	29	344.871	1245.338	6.45E-08	500000	51.356	41.245	BUENO
32	379	31	344.871	1245.338	6.53E-08	500000	51.656	41.005	BUENO
32	379	44	344.871	1245.338	6.52E-08	500000	51.620	41.034	BUENO
32	379	49	344.871	1245.338	6.41E-08	500000	51.168	41.397	BUENO
32	379	51	0.000	0.000	3.42E-08	500000	0.000	0.000	MALO
32	379	61	344.871	1245.338	6.51E-08	500000	52.172	41.527	BUENO
32	379	67	344.871	1245.338	6.57E-08	500000	51.816	40.879	BUENO
32	379	73	344.871	1245.338	6.50E-08	500000	51.535	41.101	BUENO
32	379	77	0.000	0.000	2.37E-08	500000	0.000	0.000	MALO
32	379	79	344.871	1245.338	6.42E-08	500000	51.217	41.357	BUENO
32	379	81	344.871	1245.338	6.49E-08	500000	51.497	41.132	BUENO
32	379	93	344.871	1245.338	6.58E-08	500000	51.864	40.841	BUENO
32	379	94	344.871	1245.338	6.58E-08	500000	51.851	40.851	BUENO
32	379	100	344.871	1245.338	6.58E-08	500000	51.862	40.842	BUENO
32	380	5	343.752	1245.338	6.57E-08	500000	51.744	40.803	BUENO
32	380	9	343.752	1273.784	6.52E-08	500000	51.546	40.960	BUENO
32	380	10	343.752	1245.338	6.44E-08	500000	51.310	41.282	BUENO
32	380	14	343.752	1273.784	6.58E-08	500000	52.461	41.299	BUENO
32	380	18	343.752	1273.784	6.51E-08	500000	52.166	41.532	BUENO
32	380	22	0.000	0.000	3.56E-08	500000	0.000	0.000	MALO
32	380	23	0.000	0.000	3.57E-08	500000	0.000	0.000	MALO
32	380	42	343.752	1273.784	6.59E-08	500000	51.796	40.762	BUENO
32	380	49	343.752	1241.299	6.46E-08	500000	51.293	41.161	BUENO
32	380	56	343.752	1241.299	6.52E-08	500000	51.527	40.974	BUENO
32	380	60	343.752	1245.338	6.50E-08	500000	51.448	41.038	BUENO
32	380	63	343.752	1273.784	6.44E-08	500000	51.214	41.225	BUENO
32	380	66	343.752	1273.784	6.53E-08	500000	51.569	40.941	BUENO

SISTEMA DE ADQUISICION DE PARAMETROS									
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (m)	Capacitancia (F)	Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB)	Impedancia Característica (Ω)	Estado
32	380	75	0.000	0.000	2.58E-08	500000	0.000	0.000	MALO
32	380	80	343.752	1241.299	6.44E-08	500000	51.220	41.220	BUENO
32	380	82	343.752	1245.338	6.57E-08	500000	51.728	40.815	BUENO
32	380	87	343.752	1273.784	6.53E-08	500000	51.575	40.936	BUENO
32	380	95	0.000	0.000	2.46E-08	500000	0.000	0.000	MALO
32	380	98	343.752	1241.299	6.48E-08	500000	51.379	41.093	BUENO
32	380	100	343.752	1241.299	6.33E-08	500000	50.774	41.583	BUENO
43	376	3	462.364	1669.608	8.23E-08	500000	67.143	42.295	BUENO
43	376	7	0.000	0.000	4.20E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	376	8	0.000	0.000	4.19E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	376	14	452.181	1632.837	8.19E-08	500000	66.248	41.922	BUENO
43	376	17	452.181	1632.837	8.18E-08	500000	66.201	41.952	BUENO
43	376	29	462.364	1669.608	8.25E-08	500000	67.247	42.229	BUENO
43	376	31	0.000	0.000	3.16E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	376	38	452.181	1632.837	8.20E-08	500000	66.286	41.898	BUENO
43	376	41	452.181	1632.837	8.20E-08	500000	66.293	41.894	BUENO
43	376	46	452.181	1632.837	8.21E-08	500000	66.341	41.863	BUENO
43	376	49	462.364	1669.608	8.13E-08	500000	66.724	42.560	BUENO
43	376	50	452.181	1632.837	8.27E-08	500000	66.582	41.712	BUENO
43	376	62	452.181	1632.837	8.29E-08	500000	66.649	41.670	BUENO
43	376	64	452.181	1632.837	8.22E-08	500000	66.363	41.849	BUENO
43	376	76	452.181	1632.837	8.20E-08	500000	66.293	41.894	BUENO
43	376	78	462.364	1669.608	8.20E-08	500000	67.029	42.367	BUENO
43	376	82	462.364	1669.608	8.21E-08	500000	67.076	42.337	BUENO
43	376	85	0.000	0.000	5.17E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	376	89	452.181	1632.837	8.29E-08	500000	66.645	41.672	BUENO
43	376	98	452.181	1632.837	8.13E-08	500000	65.993	42.084	BUENO
43	377	7	452.181	1632.837	8.32E-08	500000	66.689	41.645	BUENO
43	377	8	452.181	1632.837	8.25E-08	500000	67.046	41.423	BUENO
43	377	13	452.181	1632.837	8.43E-08	500000	67.205	41.325	BUENO
43	377	22	442.364	1597.387	8.42E-08	500000	66.437	40.896	BUENO
43	377	25	442.364	1597.387	8.40E-08	500000	66.356	40.945	BUENO
43	377	30	452.181	1632.837	8.38E-08	500000	67.010	41.446	BUENO
43	377	33	452.181	1632.837	8.38E-08	500000	67.010	41.446	BUENO
43	377	37	452.181	1632.837	8.32E-08	500000	66.776	41.591	BUENO
43	377	39	0.000	0.000	3.19E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	377	40	0.000	0.000	3.14E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	377	51	452.181	1632.837	8.32E-08	500000	66.772	41.593	BUENO
43	377	58	452.181	1632.837	8.34E-08	500000	66.842	41.549	BUENO
43	377	64	452.181	1632.837	8.33E-08	500000	66.806	41.572	BUENO
43	377	65	442.364	1597.387	8.32E-08	500000	66.042	41.140	BUENO
43	377	71	442.364	1597.387	8.30E-08	500000	65.964	41.189	BUENO

SISTEMA DE ADQUISICION DE PARAMETROS									
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (m)	Capacitancia (F)	Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB)	Impedancia Característica (Ω)	Estado
43	377	79	452.181	1632.837	8.32E-08	500000	66.770	41.594	BUENO
43	377	86	452.181	1632.837	8.38E-08	500000	67.012	41.444	BUENO
43	377	92	452.181	1632.837	8.24E-08	500000	66.730	41.620	BUENO
43	377	96	442.364	1597.387	8.32E-08	500000	66.045	41.138	BUENO
43	377	99	442.364	1597.387	8.28E-08	500000	65.880	41.241	BUENO
43	378	4	452.181	1632.837	8.32E-08	500000	66.768	41.596	BUENO
43	378	8	452.181	1632.837	8.40E-08	500000	67.087	41.398	BUENO
43	378	9	452.181	1632.837	8.41E-08	500000	67.122	41.376	BUENO
43	378	10	442.364	1597.387	8.37E-08	500000	66.235	41.020	BUENO
43	378	12	442.364	1597.387	8.32E-08	500000	66.041	41.141	BUENO
43	378	26	452.181	1632.837	8.33E-08	500000	66.812	41.568	BUENO
43	378	32	0.000	0.000	4.39E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	378	38	452.181	1632.837	8.38E-08	500000	67.010	41.445	BUENO
43	378	40	442.364	1597.387	8.40E-08	500000	66.354	40.947	BUENO
43	378	42	442.364	1597.387	8.42E-08	500000	66.437	40.896	BUENO
43	378	51	452.181	1632.837	8.33E-08	500000	66.810	41.570	BUENO
43	378	56	452.181	1632.837	8.28E-08	500000	66.605	41.698	BUENO
43	378	58	452.181	1632.837	8.36E-08	500000	66.926	41.497	BUENO
43	378	65	442.364	1597.387	8.35E-08	500000	66.158	41.068	BUENO
43	378	75	0.000	0.000	3.31E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	378	78	452.181	1632.837	8.29E-08	500000	66.645	41.672	BUENO
43	378	85	452.181	1632.837	8.39E-08	500000	67.050	41.421	BUENO
43	378	88	452.181	1632.837	8.29E-08	500000	66.656	41.666	BUENO
43	378	94	0.000	0.000	5.24E-08	500000	0.000	0.000	MALO
43	378	99	442.364	1597.387	8.19E-08	500000	65.527	41.463	BUENO
79	370	3	509.270	1838.987	9.16E-08	500000	74.361	42.064	BUENO
79	370	6	509.270	1838.987	9.08E-08	500000	74.021	42.257	BUENO
79	370	12	0.000	0.000	6.19E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	370	19	511.540	1847.184	9.13E-08	500000	74.409	42.224	BUENO
79	370	28	511.540	1847.184	9.11E-08	500000	74.327	42.270	BUENO
79	370	32	509.270	1838.987	9.21E-08	500000	74.549	41.958	BUENO
79	370	34	509.270	1838.987	9.08E-08	500000	74.029	42.252	BUENO
79	370	41	509.270	1878.565	9.21E-08	500000	74.568	41.947	BUENO
79	370	47	511.540	1847.184	9.32E-08	500000	75.178	41.792	BUENO
79	370	50	511.540	1847.184	9.19E-08	500000	74.646	42.090	BUENO
79	370	53	509.270	1838.987	9.21E-08	500000	74.566	41.948	BUENO
79	370	59	509.270	1838.987	9.11E-08	500000	74.162	42.177	BUENO
79	370	60	511.540	1847.184	9.15E-08	500000	74.490	42.178	BUENO
79	370	63	511.540	1847.184	9.18E-08	500000	74.597	42.117	BUENO
79	370	80	511.540	1847.184	9.12E-08	500000	74.361	42.251	BUENO
79	370	82	509.270	1878.565	9.25E-08	500000	75.533	42.302	BUENO
79	370	85	511.540	1847.184	9.12E-08	500000	74.351	42.257	BUENO

SISTEMA DE ADQUISICION DE PARAMETROS									
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (m)	Capacitancia (F)	Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB)	Impedancia Característica (Ω)	Estado
79	370	87	509.270	1838.987	9.09E-08	500000	74.072	42.228	BUENO
79	370	90	0.000	0.000	5.18E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	370	98	509.270	1838.987	9.36E-08	500000	75.173	41.610	BUENO
79	371	1	511.540	1847.184	9.40E-08	500000	75.486	41.621	BUENO
79	371	6	511.540	1847.184	9.48E-08	500000	75.815	41.441	BUENO
79	371	12	511.540	1847.184	9.13E-08	500000	74.396	42.231	BUENO
79	371	16	0.000	0.000	6.39E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	371	17	0.000	0.000	6.20E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	371	30	511.540	1847.184	9.31E-08	500000	75.130	41.818	BUENO
79	371	34	511.540	1847.184	9.32E-08	500000	75.174	41.794	BUENO
79	371	37	511.540	1847.184	9.23E-08	500000	74.811	41.997	BUENO
79	371	42	511.540	1847.184	9.22E-08	500000	74.774	42.018	BUENO
79	371	50	513.810	1855.381	9.20E-08	500000	74.844	42.165	BUENO
79	371	53	511.540	1847.184	9.10E-08	500000	74.268	42.304	BUENO
79	371	54	511.540	1847.184	9.27E-08	500000	74.950	41.919	BUENO
79	371	55	513.810	1855.381	9.15E-08	500000	74.653	42.273	BUENO
79	371	63	511.540	1847.184	9.20E-08	500000	74.675	42.074	BUENO
79	371	65	0.000	0.000	4.18E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	371	72	511.540	1847.184	9.29E-08	500000	75.039	41.869	BUENO
79	371	84	511.540	1847.184	9.33E-08	500000	75.204	41.777	BUENO
79	371	89	511.540	1847.184	9.30E-08	500000	75.079	41.847	BUENO
79	371	91	511.540	1847.184	9.26E-08	500000	74.922	41.935	BUENO
79	371	94	513.810	1855.381	9.17E-08	500000	74.728	42.230	BUENO
79	372	1	511.540	1816.425	9.28E-08	500000	74.376	41.539	BUENO
79	372	5	511.540	1847.184	9.16E-08	500000	74.500	42.173	BUENO
79	372	7	511.540	1847.184	9.24E-08	500000	74.851	41.974	BUENO
79	372	16	511.540	1847.184	9.29E-08	500000	75.029	41.875	BUENO
79	372	18	511.540	1847.184	9.26E-08	500000	74.911	41.941	BUENO
79	372	22	0.000	0.000	5.25E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	372	24	0.000	0.000	5.19E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	372	41	511.540	1847.184	9.23E-08	500000	74.798	42.004	BUENO
79	372	44	511.540	1847.184	9.29E-08	500000	75.059	41.858	BUENO
79	372	48	511.540	1847.184	9.26E-08	500000	74.930	41.931	BUENO
79	372	53	511.540	1847.184	9.27E-08	500000	74.954	41.917	BUENO
79	372	56	0.000	0.000	4.13E-08	500000	0.000	0.000	MALO
79	372	65	511.540	1847.184	9.29E-08	500000	75.039	41.870	BUENO
79	372	72	511.540	1847.184	9.25E-08	500000	74.877	41.960	BUENO
79	372	75	511.540	1847.184	9.27E-08	500000	74.954	41.917	BUENO
79	372	78	511.540	1847.184	9.28E-08	500000	75.015	41.883	BUENO
79	372	79	511.540	1847.184	9.19E-08	500000	74.658	42.083	BUENO
79	372	86	511.540	1847.184	9.27E-08	500000	74.948	41.920	BUENO
79	372	92	0.000	0.000	3.22E-08	500000	0.000	0.000	MALO

SISTEMA DE ADQUISICION DE PARAMETROS									
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (m)	Capacitancia (F)	Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB)	Impedancia Característica (Ω)	Estado
79	372	99	511.540	1847.184	9.26E-08	500000	74.905	41.944	BUENO
94	373	7	431.014	1556.402	8.18E-08	500000	64.642	40.952	BUENO
94	373	8	431.014	1556.402	8.15E-08	500000	64.536	41.020	BUENO
94	373	9	431.014	1556.402	8.20E-08	500000	64.722	40.902	BUENO
94	373	10	431.014	1556.402	7.93E-08	500000	63.638	41.599	BUENO
94	373	11	431.014	1556.402	8.18E-08	500000	64.634	40.958	BUENO
94	373	12	431.014	1556.402	8.52E-08	500000	65.965	40.131	BUENO
94	373	13	434.014	1567.235	8.30E-08	500000	65.341	40.797	BUENO
94	373	14	434.014	1567.235	8.24E-08	500000	65.099	40.948	BUENO
94	373	16	431.014	1567.235	8.20E-08	500000	64.734	40.894	BUENO
94	373	22	434.014	1567.235	8.19E-08	500000	64.915	41.064	BUENO
94	373	28	0.000	0.000	5.24E-08	500000	0.000	0.000	MALO
94	373	30	431.014	1567.235	8.25E-08	500000	64.927	40.773	BUENO
94	373	44	434.014	1567.235	8.25E-08	500000	65.137	40.924	BUENO
94	373	46	434.014	1567.235	8.20E-08	500000	64.929	41.055	BUENO
94	373	53	0.000	0.000	4.26E-08	500000	0.000	0.000	MALO
94	373	71	431.014	1567.235	8.24E-08	500000	64.868	40.810	BUENO
94	373	83	431.014	1567.235	8.23E-08	500000	64.827	40.836	BUENO
94	373	86	431.014	1567.235	8.29E-08	500000	65.069	40.684	BUENO
94	373	92	434.014	1567.235	8.19E-08	500000	64.902	41.073	BUENO
94	373	98	434.014	1567.235	8.21E-08	500000	64.992	41.016	BUENO
94	374	3	434.014	1567.235	8.41E-08	500000	65.776	40.527	BUENO
94	374	4	434.014	1567.235	8.02E-08	500000	64.220	41.509	BUENO
94	374	6	434.014	1567.235	8.12E-08	500000	64.619	41.252	BUENO
94	374	14	424.914	1534.374	8.15E-08	500000	64.051	40.746	BUENO
94	374	15	424.914	1534.374	8.10E-08	500000	63.880	40.854	BUENO
94	374	22	434.014	1567.235	8.33E-08	500000	65.450	40.729	BUENO
94	374	25	434.014	1567.235	8.12E-08	500000	64.631	41.244	BUENO
94	374	28	424.914	1534.374	8.19E-08	500000	64.230	40.632	BUENO
94	374	30	0.000	0.000	3.13E-08	500000	0.000	0.000	MALO
94	374	38	434.014	1534.374	8.18E-08	500000	64.854	41.103	BUENO
94	374	43	434.014	1567.235	8.26E-08	500000	65.174	40.901	BUENO
94	374	49	434.014	1567.235	8.13E-08	500000	64.676	41.216	BUENO
94	374	58	424.914	1534.374	8.15E-08	500000	64.073	40.732	BUENO
94	374	63	424.914	1534.374	8.16E-08	500000	64.112	40.707	BUENO
94	374	73	0.000	0.000	2.12E-08	500000	0.000	0.000	MALO
94	374	78	434.014	1567.235	8.22E-08	500000	65.016	41.000	BUENO
94	374	81	434.014	1567.235	8.14E-08	500000	64.705	41.197	BUENO
94	374	95	0.000	0.000	2.16E-08	500000	0.000	0.000	MALO
94	374	97	424.914	1534.374	8.13E-08	500000	63.982	40.790	BUENO
94	374	98	434.014	1567.235	8.19E-08	500000	64.897	41.075	BUENO

SISTEMA DE ADQUISICION DE PARAMETROS									
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (m)	Capacitancia (F)	Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB)	Impedancia Característica (Ω)	Estado
94	375	3	434.014	1567.235	8.13E-08	500000	64.653	41.230	BUENO
94	375	4	443.285	1600.715	7.93E-08	500000	64.537	42.187	BUENO
94	375	5	443.285	1600.715	7.92E-08	500000	64.498	42.212	BUENO
94	375	6	443.285	1600.715	8.14E-08	500000	65.385	41.640	BUENO
94	375	12	0.000	0.000	4.94E-08	500000	0.000	0.000	MALO
94	375	23	434.014	1567.235	8.17E-08	500000	64.834	41.115	BUENO
94	375	33	443.285	1600.715	7.95E-08	500000	64.635	42.123	BUENO
94	375	37	434.014	1567.235	7.98E-08	500000	64.064	41.610	BUENO
94	375	42	434.014	1567.235	8.13E-08	500000	64.663	41.224	BUENO
94	375	46	443.285	1600.715	7.96E-08	500000	64.667	42.102	BUENO
94	375	51	434.014	1567.235	8.17E-08	500000	64.827	41.120	BUENO
94	375	55	443.285	1600.715	7.98E-08	500000	64.757	42.044	BUENO
94	375	73	443.285	1600.715	8.00E-08	500000	64.822	42.002	BUENO
94	375	75	443.285	1600.715	8.14E-08	500000	65.403	41.629	BUENO
94	375	76	443.285	1600.715	8.22E-08	500000	65.731	41.421	BUENO
94	375	87	434.014	1567.235	7.96E-08	500000	64.664	42.104	BUENO
94	375	88	443.285	1600.715	8.33E-08	500000	66.838	41.603	BUENO
94	375	89	0.000	0.000	3.90E-08	500000	0.000	0.000	MALO
94	375	97	443.285	1600.715	7.91E-08	500000	64.450	42.244	BUENO
94	375	100	434.014	1567.235	8.07E-08	500000	64.435	41.370	BUENO

Tabla 5.2. Resultados de la medición en el Botellón de 1200 pares con el Sistema de Adquisición de Parámetros. Frecuencia 500kHz.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos con el Medidor Digital de Alta Precisión (Fluke).

INSTRUMENTO DIGITAL DE ALTA PRECISION (FLUKE)								
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (metros)	Capacitancia (nF)	Impedancia Característica (Ω)	Atenuación (dB)	Estado
32	379	1	343.2	1239.304	65.20	40.933	51.496	BUENO
32	379	7	342.6	1237.138	77.00	37.633	55.914	BUENO
32	379	10	∞	N/A	35.70	N/A	N/A	MALO
32	379	14	342.8	1237.860	64.90	41.004	51.348	BUENO
32	379	15	344.1	1242.554	65.20	40.987	51.564	BUENO
32	379	27	347.14	1253.532	88.50	35.335	60.340	BUENO
32	379	29	342	1234.971	64.10	41.211	50.971	BUENO
32	379	31	343.7	1241.110	66.10	40.683	51.888	BUENO

INSTRUMENTO DIGITAL DE ALTA PRECISION (FLUKE)								
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (metros)	Capacitancia (nF)	Impedancia Característica (Ω)	Atenuación (dB)	Estado
32	379	44	341.9	1234.610	65.70	40.700	51.596	BUENO
32	379	49	347	1253.026	64.50	41.382	51.502	BUENO
32	379	51	∞	N/A	34.80	N/A	N/A	MALO
32	379	61	342.5	1236.776	65.70	40.735	51.641	BUENO
32	379	67	343.4	1240.026	66.10	40.665	51.866	BUENO
32	379	73	343.1	1238.943	65.30	40.896	51.528	BUENO
32	379	77	∞	N/A	24.00	N/A	N/A	MALO
32	379	79	343.9	1241.832	64.70	41.133	51.351	BUENO
32	379	81	342.6	1237.138	65.20	40.897	51.451	BUENO
32	379	93	343.6	1240.749	67.20	40.343	52.311	BUENO
32	379	94	344.8	1245.082	66.40	40.656	52.089	BUENO
32	379	100	344.5	1243.998	66.10	40.730	51.949	BUENO
32	380	5	342.7	1237.499	66.90	40.380	52.125	BUENO
32	380	9	434.8	1570.074	65.70	45.897	58.184	BUENO
32	380	10	344	1242.193	64.00	41.363	51.080	BUENO
32	380	14	341	1231.360	66.10	40.523	51.684	BUENO
32	380	18	343.4	1240.026	65.80	40.758	51.748	BUENO
32	380	22	∞	N/A	36.60	N/A	N/A	MALO
32	380	23	∞	N/A	35.90	N/A	N/A	MALO
32	380	42	341	1231.360	66.10	40.523	51.684	BUENO
32	380	49	344	1242.193	64.90	41.075	51.438	BUENO
32	380	56	342.5	1236.776	65.40	40.829	51.523	BUENO
32	380	60	342.9	1238.221	65.00	40.978	51.395	BUENO
32	380	63	344.1	1242.554	64.80	41.113	51.406	BUENO
32	380	66	343.7	1241.110	65.90	40.745	51.810	BUENO
32	380	75	∞	N/A	26.20	N/A	N/A	MALO
32	380	80	344.9	1245.443	64.90	41.129	51.505	BUENO
32	380	82	342.1	1235.332	66.60	40.436	51.963	BUENO
32	380	87	342.1	1235.332	65.90	40.650	51.689	BUENO
32	380	95	∞	N/A	24.90	N/A	N/A	MALO
32	380	98	343.6	1240.749	65.10	40.988	51.487	BUENO
32	380	100	341	1231.360	62.70	41.607	50.337	BUENO
43	376	3	450	1624.962	82.90	41.568	66.491	BUENO
43	376	7	∞	N/A	42.80	N/A	N/A	MALO
43	376	8	∞	N/A	42.20	N/A	N/A	MALO
43	376	14	452	1632.184	82.30	41.811	66.397	BUENO
43	376	17	453	1635.795	81.90	41.960	66.309	BUENO
43	376	29	451	1628.573	83.00	41.589	66.605	BUENO
43	376	31	∞	N/A	33.20	N/A	N/A	MALO
43	376	38	453	1635.795	82.30	41.858	66.470	BUENO
43	376	41	453	1635.795	82.50	41.807	66.551	BUENO
43	376	46	454	1639.406	82.70	41.802	66.705	BUENO

INSTRUMENTO DIGITAL DE ALTA PRECISION (FLUKE)								
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (metros)	Capacitancia (nF)	Impedancia Característica (Ω)	Atenuación (dB)	Estado
43	376	49	455	1643.017	82.20	41.975	66.577	BUENO
43	376	50	450	1624.962	83.80	41.344	66.851	BUENO
43	376	62	451	1628.573	83.60	41.439	66.845	BUENO
43	376	64	452	1632.184	82.80	41.685	66.598	BUENO
43	376	76	452	1632.184	82.70	41.710	66.558	BUENO
43	376	78	454	1639.406	82.30	41.904	66.544	BUENO
43	376	82	453	1635.795	82.60	41.782	66.592	BUENO
43	376	85	∞	N/A	51.90	N/A	N/A	MALO
43	376	89	452	1632.184	83.30	41.560	66.799	BUENO
43	376	98	456	1646.628	83.70	41.643	67.255	BUENO
43	377	7	455	1643.017	83.70	41.598	67.181	BUENO
43	377	8	450	1624.962	84.80	41.099	67.249	BUENO
43	377	13	452	1632.184	84.90	41.166	67.438	BUENO
43	377	22	452	1632.184	84.60	41.239	67.318	BUENO
43	377	25	451	1628.573	84.30	41.267	67.125	BUENO
43	377	30	451	1628.573	84.10	41.316	67.045	BUENO
43	377	33	453	1635.795	84.20	41.383	67.233	BUENO
43	377	37	452	1632.184	83.80	41.435	66.999	BUENO
43	377	39	∞	N/A	32.10	N/A	N/A	MALO
43	377	40	∞	N/A	33.90	N/A	N/A	MALO
43	377	51	453	1635.795	83.60	41.531	66.993	BUENO
43	377	58	452	1632.184	83.90	41.411	67.039	BUENO
43	377	64	451	1628.573	83.80	41.390	66.925	BUENO
43	377	65	447	1614.129	83.70	41.230	66.588	BUENO
43	377	71	450	1624.962	83.60	41.393	66.771	BUENO
43	377	79	449	1621.351	83.60	41.347	66.697	BUENO
43	377	86	451	1628.573	84.10	41.316	67.045	BUENO
43	377	92	448	1617.740	83.50	41.326	66.583	BUENO
43	377	96	451	1628.573	83.90	41.365	66.965	BUENO
43	377	99	451	1628.573	83.80	41.390	66.925	BUENO
43	378	4	449	1621.351	83.80	41.298	66.777	BUENO
43	378	8	450	1624.962	84.60	41.148	67.169	BUENO
43	378	9	450	1624.962	84.70	41.123	67.209	BUENO
43	378	10	447	1614.129	84.10	41.132	66.747	BUENO
43	378	12	450	1624.962	83.70	41.368	66.811	BUENO
43	378	26	450	1624.962	83.80	41.344	66.851	BUENO
43	378	32	∞	N/A	44.30	N/A	N/A	MALO
43	378	38	451	1628.573	84.20	41.291	67.085	BUENO
43	378	40	452	1632.184	84.60	41.239	67.318	BUENO
43	378	42	450	1624.962	84.80	41.099	67.249	BUENO
43	378	51	450	1624.962	83.90	41.319	66.891	BUENO
43	378	56	449	1621.351	83.50	41.372	66.657	BUENO

INSTRUMENTO DIGITAL DE ALTA PRECISION (FLUKE)								
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (metros)	Capacitancia (nF)	Impedancia Característica (Ω)	Atenuación (dB)	Estado
43	378	58	452	1632.184	84.20	41.337	67.159	BUENO
43	378	65	452	1632.184	84.10	41.362	67.119	BUENO
43	378	75	∞	N/A	33.80	N/A	N/A	MALO
43	378	78	449	1621.351	83.50	41.372	66.657	BUENO
43	378	85	452	1632.184	84.60	41.239	67.318	BUENO
43	378	88	452	1632.184	83.20	41.585	66.759	BUENO
43	378	94	∞	N/A	53.10	N/A	N/A	MALO
43	378	99	453	1635.795	82.90	41.706	66.712	BUENO
79	370	3	510	1841.623	92.10	41.984	74.610	BUENO
79	370	6	510	1841.623	91.90	42.029	74.529	BUENO
79	370	12	∞	N/A	62.10	N/A	N/A	MALO
79	370	19	511	1845.234	91.80	42.093	74.561	BUENO
79	370	28	510	1841.623	91.90	42.029	74.529	BUENO
79	370	32	510	1841.623	90.40	42.377	73.918	BUENO
79	370	34	511	1845.234	91.10	42.255	74.276	BUENO
79	370	41	513	1852.456	92.90	41.925	75.153	BUENO
79	370	47	512	1848.845	93.10	41.839	75.160	BUENO
79	370	50	512	1848.845	92.00	42.089	74.715	BUENO
79	370	53	512	1848.845	92.40	41.998	74.877	BUENO
79	370	59	511	1845.234	91.10	42.255	74.276	BUENO
79	370	60	512	1848.845	92.60	41.952	74.958	BUENO
79	370	63	512	1848.845	92.10	42.066	74.756	BUENO
79	370	80	512	1848.845	93.00	41.862	75.120	BUENO
79	370	82	510	1841.623	93.70	41.624	75.255	BUENO
79	370	85	509	1838.012	92.80	41.784	74.819	BUENO
79	370	87	507	1830.790	90.80	42.159	73.863	BUENO
79	370	90	∞	N/A	51.40	N/A	N/A	MALO
79	370	98	509	1838.012	91.00	42.195	74.090	BUENO
79	371	1	508	1834.401	94.10	41.454	75.267	BUENO
79	371	6	509	1838.012	93.70	41.583	75.181	BUENO
79	371	12	509	1838.012	92.80	41.784	74.819	BUENO
79	371	16	∞	N/A	63.40	N/A	N/A	MALO
79	371	17	∞	N/A	62.90	N/A	N/A	MALO
79	371	30	509	1838.012	92.80	41.784	74.819	BUENO
79	371	34	510	1841.623	93.10	41.758	75.014	BUENO
79	371	37	510	1841.623	92.20	41.961	74.650	BUENO
79	371	42	510	1841.623	92.30	41.938	74.691	BUENO
79	371	50	510	1841.623	92.20	41.961	74.650	BUENO
79	371	53	509	1838.012	92.40	41.874	74.658	BUENO
79	371	54	509	1838.012	93.70	41.583	75.181	BUENO
79	371	55	510	1841.623	92.40	41.915	74.731	BUENO
79	371	63	511	1845.234	92.40	41.957	74.804	BUENO

INSTRUMENTO DIGITAL DE ALTA PRECISION (FLUKE)								
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (metros)	Capacitancia (nF)	Impedancia Característica (Ω)	Atenuación (dB)	Estado
79	371	65	∞	N/A	42.30	N/A	N/A	MALO
79	371	72	510	1841.623	93.00	41.780	74.973	BUENO
79	371	84	511	1845.234	93.30	41.754	75.168	BUENO
79	371	89	512	1848.845	93.40	41.772	75.281	BUENO
79	371	91	510	1841.623	93.10	41.758	75.014	BUENO
79	371	94	510	1841.623	92.20	41.961	74.650	BUENO
79	372	1	511	1845.234	92.50	41.934	74.845	BUENO
79	372	5	510	1841.623	92.10	41.984	74.610	BUENO
79	372	7	510	1841.623	93.20	41.735	75.054	BUENO
79	372	16	509	1838.012	93.10	41.717	74.940	BUENO
79	372	18	511	1845.234	93.90	41.620	75.409	BUENO
79	372	22	∞	N/A	51.90	N/A	N/A	MALO
79	372	24	∞	N/A	52.30	N/A	N/A	MALO
79	372	41	513	1852.456	93.10	41.880	75.234	BUENO
79	372	44	510	1841.623	93.00	41.780	74.973	BUENO
79	372	48	511	1845.234	92.80	41.866	74.966	BUENO
79	372	53	512	1848.845	92.70	41.930	74.999	BUENO
79	372	56	∞	N/A	42.90	N/A	N/A	MALO
79	372	65	511	1845.234	93.70	41.664	75.329	BUENO
79	372	72	512	1848.845	92.50	41.975	74.918	BUENO
79	372	75	511	1845.234	92.90	41.843	75.006	BUENO
79	372	78	511	1845.234	93.10	41.798	75.087	BUENO
79	372	79	511	1845.234	92.10	42.025	74.683	BUENO
79	372	86	510	1841.623	92.80	41.825	74.893	BUENO
79	372	92	∞	N/A	33.00	N/A	N/A	MALO
79	372	99	511	1845.234	92.70	41.889	74.926	BUENO
94	373	7	434	1567.185	82.00	41.045	64.943	BUENO
94	373	8	433	1563.574	80.00	41.507	64.072	BUENO
94	373	9	434	1567.185	81.00	41.298	64.546	BUENO
94	373	10	440	1588.851	80.50	41.711	64.789	BUENO
94	373	11	436	1574.407	83.10	40.867	65.527	BUENO
94	373	12	445	1606.907	88.00	40.120	68.124	BUENO
94	373	13	442	1596.074	83.00	41.172	65.937	BUENO
94	373	14	434	1567.185	82.70	40.871	65.219	BUENO
94	373	16	436	1574.407	82.90	40.916	65.449	BUENO
94	373	22	434	1567.185	82.60	40.896	65.180	BUENO
94	373	28	∞	N/A	53.10	N/A	N/A	MALO
94	373	30	434	1567.185	82.90	40.822	65.298	BUENO
94	373	44	433	1563.574	82.80	40.799	65.184	BUENO
94	373	46	437	1578.018	83.10	40.913	65.603	BUENO
94	373	53	∞	N/A	43.30	N/A	N/A	MALO
94	373	71	434	1567.185	82.90	40.822	65.298	BUENO

INSTRUMENTO DIGITAL DE ALTA PRECISION (FLUKE)								
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (metros)	Capacitancia (nF)	Impedancia Característica (Ω)	Atenuación (dB)	Estado
94	373	83	436	1574.407	83.40	40.793	65.646	BUENO
94	373	86	435	1570.796	83.10	40.820	65.452	BUENO
94	373	92	434	1567.185	82.60	40.896	65.180	BUENO
94	373	98	433	1563.574	83.20	40.701	65.341	BUENO
94	374	3	436	1574.407	87.90	39.735	67.393	BUENO
94	374	4	435	1570.796	81.20	41.294	64.700	BUENO
94	374	6	436	1574.407	83.70	40.720	65.764	BUENO
94	374	14	438	1581.629	82.10	41.209	65.281	BUENO
94	374	15	434	1567.185	82.50	40.921	65.141	BUENO
94	374	22	434	1567.185	82.60	40.896	65.180	BUENO
94	374	25	434	1567.185	82.50	40.921	65.141	BUENO
94	374	28	435	1570.796	83.10	40.820	65.452	BUENO
94	374	30	∞	N/A	32.00	N/A	N/A	MALO
94	374	38	434	1567.185	82.50	40.921	65.141	BUENO
94	374	43	435	1570.796	83.20	40.795	65.492	BUENO
94	374	49	436	1574.407	82.30	41.065	65.211	BUENO
94	374	58	433	1563.574	82.00	40.998	64.868	BUENO
94	374	63	434	1567.185	82.70	40.871	65.219	BUENO
94	374	73	∞	N/A	22.80	N/A	N/A	MALO
94	374	78	435	1570.796	83.40	40.746	65.570	BUENO
94	374	81	434	1567.185	83.10	40.773	65.377	BUENO
94	374	95	∞	N/A	22.70	N/A	N/A	MALO
94	374	97	429	1549.130	82.80	40.611	64.882	BUENO
94	374	98	433	1563.574	82.90	40.775	65.223	BUENO
94	375	3	440	1588.851	82.10	41.303	65.430	BUENO
94	375	4	442	1596.074	80.80	41.728	65.057	BUENO
94	375	5	442	1596.074	80.60	41.780	64.977	BUENO
94	375	6	441	1592.462	82.00	41.375	65.465	BUENO
94	375	12	∞	N/A	41.30	N/A	N/A	MALO
94	375	23	443	1599.685	82.10	41.443	65.653	BUENO
94	375	33	442	1596.074	81.10	41.651	65.178	BUENO
94	375	37	442	1596.074	80.90	41.702	65.098	BUENO
94	375	42	441	1592.462	82.50	41.249	65.664	BUENO
94	375	46	442	1596.074	80.50	41.806	64.936	BUENO
94	375	51	443	1599.685	82.80	41.268	65.932	BUENO
94	375	55	443	1599.685	80.70	41.801	65.091	BUENO
94	375	73	443	1599.685	82.40	41.368	65.773	BUENO
94	375	75	443	1599.685	83.00	41.218	66.012	BUENO
94	375	76	443	1599.685	83.10	41.193	66.051	BUENO
94	375	87	440	1588.851	80.80	41.634	64.910	BUENO
94	375	88	438	1581.629	80.60	41.591	64.682	BUENO
94	375	89	∞	N/A	39.50	N/A	N/A	MALO

INSTRUMENTO DIGITAL DE ALTA PRECISION (FLUKE)								
Distrito	Regleta	Par	Resistencia de Bucle (Ω)	Distancia (metros)	Capacitancia (nF)	Impedancia Característica (Ω)	Atenuación (dB)	Estado
94	375	97	442	1596.074	80.00	41.936	64.735	BUENO
94	375	100	438	1581.629	81.60	41.335	65.082	BUENO

Tabla 5.3. Resultados obtenidos con el Medidor Digital de Alta Precisión (Fluke)

5.4. Conclusión

En este capítulo se realizaron las mediciones con el Sistema de Adquisición de Parámetros en ciertos pares de cobre de la red de ETAPA EP, a su vez se realizaron las mediciones en los mismos pares con un medidor digital de alta precisión. Se obtuvieron los resultados de comparación entre los dos sistemas de medición y se demostró que el Sistema de Adquisición de Parámetros es fiable y preciso tal como lo es el método de medición actual de la red de cobre de la Empresa ETAPA, el medidor digital.

Se concluye entonces que al ser un sistema en el cual las mediciones son confiables, se puede también reducir el tiempo de adquisición para la caracterización de la red de cobre y optimizar recursos del personal técnico que las realiza.

CONCLUSIONES

Este trabajo documenta todos los elementos activos y pasivos que intervienen en una red de planta interna y de planta externa de una empresa telefónica con red tendida de cobre. Estas dos redes funcionan conjuntamente al encontrarse conectadas y crear con esta interconexión un servicio de telecomunicaciones y llevarlo a través de la misma a todos los abonados de la red.

En toda esta red existen parámetros importantes para el óptimo funcionamiento de la misma como son: resistencia de bucle, capacitancia, ruido, desequilibrio resistivo, resistencia de continuidad de pantalla, inductancia, impedancia característica, atenuación, entre otras. Todos estos parámetros deben ser adquiridos de alguna manera y estas mediciones cumplir con ciertos límites y requerimientos para que los servicios ofertados de telecomunicaciones puedan ser entregados de la mejor manera.

Para lograr realizar estas mediciones se construyó un sistema de adquisición de parámetros eléctricos para la red de cobre, el cual utiliza diferentes elementos electrónicos que presentan las condiciones ideales para esta adquisición. Se utilizó un multivibrador junto con un generador de funciones XR-2206 que permiten generar una forma de onda senoidal que al circular por el par de cobre y por medio de cálculo permite obtener la capacitancia del par. El interruptor digital HEF4066 es un circuito integrado que nos permite hacer un switcheo automático dentro de nuestro hardware, permitiendo así realizar las mediciones del par de cobre a lazo abierto y a lazo cerrado en la misma prueba de medición. Se utilizó también un partidor de tensión que por medio de su fórmula característica nos permite obtener la resistencia de bucle del par de abonado al alimentar el circuito con un voltaje definido.

Todo el sistema de hardware construido funciona simultáneamente con la tarjeta de adquisición de datos propiedad de National Instruments "MyDAQ", la cual adquiere y genera las señales que complementan el funcionamiento del hardware elaborado.

Para que el hardware en conjunto funcione completamente se realizó la construcción del software para la adquisición de parámetros eléctricos, este algoritmo fue realizado en LabVIEW 2009 también propiedad de National Instruments. Éste software proporciona al técnico desde la autenticación de usuario por medio de SubVI's hasta los subprocesos para adquisición de Resistencia de Bucle y Capacitancia y los subprocesos para cálculo de Distancia, Impedancia Característica y Atenuación.

También se obtuvieron referencias gráficas del estado de atenuación de la red por kilómetro de distancia, por medio de los resultados obtenidos en las mediciones de los parámetros mencionados anteriormente, éstas gráficas sirven para una proyección del estado del par de abonado a lo largo de su recorrido.

Se describió además todo el proceso de construcción del algoritmo para el almacenamiento de los parámetros eléctricos de la red de cobre, mostrando los cuadros de dialogo adicionales para completar la información del par de cobre bajo prueba, se documentó como crear la base de datos y almacenar ordenadamente los parámetros adquiridos anteriormente, incluyendo el usuario que se autenticó para dichas mediciones.

Este sistema consigue medir algunos de los parámetros básicos de la red de cobre que son Resistencia de Bucle, Distancia, Capacitancia, Impedancia Característica y Atenuación. Existen otros parámetros que también son importantes pero exceden los alcances del desarrollo de esta investigación, tales parámetros como el Desequilibrio Resistivo, Ruido e Inductancia no se adquieren dentro de este sistema. Para lograr la medición completa de todos los parámetros de la red de cobre se necesita realizar algunas actualizaciones en el hardware, como el mismo hecho de cambiar la tarjeta de adquisición de datos MyDAQ por una más sofisticada que posea un numero de entradas analógicas más alto y que tenga la capacidad de medición de corriente alterna con alta resolución.

La creación del sistema se originó con el objetivo de reemplazar el método actual de medición de los parámetros eléctricos de la red de cobre de la Empresa ETAPA EP, en esta investigación se demuestra que se puede crear un sistema automático para la adquisición de todos los parámetros básicos que son útiles al momento de ofertar servicios de telecomunicaciones. Se obtuvieron los resultados de comparación entre los dos sistemas de medición y se demostró que el Sistema de Adquisición de Parámetros es fiable y preciso tal como lo es el método de medición actual de la red de cobre. Se demuestra también que este sistema automático optimiza el tiempo de medición, logrando de esta manera caracterizar la red de cobre de una manera sencilla, utilizando la menor cantidad de recursos económicos posibles.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

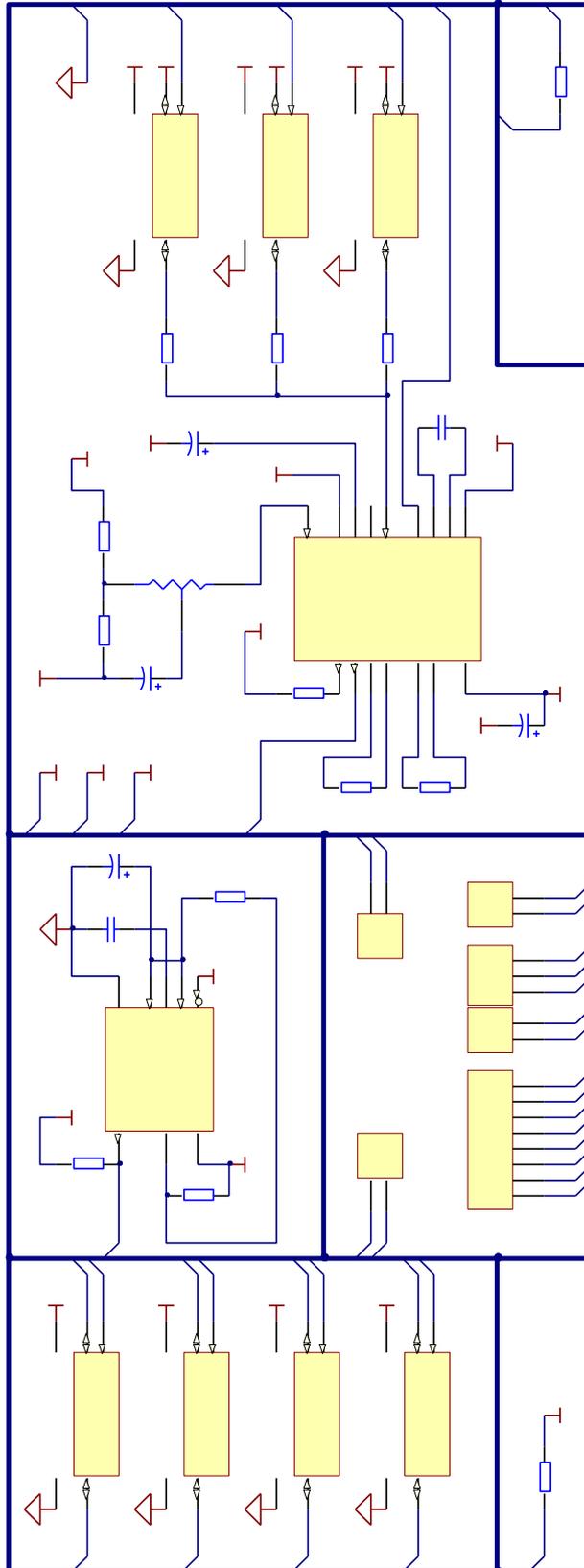
- CANDIA DIAZ, Miguel. PLANTA EXTERNA CABLES SIMÉTRICOS Y COAXIALES PARA TELECOMUNICACIONES. Santiago de Chile, Editorial [s.e.]. Enero 2000.
- GOMEZ, Cristian. ADSL. Universidad de Costa Rica. 2005.
- REY, Francisco J. Technical Leader CALA/SCCA South xDSL. Lucen technologies. [s.a.].
- SUMMERS, K. ADSL Standars, Implementation and Architecture. USA. 2003.
- Unidad de Costa Rica, Facultad Ingeniería Eléctrica. Alternativas DSL. 2005.
- RAMON LACAYO, Edwin. RED DE CONMUTACION PÚBLICA. Editorial [s.e]. 2010.
- ETAPA, ESTRUCTURA DE LA RED, Línea de cobre. Editorial [s.e]. 2002.
- MARTINEZ V. DELGADO J. Diseño de una red ADSL2+. ESPOL. Editorial [s.e]. 2002.
- ITESO, Telecomunicaciones. APLICACIONES HDSL. Editorial [s.e]. Año [s.a].
- SILBERSCHATZ, Abraham. Fundamentos de Bases de Datos. McGRAW HILL. 4ta ED. 2002

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS:

- Tecnología VDSL - Disponible en Internet: <http://www.adslayuda.com/vdsl.html>
- Multivibrador 555 - Disponible en Internet: <http://www.neoteo.com/ne555>
- Datasheet Multivibrador 555 - Disponible en World Wide Web:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS007851.PDF>
- Datasheet Conmutador HEF4066B - Disponible en Internet:
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/HEF4066B.pdf

- Guía de Usuario NI MyDAQ - Disponible en Internet:
<https://decibel.ni.com/content/servlet/JiveServlet/previewBody/15831-102-2-28162/MyDAQ%20MANUAL%20EN%20ESPA%C3%91OL.pdf>
- Beneficios de programación en LabVIEW - Disponible en Internet:
<http://www.ni.com/labview/whatis/graphical-programming/esa/>
- Lenguaje SQL - Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL>
- Crear tablas en SQL - Disponible en Internet: <http://sql.1keydata.com/es/sql-create-table.php>
- Tutorial de SQL - Disponible en Internet: <http://www.asptutor.com/zip/sql.pdf>
- Circuito RC en corriente alterna - Disponible en Internet:
http://www.unicrom.com/Tut_circuitoRC.asp

Anexo 2: Esquema del Sistema de Adquisición



Anexo 3: PCB del Sistema de Adquisición

