

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN DE  
ADYACENCIAS PARA LAS REDES GSM Y UMTS DE  
TELEFONICA VENEZOLANA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Silva S., Luis C.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN DE ADYACENCIAS PARA LAS REDES GSM Y UMTS DE TELEFONICA VENEZOLANA**

Prof. Guía: Ing. Rafael Rodríguez.  
Tutor Industrial: Ing. Alexander Chassaigne.

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Silva S., Luis C.  
para optar al título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 13 de noviembre de 2012

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Luis S. Carlos C., titulado:

**“DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN DE ADYACENCIAS PARA LAS REDES GSM Y UMTS DE TELEFONICA VENEZOLANA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Lorena Núñez  
Jurado



Prof. Carlos Moreno  
Jurado



Prof. Rafael Rodríguez  
Prof. Guía

## **DEDICATORIA**

*A mi abuela, quien me crio y me quiso incondicionalmente durante todos los años de su vida, **María Marcolina Tineo de Sánchez...***

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios y a la Virgen del Valle, dadores de luz y protección todos los días...*

*A mi hermano Luis Alejandro Silva Sánchez, mi eterno profesor por siempre, con su cariño incondicional he logrado cumplir las metas más importantes de mi vida, incluyendo la culminación de la carrera...*

*A mi madre Marybel Estefanía Sánchez Tineo, ejemplo de sabiduría, determinación, resistencia y amor incondicional...*

*A mi tía, Dra. Silvia Campos, guía de mis pasos desde mi nacimiento...*

*A Luis Beltrán Sánchez Bellorín, Luis Beltrán Sánchez Tineo y todos los seres queridos ya fallecidos que me cuidan y me guían desde todos lados...*

*A mi tutor, Ing. Alexander Chassaigne, por su apoyo incondicional durante toda la elaboración de este trabajo de grado...*

*Al Ingeniero y Sensei Frankel Zambrano, por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto...con gran respeto y aprecio, Oss!!*

*A Víctor Hernández, Arnaldo Angulo y todo su equipo de ingenieros integrantes de Telefónica, por su colaboración y apoyo en la elaboración de este trabajo de grado...*

*Al Profesor Rafael Rodríguez, por alentarme a desarrollar esta tesis, y guiarme por el camino correcto para la culminación de este trabajo de grado...*

*A María Auxiliadora Rojas, por su ayuda incondicional en cada paso dentro de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, cito a mi hermano “eres el alma de la escuela”.*

*Por último y no menos importantes, a María Manuela Siso y a mis amigos, por mantenerme cuerdo durante toda la carrera... labor de suma dificultad...*

*Gracias a TODOS por su excelente compañía y apoyo!!!*

**Silva S., Luis C.**

**DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA  
AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN DE  
ADYACENCIAS PARA LAS REDES GSM Y UMTS DE  
TELEFONICA VENEZOLANA**

**Prof. Guía: Ing. Rafael Rodríguez. Tutor Industrial: Ing. Alexander Chassaing.  
Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Empresa: Telefónica  
Venezolana C.A. 104hs + anexos.**

**Palabras claves:** Handover, Adyacencia, Sectores de Radio, Nodos B, Sitios, RNC y BSC

**Resumen.** La rápida expansión de tecnologías de telefonía celular, han hecho posible la conectividad para dispositivos terminales móviles. Sin embargo uno de los problemas más importantes relacionados a las redes celulares, es el direccionamiento y enrutamiento que permite al terminal moverse de una localización a otra. El traspaso entre los puntos de acople a la red manteniendo la conexión se denomina Handover, para su correcto funcionamiento es necesario la declaración de rutas específicas entre dichos puntos de conexión. Al realizar la configuración manual de las rutas, comprende una gran carga de trabajo y está sometida a posibles errores humanos de visualización y transcripción. El diseño presentado provee una eficiente y escalable solución para la compañía Telefónica Venezolana, automatizando el proceso y disminuyendo errores humanos durante la configuración de las rutas.

# ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTAS DE FIGURAS, ILUSTRACIONES O GRÁFICOS</b> .....	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS</b> .....	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>3</b>
1.1 PROBLEMA .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.2.1 <i>Objetivos Generales</i> .....	4
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>5</b>
<b>MARCO TEORICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 ARQUITECTURA DE RED GSM.....	5
2.1.1 <i>Subsistema de Conmutación (SS)</i> .....	6
2.1.2 <i>Subsistema de Soporte y Operaciones (OSS)</i> .....	7
2.1.3 <i>Subsistema de Acceso</i> .....	7
2.2 ARQUITECTURA DE RED UMTS .....	15
2.2.1 <i>Core Network</i> .....	17
2.2.2 <i>UTRAN</i> .....	17
2.3 HANDOVER.....	23
2.3.1 <i>Definiciones y principios</i> .....	23

2.3.2 Principios y Principales Causas.....	24
2.3.3 Tipos y Clasificación .....	25
2.4 SISTEMA DE PROYECCIÓN DE COORDENADAS GEODÉSICAS-UTM .....	29
2.4.1 Geometría Terrestre .....	29
2.4.2 Distancia entre 2 puntos Geográficos .....	30
2.4.3 Conversión de coordenadas Geodésicas-UTM .....	32
2.5 PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS .....	36
2.5.1 Definiciones .....	37
2.5.2 Propiedades de Java.....	38
2.6 BASES DE DATOS .....	39
2.6.1 Modelos de Bases de Datos .....	39
2.6.2 Sistemas Gestores de Bases de datos.....	40
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>41</b>
3.1 INVESTIGACION DE LA RED DE ACCESO DE TELEFONICA.....	41
3.1.1 Evolución de Arquitectura Red Acceso .....	41
3.1.2 Organización de la Distribución Territorial .....	42
3.1.3 Distribución de Frecuencias.....	44
3.1.4 Equipos .....	45
3.1.5 Planificación de Handovers.....	46
3.1.6 Indicadores de desempeño relacionados a Handovers .....	49
3.1.7 Procesos Actuales para Mejorar la Configuración de Adyacencias.....	49
3.2 METODOLOGÍA .....	50
3.2.1 Investigación de Herramientas de Programación Orientada a Objetos en Teléfono.....	50
3.2.1 Bases de datos de Telefónica Venezolana C.A. ....	51
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>53</b>
<b>PROPUESTA TECNOLÓGICA.....</b>	<b>53</b>
4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO .....	53



4.2 DIAGRAMA FUNCIONAL DE ESTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN. ....	55
4.3 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA.....	56
4.3.1 Proceso de búsqueda.....	57
4.3.2 Ejecución de algoritmo Raíz.....	62
4.3.3 Visualización Gráfica.....	85
4.3.4 Generación de Scripts.....	86
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>89</b>
<b>PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
5.1 PRUEBAS .....	89
5.1.1 Tablas de Pruebas .....	89
5.1.2 Proceso de pruebas.....	96
5.2 RESULTADOS .....	97
5.2.1 Sector 16841 (Urbano) Modo 2G/2G.....	98
5.2.2 Sector 11202 (Periferia) Modo 2G/2G.....	98
5.2.3 Sector 16841 (Urbano) Modo 2G/3Gf1.....	99
5.2.4 Sector 14286 (Urbano) Modo 3G/3G Intrafrequency F1/F1 .....	99
5.2.5 Sector 23413 (Urbano) Modo 3G/3G Interfrequency F2/F1 .....	100
5.2.6 Sector 18712 (Periferia) Modo 3G/3G Intrafrequency F1/F1 .....	100
5.2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	101
5.2.6 SCRIPTS .....	102
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>107</b>

## LISTAS DE FIGURAS, ILUSTRACIONES O GRÁFICOS

Figura 1	Arquitectura Básica de una Red GSM.....	6
Figura 2	Red de Acceso GSM.....	7
Figura 3	Tipos de Celdas.....	9
Figura 4	Múltiples Celdas Celulares .....	10
Figura 5	Patrón de Radiación de Antena Panel Celular .....	10
Figura 6	Técnicas de Acceso Múltiple.....	12
Figura 7	Técnicas de Transmisión Dúplex.....	13
Figura 8	Grupos de Reúso de Frecuencias .....	13
Figura 9	Reúso de Frecuencias, N=7 con 3 sectores por celda.....	14
Figura 10	Estados de un Terminal Móvil GSM.....	15
Figura 11	Arquitectura UMTS Release 99.....	16
Figura 12	Principios de la Conmutación de Circuitos (Izq) y Paquetes (Der.).....	17
Figura 13	Algunos Nodos Celulares .....	19
Figura 14	Code Division Multiple Access .....	20
Figura 15	Wide Code Division Multiple Access .....	20
Figura 16	Factor de reúso de código PN en CDMA =7.....	21
Figura 17	FDD en WCDMA.....	22
Figura 18	Hard Handover .....	26
Figura 19	Soft Handover.....	26
Figura 20	Geoide y Elipsoide Terrestre .....	29
Figura 21	Esquema de proyección UTM .....	32
Figura 22	Zonas UTM en Venezuela.....	35
Figura 23	Objeto según Taylor .....	37
Figura 24	Tipos de modulación Implementados en Telefónica Venezolana .....	42
Figura 25	Licencia de Espectro de Frecuencia de Telefónica.....	44
Figura 26	MTSOs de Telefónica Venezolana C.A. ....	46
Figura 27	Tipos de Handover de Telefónica Venezolana C.A. ....	47

Figura 28	Mapa de navegación entre ventanas .....	55
Figura 29	Ventana de Inicio de Sesión .....	56
Figura 30	Ventana Principal.....	56
Figura 31	Diagrama del Proceso de Búsqueda de elementos a Analizar .....	57
Figura 32	Panel de Búsqueda en la Ventana principal.....	58
Figura 33	Diagrama de flujo del Algoritmo Raíz .....	63
Figura 34	Area Azimutal Sector Fuente.....	66
Figura 35	Subcaso b.1 .....	67
Figura 36	Subcaso b.2 .....	67
Figura 37	Subcaso b.3.....	68
Figura 38	Subcaso b.4.....	68
Figura 39	Zonas de Prioridades del Sector Fuente .....	69
Figura 40	Área Azimutal del Sector Destino .....	70
Figura 41	Angulo referente al Sitio B .....	71
Figura 42	Angulo referente al sitio A .....	74
Figura 43	Zonas de prioridades del Sector Destino .....	75
Figura 44	Subcaso d.1 .....	77
Figura 45	Subcaso d.2 .....	77
Figura 46	Subcaso d.3.....	78
Figura 47	Subcaso d.4.....	78
Figura 48	JTable de Adyacencias encontradas en la Ventana Principal.....	82
Figura 49	JTable de Adyacencias Faltantes en la Ventana Principal.....	83
Figura 50	JTable de Adyacencias recomendadas a Eliminarsse .....	83
Figura 51	Ventana de Visualización Gráfica .....	85
Figura 52	Cuadros de diálogos posibles.....	87
Figura 53	Ejemplo de una Ventana de Visualización de Parámetros por defecto	87
Figura 54	Ejemplo de una Ventana de Visualización de Script.....	88
Figura 55	Prueba 1 sector 16841.....	98
Figura 56	Prueba 2 Sector 11202 .....	98
Figura 57	Prueba 3 Sector 16841 .....	99

Figura 58	Prueba 4 Sector 14286.....	99
Figura 59	Prueba 4 Sector 23413.....	100
Figura 60	Prueba 6 Sector 18712.....	100
Figura 61	Ejemplo de Archivo de declaración de Adyacencia 2G2G Nokia .....	102

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tipos de Handover según Tecnología de Radio .....	28
Tabla 2	Tipos de Adyacencias por su Tecnología de Radio y Sentido.....	28
Tabla 3	Datums más usados en la telefonía celular en Venezuela.....	30
Tabla 4	Algoritmo de Conversión de coordenadas Geodésicas a UTM.....	33
Tabla 5	Sistemas de Gestión de Base de Datos .....	40
Tabla 6	Organización de Regiones y Mercados a nivel Nacional .....	43
Tabla 7	Tipos de Adyacencia Declarados en Telefónica Venezolana C.A.....	47
Tabla 8	Regiones.....	59
Tabla 9	Relación de Listas de Comparacion.....	84
Tabla 10	Segmento de Tabla de Estaciones de la BDU.....	90
Tabla 11	Segmento de Tabla de Sectores GSM de Rf Database .....	90
Tabla 12	Segmento de Tabla de Sectores UMTS de Rf Database.....	91
Tabla 13	Tabla de Inputs del Algoritmo Raíz.....	91
Tabla 14	Segmento de hoja de cálculo de Conversión a Coordenadas UTM.....	92
Tabla 15	Segmento de hoja de Cálculo contra sectores GSM .....	92
Tabla 16	Segmento de hoja de Cálculo contra sectores UMTS.....	93
Tabla 17	Segmento de Tabla de adyacencias 2G2G instaladas .....	93
Tabla 18	Segmento de Tabla de adyacencias 2G3G instaladas .....	94
Tabla 19	Segmento de Tabla de adyacencias 3G2G instaladas .....	94
Tabla 20	Segmento de Tabla de adyacencias 3G3G Intrafrequency instaladas.....	95
Tabla 21	Segmento de Tabla de adyacencias 3G3G Interfrequency instaladas.....	95
Tabla 22	Tabla de Datos de Salida del algoritmo raiz .....	96

## LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

<b>API</b>	Application Programming Interface. Interfaz de programación de aplicaciones
<b>ARFCN</b>	Absolute Radio Frequency Channel Number. Canal absoluto de radio frecuencia
<b>AUC</b>	Authentication Center. Centro de autenticación
<b>BCCH</b>	Broadcast Common Control Channel. Canal de señalización de contenido
<b>BSC</b>	Base Station Controller. Estacion base de control
<b>BTS</b>	Base Transceiver Station. Estacion base
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access. Acceso múltiple por división de código.
<b>CPICH</b>	Common Pilot Channel. Canal Piloto Comun
<b>EDGE</b>	Enhanced Data rates for GSM Evolution. Tasas de datos mejoradas para la evolución de GSM
<b>EIR</b>	Equipment Identification Register. Registro de identificación de equipos.
<b>EVDO</b>	Evolution Data Optimization. Evolucion de la optimizacion de datos
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment. Entorno de desarrollo integrado
<b>IRAT</b>	Inter Radio Access Technology. Entre tecnologías de acceso a radio

<b>IUGG</b>	International Union of Geodesy and Geophysics. Union internacional de Geodesia y Geofísica
<b>JDBC</b>	Java Data Base Connectivity. Conectividad Java a bases de datos
<b>GPRS</b>	General Packet Radio System. Servicio general de paquetes via radio
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications. Sistema global de comunicaciones móviles.
<b>GUI</b>	Graphical User Interface. Interfáz gráfica de usuario
<b>HLR</b>	Home Location Register. Registro de localización doméstico.
<b>KPI</b>	Key Performance Indicators. Indicadores de Desempeño
<b>MS</b>	Mobile Station. Estación móvil
<b>MSC</b>	Mobile Switching Center. Central de conmutación.
<b>MTSO</b>	Mobile Telephone Switching Office. Oficina de conmutacion de telefonía móvil
<b>NMC</b>	Network Management Center. Centro de administracion de la red
<b>OMC</b>	Operation and Maintenance Center. Centro de operaciones y mantenimiento
<b>OSS</b>	Operation System and Support. Sistema de soporte y operaciones
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network. Red pública terrestre
<b>POO</b>	Programación Orientada a Objetos
<b>SDCCH</b>	Stand Alone Dedicated Control Channel. Canal dedicado de control.
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module. Modulo de identificacion del suscriptor
<b>SQL</b>	Structured Query Language. Lenguaje estructurado de consulta

<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access. Acceso múltiple por división de tiempo.
<b>USIM</b>	Umts Subscriber Identity Module. Módulo de identificación del suscriptor Umts
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator. Proyeccion universal de Mercator
<b>VLR</b>	Visitor Location Register. Registro de localización de visitantes



## INTRODUCCIÓN

El Grupo Telefónica es una de las principales empresas de telecomunicaciones del mundo. Tiene una fuerte presencia en España, otros países de Europa y Latinoamérica, donde la compañía concentra fundamentalmente su estrategia de crecimiento, y está enfocada en atender las necesidades locales de cada país. Telefónica Venezolana, bajo su marca Movistar, enfoca su actividad principalmente en los negocios de telefonía fija y móvil, pero también ofrece sus servicios de Internet móvil, TV digital y servicios de valor agregado.

Las comunicaciones móviles en Telefónica y otras compañías, presentan un crecimiento muy elevado en el área de las telecomunicaciones. Un campo que posee mayor incremento en el mercado es la telefonía celular, la cual ha tenido un desarrollo exponencial en los últimos años. Una explicación para este fenómeno es la capacidad de movilidad personal manteniendo una conexión confiable. Para lograr este objetivo, Movistar requiere de una buena planificación e implementación de celdas celulares a lo largo del territorio nacional para organizar las zonas de cobertura donde los dispositivos terminales tengan acceso inalámbrico a la red.

Uno de los procesos que contribuye a garantizar la confiabilidad del servicio es el traspaso, el cual permite la movilidad de los usuarios de una celda a otra sin perder conexión, haciendo posible transmitir voz y datos de manera continua en toda la zona de cobertura de las redes de Movistar.

Para iniciar el proceso de traspaso, es necesario configurar rutas lógicas entre las celdas de manera de garantizar la continuidad de la llamada. Con la constante incorporación de nuevas tecnologías de radio, se hace necesaria la automatización del proceso de configuración de las rutas. Actualmente este proceso se ejecuta de manera ortodoxa, este proyecto tiene como meta la creación de una herramienta automatizada

para identificar los fallos de configuración de las rutas que pudieran generar problemas de calidad de red.

El documento a presentar a continuación está compuesto por 5 capítulos. En el capítulo 1 se establecen los objetivos y la problemática que motivó el desarrollo de este trabajo. En el capítulo 2 se asientan conocimientos previos necesarios para la comprensión del proyecto. El capítulo 3 identifica los rasgos importantes de la compañía Telefónica Venezolana y el procedimiento metodológico que establece las premisas a tomar en cuenta en el diseño. El capítulo 4 presenta la propuesta tecnológica desarrollada que provee una escalable solución a la problemática descrita y en el capítulo 5 se exponen las pruebas realizadas y los resultados arrojados.

# CAPÍTULO I

## 1.1 PROBLEMA

Telefónica Venezolana ha realizado durante los últimos años un despliegue de gran cantidad de nuevas celdas con distintas tecnologías. Para garantizar su correcta operatividad e interoperabilidad, es necesario un proceso que procure la optimización de los parámetros de configuración. Uno de los principales aspectos a ser considerados al momento de mejorar la red es la declaración de adyacencias intra/inter redes de acceso. Actualmente este proceso se realiza de forma manual, lo cual incrementa las posibilidades de errores de configuración, más aun tomando en consideración la numerosa cantidad de celdas y equipos instalados que dificultan la detección y ubicación de los fallos en la red, traduciendo una enorme necesidad de disponibilidad de tiempo y trabajo para el personal de la compañía.

La red celular desplegada por Movistar presenta un gran número de adyacencias (rutas) declaradas para el funcionamiento del traspaso de llamadas entre las estaciones radio bases. Sin embargo, con el crecimiento abrupto de la red en los últimos años no se lleva un proceso de control absoluto de declaración y eliminación de adyacencias. Dentro de las políticas de la compañía se encuentra manejar diferentes proveedores de tecnologías para las plataformas 2G y 3G. La red de acceso de segunda generación presenta proveedores NOKIA y HUAWEI, mientras que la red de acceso de tercera generación está integrada por HUAWEI y ERICSSON. Estos presentan diferentes formatos de datos. También mantienen información y herramientas confidenciales a la hora de mejorar las adyacencias dentro de sus equipos, lo cual dificulta el control absoluto de Telefónica sobre todas las declaraciones de adyacencias en su red de acceso. En búsqueda de optimizar la calidad de servicio ofrecido a los usuarios y centralizar el manejo de vecindades de los diversos proveedores se necesita una herramienta para mejorar la planificación de red.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivos Generales

Diseñar una herramienta automatizada y método de identificación de errores de configuración de adyacencias para las redes GSM y UMTS de movistar.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Conocer los equipos instalados en las celdas de radio GSM / UMTS de Movistar Venezuela.
- Estudiar las diversas configuraciones posibles de adyacencias para los diferentes proveedores de tecnología de red de acceso.
- Identificar oportunidades de mejora en los procesos actuales de optimización de adyacencias utilizados por la Gerencia de Radio Frecuencia de Movistar.
- Revisar los principales indicadores de desempeño de red y exponer aquellos que involucren el proceso de *Handover*.
- Diseñar una herramienta automatizada eficiente en la identificación de los problemas de configuración de adyacencias y describir posibles soluciones.
- Realizar un conjunto de pruebas únicamente limitado a la operatividad del diseño para comprobar la funcionalidad de la herramienta de optimización de adyacencias.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

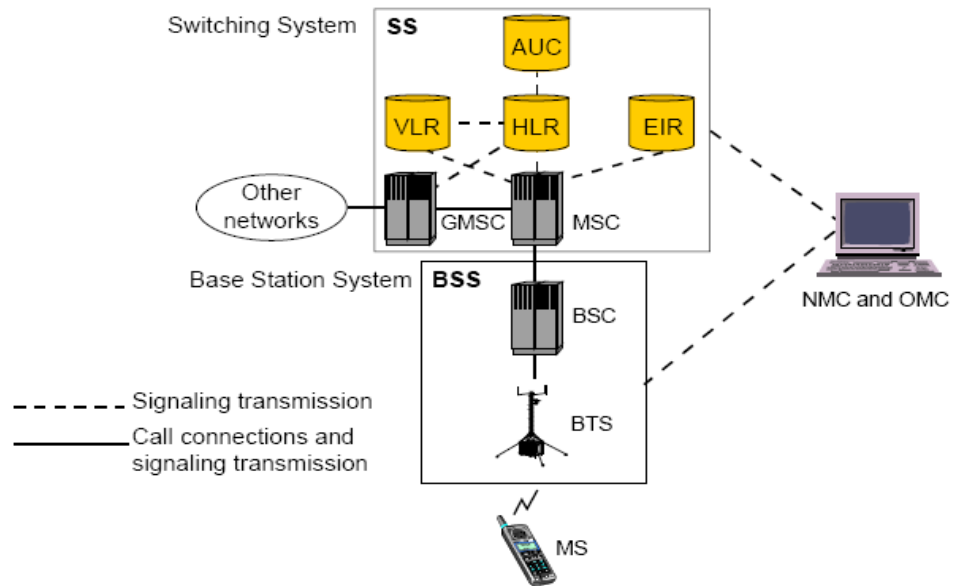
#### 2.1 Arquitectura de Red GSM

*Global Systems for Mobile Communications*, conocido comúnmente como tecnología de segunda generación GSM es una evolución de la plataforma analógica implementada por las empresas de telefonías celulares para prestar servicio telefónico inalámbrico a sus abonados.

GSM y CDMA(*Code Division Multiple Access*) contienen tecnologías estándares de segunda generación porque cumplen con todos los requisitos de la ITU (International Telecommunications Union), entre los cuales se evalúan velocidades de transmisión, servicios ofrecidos a los usuarios, entre otros parámetros. La tecnología implementada por Telefónica Venezolana C.A ha seguido el lineamiento GSM y es importante resaltar su arquitectura de red para la comprensión de este trabajo.

Un esquema general de la arquitectura de red GSM es clasificado en 3 subredes principales:

- Subsistema de Conmutación (SS)
- Subsistema de Soporte (OSS)
- Subsistema de Acceso (BSS)



**Figura 1** Arquitectura Básica de una Red GSM

Fuente: Sistemas de comunicaciones Móviles, Prof. Arnaldo Angulo [1]

### 2.1.1 Subsistema de Conmutación (SS)

Conocido como red de conmutación (del inglés *Switching System*), llamada en movistar “núcleo de la red” o “Core” cumple la función principal del procesamiento de las llamadas. En la *Figura 1* se identifican los diversos elementos que componen esta red, donde cada uno cumple funciones específicas, por ejemplo: operaciones de señalización, conmutación de rutas de voz y datos, conexiones a otras redes y subsistemas, así como el cobro de los servicios ofrecidos a los usuarios. [2]

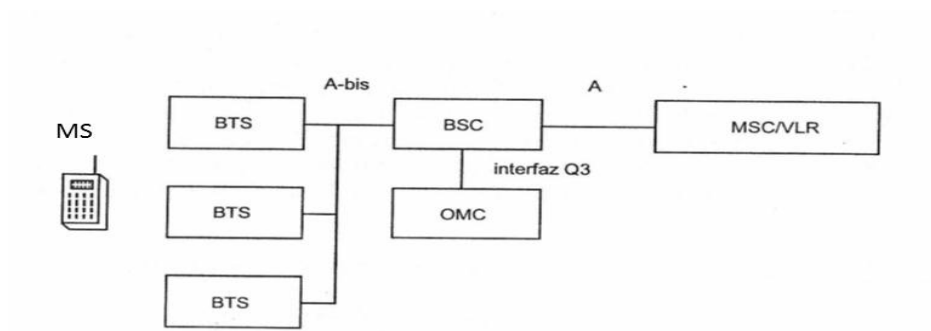
### 2.1.2 Subsistema de Soporte y Operaciones (OSS)

Conocido como red de operación y mantenimiento, el subsistema de soporte provee funciones clasificadas en gestión de red centralizada (NMC), y centro de monitoreo y mantenimiento (OMC) de la PLMN.

El sistema de operación y soporte cumple funciones de control y monitoreo de la red. Permite al personal de la compañía gestionar, monitorear y asignar los parámetros de configuración, y estudiar las estadísticas y comportamiento de la PLMN a través de herramientas automatizadas con interfaces gráficas y software especializado. Cada proveedor de tecnología tiene su OSS y herramientas especializadas para controlar eficientemente los recursos de una red con distintas marcas tecnológicas, se debe manejar un OSS por cada proveedor y sus programas especializados.

### 2.1.3 Subsistema de Acceso

Conocido generalmente como red de acceso, cumple funciones de conectar al usuario desde su terminal móvil hasta el núcleo de la red, administrando recursos de manera inalámbrica o cableada y está compuesto por 3 interfaces principalmente:



**Figura 2 Red de Acceso GSM**

**Fuente: Sistemas de Comunicaciones Móviles [3]**

- **BSC**

Sistema controlador de radiobases o BSC, tiene como función principal controlar el tráfico procedente de las BTS y actúa como centro de conexiones desde la MSC hasta las BTS. Cada BSC asigna y regula los recursos de radio de su zona de celdas, entre ellos se encuentran las frecuencias asignadas a cada celda, trasposos de llamadas de una BTS a otra, etc. En la *Figura 2* se visualiza una BSC conectada a 3 BTS, generalmente se denomina clúster de 3 celdas. En algunos casos a nivel físico está compuesto por diferentes dispositivos, entre ellos un transcodificador que cumple la función de adaptador para gestionar la tasa de muestreo de la voz. El medio lógico conector de la BSC con el MSC se denomina *interfaz A*.

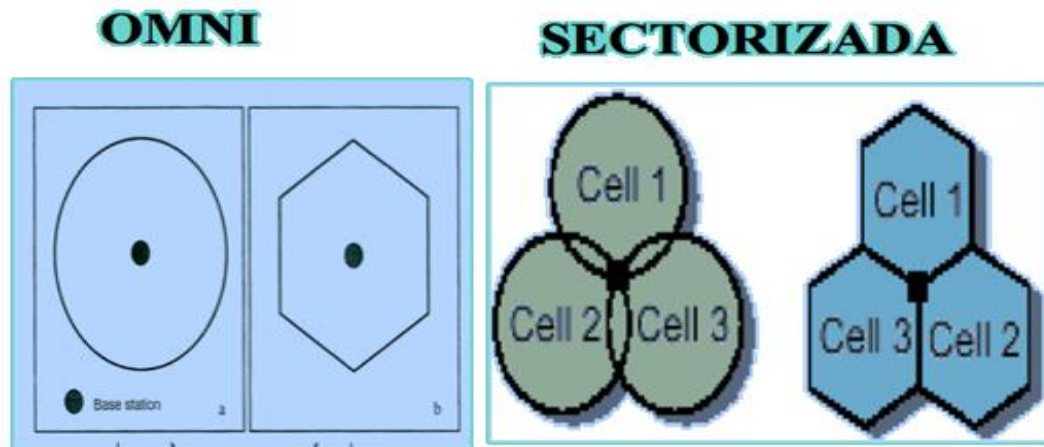
El medio de comunicación entre una BSC y una RBS son enlaces configurados como E1 que permiten una velocidad de transmisión de 2048 kbps compuesto por 32 *times slots* de 64 bits por segundo. En su estructura física estos enlaces se configuran a través de enlaces microondas, fibra o cable de cobre. A nivel lógico esta interfaz es denominada como *A-bis* [3].

- **BTS**

Una radio base o estación base de transmisión del inglés *Base Transceiver Station*, desarrolla la función principal de conectar directamente los dispositivos móviles con la red de su proveedor de servicio. A través de su implementación se extienden zonas cobertura a los abonados de la red. El espacio total de cobertura de una BTS se delimita por medio de celdas, donde cada una de ellas cubre un territorio asignado.



La superficie cubierta por una celda varía enormemente dependiendo de los parámetros asignados a las antenas de radio que cubren dicha zona, permitiendo clasificar de manera general 2 tipos de celdas.



**Figura 3 Tipos de Celdas**

**Fuente: Fundamentos de Comunicaciones Móviles [1]**

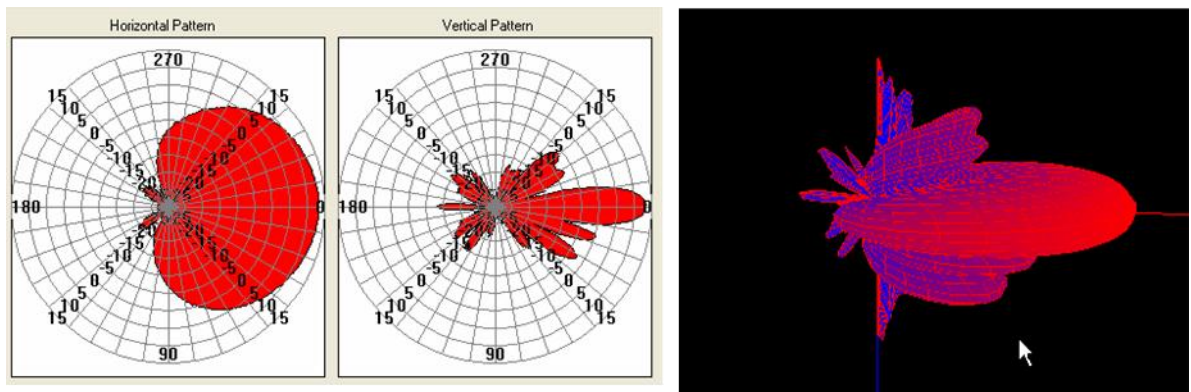
Las implementadas en la telefonía celular son tipo sectorizadas. La *Figura 3* ejemplifica una celda sectorizada dividida en 3 sectores. Dependiendo de la planificación de cobertura y capacidad que se desea administrar a los usuarios en una zona determinada, una BTS puede abarcar hasta 8 sectores trabajando con medidas de solapamiento. Generalmente en zonas urbanas se colocan celdas con muchos sectores de cobertura pequeña de manera de obtener capacidad suficiente para cubrir la demanda de tráfico, análogamente en zonas rurales se ubican BTS con pocos sectores pero cada uno con grandes zonas de cobertura para abastecer con poca capacidad grandes superficies.

La *Figura 3* identifica un tipo de celda sectorizada modelada de manera ideal, sin embargo en la realidad esto no es posible, debido a que el patrón de radiación de las antenas tiene irregularidades que no permiten una distribución balanceada de energía radioeléctrica en toda la cobertura de la celda. [1]



**Figura 4 Múltiples Celdas Celulares**

**Fuente: Fundamentos de Comunicaciones Móviles [1]**



**Figura 5 Patrón de Radiación de Antena Panel Celular**

**Fuente: Fundamentos de Comunicaciones Móviles [1]**

Una radio base está compuesta por diversos dispositivos que logran la comunicación con los terminales móviles como antenas celulares, transmisores, receptores, conectores, entre otros. Dependiendo de cada proveedor de tecnología pueden tener diferentes configuraciones, sin embargo cubren generalidades descritas a continuación.

La infraestructura necesaria de una radio base depende del diseño de radio frecuencia realizado. Se pueden clasificar dentro de 2 tipos de ubicaciones, instaladas

a nivel de suelo (ventilada tipo monopolo o piramidal auto soportada), o instaladas en azoteas de edificaciones (Rooftop), estas últimas generalmente simplifican el diseño ya que usan la altura del edificio para ubicar las antenas en los puntos deseados pero se deben fijar adecuadamente a la infraestructura del edificio para que tengan un funcionamiento eficiente.

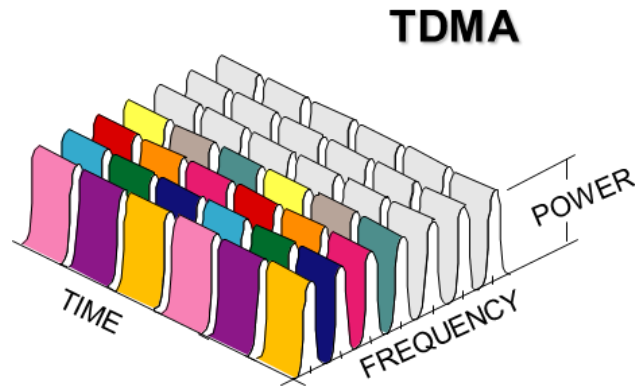
La ubicación de las instaladas a nivel de suelo depende de un emplazamiento o sitio, cuyas dimensiones están condicionadas al diseño de radiofrecuencia requerido.

El equipo de transmisión de una BTS consta de una o varias tarjetas de configuración llamadas TRX, las cuales manejan información concerniente a parámetros de red, recursos de radio y asignación de los mismos a las celdas celulares.

Los sistemas de energía compuestos principalmente por convertidores AC/DC, transformadores, tierra física, reguladores de energía y banco de baterías de respaldo proporcionan potencia suficiente para el funcionamiento de los equipos. Los sistemas de climatización o aire acondicionado mantienen la temperatura y humedad en condiciones óptimas para el funcionamiento eficiente de los equipos. [1]

El sistema radiante compuesto por antenas, cables, conectores, entre otros; determinan directamente la eficiencia de transmisión de una BTS. Las antenas tipo panel pueden ser de polarización vertical o cruzada, contienen parámetros físicos de instalación como azimuth, altura de antena sobre el suelo, altura sobre el nivel del mar, *Tilt mecánico* el cual determina el grado de inclinación físico del panel y parámetros de configuración como *Tilt eléctrico* que fija la inclinación de los dipolos internos de la antena y en algunos casos pueden poseer una abertura de radiación de 33, 65, 90, 105 grados horizontalmente. [2]

El medio de comunicación de una BTS con los terminales móviles es la interfaz aire, llamada en GSM “Um” y la tecnología de acceso implementada por Telefónica es TDMA (Time Division Multiplex Access). [1]

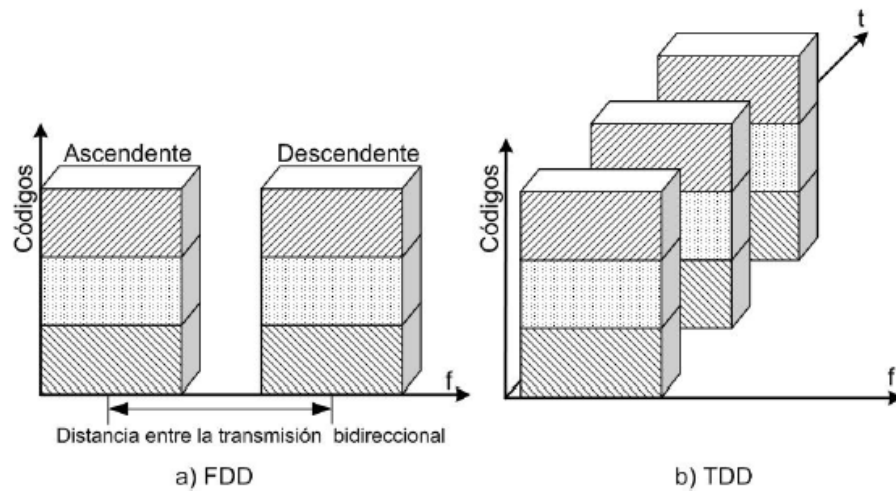


**Figura 6 Técnicas de Acceso Múltiple**

**Fuente: Fundamento de Comunicaciones Móviles [1]**

En la *Figura 6* se definen los principios básicos de TDMA, la cual describe la división de los canales de frecuencia en canales de tiempo (*Time Slot*), asignando los canales de control principalmente el BCCH y SDCCH; y reasignando los canales de tráfico en un tiempo determinado. El BCCH determina la identidad del sector ya que sin importar cuantos canales de radio posea equipado el sector, el BCCH se mantiene.

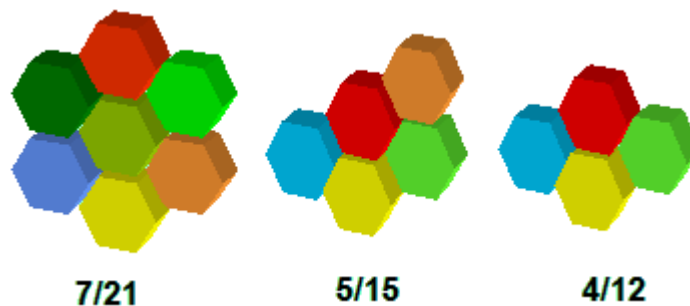
La vía de comunicación entre una BTS y un terminal móvil puede definirse en 2 sentidos, de la radio base hasta el MS (*downlink*) y desde el MS a la radio base (*uplink*). En los estándares GSM pueden implementarse 2 técnicas de duplexación que manejan la distribución de estas direcciones de transmisión, TDD y FDD. La duplexación en frecuencia (FDD) es la técnica implementada en la mayoría de los países del mundo, utiliza una banda de frecuencia para *downlink* y otra banda de frecuencia para *uplink*. Mientras que TDD usa la misma banda de frecuencia para ambas direcciones duplexandolas en tiempo, como presenta la *Figura 7*.



**Figura 7 Técnicas de Transmisión Dúplex.**

**Fuente: Fundamentos de las Telecomunicaciones Móviles [1]**

Dentro de la planificación de una red de acceso debe tomarse en cuenta la distribución de las celdas y sus sectores. Aunque el medio de comunicación de la interfaz aire sea configurado como TDMA, es de vital importancia distribuir el ancho de banda en frecuencias organizadas. Un listado de frecuencias es asignado a cada sector de manera minuciosa usando la técnica conocida como reúso de frecuencias. Al aplicarse, generalmente se fija un factor de reúso y se organiza la distribución de manera de evitar interferencias indeseadas.



**Figura 8 Grupos de Reúso de Frecuencias**

**Fuente: Elaboración Propia**

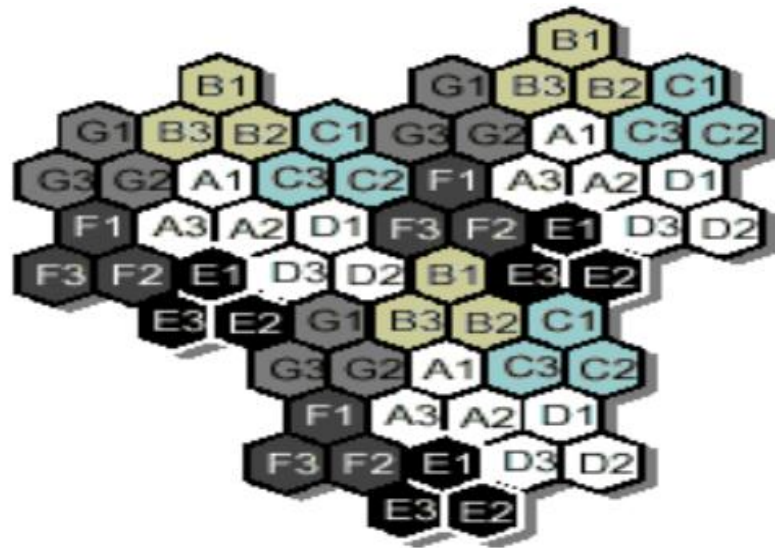
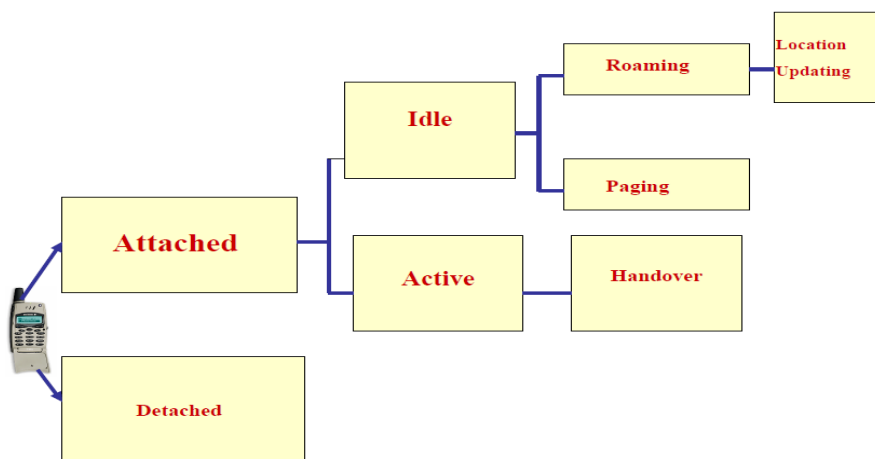


Figura 9 Reúso de Frecuencias, N=7 con 3 sectores por celda  
Fuente: Fundamentos de Telecomunicaciones Móviles [1]

- MS

El terminal móvil o *Mobile Station*, incluye cualquier clase de modelos y marcas pero pueden clasificarse en la actualidad en 3 grupos: los *Data Cards*, las *Tablets* o los equipos celulares. Todos cumplen con la función principal de aplicar los servicios asignados al abonado por su proveedor una vez conectados a la red y contienen una estructura básica de 2 partes, el equipo electrónico y la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module). Esta, es una tarjeta inteligente conectada dentro del equipo electrónico, que permite la identificación y almacenamiento de datos sobre el usuario. Implementada a partir de la tecnología GSM, la SIM permite prácticamente el cambio de equipo a voluntad sin perder su identidad en la red de su proveedor de servicio. [4]

En la tecnología GSM el terminal móvil por defecto, son los equipos celulares y pueden establecerse dentro de la red mediante diferentes estados de comunicación descritos a continuación:



**Figura 10 Estados de un Terminal Móvil GSM**

**Fuente: Sistemas de Comunicaciones Móviles [3]**

- Attached: Cuando el MS está encendido y registrado en la red.
- Detached: Cuando el MS no está en contacto con la red.
- Idle: El MS está encendido pero no en conversación
- Active: El MS está encendido y cursando tráfico (Conversación)
- Roaming: El MS se encuentra en una red de visitante.
- Paging: Cuando la MSC contacta el MS para una llamada.
- Handover: La llamada pasa de una celda a otra durante una conversación.
- Location Updating: Actualización de la ubicación del MS [3]

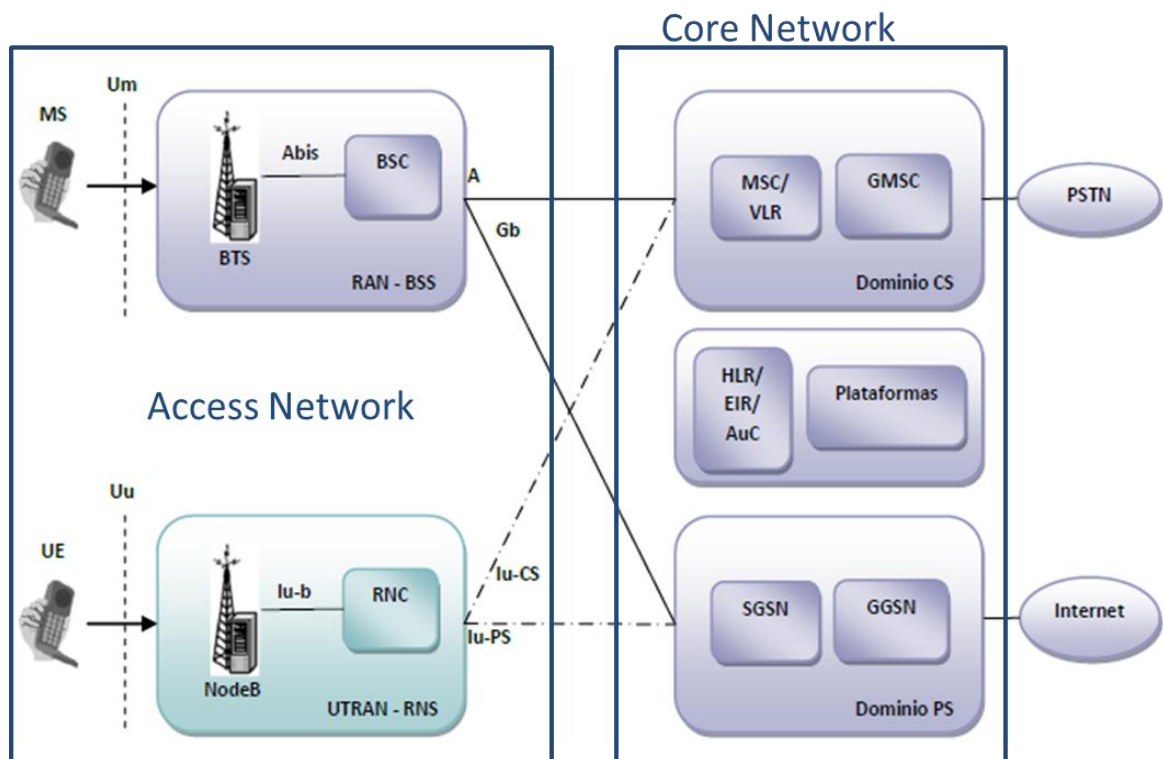
## 2.2 Arquitectura de Red UMTS

*Universal Mobile Telecommunications Systems* (UMTS) es una tecnología proveniente de 2 evoluciones de la red GSM. La primera optimización notable aceptada por la ITU, llamada GPRS (generación 2.5), modifica la arquitectura de red del subsistema de conmutación. Posteriormente, en la búsqueda de mejoras en la velocidad de transmisión de datos nace EDGE (generación 2.7), y es finalmente en la

tecnología UMTS donde a través del 3GPP se alcanza los estándares impuestos por la ITU para denominar esta arquitectura de tercera generación.

Al ser una evolución de GSM es importante notar que la arquitectura UMTS está compuesta por los mismos subsistemas ahora llamados Core Network, UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y Operational System and Support.

El establecimiento de la arquitectura de tercera generación no hace a GSM obsoleta, ni causa su desinstalación. UMTS está diseñada para funcionar paralelamente mejorando de forma notable varias funcionalidades, entre las cuales se encuentra optimizar la velocidad de transmisión de datos de GSM, permitiendo ofrecer servicios de intercambio de voz, datos y videos a los abonados. Debido a esto, los componentes GSM siguen funcionando dentro de la arquitectura de red como muestra la *Figura 11*.



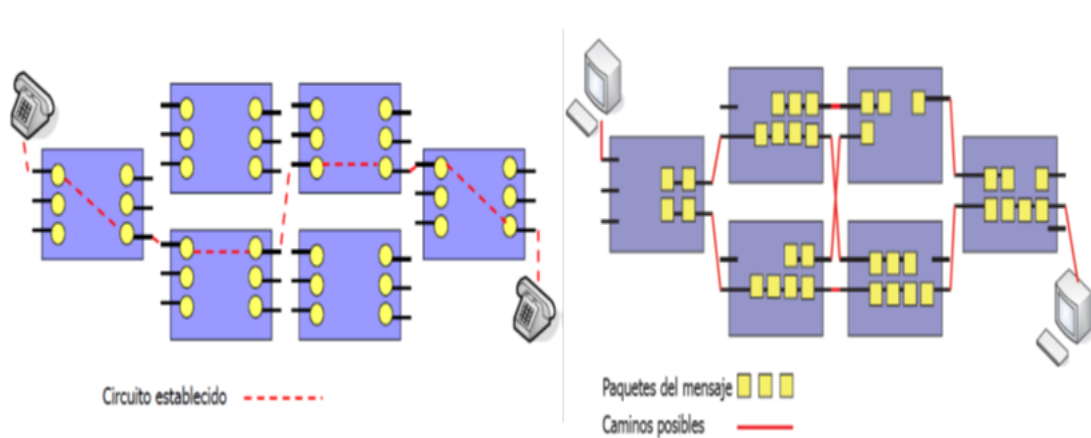
**Figura 11 Arquitectura UMTS Release 99**

Fuente: Evolución de Arquitectura UMTS [5]



### 2.2.1 Core Network

Según su traducción, llamada Red de Núcleo, cumple las funciones generales explicadas en la arquitectura GSM, pero ahora está formado por componentes organizados en 2 tipos de dominio de datos: Conmutación de Circuitos (CS) y Conmutación de Paquetes (PS). Como muestran las *Figuras 11 y 12*, el sistema CS está formado por componentes provenientes de la red GSM, sin embargo, el dominio PS es propio de la arquitectura UMTS.



**Figura 12 Principios de la Conmutación de Circuitos (Izq) y Paquetes (Der.)**

**Fuente: Introducción a Redes TCP IP, Prof. Carlos Moreno [6]**

### 2.2.2 UTRAN

La red de acceso de UMTS llamada UTRAN, cumple la función principal de conectar a los abonados desde sus terminales móviles con los servicios ofrecidos por el *Core Network* del operador de servicio. En la tercera generación está compuesta por elementos similares a GSM sin embargo, tienen denominaciones diferentes y funciones adicionales explicadas a continuación.

- **RNC**

La *Radio Network Controller* (RNC) tiene como objetivo controlar el tráfico de voz, datos y video entre el Core Network y los nodos celulares. Regula recursos de radio de las BTS en su área de servicio, administra el proceso de *Handover* entre sectores celulares y generalmente, organiza el tráfico de canales lógicos y de transporte de WCDMA(*Wide Code Division Multiple Access*). A nivel lógico está integrado por 2 componentes: Procesador de Aplicaciones (AP) que garantiza el proceso de la aplicación en uso durante un intercambio de voz, datos o video. Procesador de Tráfico (TP), el cual está encargado de establecer las sesiones de tráfico y control durante una llamada. [7]

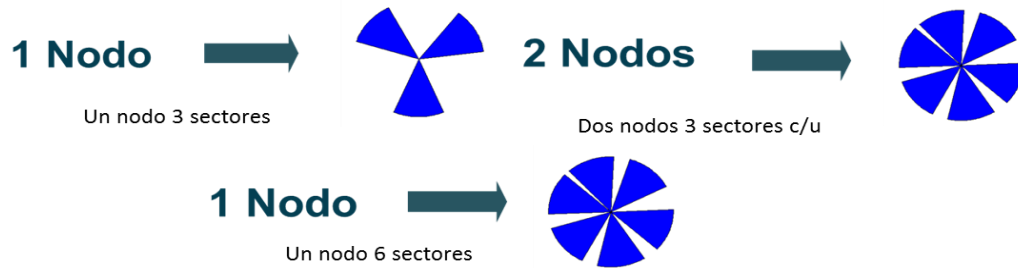
Contiene 4 tipos de interfaces principales de comunicación:

- Iu-CS: Interfaz lógica soportada por enlaces físicos de alta capacidad que conecta la RNC con el dominio de conmutación de circuitos al MSC.
- Iu-PS: Interfaz lógica soportada por enlaces físicos de alta capacidad que conecta la RNC con el dominio de conmutación de circuitos al SGSN
- Iub: Interfaz lógica configurada entre la RNC y los Nodos de su área de servicio, soportada por un enlace físico (fibra o radio enlace).
- Iur: Interfaz que conecta distintas RNC, es netamente lógica debido a que no existe un enlace físico directo entre una RNC y otra.

- **NODO**

En la topología de tercera generación se usa el termino *Nodo* para referirse a la celda celular explicada en la arquitectura GSM, sin embargo se hace notar ciertas diferencias fundamentales. Aunque cumple con la labor primordial de conectar a los usuarios desde su terminal móvil con la RNC y el resto de la red, el nodo se puede implementar de diferentes maneras.

En la arquitectura GSM generalmente una BTS instalada en un sitio determinado contiene una celda sectorizada, ésta puede ser de uno, dos o hasta 10 sectores. En la arquitectura UMTS puede haber uno o varios nodos instalados en la misma BTS en ese sitio determinado, y cada nodo contiene diferentes sectores de radio. [7]



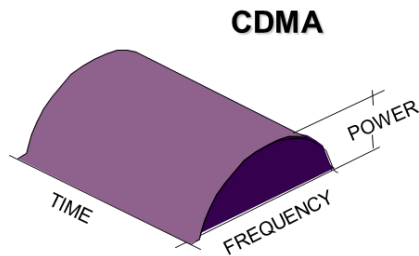
**Figura 13 Algunos Nodos Celulares**

**Fuente: Elaboración Propia**

Las antenas celulares que transmiten la señal de radio de cada sector UMTS, tienen gran similitud con las antenas de sectores GSM tomando en cuenta su aspecto físico y patrón de radiación, sin embargo, la configuración y componentes internos pueden variar dependiendo de cada proveedor de tecnología y el modelo de antena instalado. En tal sentido, la planificación de cobertura y de configuración de los nodos depende exclusivamente del diseño del ingeniero de radio frecuencia.

El medio de comunicación entre los nodos y los terminales móviles sigue siendo el aire, no obstante en la topología UMTS recibe el nombre de *Interfaz Uu*.

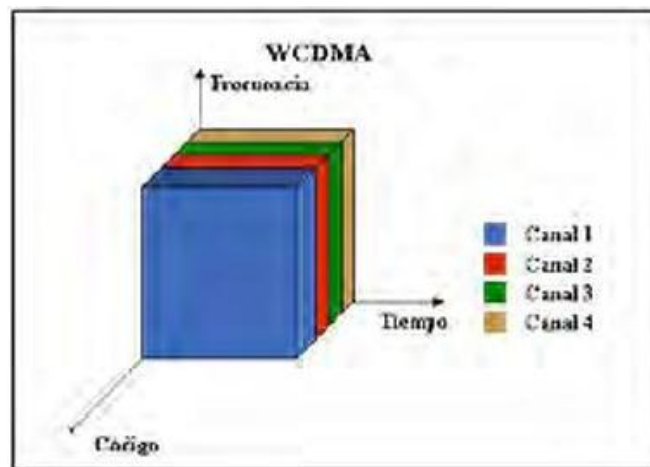
Un nodo usa la técnica de acceso WCDMA a través de la interfaz Uu para comunicarse con el terminal móvil. Para entender el funcionamiento de la interfaz Uu se debe resaltar los principios básicos de esta técnica.



**Figura 14 Code Division Multiple Access**

**Fuente: Tecnologías de Acceso UMTS [9]**

La primera característica se puede observar en las propiedades de CDMA, visualizada en la *Figura 14*. CDMA divide canales de frecuencia y tiempo en canales de código. Basándose en ese principio, WCDMA divide una frecuencia amplia (5MHz generalmente) en múltiples canales de códigos ortogonales.



**Figura 15 Wide Code Division Multiple Access**

**Fuente: Características de la red de acceso inalámbrica [9]**

El proceso de ensanchado y entrelazado de la señal es de vital importancia en WCDMA ya que esto permite el aumento en la capacidad de cada sector disminuyendo señales de interferencia. Para lograr dicho objetivo se usan 4 grupos de códigos principalmente: códigos de sincronía, canalización, scrambling en el enlace de subida y códigos de revolutura en el enlace de bajada.

La planificación de cobertura no depende de la frecuencia ya que el factor de reuso es 1, se organizan los sectores de radio en función de listas de códigos, y el código que determina la identidad de cada celda es el *scramble code* o también conocido como código PN (*Pseudo Noise*).

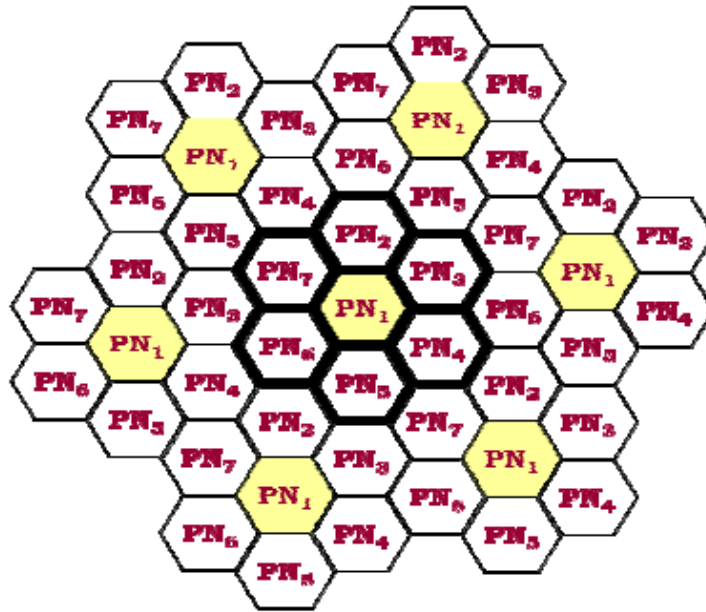
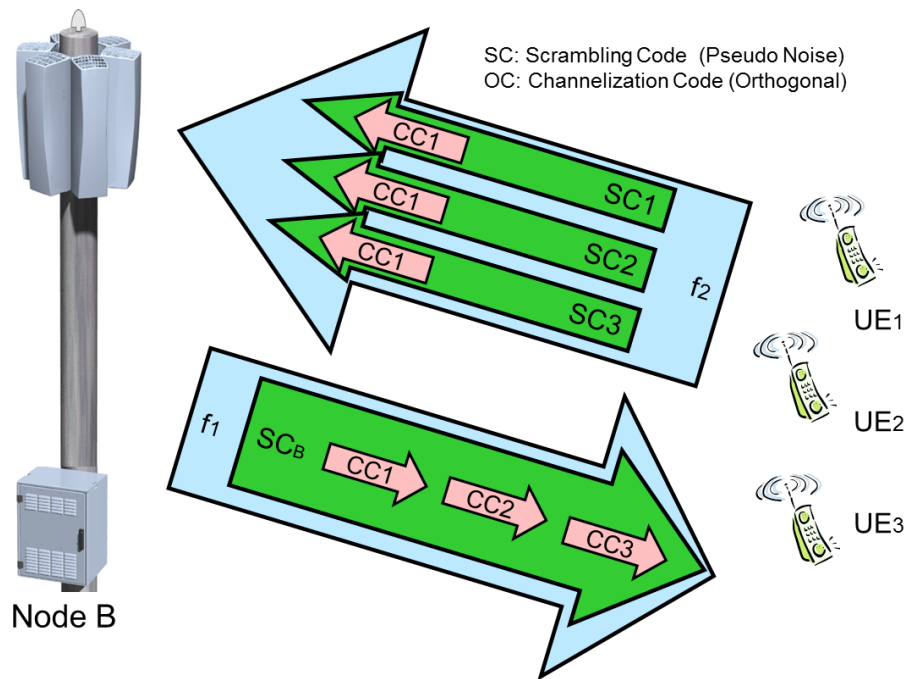


Figura 16 Factor de reuso de código PN en CDMA =7

Fuente: Reuso de Código PN [9]

En WCDMA se encuentran 512 códigos PN organizados en 64 grupos de 8 códigos para identificar a los sectores celulares permitiendo una libertad de planificación adicional a otras tecnologías. No obstante, se cuenta con 16.777.216 códigos PN para identificar a los terminales móviles, permitiendo que la capacidad de los sectores no este afectada por la escasez de códigos. En tal caso se considera la potencia de la señal de transmisión el principal parámetro a evaluar en un diseño de nodos de la red UTRAN.

Similarmente a TDMA, la técnica de duplexación más usada en WCDMA es FDD permitiendo la asignación de un listado de códigos para la frecuencia de downlink y otro para el canal de frecuencia de uplink.



**Figura 17 FDD en WCDMA**

**Fuente: Tecnologías de red de Tercera Generación [9]**

En WCDMA hay 3 niveles de canales: lógicos, de transporte y físicos. Se mencionó en la sección anterior que la RNC administra los canales lógicos y de transporte, mientras que el Nodo B administra sus canales físicos entre los cuales se encuentra el CPICH primario, este identifica al sector y regula el proceso de *Handover* de los terminales móviles entre sectores celulares.

- **UE**

El terminal móvil ahora llamado *User Equipment* (UE) tiene características parecidas al GSM y generalmente es multiplataforma, permitiendo al usuario conectarse a la red en modo 3G a la plataforma UMTS o en algún modo relacionado con la segunda generación (GSM, GPRS o EDGE) a la plataforma GSM. El SIM de GSM es denominado U-SIM para UMTS debido a propiedades adicionales de conexión a servicios de UMTS.

## 2.3 Handover

### 2.3.1 Definiciones y principios

Llamado antiguamente *handoff* y conocido comúnmente como traspaso, el *Handover* es el proceso lógico mediante el cual, un terminal móvil puede moverse entre diferentes sectores de radio sin perder la conexión con la red de telefonía celular. Existen diferentes tipos de sectores celulares, considerando su configuración se pueden clasificar por plataforma (2G, 3G o 4G), por banda de frecuencia (por ejemplo 850MHz o 1900MHz) o en el caso de estar implementada una tecnología relacionada con CDMA, por portadora (f1, f2, f3, etc).

El *Handover* se puede clasificar en diferentes tipos, no obstante cada tipo tiene un algoritmo a seguir para el correcto funcionamiento de este proceso. Durante la ejecución de cada uno de ellos, se llevan a cabo procesos de señalización y configuración diferentes, la descripción de los algoritmos y su ejecución no es relevante para el desarrollo de este trabajo de grado. Sin embargo, hay una propiedad inherente a todos los tipos de Handover que si es relevante, la declaración de adyacencias. Sin ella, es imposible la culminación exitosa de un traspaso. [9] y [10]

- **Adyacencia**

Se denomina adyacencia al camino vectorial o ruta lógica que deben seguir los terminales móviles para moverse entre diferentes sectores de radio, tienen dirección y sentido (Sector Origen → Sector Destino). Estas rutas se declaran a nivel de la BSC o RNC dependiendo de la plataforma, en la configuración del sector de radio origen, indicándole el camino a cada uno de los diversos sectores de radio destino a su alrededor. La configuración de una adyacencia está ligada directamente con el proveedor de tecnología de red de acceso. [11]

Las adyacencias se declaran a través del OSS de cada proveedor, cada uno de ellos utiliza métodos y parámetros de configuración diferentes. Algunos de esos parámetros se mantienen porque son característicos de la red del operador de servicio o proveedor de tecnología, otros cambian dependiendo de la configuración física del sector de radio. Los más relevantes para el diseño que se presenta en este trabajo de grado, son los números de identificación de componentes (Cell Id, Nodo Id, BSC id o RNC Id) y los parámetros físicos de los sectores.

### **2.3.2 Principios y Principales Causas**

El *Handover* en la arquitectura GSM relaciona la potencia de la señal del canal piloto con la distancia. A medida que el terminal móvil se va alejando de la BTS donde está conectado y acercando a otra BTS, recibe la señal del sector origen con peores niveles de señal/ruido y la señal del sector destino con mejores niveles. Este principio aplica a la definición más básica del traspaso, cuyo caso generalmente explica de forma simple la conexión continua de un terminal móvil que está en movimiento geográfico. Por el contrario, en CDMA se hace referencia a que el proceso de *Handover* relaciona señal e interferencia con el tiempo necesario sobre un umbral de señal/ruido para traspasar la conexión.

En un modelo real, los conceptos de cobertura y capacidad son intrínsecos a este proceso.

Se puede ejecutar un traspaso sin necesidad de movimiento geográfico. Si un terminal móvil está conectado a un sector, cuya carga de tráfico es tal que alcanza los límites de capacidad de ese sector, se puede generar *Handover* a otro sector adyacente o cosector (sector solapado geográficamente, cuyo patrón de radiación está configurado en una banda diferente de frecuencia o en diferente tecnología de radio).



En relación a este hecho, se puede concluir que las dos causas principales de traspaso en campo son la capacidad del sector y los niveles de señal/ruido. [11]

### **2.3.3 Tipos y Clasificación**

Pueden existir muchos tipos de *Handover*. En GSM generalmente se hace referencia a los dispositivos para clasificar los traspasos, como Inter-Cell, Intra-Cell, Inter-BSC, Inter- MSC, etc. En UMTS se hace referencia a las frecuencias portadoras de los sectores. Esto demuestra que los Handovers pueden comprender varias clasificaciones, las cuales serán desarrolladas a continuación.

#### **2.3.3.1 Por el usuario**

Desde el punto de vista del usuario los Handovers se pueden clasificar en 2 grandes grupos.

- **Hard Handover**

Este tipo de Handover representa el traspaso de un terminal móvil que se encuentra conectado a un sector origen, y al recibir la señal del canal piloto del sector destino con mejores niveles de señal/ruido, se desconecta por un breve lapso de tiempo del sector origen y posteriormente se conecta al sector destino. El periodo de desconexión está en el orden de los milisegundos, haciendo al mismo prácticamente imperceptible para el usuario.

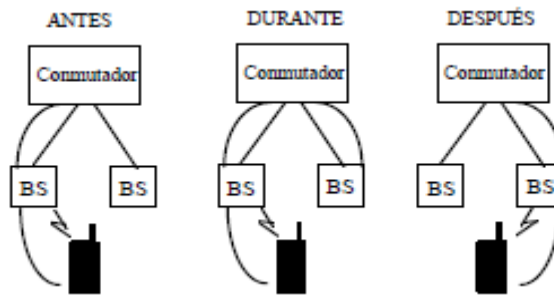


Figura 18 Hard Handover

Fuente: Tipos de Handover [9]

- **Soft Handover**

Este traspaso ocurre de un terminal móvil que se encuentra conectado a un sector origen, y al recibir la señal del canal piloto del sector destino con mejores niveles de señal/ruido, se conecta por un breve lapso de tiempo al sector destino y posteriormente se desconecta del sector origen. Los umbrales de señal/ruido para ejecutar un traspaso dependen de la configuración establecida.

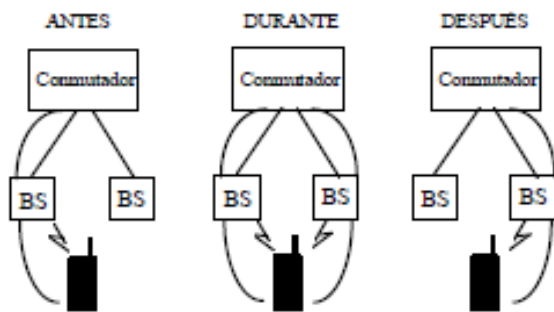


Figura 19 Soft Handover

Fuente: Tipos de Handover [9]

### 2.3.3.2 Por señalización

- **Blind Handover**

Este tipo de *Handover* hace referencia a su traducción al español “ciego”, esto quiere decir que durante la ejecución del traspaso, la señalización es reducida al mínimo, de modo que el *Handover* se realiza de manera muy rápida y directa.

- **No Blind Handover**

Este traspaso es lo contrario al *blind Handover*, lleva un proceso de señalización intrínseco más robusto, de modo de asegurar el destino antes de desconectar el móvil del sector fuente.

### **2.3.3.3 Por Tecnología de radio**

Como fue mencionado anteriormente, la organización y distribución de las BTS y sus sectores, dependen de la planificación de radio de cada operador de servicio. En tal sentido, cada operadora tiene tecnologías y distribuciones diferentes. De modo general en Venezuela hay implementaciones en redes de 2da y 3ra generación de telefonía celular, esto nos permite clasificar a grosso modo los tipos de *Handover* en los siguientes grupos según su tecnología de radio.

En la *Tabla 1* se presentan los principales tipos de Handover implementados en Venezuela. El campo “Tipo” hace referencia a la relación de frecuencias de las portadoras piloto de los sectores. El termino *Interfrequency* significa que el traspaso se lleva a cabo entre sectores que tienen portadoras configuradas en frecuencias diferentes. Y el termino *Intrafrequency* representa un Handover ejecutado entre sectores que poseen la misma frecuencia piloto.

**Tabla 1 Tipos de Handover según Tecnología de Radio**

Tecnología de Radio	Plataformas Involucradas	Tipo	Sector Origen	Sector Destino
GSM	2G/2G	Interfrequency	2G	2G
UMTS	3G/3G	Interfrequency	3G	3G
UMTS	3G/3G	Intrafrequency	3G	3G
Inter Radio Access Technology (IRAT)	2G/3G	Interfrequency	2G	3G
	3G/2G	Interfrequency	3G	2G

Fuente: Elaboración Propia

En consecuencia, cada tipo de *Handover* de la *Tabla 1* debe tener declaradas sus adyacencias correspondientes, originando diferentes tipos de adyacencias clasificadas por su *Handover* relacionado y su sentido.

**Tabla 2 Tipos de Adyacencias por su Tecnología de Radio y Sentido**

Tecnología de Radio	Plataformas Involucradas	Tipo	Sector A	Sentido	Sector B
GSM	2G/2G	Interfrequency	2G	→	2G
GSM	2G/2G	Interfrequency	2G	←	2G
UMTS	3G/3G	Interfrequency	3G f1	→	3G f2
UMTS	3G/3G	Interfrequency	3G f1	←	3G f2
UMTS	3G/3G	Intrafrequency	3G f1	→	3G f1
UMTS	3G/3G	Intrafrequency	3G f1	←	3G f1
Inter Radio Access Technology(IRAT)	2G/3G	Interfrequency	2G	→	3G
	2G/3G	Interfrequency	2G	←	3G

Fuente: Elaboración Propia

Se hace notar que el *Handover* ocurre en un solo sentido y para que se complete, solo es necesario declarar la adyacencia en una sola dirección. No obstante, dentro de un óptimo dimensionamiento de la plataforma de radio, generalmente se recomienda instalar adyacencias en ambos sentidos como se muestra en la *Tabla 2*. Esto permite que el terminal móvil se mueva de un sector “A” a un sector “B”, y posteriormente si es requerido, ejecute un traspaso del sector “B” hacia el sector “A”.

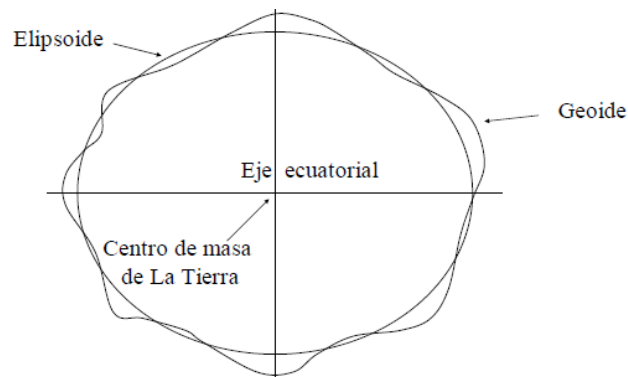
## 2.4 Sistema de Proyección de Coordenadas Geodésicas-UTM

### 2.4.1 Geometría Terrestre

En la actualidad, hay diversos métodos de geoposicionamiento en la superficie terrestre, clasificados en diferentes tipos: de posición relativa, de posición absoluta, estáticos, dinámicos, etc. Una generalidad en la mayoría de ellos parte del principio de que la tierra no es totalmente esférica.

La verdadera forma del planeta tierra es denominada *Geoide*, definido como “la superficie equipotencial de los océanos en estado de reposo, prolongada en forma continua por debajo de los continentes”. [12]

Si se opta por la definición literal del Geoide, se presenta una superficie bastante irregular, aun sin tomar en cuenta la extensión territorial de los continentes. Este hecho obliga a los científicos a aproximar la forma de la tierra a una figura geométrica más uniforme, en búsqueda de realizar las proyecciones geodésicas con mayor exactitud. Denominada *Elipsoide*.



**Figura 20 Geoide y Elipsoide Terrestre**

**Fuente: Geoposicionamiento [12]**

No obstante, no hay una sola aproximación del elipsoide terrestre usada a nivel mundial. Existen diferentes tipos, los cuales difieren unos de otros en la

longitud de los semiejes de la elipse en revolución. Estas diferencias se clasifican en varios grupos denominados *Datum*, en conclusión cada *Datum* tiene longitudes de semiejes y origen de eje de coordenadas (latitud y longitud) particulares.

Las proyecciones cartográficas son transformaciones que representan de manera metódica el elipsoide terrestre sobre un plano, permitiendo traspasar coordenadas de latitud y longitud a coordenadas (X,Y). Cuando se va a realizar una proyección cartográfica se fija un *Datum*, y en base a este, se realiza la transformación. Los más utilizados en la telefonía celular en Venezuela se presentan a continuación. [12]

**Tabla 3 Datums más usados en la telefonía celular en Venezuela**

Parámetros Elipsoide		DATUM	
Parámetro	Nomenclatura	WGS84	SA56
Semi eje mayor	A	6378137	6378388
Semi eje menor	B	6356752.314	6356911.946
Excentricidad	e <sup>2</sup>	0.00669438	0.00672267
Excentricidad segunda	e' <sup>2</sup>	0.006739497	0.00676817
Achatamiento	F	0.003352811	0.003367003
Radio Polar de Curvatura	C	6399593.626	6399936.608

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.4.2 Distancia entre 2 puntos Geográficos

La necesidad del hombre por representar matemáticamente los fenómenos geográficos ha tenido su evolución a través de la historia. Un principio generalmente usado para solventar limitaciones y permitir cálculos físicos bastante acertados, es el cálculo de la distancia entre 2 puntos ubicados en la superficie terrestre, a través de sus coordenadas de latitud y longitud.

Existen diversos métodos para resolver este problema, el más rápido y comúnmente usado es a través de la *Ecuación 1*) aprobada por la IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) denominada “*Distancia longitudinal aproximada entre 2 puntos geográficos*”.

$$D(A, B) = \left(\frac{Rt}{1000}\right) * \text{Acos} \left[ \text{Cos} \left( \text{Lat}A^\circ * \frac{\pi}{180} \right) * \text{Cos} \left( \text{Lat}B^\circ * \frac{\pi}{180} \right) * \text{Cos} \left( \text{Long}B^\circ * \frac{\pi}{180} - \text{Long}A^\circ * \frac{\pi}{180} \right) + \text{Sen} \left( \text{Lat}A^\circ * \frac{\pi}{180} \right) * \text{Sen} \left( \text{Lat}B^\circ * \frac{\pi}{180} \right) \right] \quad (1)$$

Fuente: <http://www.mapanet.es/resources/Script-Distance.html>

Siendo los parámetros de esta aproximación:

- D(A,B): Distancia entre el punto A y el punto B (m)
- Rt: Radio de la tierra =6731km aproximadamente
- (LatA°,LongA°): Latitud y Longitud del punto A
- (LatB°, LongB°): Latitud y Longitud del punto B

Según la IUGG, esta ecuación puede ser usada para calcular la distancia longitudinal entre 2 puntos que estén a más de un kilómetro sin tomar en cuenta diferencias de altura, con un porcentaje de error mínimo de 0.03% o su equivalente en metros de 150mts aproximadamente. En tal sentido, para calcular distancias más cortas y con mayor exactitud se usan métodos de proyección cartográfica.

### 2.4.3 Conversión de coordenadas Geodésicas-UTM

Unos de las maneras de realizar una proyección cartográfica es la conversión de coordenadas geodésicas a coordenadas (X,Y). El sistema comúnmente utilizado para ello se denomina *Proyección Mercator Transversal Universal* (UTM). Dentro de sus principios está proyectar el globo terráqueo en un cilindro transversal al eje de rotación terrestre y plasmarlo sobre un plano.

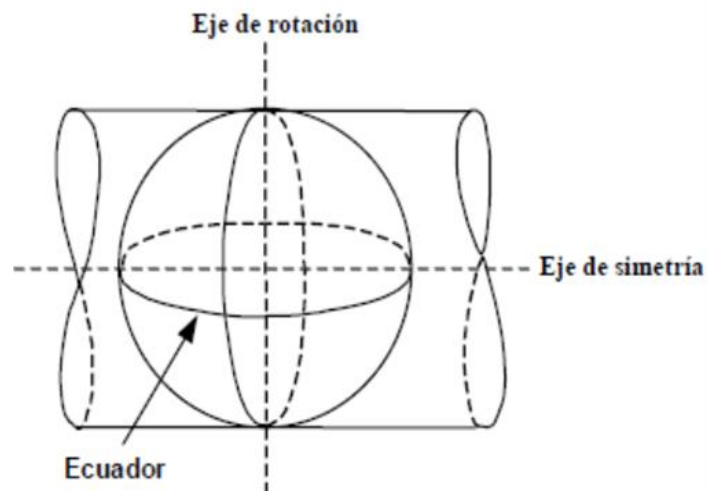


Figura 21 Esquema de proyección UTM

Fuente: Geoposicionamiento [12]

Con el objetivo de hallar coordenadas UTM (X,Y) se implementa un proceso de conversión a través de varios métodos. El único método relevante para este trabajo de grado es la ejecución del algoritmo de fórmulas de Cotichia-Surace, para proyectar puntos geográficos determinados en el sistema UTM..

Definiendo un punto A ubicado en Venezuela, de longitud “ $\lambda a^\circ$ ” y latitud “ $\phi a^\circ$ ” el algoritmo es el siguiente.



**Tabla 4 Algoritmo de Conversión de coordenadas Geodésicas a UTM**

ECUACIONES	Núm.
$\lambda a(rad) = \lambda a^\circ * \frac{\pi}{180}$	(1)
$\phi a(rad) = \phi a^\circ * \frac{\pi}{180}$	(2)
$HusoA = ENTERO \left( \left( \frac{\lambda a^\circ}{6} \right) + 31 \right)$	(3)
$\lambda_{0a} = (HusoA * 6) - 183^\circ$	(4)
$\Delta\lambda a = \lambda - \lambda_{0a}$	(5)
$Aa = \cos(\phi a) * \text{sen}(\Delta\lambda a)$	(6)
$\xi a = \frac{\ln \left( \frac{1+Aa}{1-Aa} \right)}{2}$	(7)
$\eta a = \text{atan} \left( \frac{TAN(\phi a)}{COS(\Delta\lambda a)} \right) - \phi a$	(8)
$va = \left( \frac{c}{\sqrt{1 + e^2 * \cos^2(\phi a)}} \right) * 0,9996$	(9)
$\zeta a = \left( \frac{e^2}{2} \right) * \xi a^2 * \cos^2(\lambda a)$	(10)
$A_{1a} = \text{sen}(2 * \lambda a)$	(11)
$A_{2a} = A_{1a} * \cos^2(\lambda a)$	(12)
$J_{2a} = \lambda a + \frac{A_{1a}}{2}$	(13)
$J_{4a} = \frac{3 * J_{2a} + A_{2a}}{4}$	(14)
$J_{6a} = \frac{5 * J_{2a} + A_{2a} * \cos^2(\phi a)}{3}$	(15)
$\alpha = \left( \frac{3}{4} \right) * e^2$	(16)
$\beta = \left( \frac{5}{3} \right) * \alpha^2$	(17)
$\gamma = \left( \frac{35}{27} \right) * \alpha^3$	(18)
$B\phi a = 0,9996 * c(\phi a - \alpha * J_{2a} + \beta * J_{4a} - \gamma * J_{6a})$	(19)
$Xa = \xi a * va * \left( 1 + \left( \frac{\zeta a}{3} \right) \right) + 500000$	(20)
$Ya = \eta a * va * (1 + \zeta a) + B\phi a$	(21)

**Fuente: Conversión de Coordenadas Cartográficas [13]**

Siendo:

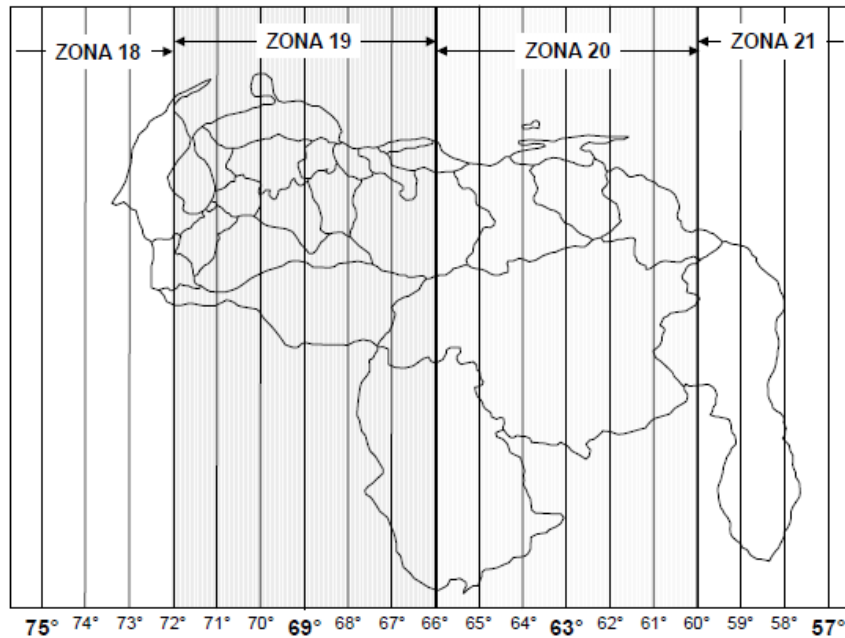
- $a$ : Semieje mayor del elipsoide dependiente del Datum especificado
- $b$ : Semieje menor del elipsoide dependiente del Datum especificado
- $\lambda a$ : Longitud en radianes del punto A
- $\phi a$ : Latitud en radianes del punto A
- $\lambda a^\circ$ : Longitud en grados del punto A
- $\phi a^\circ$ : Latitud en grados del punto A
- $e^2$ : Excentricidad secundaria dependiente del Datum especificado
- $c$ : Radio polar de curvatura dependiente del Datum especificado
- $HusoA$ : Huso Horario del punto A
- $\lambda_{0a}$ : Meridiano central base del punto A
- $\Delta\lambda a$ : Distancia entre el sitio A y el meridiano central del mismo
- $Aa, \xi a, \eta a, va, \zeta a, A_{1a}, A_{2a}, J_{2a}, J_{4a}, J_{6a}, \alpha, \beta, \gamma, B\phi$ : Parámetros

Coticchia-Surace

- $Xa$ : Coordenada X del sitio A
- $Ya$ : Coordenada Y del sitio A

El algoritmo mostrado en la *Tabla 4* inicialmente ubica la zona UTM donde está el punto a convertir. Con ello, se referencia la coordenada X al meridiano más cercano al punto, llamado meridiano central, y la coordenada Y siempre está referenciada al paralelo del ecuador. Independientemente del punto que se convierta, el proceso de ejecución es el mismo. Se encuentra el meridiano más cercano al punto y la distancia del punto al meridiano se convertirá en la coordenada X. Mientras que la distancia del sitio al paralelo del ecuador siempre será la coordenada Y. Quedando definido el punto en un sistema de coordenadas, determinado por el eje X (paralelo del ecuador) y eje Y (meridiano central calculado). [13]

En Venezuela solo hay 3 posibles meridianos centrales: 18, 19 y 20. Los cuales definen las zonas UTM a proyectar.



**Figura 22 Zonas UTM en Venezuela**

**Fuente Proyección UTM [12]**

Para lograr el objetivo de hallar la distancia UTM entre 2 puntos, primero se debe encontrar las coordenadas (X,Y) de un punto B. Aunque se realiza el algoritmo de conversión mostrado en la *Tabla 4* con el mismo Datum, las ecuación (3) y (4) de la misma, no aplican, debido a que se usa el meridiano central base calculado para el punto A, obligando al punto B a estar referenciado al mismo sistema de coordenadas.

Finalmente, se aplica el Teorema de Pitágoras a través de la *Ecuación 2)* para hallar la distancia entre los 2 puntos definidos. Este procedimiento puede lograr minimizar el error a 1 metro en distancias cortas menores a 20km. [13]

$$D(A,B)_{utm} = \sqrt{(|Xb - Xa|^2 + |Yb - Ya|^2)} \quad (2)$$

**Fuente: Elaboración Propia**

## 2.5 Programación Orientada a Objetos

La programación orientada a objetos (POO) comprende un conjunto de técnicas utilizadas en el desarrollo de un software para hacerlo más eficiente y fiable. Puede definirse como un paradigma de la programación que usa objetos como elementos principales de construcción. No obstante, la implementación de objetos no define únicamente que se programa en POO, también depende de cómo los objetos se interconectan e interaccionan entre sí.

La definición literal de POO es: *“un método de implementación en el que los programas se organizan como colecciones cooperativas de objetos, cada uno de los cuales representan una instancia de alguna clase, y cuyas clases son todas miembros de una jerarquía de clases unidas mediante relaciones de herencias”* [14]

En la definición literal se pueden observar 3 rasgos importantes a destacar de la POO: primero, usa objetos como bloques de construcción lógicos, segundo, cada objeto pertenece a una clase, y tercero, las clases interactúan entre sí a través de relaciones de herencia.

El asentamiento del uso de interfaces gráficas a finales de los 80's permitió la evolución agresiva de la POO, convirtiéndola en el modo de programación predominante hoy en día. La facilidad de implementar POO a las interfaces gráficas proviene de su adaptabilidad de representar el mundo real en un software. Se crean clases y se instancian objetos a esas clases para que ejecuten acciones a través de métodos predeterminados. Para el mejor entendimiento de ello, es importante presentar las definiciones principales de la POO.

### 2.5.1 Definiciones

- **Objeto:** es un conjunto abstracto de datos (atributos) y funciones (métodos) que operan en base a esos datos. Se representan mediante una entidad lógica que puede ser de cualquier tipo, por ejemplo: un avión, carro, ventana gráfica, cuadro de dialogo, teclado, menú, tablas, un animal, etc. [14]

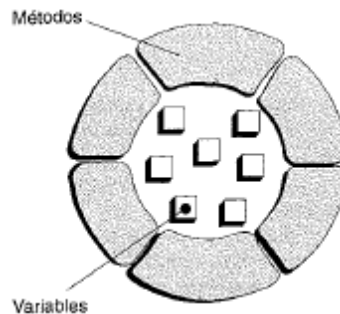


Figura 23 Objeto según Taylor

Fuente: Programación orientada a objetos [13]

- **Clase:** es la descripción de un conjunto de objetos, está formada por métodos y datos. Visto desde la programación estructurada, está asociada al tipo de una variable o dato. Por lo tanto, en POO la clase define de que tipo es el objeto. Puede haber cualquier cantidad de objetos pertenecientes a la misma clase debido a que esta, hace función de plantilla para declarar objetos. Generalmente su estructura está compuesta por: su nombre, sus atributos (estáticos o variables) y sus métodos específicos asociados.
- **Método:** Es el conjunto de procedimientos o funciones asociadas a un objeto. Desde el punto de vista de comportamiento, son las acciones que el objeto puede realizar y están definidas su clase.
- **Mensaje:** es el conjunto de datos de entrada o salida relacionadas a un método predeterminado del objeto. Es decir, son la petición que desencadena la ejecución de un método o la respuesta del objeto al haber realizado una de acción.

- **Herencia:** son las relaciones que guardan una clase con cada una de sus subclases. Es decir, una subclase hereda todas las propiedades y métodos de su clase padre, aunque puede tener atributos y métodos adicionales. La herencia permite establecer un sistema jerárquico asemejándose lo más posible a la realidad, de esta manera contribuye a la solución de un problema real mediante el desarrollo de un software. [15]

### 2.5.2 Propiedades de Java

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos en todo sentido. Incluye todas las herramientas básicas de la POO y es uno de los lenguajes más utilizados hoy en día para codificar software. Dentro de las particularidades de Java se encuentra que tiene un API (Interfaz de programación de aplicaciones) bastante extenso, lo cual facilita la ubicación de librerías, métodos, plugins y demás herramientas necesarias para desarrollar una aplicación en POO.

Para la creación de un software en Java se usan entornos de desarrollo (IDE) que facilitan la codificación y compilación del código. Los más comerciales y conocidos a nivel mundial son Eclipse y NetBeans. El utilizado en el diseño fue NetBeans, el cual ocupa más recursos del computador que Eclipse, pero incluye la mayoría de herramientas y APIs de java que facilitan la creación de interfaces graficas dentro de su paquete de instalación.

## **2.6 Bases de Datos**

Se puede definir una base datos (BD) como un grupo de datos pertenecientes al mismo universo organizados sistemáticamente para ser utilizados posteriormente. Las BD actuales en su mayoría son digitales, estas permiten la incursión directa de la informática dentro de ellas.

Hay diferentes tipos de bases de datos digitales. Una clasificación general se representa en diversos contextos. Se encuentran las dependientes de la variabilidad de los datos: Estáticas (Solo lectura) o Dinámicas (lectura, borrado, adición y modificación de los datos). O se pueden clasificar dependiendo del contenido que posean, por ejemplo: bibliográficas, de texto completo, directorios, etc.

### **2.6.1 Modelos de Bases de Datos**

Las bases de datos se pueden clasificar según su modelo de administración. En tal sentido, el modelo no es más que una representación de cómo están estructurados el contenedor de datos, los modos de almacenamiento y recuperación de datos. De forma general, cada modelo permite la implementación de un sistema eficiente de BD refiriéndose a algoritmos y cálculos matemáticos.

El modelo relacional es el más popular usado en la actualidad y el más relevante para este trabajo de grado. Su representación depende del uso de relaciones lógicas entre diferentes conjuntos de datos. Se puede observar en forma de tabla que está compuesta por diferentes registros y cada uno comprende varios campos. La información puede ser recuperada por medio de consultas con el uso del lenguaje SQL (Structured Query Language) a través de diversos sistemas de gestión. .

## 2.6.2 Sistemas Gestores de Bases de datos

El desarrollo de la relación entre las BD y la informática ha tenido una evolución avasallante en las últimas décadas. Entre otras razones, debido a la creación de sistemas gestores de bases de datos (SGBD) cada vez más robustos y con mejores opciones. Su función primordial es permitir almacenar y acceder a los datos de forma rápida y estructurada.

Los SGBD se pueden clasificar en 2 tipos, comerciales (de libre comercio) y no comerciales (privados y pagos). A continuación se presentan los más comunes en el mercado actual. Los dos SGBD relevantes para este trabajo de grado son MySQL y Oracle.

**Tabla 5 Sistemas de Gestión de Base de Datos**

Comerciales	No comerciales
PostgreSQL	DBL IBM
Firebird	Informy
SQLite	Microsoft Access
DB2 Express	SQL Server
Apache Derby	Open Access
MySQL	Oracle
Drizzle	NexusDB

**Fuente: Elaboración Propia**



## CAPÍTULO III

### 3.1 INVESTIGACION DE LA RED DE ACCESO DE TELEFONICA

Para identificar las posibles limitantes de diseño del software fue necesaria la investigación de la red de acceso de la compañía, donde se pudieron destacar los siguientes aspectos principales.

#### 3.1.1 Evolución de Arquitectura Red Acceso

En Telefónica Venezolana C.A se reconoce que estar en constante evolución tecnológica es uno de los factores primordiales a considerar para ser una compañía competente en el mercado nacional e internacional. Es por ello que, se han adoptado cambios en la arquitectura de red estandarizados por el 3GPP a través de sus diferentes actualizaciones, entre los que se puede nombrar los *Releases: 99, 4, 5, 6 y 7*; los cuales presentan cambios considerables en la arquitectura de red en el subsistema del Núcleo, y adaptaciones de configuración en la red de acceso que son importantes mencionar.

La arquitectura de la red de acceso de Telefónica se mantiene similar al *release 99* mostrado en la *Figura 11*. No obstante, a nivel de radio las principales actualizaciones que se han implementado son los cambios de modulación de la interfaz aire y la velocidad de transmisión para el abonado.

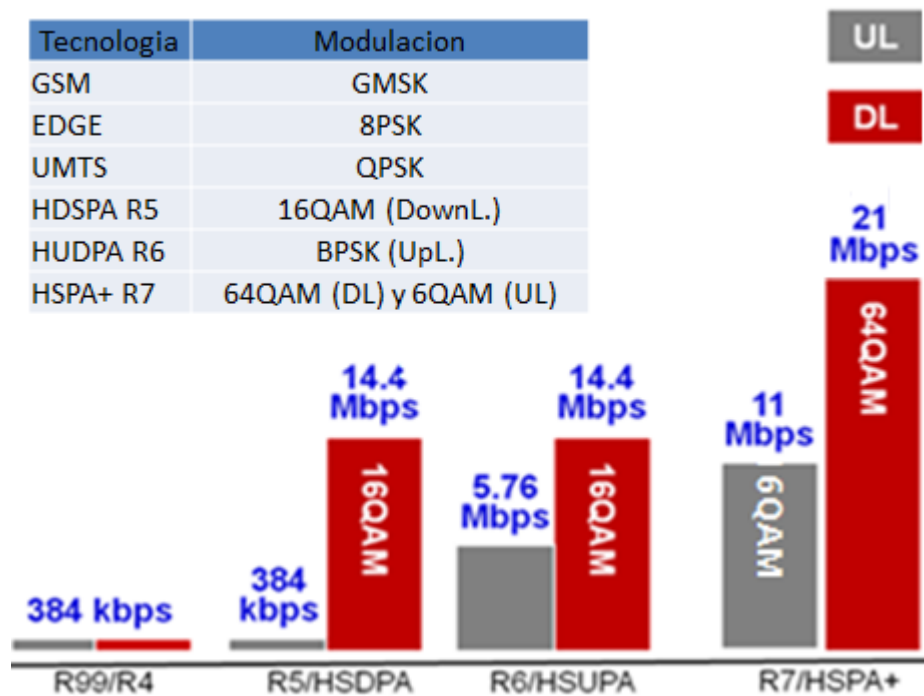


Figura 24 Tipos de modulación Implementados en Telefónica Venezolana

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2 Organización de la Distribución Territorial

Dar cobertura en toda la extensión territorial de Venezuela es un reto para cualquier operadora de servicio de telefonía celular. Se observó una buena planificación de cobertura para que la compañía lograra ofrecer sus servicios a todos los usuarios sin tener pérdidas monetarias. Telefónica está organizada de tal manera de cubrir las zonas más pobladas del país y las vías de comunicación entre las mismas, debido a que se encuentra la mayor cantidad de consumo de servicios y por ende, los mayores rubros monetarios para Movistar.

Por tal motivo, Telefónica ha dividido sus recursos de red en 8 regiones y 45 mercados mostrados en la *Tabla 6*.

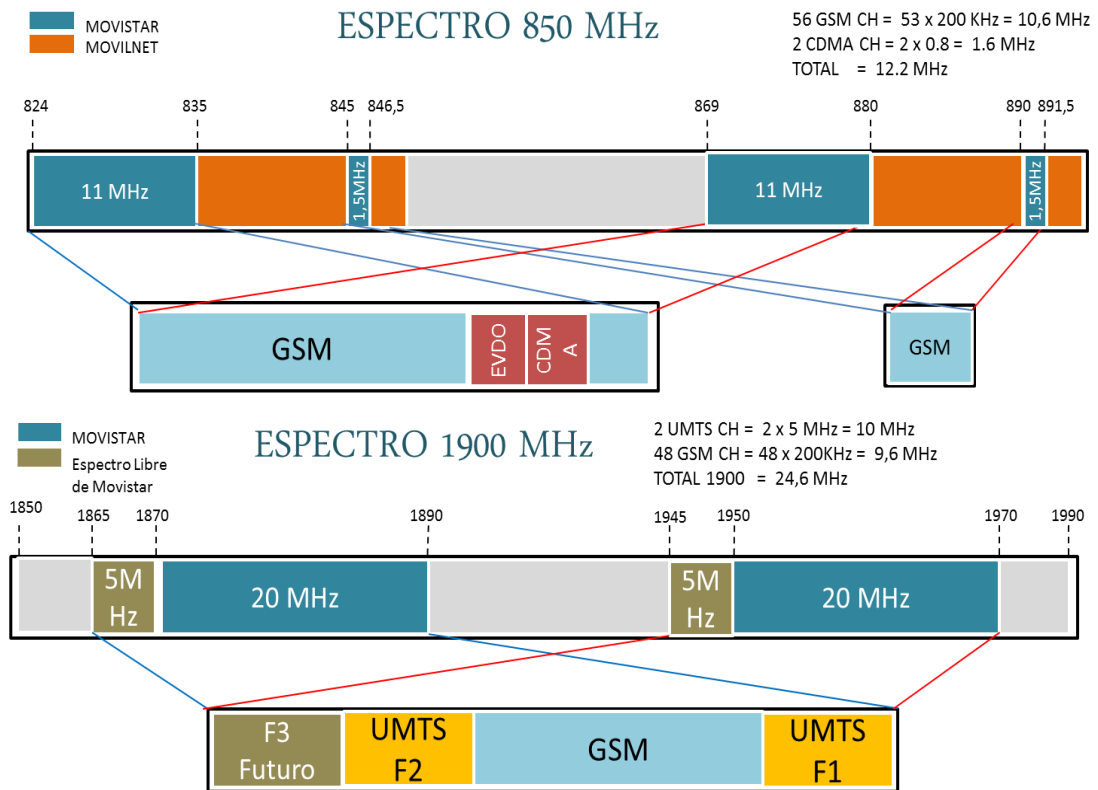
**Tabla 6 Organización de Regiones y Mercados a nivel Nacional**

<b>REGIONES</b>	<b>MERCADOS</b>
Gran Caracas	Core
	Guarenas Guatire
	Litoral
	Los Teques
	Higuerote
	Valles del Tuy
Occidente	El Junquito
	Maracaibo
	Perijá
	COL
Centro Llanos	Falcón
	Maracay
	La Victoria
	San Juan de los Morros
	Calabozo
	San Fernando de Apure
	Valle de la Pascua
	Zaraza
Centro	Colonia Tovar
	Valencia
	Puerto Cabello
Andes	San Carlos
	San Cristóbal
	Valera
	Mérida
	El Vigía
	San Telmo
Centro Occidente	Guadualito
	Barquisimeto
	Carora
	Acarigua
	Guanare
Oriente	San Felipe
	Barinas
	Puerto La Cruz
	Porlamar
	Cumana
Guayana	Anaco
	Paria
	El Tigre
	Puerto Ordaz
	Ciudad Bolívar
	Tucupita
	Santa Elena de Uairen
	Maturín

**Fuente: Elaboración Propia**

### 3.1.3 Distribución de Frecuencias

La investigación realizada encontró que actualmente, Telefónica tiene permiso otorgado por CONATEL para transmitir servicios de telefonía celular en las bandas de 850MHz y 1900MHz. El espectro de frecuencia fue organizado por el departamento de planificación de acceso a radio, para transmitir servicios GSM, CDMA y EVDO en la banda de 850MHz, y servicios GSM y UMTS en la banda de 1900MHz.



**Figura 25 Licencia de Espectro de Frecuencia de Telefónica**

Fuente: Elaboración Propia

En la *Figura 25* es importante resaltar que la compañía tiene una plataforma compuesta en su mayoría de 104 canales de frecuencia GSM y 2 portadoras UMTS. Ambas tecnologías son compatibles entre sí, lo cual concluye que el proceso de Handover se debe ejecutar entre ellas con facilidad.

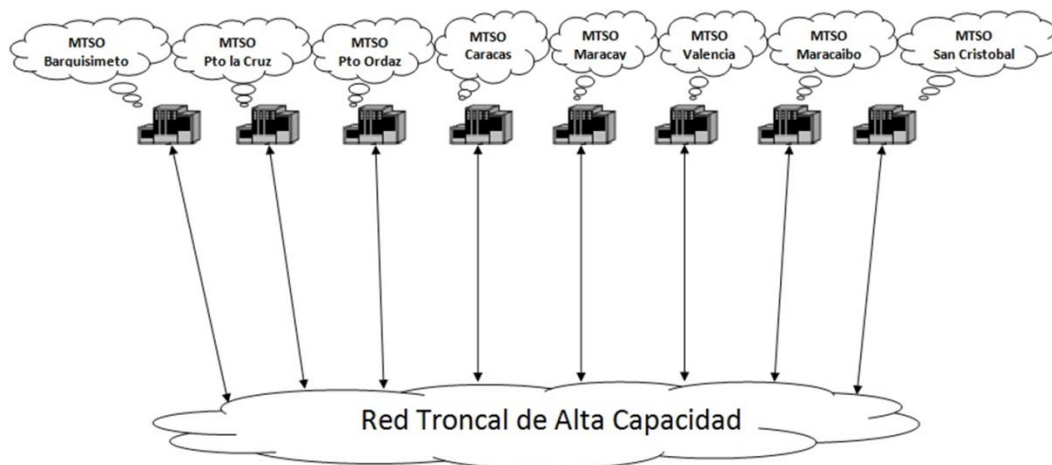
### 3.1.4 Equipos

Se realizó un estudio de los equipos instalados en la red de acceso de Telefónica, y se encontraron una gran diversidad de modelos de componentes de hardware provenientes de 3 proveedores de tecnología: Nokia, Huawei y Ericsson. Lo importante en este ámbito es dejar aclarada la terminología usada en Telefónica para referirse a la topología física de la red de acceso.

Se puede definir a los sectores de radio como la configuración lógica del área de cobertura que cubre el patrón de radiación de una antena de radio tipo celda de telefonía celular. En Telefónica Venezolana se encuentran actualmente 3 tipos de sectores dependiendo de la plataforma y portadora asignada, los cuales son: 2G, 3G f1 y 3G f2. Cada uno posee un *Cell Id* único que lo identifica.

Se usa el nombre sitio para referirse a los emplazamientos en donde se encuentran ubicados las BTS y equipos que conforman los sectores de radio. Cada sitio posee una radio base con su *Id Station* que lo identifica. Dentro de la red de Telefónica se observa que la plataforma 2G puede contar con una celda en cada sitio, sin embargo en la red de 3G puede haber 2 o más nodos en el mismo sitio y en cada nodo o celda se encuentran 1 o más sectores de radio.

La ubicación de los equipos controladores de radio bases (BSC y RNC) se encuentran distribuidos en los diferentes MTSOs (Mobile Telephone Switching Office). Los cuales están centralizados en concordancia a las divisiones regionales de la red mostradas en la *Tabla 6*, y comunicados a través de la red troncal de transmisión de alta capacidad.



**Figura 26 MTSOs de Telefónica Venezolana C.A.**

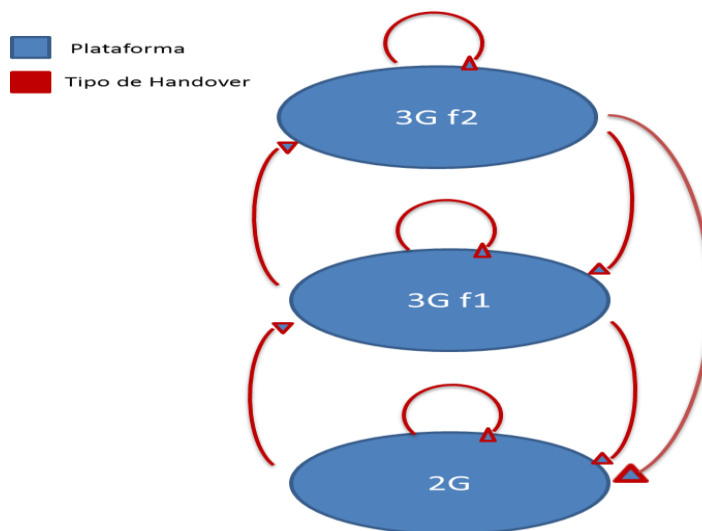
**Fuente: Elaboración Propia**

La cantidad de equipos puestos en servicio de Telefónica varía diariamente, ya que la red está en constante crecimiento. Se puede aproximar que la compañía posee 8500 sectores GSM y 5400 sectores UMTS. Con ello se logra identificar la cantidad de datos que manejará el diseño de este trabajo de grado.

### **3.1.5 Planificación de Handovers**

Se realizó un estudio de planificación de red según la configuración de *Handover* implementada. Se observó que la plataforma de la compañía se puede organizar en 3 divisiones que se relacionan entre sí: 2G, 3G f1 y 3G f2. Esto se debe a que las adyacencias se declaran en un sector determinado y dependen de cada tipo de sector.

En Telefónica Venezolana actualmente se declaran adyacencias (saliente y entrante) referidas al sector origen para cada uno de los 8 tipos de *Handover* lógicos mostrados a continuación:



**Figura 27 Tipos de Handover de Telefónica Venezolana C.A.**

**Fuente: Elaboración Propia**

En la *Tabla 7* se muestra el análisis en detalle de la *Figura 27* en referencia a las adyacencias que se declaran en la compañía.

**Tabla 7 Tipos de Adyacencia Declarados en Telefónica Venezolana C.A.**

Tipo de Adyacencia	Tecnología Involucrada	Relación de Frecuencia	Elemento/Lugar de declaración	Sector Origen	Sector Destino
2G/2G	GSM	Interfrequency	BSC	2G	2G
2G/3Gf1	GSM/UMTS	Interfrequency	BSC	2G	3Gf1
3Gf1/2G	UMTS/GSM	Interfrequency	RNC	3G f1	2G
3Gf1/3Gf1	UMTS	Intrafrequency	RNC	3G f1	3G f1
3Gf1/3Gf2	UMTS	Interfrequency	RNC	3G f1	3G f2
3Gf2/2G	UMTS/GSM	Interfrequency	RNC	3G f2	2G
3Gf2/3Gf1	UMTS	Interfrequency	RNC	3G f2	3Gf1
3Gf2/3Gf2	UMTS	Intrafrequency	RNC	3G f2	3Gf2

**Fuente Elaboración Propia**

A parte de los argumentos mostrados en la *Tabla 7*, es importante mencionar que la planificación de declaración de adyacencias tiene criterios preestablecidos en

Telefónica, en búsqueda de la optimización de la red. Los relevantes al diseño de este trabajo de grado son los siguientes.

- La relación 3Gf1/3Gf2 se declara como un *Blind Handover* en los sectores 3Gf1 únicamente hacia los sectores 3Gf2 pertenecientes al mismo nodo (cosectores). Realizando todas las permutaciones posibles.
- La relación 3Gf2/3Gf1 se declara como un *Blind Handover* en los sectores 3Gf2 hacia sus cosectores 3Gf1 incluyendo permutaciones. Y se declara como un *No Blind Handover* en los sectores 3Gf2 hacia los sectores vecinos 3Gf1 a su alrededor, no pertenecientes al mismo nodo.
- Todas las relaciones de adyacencias se declaran bidireccionalmente hacia los sectores vecinos a su alrededor. Excepto la relación de GSM/UMTS f2, la cual se establece únicamente en dirección 3Gf2→2G.

Las declaraciones se hacen a través de “*scripts*” de configuración, cuyo formato está inevitablemente relacionado al OSS donde se va a ejecutar, es decir, depende del proveedor de tecnología de la RNC o BSC. En el *script* se pueden incluir muchas adyacencias para declararlas al mismo tiempo. No obstante, el número de sectores de radio instalados en una red es finito, para cada tipo de *Handover* cada sector tiene 32 cupos en su configuración para asignarle adyacencias. Normalmente, se reserva uno de esos cupos para asignar identificadores fijos llamados objetos o localizador, los cuales facilitan la conexión de una adyacencia intertecnologías (2G,3G), interRNC o interBSC.

Por ejemplo, para que se pueda crear una adyacencia entre sectores que están alojados en diferentes RNC es necesario crear un localizador del sector destino en la RNC a la cual pertenece el sector origen. En el estudio que se realizó, todos los objetos necesarios para la optimización de adyacencias, estaban creados correctamente. Los localizadores se identifican porque son iguales a los *Cell Id* de los sectores destino alrededor del sector origen.



### **3.1.6 Indicadores de desempeño relacionados a Handovers**

Los indicadores de desempeño o KPI (Key Performance Indicators) relacionados al Handover pueden ser bastante variados, por ejemplo: Drop Call, Blocks, etc. Sin embargo, los relevantes para el proceso de optimización de adyacencias son únicamente 3 y están nombrados a continuación

- Intentos de Handover en porcentaje (%) y en valor absoluto (#)
- Intentos de Handover fallidos en porcentaje (%) y en valor absoluto (#)
- Intentos de Handover exitosos en porcentaje (%) y en valor absoluto (#)

Generalmente, los ingenieros de Telefónica estudian diariamente estos KPIs, en un periodo no menor de diez días hasta el día actual, para monitorear el comportamiento de la red referente a las adyacencias declaradas. El análisis se realiza a través de herramientas locales propiedad de telefónica denominadas *Mi Trafico* y *SARA*; en conjunto con los OSS de cada proveedor de tecnología.

### **3.1.7 Procesos Actuales para Mejorar la Configuración de Adyacencias.**

Para procurar la mejor configuración de adyacencias, los ingenieros de Telefónica siguen un procedimiento manual que consiste en graficar cada uno de los sectores de radio que se quieren mejorar en herramientas externas especializadas, visualizar los mismos para identificar los mejores candidatos a ser declarados como vecinos de un sector origen en específico y posteriormente llenar un *Datafill* (hoja de datos) predeterminado en una plantilla de Microsoft Excel.

Si los sectores que se quieren declarar pertenecen a los proveedores Huawei o Ericsson, se envían los *Datafills* almacenados al personal de esas compañías, para que ellos creen los *scripts* de configuración y los ejecuten en su OSS predeterminado.

Si los sectores a declarar pertenecen al proveedor Nokia, se ingresa el Datafill en una herramienta interna, la cual exporta los datos ingresados en un script de configuración formato XML, listo para ejecutarse en el OSS de Nokia a través del departamento de control de operaciones y ejecución de Telefónica.

## **3.2 METODOLOGÍA**

### **3.2.1 Investigación de Herramientas de Programación Orientada a Objetos en Telefónica.**

Para determinar las limitantes de programación sobre el diseño que se presentará en este trabajo de grado, se realizó un estudio de los lenguajes y herramientas internas propiedad de Telefónica Venezolana C.A.

En el departamento de radio frecuencia el uso de los OSS para optimizar y monitorear la red no es ajeno a la vida diaria de los ingenieros. El código, lenguaje y acceso a las bases de datos detrás de cada OSS son privados de cada proveedor de tecnología. En la gerencia de la red de acceso de Telefónica se tiene propiedad para controlar la red únicamente a través interfaces gráficas. No obstante, se está al tanto de que los OSS generalmente usan el lenguaje java y líneas de comandos Unix incluidos en su software.

La mayoría de herramientas locales creadas en Telefónica están basadas en el lenguaje Visual Basic, algunas usan las interfaces integradas de Microsoft Office

2010 como Excel y Access. Otras, se desarrollaron en Visual Basic 6.0 para crear ventanas gráficas independientes. Sin embargo, en la actualidad se lleva a cabo un proceso de migración de herramientas hacia el departamento de desarrollo, en búsqueda de delegar responsabilidades de mantenimiento y creación de softwares futuros a personal mejor capacitado en programación.

El proceso de migración no solo consta del traspaso de las herramientas junto con su código, también incluye la nueva codificación de los programas en lenguaje Java y en algunas ocasiones la conversión de los mismos en aplicaciones Web. Aun así, la gerencia de red de acceso recomendó la elaboración del diseño a presentar en este trabajo de grado en formato de “aplicación de escritorio”, porque el departamento tiene mejores experiencias en este tipo de herramientas en Venezuela. Por tal motivo se desarrolló el diseño para ser codificado en lenguaje Java en formato de aplicación de escritorio.

### **3.2.1 Bases de datos de Telefónica Venezolana C.A.**

Dentro de la compañía Telefónica se observa que los datos necesarios para la implementación del diseño se encuentran centralizados en 3 tipos de bases de datos descritas a continuación

- RF Database: es una base de datos MySQL ubicada en un servidor local del departamento de radiofrecuencia.
- BDU (Unit Data Base): es una base de datos Oracle, que cumple la función de almacenar en detalle los datos macros de toda la compañía, administrada por el departamento de soporte de operaciones.
- OSS: Son las bases de datos Oracle de los proveedores de tecnología. En la red de acceso se observan 3 de este tipo: Huawei, Ericsson y Nokia.

De modo general se encontraron 3 formas de administrar las bases de datos mencionadas a continuación.

- Se puede controlar las bases de datos escribiendo sentencias SQL a través de una interfaz de línea de comandos.
- Se encuentra la posibilidad de usar programas clientes de bases de datos y administrar los datos a través de interfaces gráficas. En el mercado actual existe diversidad de programas en este ámbito, por ejemplo: MySQLWorkBench, PISQL, Toad for Oracle, SQLServer, entre otros.
- Se puede administrar bases de datos a través de aplicaciones graficas que se hayan creado. En el caso de java, se implementan las librerías JDBC (Java Database Connectivity) las cuales permiten la conectividad de una aplicación codificada en Java con las diferentes bases de datos. Es posible realizar pruebas haciendo uso de estas librerías desde los entornos de desarrollo o directamente desde la aplicación en ejecución. Esta, es la forma usada en el diseño realizado.

## CAPITULO IV

### PROPUESTA TECNOLÓGICA

#### 4.1 Parámetros de Diseño

Se diseñó la herramienta en forma de aplicación de escritorio usando el lenguaje de programación Java por los motivos expuestos anteriormente, para ser implementado en las computadoras de la compañía que constan con el sistema operativo de Window 7 version 32-bits. El compilador utilizado fue la combinación de JDK y JRE a través del entorno de desarrollo NETBEANS con los plugins y librerías adecuadas, tales como conectores con las bases de datos Oracle OSS, Oracle BDU y MySQL Rf-Database, permitiendo ejecutar sentencias SQL desde el código de la aplicación.

La aplicación se denominó JNeighbours, cuenta con la estructura descrita a continuación y esta diseñada para adaptarse con facilidad a las futuras actualizaciones de la misma y de las bases de datos de manera funcional y automática.

Los datos de entrada al programa provienen de las bases de datos nombradas en el punto 3.2.1, los cuales se dividen en 2 categorías: los datos físicos y los datos de red de los sectores junto a sus estaciones. Los físicos están referidos a los parámetros de las antenas y estaciones, tales como: *azimuth, tilt mecánico, tilt eléctrico, altura de la antena, cota y coordenadas del sitio*. Los datos de red están relacionados con identificadores y parámetros de configuración de los sectores, por ejemplo: *numero de identificación de los sectores, nodos, estaciones, BSC, RNC, adyacencias instaladas, etc.*

Los usuarios interesados que harán uso de la herramienta una vez implementada son:

- Gerencia General de Ingeniería
- Gerencia de Ingeniería Acceso Radio
- Supervisión de Ingeniería de Radio
- Supervisiones regionales de Radio Frecuencia.

Por solicitud de los usuarios interesados, los datos de salida están compuestos de datos de red, presentados en forma de tablas y datos físicos implementados a través de una interfaz de visualización gráfica, para comprobar visualmente que los datos mostrados en las tablas son acordes a la situación geográfica.

A continuación se muestran una serie de diagramas de elaboración propia, para mejorar la comprensión de la propuesta tecnológica

## 4.2 Diagrama Funcional de Estados durante la Ejecución de la Aplicación.

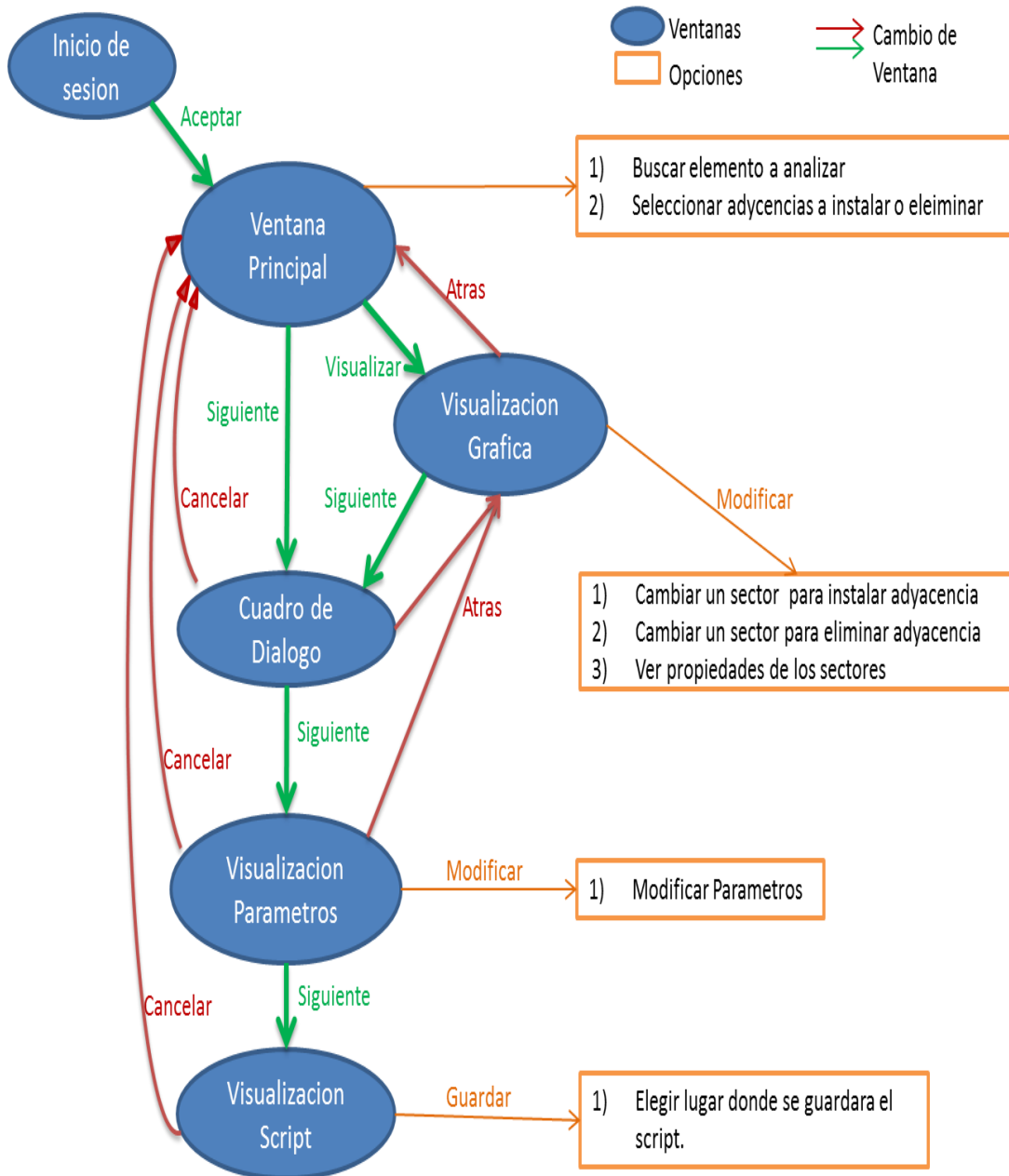
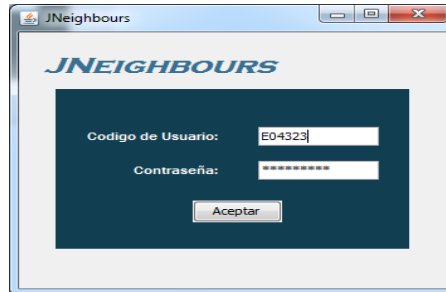


Figura 28 Mapa de navegación entre ventanas

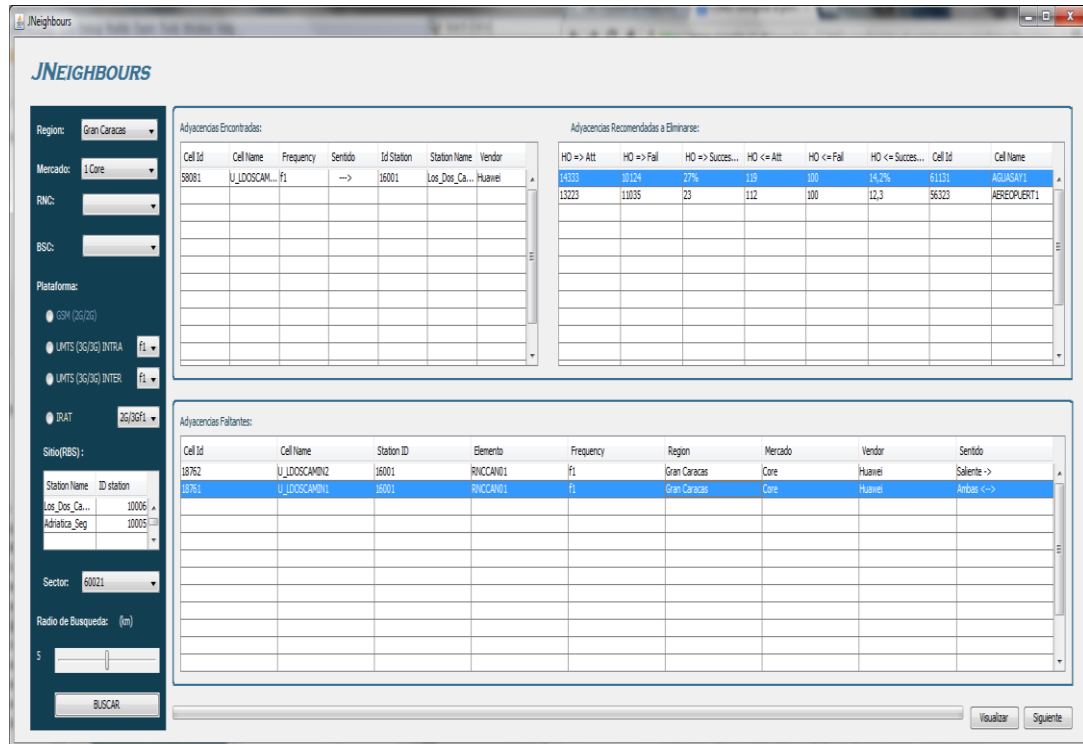
### 4.3 Ejecución del programa

El inicio del programa está restringido por motivos de seguridad a través de una interfaz gráfica de usuario (GUI) de inicio de sesión mostrada en la *Figura 29*, donde los usuarios deben introducir su código de empleado y contraseña de red.



**Figura 29** Ventana de Inicio de Sesión

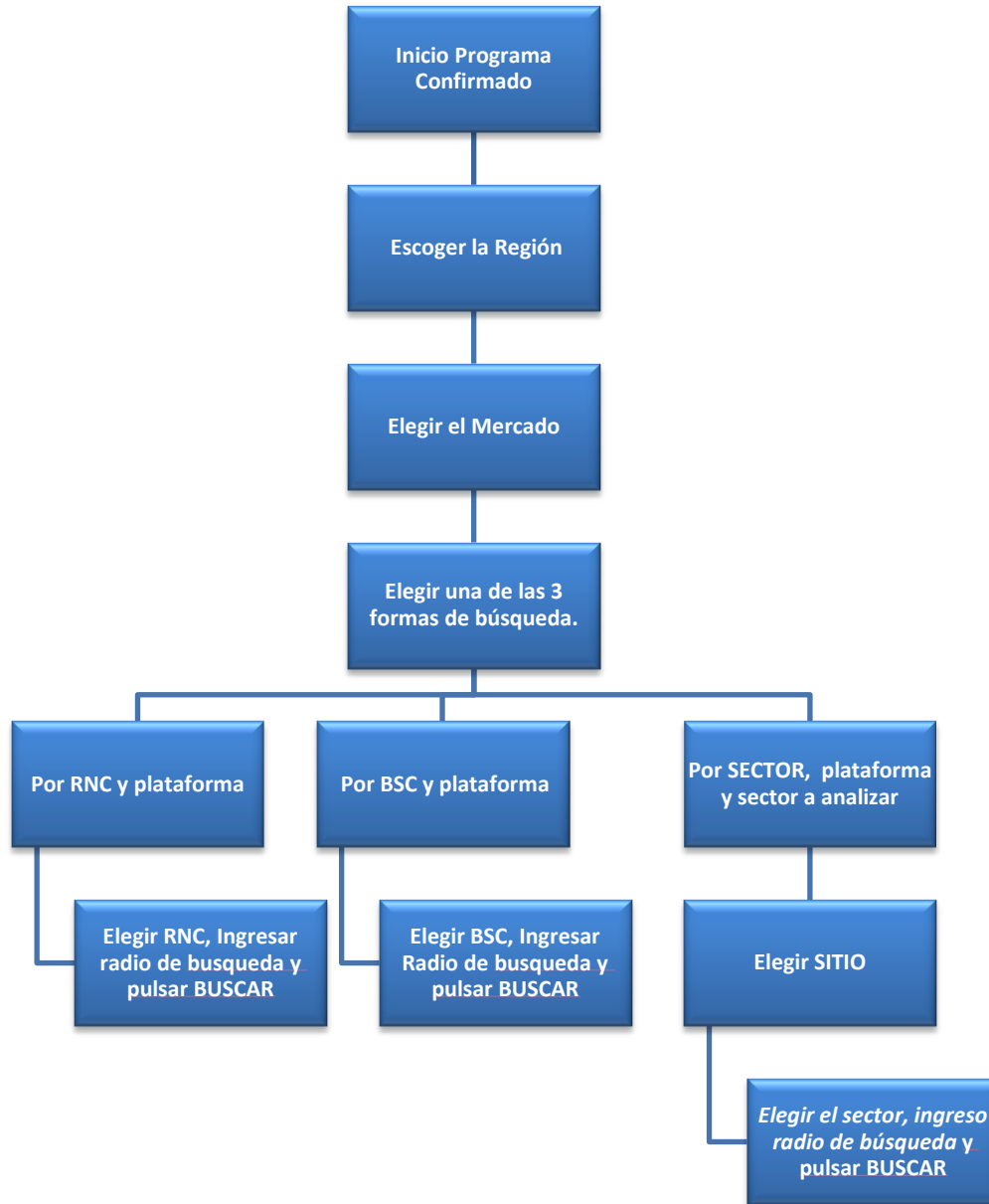
Una vez certificado el usuario se abre la ventana principal de la aplicación mostrada en la *Figura 30*.



**Figura 30** Ventana Principal



### 4.3.1 Proceso de búsqueda



**Figura 31 Diagrama del Proceso de Búsqueda de elementos a Analizar**

Al abrir la ventana principal mostrada en la *Figura 30*, se carga un arreglo estático de objetos que contiene los títulos de las regiones, estos se muestran en el JComboBox (menú desplegable) llamado *Regiones* del panel de búsqueda mostrado en la *Figura 32*, en donde se desarrolla todo el diagrama mostrado en la *Figura 31*.

Region:

Mercado:

RNC:

BSC:

**Plataforma:**

GSM (2G/2G)

UMTS (3G/3G) INTRA

UMTS (3G/3G) INTER

IRAT

**Sitio(RBS) :**

Station Name	ID station
Los_Dos_Ca...	10006
Adriatica_Seg	10005

Sector:

Radio de Búsqueda: (km)

5

**Figura 32** Panel de Búsqueda en la Ventana principal

El arreglo de regiones mencionado contiene dentro de sus características constructores que identifican los mercados y los mercados vecinos de cada uno de ellos como muestra la *Tabla 8*.

**Tabla 8 Regiones**

REGIONES	MERCADOS	MERCADOS VECINOS					
Gran Caracas	Core	El Junquito	Litoral	Guarenas Guatire	Valles del Tuy	Los Teques	
	Guarenas Guatire	Core	Valles del Tuy	Higuerote			
	Litoral	El Junquito	Core	Higuerote			
	Los Teques	El Junquito	Colonia Tovar	La Victoria	Core	Valles del Tuy	
	Higuerote	Litoral	Valles del Tuy	Guarenas Guatire	Puerto La Cruz		
	Valles del Tuy	La Victoria	Los Teques	Core	Higuerote		
	El Junquito	Colonia Tovar	Core	Litoral	Los Teques		
Occidente	Maracaibo	Perijá	COL	Falcón			
	Perijá	Maracaibo	COL				
	COL	Maracaibo	Falcón	Carora	Valera		
	Falcón	Maracaibo	COL	Carora	Barquisimeto	San Felipe	Puerto Cabello
Centro Llanos	Maracay	Valencia	San Juan de los Morros	La Victoria	Colonia Tovar	Puerto Cabello	
	La Victoria	Maracay	Colonia Tovar	Los Teques	Valles del Tuy	San Juan de los Morros	
	San Juan de los Morros	Maracay	La Victoria	Calabozo	Zaraza		
	Calabozo	San Carlos	San Juan de los Morros	Valle de la Pascua	San Fernando de Apure		
	San Fernando de Apure	Barinas	San Carlos	Calabozo	Ciudad Bolívar		
	Valle de la Pascua	Zaraza	Anaco	El Tigre	San Juan de los Morros		
	Zaraza	Valle de la Pascua	Valles del Tuy	Higuerote	Puerto La Cruz	Anaco	
	Colonia Tovar	El Junquito	Los Teques	La Victoria			
Centro	Valencia	San Felipe	Puerto Cabello	Maracay	San Juan de los Morros	San Carlos	
	Puerto Cabello	Falcón	San Felipe	Valencia	Maracay		
	San Carlos	Acarigua	Valencia	San Juan de los Morros	Calabozo	San Fernando de Apure	San Felipe
Andes	San Cristóbal	San Telmo	Guasdalito	Mérida			
	Valera	Mérida	El Vigía	COL	Carora	Guanare	Barinas
	Mérida	San Cristóbal	San Telmo	El Vigía	Valera	Barinas	Guasdalito
	El Vigía	San Telmo	Mérida	Valera			
	San Telmo	San Cristóbal	Mérida	El Vigía	Guasdalito		
	Guasdalito	San Cristóbal	Mérida	San Telmo	Barinas	San Fernando de Apure	

REGIONES	MERCADOS	MERCADOS VECINOS					
Centro Occidente	Barquisimeto	Carora	Falcón	San Felipe	Acarigua	San Carlos	
	Carora	Valera	COL	Falcón	Barquisimeto	Acarigua	Guanare
	Acarigua	Guanare	Carora	Barquisimeto	San Felipe	San Carlos	
	Guanare	Barinas	Valera	Carora	Acarigua	San Carlos	
	San Felipe	Barquisimeto	Acarigua	San Carlos	Valencia	Puerto Cabello	Falcón
	Barinas	Guasualito	Mérida	Valera	Guanare	San Fernando de Apure	
Oriente	Puerto La Cruz	Higuerote	Cumana	Anaco	Maturín	Zaraza	
	Porlamar	Cumana	Paria				
	Cumana	Puerto La Cruz	Porlamar	Paria	Maturín		
	Anaco	Zaraza	Puerto La Cruz	Maturín	El Tigre	Valle de la Pascua	
	Paria	Maturín	Porlamar	Tucupita	Cumana		
	El Tigre	Valle de la Pascua	Anaco	Maturín	Puerto Ordaz	Ciudad Bolívar	
Guayana	Puerto Ordaz	El Tigre	Maturín	Ciudad Bolívar	Tucupita	Santa Elena de Uairen	
	Ciudad Bolívar	Puerto Ordaz	El Tigre	Santa Elena de Uairen	San Fernando de Apure		
	Tucupita	Maturín	Puerto Ordaz	Paria			
	Santa Elena de Uairen	Puerto Ordaz	Ciudad Bolívar				
	Maturín	Cumana	Anaco	Paria	Tucupita	El Tigre	Puerto La Cruz

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.1.1 Elegir la Región y Mercado

Consecuente con la *Tabla 8* y el diagrama mostrado en la *Figura 31*, al insertar el evento de escoger la región se muestran los mercados de esa región en el JComboBox llamado *Mercados*.

Al escoger el mercado se busca a través de un Query(sentencia de consulta a base de datos) de selección a RfDatabase los siguientes datos pertenecientes a ese mercado. Los resultados se exponen en los JComboBox correspondientes:

- JComboBox *RNC* (Lista de RNC-Names e IDs, provenientes de RDatabase)
- JComboBox *BSC* (Lista de BSC-Names e IDs, provenientes de RDatabase)

#### **4.3.1.2 Elegir una de las 3 formas de búsqueda.**

El diseño consta de 3 formas de optimización de adyacencias. El modo de determinar la forma a ejecutar, es elegir una de las siguientes opciones mutuamente excluyentes:

##### **4.3.1.2.1 RNC.**

El JComboBox *RNC* inicialmente muestra un valor nulo que refleja con un espacio blanco vacío, al seleccionar una RNC específica el usuario debe escoger en el JButtonGroup *Plataforma: 3G/3G (Interfrecuency f1 o f2), 3G/3G (Intrafrecuency f1 o f2), IRAT (3Gf1/2G) o IRAT (3Gf2/2G)*. Automáticamente se bloquean el resto de las opciones del panel de búsqueda (*BSC, Sitios y JComboBox Sector*) no usadas en esta forma de optimización. Se ingresa el radio de búsqueda que se desea implementar en la barra de selección (JSlider) *Radio de búsqueda*. (El JSlider muestra un rango de selección desde 3km hasta 15km y un valor por defecto de 5000km) y finalmente se pulsa el botón *BUSCAR*.

##### **4.3.1.2.2 BSC.**

El JComboBox *BSC* inicialmente muestra un valor nulo como el caso anterior, al seleccionar una BSC específica el usuario debe escoger en el JButtonGroup (menú de selección multiple) *Plataforma: 2G/2G o IRAT (2G/3Gf1)*. Se bloquean el resto de las opciones del panel de búsqueda (*RNC, Sitios y Sector*) no

usadas en este caso. Finalmente se ingresa el radio de búsqueda que se desea implementar y se pulsa el botón *BUSCAR*

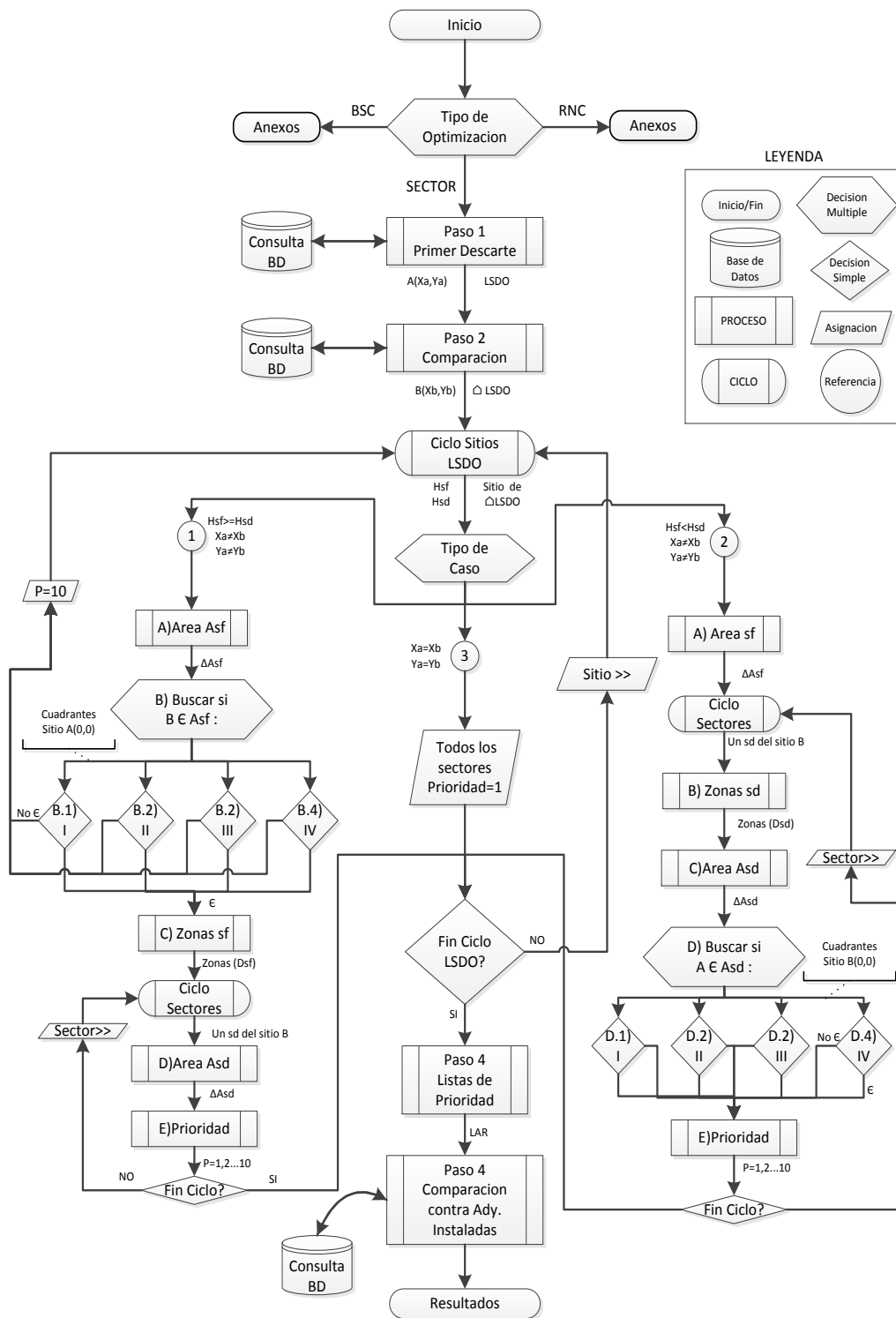
#### **4.3.1.3.3 SECTOR, seleccionar plataforma y sector a analizar**

Al contrario de los casos anteriores, primero se selecciona una de las opciones de *Plataforma* (2G/2G, 3G/3G Interfrecuency, 3G/3G Intrafrecuency o IRAT) con los *RNC* y *BSC* en nulo. Al haber escogido una de las opciones, se realiza un Query de selección a Rf Database para traer los sitios pertenecientes a ese mercado que contengan sectores de la plataforma escogida. Lo cuales, se muestran en el JTable (tabla de búsqueda) *SITIOS* (lista de Station Name e IDs).

Al seleccionar un sitio se busca en *RF-Database* a través de otro Query de selección los sectores pertenecientes a esa plataforma y sitio, los mismos se presentan en *Sector*. Habiendo seleccionado el sector que se desea analizar, se ingresa el radio de búsqueda a implementar y se pulsa el botón *BUSCAR*.

#### **4.3.2 Ejecución de algoritmo Raíz**

Con los datos de entrada del panel de búsqueda y bases de datos mencionadas anteriormente, al pulsar el botón “*BUSCAR*” de la ventana principal (*Figura 30*) se ejecuta el algoritmo raíz presentado en la *Figura 33* explicada a continuación.



**Figura 33 Diagrama de flujo del Algoritmo Raíz**

#### 4.3.2.1 Caso Por SECTOR:

Definido por los datos de entrada, se aplica en varios modos dependiendo del tipo de Handover que se quiere analizar, mostrados en la *Tabla 7* y *Figura 27*.

Indiferentemente del tipo de Handover, el algoritmo en el caso por sector siempre es el mismo. Sin embargo, la relación de las listas de comparación que se explica más adelante depende de lo presentado en la *Tabla 9* al final del siguiente algoritmo:

##### 4.3.2.1.1 Paso 1: Primer Descarte

Con el sector escogido, denominado sector fuente (sf) y el radio de búsqueda ingresado, inicialmente se ubica las coordenadas geográficas del sitio fuente llamado “A” (LatA°,LongA°) debido a que posee a “sf”. Luego con el uso de la *Tabla 8 Regiones* y un método de búsqueda secuencial se realiza un Query de selección en la BDU para localizar los sitios de ese mercado y vecinos que posean las coordenadas necesarias que cumplan que Radio de Búsqueda (RB) sea mayor o igual a la distancia “D” entre el sitio A y cada uno de los sitio B (destino).

$$RB \geq D(A,B)$$

Para ello es necesario calcular la distancia entre 2 puntos geográficos según lo explicado en el punto 2.4.2 usando la *Ecuación 1*, desde el sitio A con respecto a cada sitio B. Los sitios que cumplan con la condición planteada anteriormente, se guardan en un arreglo de objetos que seguidamente es ordenado de menor a mayor distancia D(A,B) para facilitar procedimientos posteriores. El arreglo es denominado **LSDO (Lista de Sitios Destinos Ordenados)**.



Para cálculos futuros previamente se proyecta las coordenadas del sitio A en el plano UTM mediante las ecuaciones explicadas en el punto 2.4.3 *Tabla 4*. Quedando definidas las coordenadas del sitio A( $X_a, Y_a$ ).

#### 4.3.2.1.2 Paso 2: Comparación y asignación de prioridades

- ✓ Con los ID STATION de cada sitio B de la LSDO, se realiza un Query de selección en RF-Database para ubicar los sitios con sectores de la plataforma escogida en los datos de entrada. Los sitios B que no poseen sectores adecuados son borrados de la LSDO para ahorrar recursos.
- ✓ Se proyectan las coordenadas de todos los sitios B del arreglo en el plano UTM según lo explicado en el punto 2.4.3. Quedando definidas las coordenadas de todos los sitios B ( $X_b, Y_b$ ) referenciadas al sistema de coordenadas del sitio A.
- ✓ Posteriormente se inicia un ciclo donde se ubica dentro del primer registro del arreglo, el sector con el ID más bajo perteneciente a ese sitio y plataforma, el cual se define como sector destino (sd).
- ✓ Se asigna y calcula la altura total sobre el nivel del mar a los 2 sectores trabajados: Sector Fuente ( $H_{sf}$ ) y Sector Destino ( $H_{sd}$ ).

$$H_{sf} = H_{antenasf} + Cota_{sitioA}$$

$$H_{sd} = H_{antenasd} + Cota_{sitioB}$$

Siendo

- $H_{sf}$ : Altura total del sector fuente sobre el nivel del mar
- $H_{sd}$ : Altura total del sector destino sobre el nivel del mar
- $H_{antenasf}$ : Altura de la BTS del sector fuente leída en RF-Database
- $H_{antenasd}$ : Altura de la BTS del sector destino leída en RF-Database
- $Cota_{sitioA}$ : La cota del sitio A (donde está el sf) leída en la BDU
- $Cota_{sitioB}$ : La cota del sitio B (donde está el sd) leída en la BDU

- ✓ Se aplica uno de los 3 casos descritos a continuación dependiendo de qué condición cumplan los parámetros calculados:

#### 4.3.2.1.2.1 Caso 1 Si $H_{sf} \geq H_{sd}$ y $(X_a \neq X_b$ o $Y_a \neq Y_b)$

- a) Se calcula el Área Azimutal del Sector Fuente ( $A_{asf}$ )

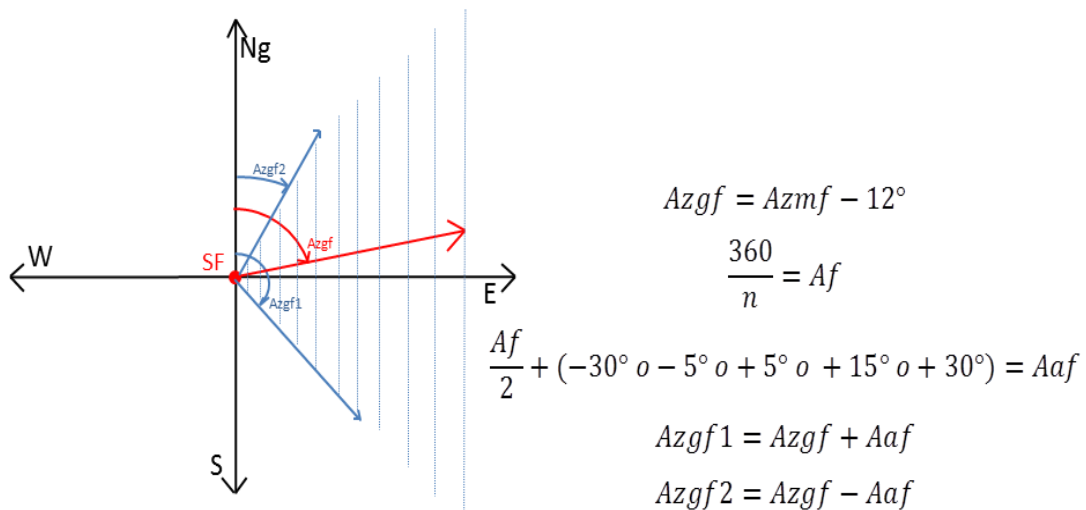


Figura 34 Área Azimutal Sector Fuente

Siendo:

- n: # de sectores del nodo/celda del sitio fuente extraído de RF Database
  - Azmf: Azimut magnético del sector fuente extraído de RF Database
  - Azgf: Azimut geográfico del sector fuente
  - Aaf: Diferencia entre Azg y sus límites, (se ajusta condicionado a “n”)
  - Azgf1: límite superior del Aasf en grados
  - Azgf2: límite inferior del Aasf en grados
- b) Se compara la posición del sitio B con el Aasf. Para ello se necesita ejecutar el siguiente procedimiento, evaluando 4 sub casos para verificar si el punto B pertenece a Aasf.

b.1) Si  $X_b \geq X_a$  y  $Y_b > Y_a$

Con un sistema de coordenadas en A se calcula el ángulo en grados  $\theta^\circ$ :

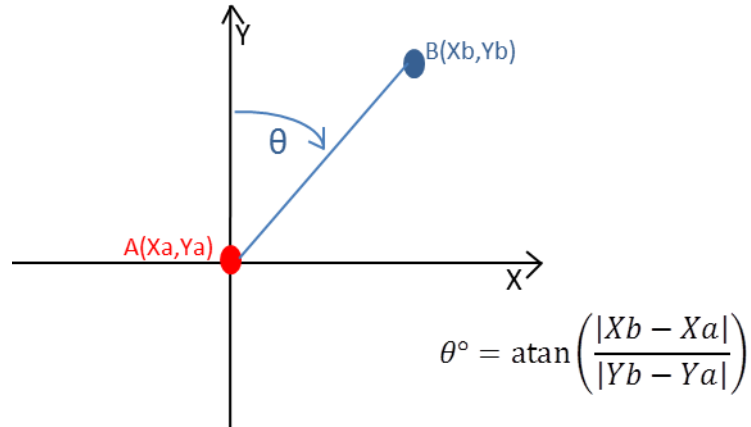


Figura 35 Subcaso b.1

Y se hace la siguiente comparación:

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta + 360 < Azgf1$   $B \in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf por lo tanto descarta ese sitio de la LSDO, incluyendo todos sus sectores y se sale del ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

b.2) Si  $X_b > X_a$  y  $Y_b \leq Y_a$

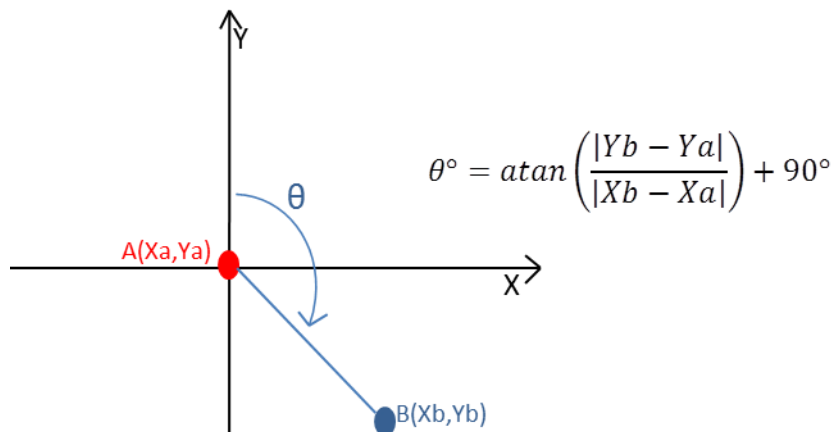


Figura 36 Subcaso b.2

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta + 360 < Azgf1$   $B \in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf, se descarta ese sitio de la LSDO incluyendo todos sus sectores, y se rompe el ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

b.3) Si  $Xb \leq Xa$  y  $Yb < Ya$

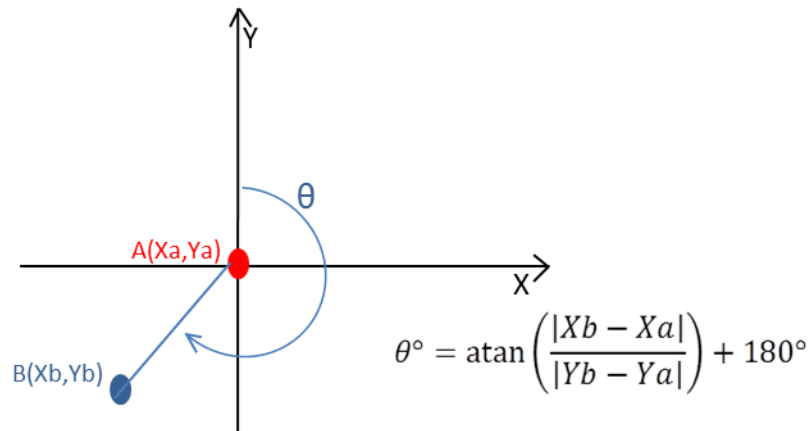


Figura 37 Subcaso b.3

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta - 360 < Azgf1$   $B \in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf, se descarta ese sitio de la LSDO, incluyendo todos sus sectores y se sale del ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

b.4) Si  $Xb < Xa$  y  $Yb \geq Ya$

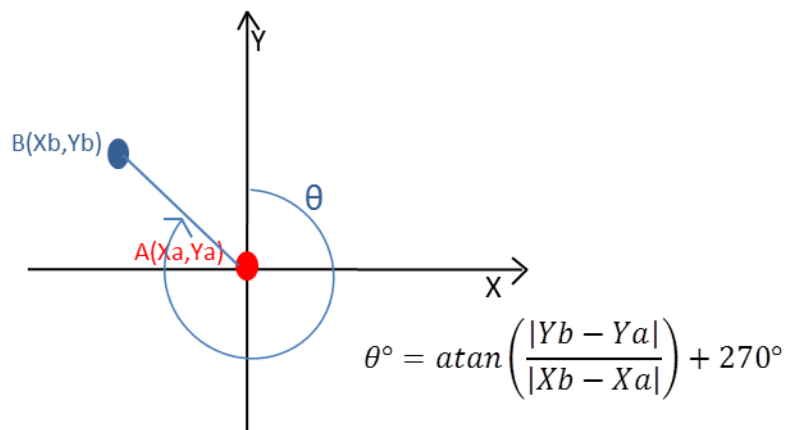
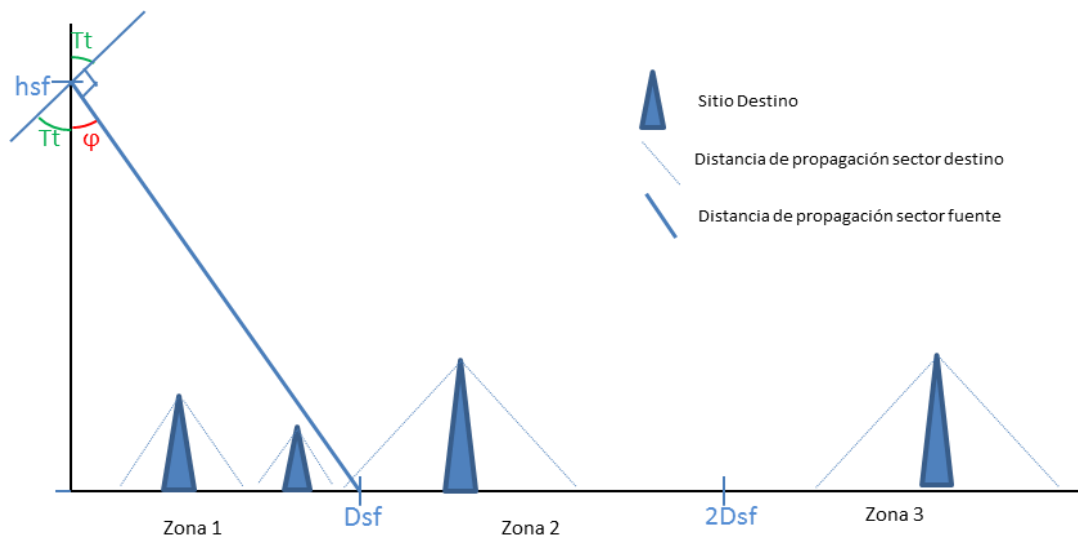


Figura 38 Subcaso b.4

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta - 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino B no pertenece a Aasf, se descarta ese sitio de la LSDO, incluyendo todos sus sectores y se rompe el ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

c) Se definen las zonas de cobertura de sf

Hay 3 Zonas principales en el plano vertical



**Figura 39 Zonas de Prioridades del Sector Fuente**

$$H_{totalA} = H_{antsf} + C_{otasitioA}$$

$$h_{sf} = H_{totalA} - C_{otasitioB}$$

$$Tt = Tilt_{mecanico} + Tilt_{electrico}$$

$$\varphi = (86) \text{ o } (90^\circ - Tt)$$

$$D_{sf} = H_{sf} * \tan(\varphi)$$

Siendo:

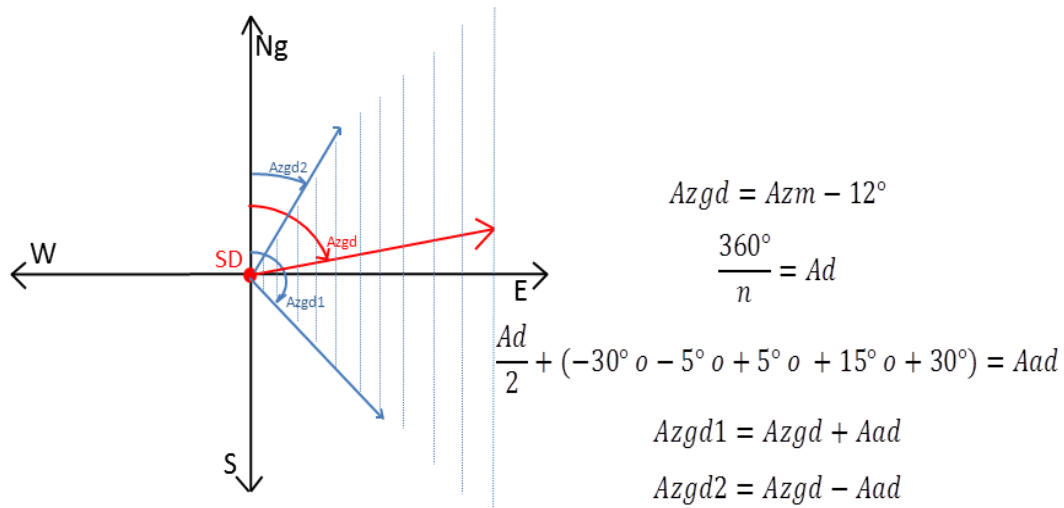
- $H_{totalA}$  : Altura total del sitio A
- $H_{antsf}$  : Altura de la antena del sector fuente extraída de RF Database
- $C_{otasitioA}$  : Altura de cota del sitio A extraído de la BDU
- $C_{otasitioB}$  : Altura de cota sitio B extraído de la BDU

- $h_{sf}$  : Altura de radiación del sector fuente
- $Tilt_{mecanico}$  : Tilt mecánico extraído de RF Database
- $Tilt_{electrico}$  : Tilt eléctrico extraído de RF Database
- $Tt$  : Tilt total del sector fuente
- $\varphi$  : Angulo de radiación (si  $Tt \leq 3$   $\varphi = 86$  , si no  $\varphi = 90^\circ - Tt$  )
- $D_{sf}$  : Distancia de cobertura del sector fuente.

Quedando las zonas principales definidas como:

- Zona 1 : entre 0 y  $D_{sf}$
- Zona 2 : entre  $D_{sf}$  y  $2 * D_{sf}$
- Zona 3 : entre  $2 * D_{sf}$  y Radio de búsqueda ingresado

d) Se calcula el Área Azimutal del sector destino ( $A_{asd}$ )

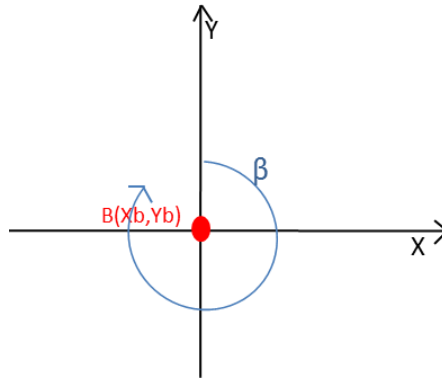


**Figura 40 Área Azimutal del Sector Destino**

Siendo:

- $n$ : # de sectores del nodo del sitio destino extraído de RF Database
- $Azm$ : Azimut magnético del sector destino extraído de RF Database

- Azgd: Azimut geográfico sector destino
- Aad= Diferencia entre Azgd y sus límites (se ajusta condicionado a “n”)
- Azgd1= límite superior del Aasd en grados
- Azgd2= límite inferior del Aasd en grados
- $\beta$  es el equivalente a  $\theta$  descrito anteriormente pero en referencia al punto B



**Figura 41 Angulo referente al Sitio B**

Para determinar si el Sitio A pertenece al Aasd se realiza el mismo estudio pero en referencia al sitio B tomando en cuenta los 4 sub casos descritos anteriormente:

Subcaso 1: Si  $Xa \geq Xb$  y  $Ya > Yb$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Xa - Xb|}{|Ya - Yb|}\right)$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta + 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd

Subcaso 2: Si  $Xa > Xb$  y  $Ya \leq Yb$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Ya - Yb|}{|Xa - Xb|}\right) + 90^\circ$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta + 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd

Subcaso 3: Si  $Xa \leq Xb$  y  $Ya < Yb$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Xa - Xb|}{|Ya - Yb|}\right) + 180^\circ$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta - 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd.

Subcaso 4: Si  $Xa < Xb$  y  $Ya > Yb$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Ya - Yb|}{|Xa - Xb|}\right) + 270^\circ$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta - 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
- Sino A no pertenece a Aasd.

e) Asignación de prioridad del sector destino (Sd)

Es importante resaltar que para la asignación de prioridades el objeto *sector destino* posee 2 constructores inicialmente vacíos, a parte de los que se han ido llenando en los pasos anteriores. En el primero se ingresa la distancia exacta desde su sitio B hasta el sitio A calculada con la *Ecuación 2* explicada en la sección 2.4.3.

El segundo constructor a llenar en esta sección se define como el campo *Prioridad*, al cual le es ingresado un valor al cumplir solo una de las siguientes condiciones, basadas en la *Figura 39* y en los cálculos realizados:



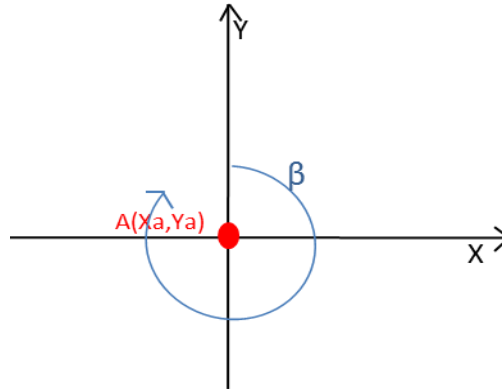
### **PRIORIDADES:**

- 1.- Si  $D(A,B)_{utm} < \frac{D_{sf}}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf
- 2.- Si  $\frac{D_{sf}}{3} < D(A,B)_{utm} < 2 * \frac{D_{sf}}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 3.- Si  $\frac{D_{sf}}{3} < D(A,B)_{utm} < 2 * \frac{D_{sf}}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd
- 4.- Si  $2 * \frac{D_{sf}}{3} < D(A,B)_{utm} < D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 5.- Si  $2 * \frac{D_{sf}}{3} < D(A,B)_{utm} < D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd
- 6.- Si  $D_{sf} < D(A,B)_{utm} < 2 * D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 7.- Si  $D_{sf} < D(A,B)_{utm} < 2 * D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd
- 8.- Si  $2 * D_{sf} < D(A,B)_{utm}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 9.- Si  $2 * D_{sf} < D(A,B)_{utm}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd
- 10.- Sitio B no  $\in$  a Aasf Y todos los sd que no cumplan las condiciones anteriores dentro del radio de búsqueda.

Este procedimiento se repite desde la sección Caso 1 parte d, tantas veces como sectores de la plataforma escogida posea el nodo/celda del sitio destino (B). En caso de que haya más de un nodo se hace primero uno y luego el otro en orden del ID de nodo mas bajo.

**4.3.2.1.2.2 Caso 2 Si  $H_{sf} < H_{sd}$  y ( $X_a \neq X_b$  o  $Y_a \neq Y_b$ )**

- a) Se calcula el *Área Azimutal del Sector Fuente (Aasf)* de la misma manera que se explicó en el *Caso 1 parte a)*. Sin embargo, esta vez se define  $\beta$  referente al sitio A y  $\theta$  hace referencia al sitio B.



**Figura 42 Angulo referente al sitio A**

Para determinar si el Sitio B pertenece al Aasf se realiza el estudio en referencia al sitio A tomando en cuenta los 4 sub casos descritos anteriormente:

Sub caso 1: Si  $X_b \geq X_a$  y  $Y_b > Y_a$

$$\beta^\circ = \text{atan} \left( \frac{|X_b - X_a|}{|Y_b - Y_a|} \right)$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta + 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf

Subcaso 2: Si  $X_b > X_a$  y  $Y_b \leq Y_a$

$$\beta^\circ = \text{atan} \left( \frac{|Y_b - Y_a|}{|X_b - X_a|} \right) + 90^\circ$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta + 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf

Subcaso 3: Si  $Xb \leq Xa$  y  $Yb < Ya$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Xb - Xa|}{|Yb - Ya|}\right) + 180^\circ$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta - 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf.

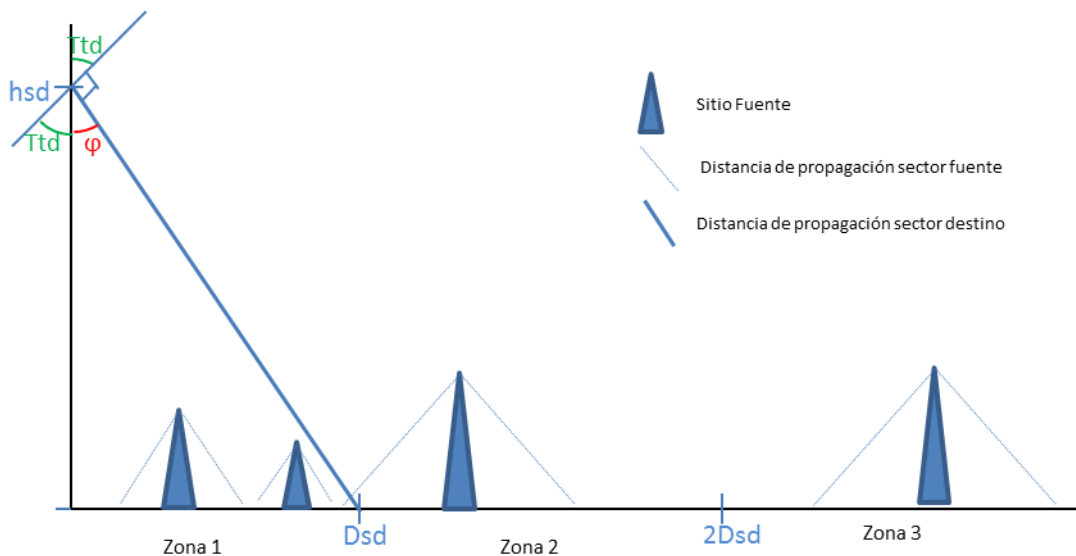
Subcaso 4: Si  $Xb < Xa$  y  $Yb \geq Ya$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Yb - Ya|}{|Xb - Xa|}\right) + 270^\circ$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta - 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino B no pertenece a Aasf.

b) Se definen las zonas de cobertura del sector destino

Hay 3 Zonas principales en el plano vertical



**Figura 43 Zonas de prioridades del Sector Destino**

$$Ttd = Tiltmecanico + Tiltelectrico$$

$$HtotalB = Hantsd + CotasitioB$$

$$hsd = HtotalB - CotasitioA$$

$$\varphi d = (86) \text{ o } (90^\circ - Tt)$$

$$Dsd = Hsd * Tan(\varphi)$$

Siendo:

- *HtotalB* : Altura total del sitio B
- *Hantsd* : Altura de la antena del sector destino extraída de RF Database
- *CotasitioA* : Altura de cota del sitio A extraído de la BDU
- *CotasitioB* : Altura de cota sitio B extraído de la BDU
- *hsd* : Altura de radiación del sector destino
- *Tiltmecanico* : Tilt mecánico del sector destino extraído de RF Database
- *Tiltelectrico* : Tilt eléctrico del sector destino extraído de RF Database
- *Ttd* : Tilt total del sector destino (si  $Tt \leq 3$   $\varphi = 86$  , si no  $\varphi = 90^\circ - Tt$ )
- $\varphi d$  : Angulo de radiación del sector destino.
- *Dsd* : Distancia de cobertura del sector destino.

Quedando las zonas principales definidas como:

- Zona 1 : entre 0 y Dsd
  - Zona 2 : entre Dsd y 2\*Dsd
  - Zona 3 : entre Dsd y Radio de búsqueda ingresado
- c) Se calcula el *Área Azimutal del sector destino (Aasd)* de la misma manera que se explicó en el *Caso 1 parte d)*.
- d) Se compara la posición del sitio A con el Aasd. Para ello se necesita ejecutar el siguiente procedimiento equivalente al *Caso 1 parte b)*, pero en referencia al sitio B. Evaluando 4 sub casos para verificar si el punto A pertenece a Aasd.

d.1) Si  $X_a \geq X_b$  y  $Y_a > Y_b$

Estableciendo un sistema de coordenadas en B se calcula el ángulo en grados  $\theta^\circ$ :

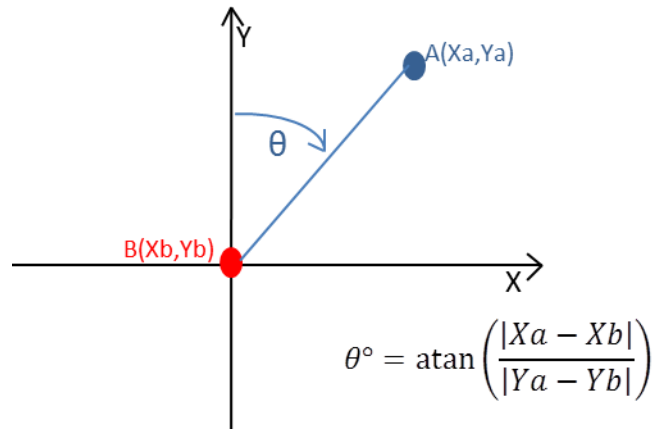


Figura 44 Subcaso d.1

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta + 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd.

d.2) Si  $X_a > X_b$  y  $Y_a \leq Y_b$

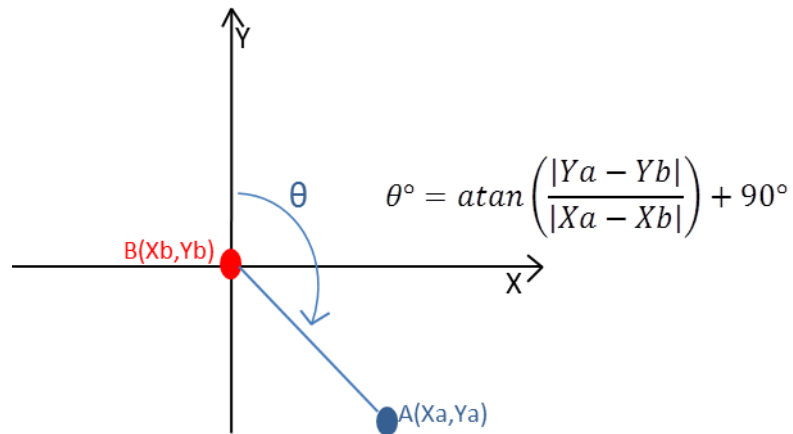


Figura 45 Subcaso d.2

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta + 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd.

d.3) Si  $X_a \leq X_b$  y  $Y_a < Y_b$

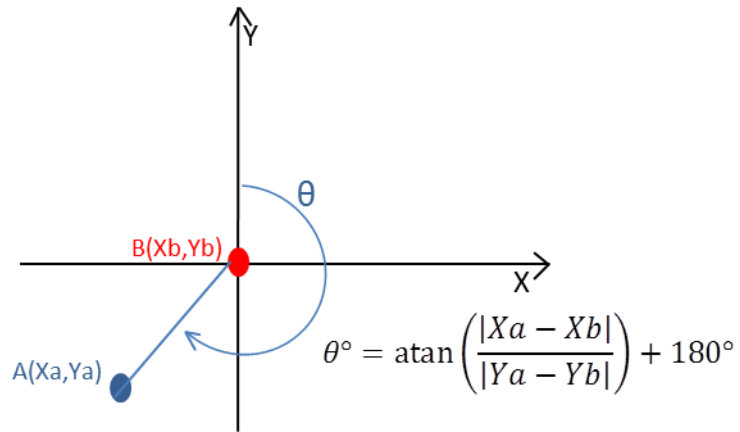


Figura 46 Subcaso d.3

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta - 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd.

d.4) Si  $X_a < X_b$  y  $Y_a \geq Y_b$

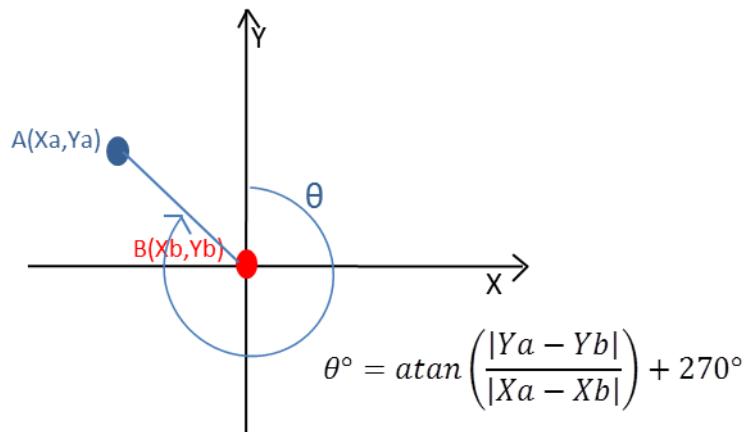


Figura 47 Subcaso d.4

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta - 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd.

e) Asignación de prioridad de sector destino (Sd)

Para la asignación de prioridades el objeto *sector destino* posee 2 constructores inicialmente vacíos, a parte de los que se han ido llenando en los pasos anteriores. En el primero se ingresa la distancia exacta desde su sitio B hasta el sitio A calculada con la *Ecuación 2* explicada en la sección 2.4.3.

El segundo constructor a llenar en esta sección se define como el campo *Prioridad*, al cual le es ingresado un valor al cumplir solo una de las siguientes condiciones, basadas en la *Figura 43* y en los cálculos realizados:

#### **PRIORIDADES:**

1.-Si  $D(A,B)utm < \frac{Dsd}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf

3.-Si  $\frac{Dsd}{3} < D(A,B)utm < 2 * \frac{Dsd}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf

5.-Si  $2 * \frac{Dsd}{3} < D(A,B)utm < Dsd$  y Sitio B  $\in$  a Aasf

6.-Si  $Dsd < D(A,B)utm < 2 * Dsd$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B  $\in$  a Aasf

7.-Si  $Dsd < D(A,B)utm < 2 * Dsd$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B no  $\in$  a Aasf

8.-Si  $2 * Dsd < D(A,B)utm$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B  $\in$  a Aasf

9.-Si  $2 * Dsd < D(A,B)utm$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B no  $\in$  a Aasf

10.-Si Sitio A no  $\in$  a Aasd Y todos los sd que no cumplan las condiciones anteriores dentro del Radio de búsqueda.

Este procedimiento se repite desde la sección Caso 2 parte b, tantas veces como sectores de la plataforma escogida posea ese nodo/celda en el sitio destino (B) y luego se realiza el mismo procedimiento en caso de que haya otro nodo en ese sitio.

#### 4.3.2.1.2.3 Caso 3 Si $X_a=X_b$ y $Y_a=Y_b$

Al tener el sitio fuente y el sitio destino con las mismas coordenadas UTM se concluye que los sectores  $s_f$  y  $s_d$  trabajados están en la misma radio base, por lo tanto se asigna directamente **Prioridad 1** al sector destino

#### 4.3.2.1.3 Paso 3: Listas de Prioridad (LP)

- ✓ Con todos los sectores de la plataforma de los sitios de LSDO analizados se establece una lista de sectores clasificados para cada prioridad. Todos los sectores que poseen prioridad 1 se ingresan a la lista de prioridad 1 (LP1), los sectores que tengan prioridad 2 se asignan a la lista de prioridad 2 (LP2), y así consecutivamente para cada prioridad.
- ✓ Luego cada lista es ordenada de menor a mayor, por la distancia  $D(A,B)_{UTM}$  que posean los sitios destino de cada sector. Los que tengan la misma distancia se ordenan por el ID de sector de menor a mayor.
- ✓ Al tener todas las listas ordenadas se concatenan en orden de prioridad de menor a mayor todas las listas en una sola, llamada **Lista de Adyacencias Recomendadas (LAR)**:

$$LAR = LP1 + LP2 + LP3 + LP4 + LP5 + LP6 + LP7 + LP8 + LP9 + LP10$$

- ✓ En concordancia con el punto 3.1.5, debido a las limitantes de las tecnología cada plataforma posee 31 cupos para declarar adyacencias en cada sector, es



decir, si se está trabajando en modo 2G/2G o IRAT y el *sf* es 2G tiene 31 cupos para insertar adyacencias 2G/2G y 31 cupos más para declarar adyacencias hacia 3Gf1. Si se está trabajando con un *sf* 3G en modo 3G/3G (Interfrequency o Intrafrequency) o IRAT ese sector tiene 31 cupos para su misma frecuencia, 31 cupos para otra frecuencia y 31 más para 2G. Por lo tanto en la siguiente comparación se tomarán en cuenta primordialmente los primeros 31 sectores de la LAR en cualquiera que sea el modo de trabajo.

#### **4.3.2.1.4 Paso 4: Se compara LAR con Lista de Adyacencias Instaladas (LAI)**

- ✓ Dependiendo de la tecnología que presente el *sf* (Huawei, Ericsson o Nokia), el programa ingresa a la base de datos planteada por el OSS del proveedor de ese sector y busca mediante un Query de selección las adyacencias actuales que tiene declarado el *sf* usando su Cell ID e importa esos datos en una lista llamada **Lista de Adyacencias Instaladas Salientes (LAIS)**. Estas son las adyacencias que tenemos declaradas en el sentido **Sector Fuente→Sector Destino**.
- ✓ Para encontrar las adyacencias instaladas en sentido **Sector Fuente←Sector Destino** se ingresa a las base de datos de todos los proveedores y mediante otro Query de selección usando el Cell ID del sector fuente. Para buscar en todos los OSS los sectores que tienen declarado al sector fuente. Estos datos se ingresan en una **Lista de Adyacencias Instaladas Entrantes (LAIE)**. Las 2 listas LAIS y LAIE se ordenan en forma de tabla siendo cada lista una columna, y el resultado es denominado **Lista de Adyacencias Instaladas (LAI)**, la cual se estructura para mostrarla en la ventana de *Adyacencias Encontradas (Figura 48)*





**Tabla 9 Relación de Listas de Comparación**

Tipo de Handover Ingresado		SECTORES		En que OSS se busca?	
		Fuente	LSDO y LAR	LAIS	LAIE
GSM 2G/2G		2G	2G	Huawei 2G/ Nokia	Huawei 2G/ Nokia
UMTS (3G/3G) INTRA	3G/3G	3G f1	3G f1	Huawei 3G/ Ericsson	Huawei 3G/ Ericsson
UMTS (3G/3G) INTRA	3G/3G	3G f2	3G f2	Huawei 3G/ Ericsson	Huawei 3G/ Ericsson
UMTS (3G/3G) INTER	3G/3G	3G f1	3G f2 (=RBS)	Huawei 3G/ Ericsson	Huawei 3G/ Ericsson
UMTS (3G/3G) INTER	3G/3G	3G f2	3G f1	Huawei 3G/ Ericsson	Huawei 3G/ Ericsson
IRAT	2G/3Gf1	2G	3Gf1	Huawei 2G /Nokia	Huawei 3G/ Ericsson
IRAT	3Gf1/2G	3G f1	2G	Huawei 3G/ Ericsson	Huawei 2G /Nokia
IRAT	3Gf2/2G	3G f2	2G	Huawei 3G/ Ericsson	no aplica

Es importante resaltar 2 premisas de la *Tabla 9* que van en concordancia a lo explicado en el *punto 3.1.5*

- En el modo de búsqueda 3G/3G interfrequency f1 hacia f2, las listas LSDO y LAR están constituidas por sectores pertenecientes a la misma radio base únicamente, descartando de estas listas los sectores f2 que estén en otros sitios. Dando como resultado que no se aplican los *casos 1 y 2* del *Paso 2*.
- En el modo IRAT 3Gf1/2G el proceso de *comparación de adyacencias* es condicionado a omitir el estudio de la bidireccionalidad, ya que en este modo se declaran adyacencias en un solo sentido

#### **4.3.2.2 Caso Por RNC y BSC**

Por motivo de falta de recursos y deficiencia en los datos de entrada proporcionados por la compañía, el algoritmo en los casos Por RNC y Por BSC no llegó a probarse. Por lo tanto, el diseño de los mismos fue anexado a este trabajo de grado.

### 4.3.3 Visualización Gráfica

Una vez culminado el algoritmo raíz el usuario tiene la opción de seleccionar a voluntad de las tablas mostradas en la ventana principal las adyacencias que desea instalar o eliminar (*Figuras 50 y 49*), para ello también debe tener la oportunidad de visualizar las opciones seleccionadas en la ventana de visualización gráfica (*Figura 51*) al pulsar el botón de “Visualizar” de la ventana principal. En caso de no haber seleccionado ninguna opción, al presionar el botón mencionado se deben graficar por defecto todos los resultados del algoritmo raíz en la ventana de visualización como muestra la *Figura 51*:



Figura 51 Ventana de Visualización Gráfica

Siendo:

- **Color anaranjado:** Los sectores que se encuentran Instalados y cumplen con el algoritmo de recomendación.
- **Color Azul:** Los sectores recomendados a instalarse o bidireccionalidades faltantes que no se encuentran instaladas correctamente.
- **Color Negro:** Los recomendados a Eliminarsse.
- **Color Rojo:** El sector Origen.
- **Colores Verde claro y Amarillo:** El resto de los sectores dentro del radio de búsqueda, identificados con diferentes tonalidades que muestran las diferentes alturas totales a las que se encuentran.
- **Color Verde de fondo:** se presenta en diferentes tonalidades dependiendo de las cotas de terreno de la zona, siendo más claro la parte de mayor altura y más oscuro las zonas de menor altura.

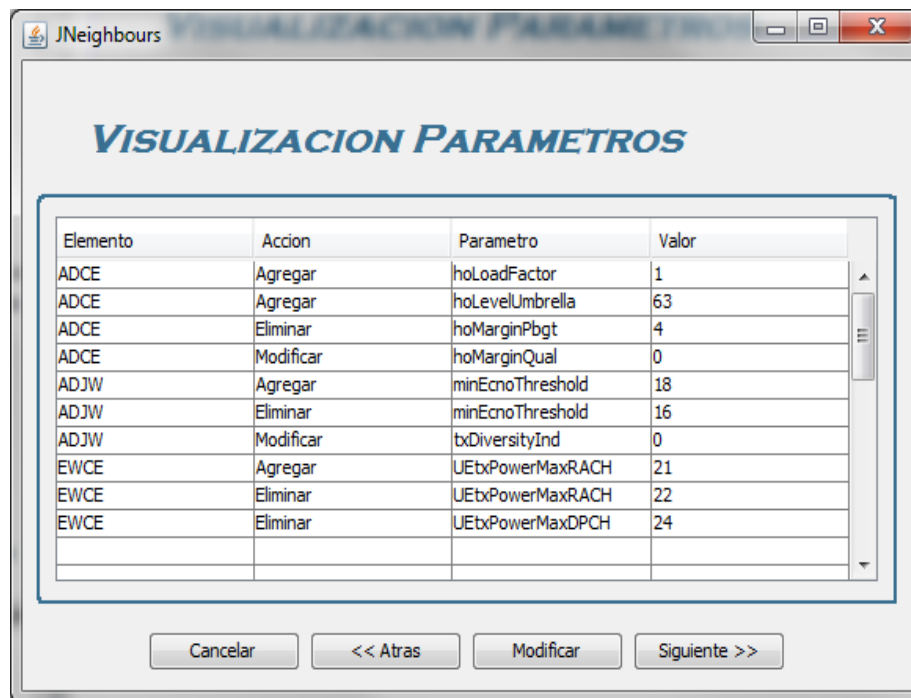
#### 4.3.4 Generación de Scripts

Una vez finalizado el algoritmo raíz, con las opciones seleccionadas por el usuario se encuentra la posibilidad de pulsar el botón “Siguiente” en la Ventana Principal (*Figura 30*) o presionar su botón equivalente desde la ventana de Visualización Gráfica (*Figura 51*) referenciado únicamente al análisis *Por Sector*. En cualquiera de las 2 ventanas al presionar este botón se debe accionar el Cuadro de dialogo adecuado (*Figura 52*) de confirmación antes de generar el(los) script(s) de configuración. Si se proviene de la ventana principal el cuadro de diálogo mostrado es el inferior de la *Figura 52*, si se proviene de la ventana de visualización gráfica es el superior. En concordancia con el mapa de navegación mostrado en la *Figura 28*.



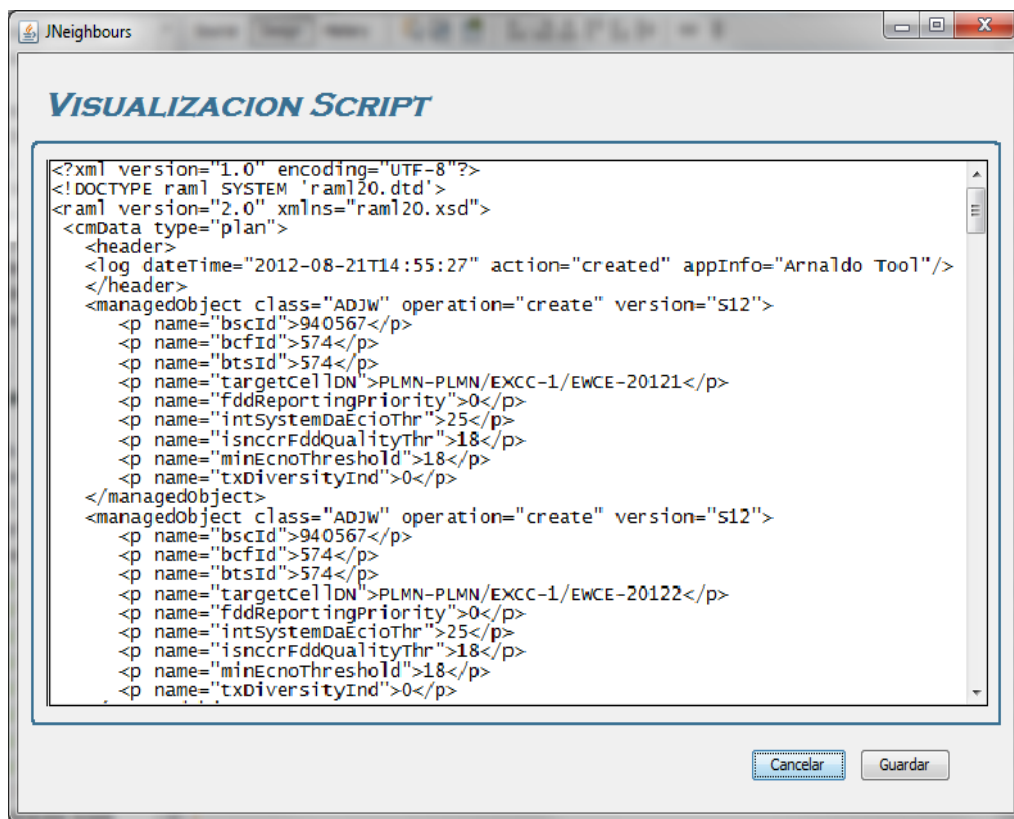
**Figura 52 Cuadros de diálogos posibles**

Para solventar características actuales de mejoramiento de adyacencias explicadas en el punto 3.1.7, dependiendo de las adyacencias seleccionadas se genera uno o varios scripts, por lo tanto al confirmar su generación se abre una o varias ventanas de visualización de parámetros (*Figura 53*).



**Figura 53 Ejemplo de una Ventana de Visualización de Parámetros por defecto**

Con el accionar del su botón siguiente se convertirán en ventanas de visualización de script (*Figura 54*), como lo indica el mapa de navegación. Cada ventana representa cada OSS de cada proveedor de tecnología donde se ejecuta el archivo. En el caso de Telefónica Venezolana hay 3 OSS empleados en la gerencia de acceso: M200 (Huawei), NetAct (Nokia) o OSS Ericsson (Ericsson).



**Figura 54** Ejemplo de una Ventana de Visualización de Script

Se hace notar que aunque las ventanas de visualización de script son similares en estructura, dependiendo del OSS el script tiene que corresponder con diferentes formatos mencionados a continuación:

- OSS Ericsson (Ericsson) → .txt
- M200 (Huawei) → .txt
- NetAct (Nokia) → .xml



## **CAPÍTULO V**

### **PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1 Pruebas**

Se sometió a prueba la propuesta tecnológica en un modelo de red lo más similar posible a la red de acceso de la compañía, con la finalidad de probar únicamente la funcionalidad del algoritmo creado. Debido a la falta de recursos y deficiencias en los datos de entrada necesarios para la correcta ejecución del programa, se simuló un modelo del diseño en Microsoft Excel, ya que este permitía corregir localmente las incongruencias presentadas en la información interna de las bases de datos de Telefónica y permitió realizar las pruebas que demuestran la factibilidad del algoritmo.

El modelo se estructuró en hojas de calculo dentro de Excel, donde la mayoría de las operaciones aritméticas están representadas en fórmulas dentro de las tablas, y los procesos de lectura, ordenamiento, filtrado y llenado de datos se realizaron a través de macros usando la herramienta interna de Excel para programar en lenguaje Visual Basic. Dichas hojas de cálculos se presentan a continuación:

##### **5.1.1 Tablas de Pruebas**

### 5.1.1.1 Tabla de Datos de las estaciones

Tabla 10 Segmento de Tabla de Estaciones de la BDU

IDESTACION	REGION	MERCADOS	COTA	LongWGS84	LatWGS84	NOMBRE_ESTACION
10001	Oriente	Porlamar	8	-63.9414542	10.94831394	Villa_Rosa
10003	Oriente	Anaco	226	-64.4674625	9.44246156	Anaco_N
10006	Oriente	Cumana	131.6	-64.2526689	10.55662156	Araya
10008	Oriente	Puerto La Cruz	9.1	-64.68351	10.13306	Barcelona
10012	Oriente	Carupano	913.5	-63.3249801	10.5473785	Campeare
10027	Oriente	El Tigre	299.8	-64.2611011	8.89476695	El_Tigre_N
10031	Oriente	Guiria	70.3	-62.2982511	10.60133828	Guiria
10266	Oriente	Paria	11.6	-63.24946944	10.66646944	CDC_Juncal_Carupano1
11001	Guayana	Maturin	30.3	-63.018361	9.378917	ElBlanquero
11003	Guayana	Tucupita	34.6	-62.659056	9.005861	Temblador
11005	Guayana	Ciudad Bolivar	120.8	-63.527917	8.086528	C_Bolivar_S
11011	Guayana	Puerto Ordaz	143.5	-62.728469	8.295069	Caura
11023	Guayana	ta Elena de Uair	1048	-61.10391	4.58412	St_Elena_de_U
12001	Occidente	Maracaibo	39.8	-71.61265	10.6649	5_De_Julio
12002	Occidente	COL	1268.4	-70.71498	10.14253	Agua_Linda
12004	Occidente	Falcon	21.9	-70.16868	11.74707	Amuay
12007	Occidente	Perija	74.5	-71.9884	10.4835	Boscan
13002	Centro Llanos	Zaraza	426.9	-66.3835558	9.86735851	Alt_Orituco
13003	Centro Llanos	Maracay	444.4	-67.5955027	10.24405998	Bermudez

### 5.1.1.2 Tabla de simulación de los Sectores GSM.

Tabla 11 Segmento de Tabla de Sectores GSM de Rf Database

STATION ID	MERCADO	CELLID	SECTOR	HEIGHT	AZIMUTH	MDT	EDT	VENDOR
10001	Porlamar	55911	1	55	90	0	0	Nokia
10003	Anaco	55021	1	48	90	0	3	Nokia
10006	Cumana	55051	1	26	70	0	1	Nokia
10008	Puerto La Cruz	55071	1	40	25	0	6	Nokia
10012	Carupano	55151	1	53	35	2	0	Nokia
10027	El Tigre	55361	1	45	0	0	6	Nokia
10031	Guiria	55401	1	53	60	4	0	Nokia
10266	Paria	56351	1	25	90	0	0	Nokia
11001	Maturin	60061	1	93	140	2	0	Nokia
11003	Tucupita	60511	1	93	330	2	0	Nokia
11005	Ciudad Bolivar	60131	1	55	140	0	4	Nokia
11011	Puerto Ordaz	60731	1	45	160	0	7	Nokia
11023	ta Elena de Uai	61541	1	66	40	0	4	Nokia
12001	Maracaibo	45021	1	24	70	0	0	Nokia
12002	COL	47501	1	50	80	0.93	1.33	Huawei
12004	Falcon	45061	1	54	50	0	0	Nokia
12007	Perija	45091	1	94	80	0	0	Nokia
13002	Zaraza	30031	1	76	75	2	2	Nokia
13003	Maracay	30051	1	31	90	2	4	Nokia

### 5.1.1.3 Tabla de simulación de los Sectores UMTS

Tabla 12 Segmento de Tabla de Sectores UMTS de Rf Database

STATION ID	NODE ID	U_CELL ID	SECTOR_ID	HEIGHT	AZIMUTH	MDT	EDT	VENDOR	F1 o F2
10001	5808	58081	1	58	85	0	2	Ericsson	f1
10003	5901	59011	1	44	100	0	0	Ericsson	f1
10006	5997	59971	1	26	70	0	1	Ericsson	f1
10008	5904	59041	1	38	25	0	4	Ericsson	f1
10015	5957	59571	1	61	85	0	0	Ericsson	f1
10027	5919	59191	1	70	60	0	0	Ericsson	f1
10031	5967	59671	1	53	60	4	0	Ericsson	f1
11002	6394	63941	1	97	140	2	0	Huawei	f1
11003	6395	63951	1	93.5	60	5	0	Huawei	f1
11005	6344	63441	1	60	20	0	6	Huawei	f1
11011	6352	63521	1	45	120	0	7	Huawei	f1
11039	6205	62051	1	80	110	3	0	Huawei	f1
12001	4973	49731	1	22.7	30	0	0	Huawei	f1
12004	4903	49031	1	59	30	0	5	Huawei	f1
12005	2810	28101	1	97	130	0	0	Huawei	f2
12007	4888	48881	1	86	15	5	0	Huawei	f1
13002	3456	34561	1	80	80	0	0	Huawei	f1
13003	3926	39261	1	29.76	90	0	2	Huawei	f1
13007	3477	34771	1	70	75	0	3	Huawei	f1

### 5.1.1.4 Tabla de Ingreso de datos y Búsqueda

Tabla 13 Tabla de Inputs del Algoritmo Raíz

ESTACION BDU											
IDESTACION	REGION	COTA	LongWGS84	LatWGS84	NOMBRE_ESTACION						
16030	Gran Caracas	888.5	-66.8442	10.496823	Canaima_CS						
SECTOR RF											
STATION ID	NODE ID	MERCADO	CELLID	SECTOR	HEIGHT	AZIMUTH	MDT	EDT	VENDOR	Frequency	
16030	1428	Core	14286	6	19	310	0	3	Huawei	f1	
<b>RADIO</b>	4000										

### 5.1.1.5 Tabla de cálculo conversión de coordenadas

Tabla 14 Segmento de hoja de cálculo de Conversión a Coordenadas UTM

CONVERSION DE COORDENADAS WGS84 A PROYECCION UTM						
	IDESTACION	$\lambda$ (Long)grad	$\varphi$ (Lat)grad	X	Y	
Sitio A	16030	-66.8442	10.496823	735,950.60680639	1,161,152.78601797	
SITIOS	IDESTACION	$\lambda$ (Long)grad	$\varphi$ (Lat)grad	X	Y	D(A,B) UTM
Sitio B	10001	-63.9414542	10.94831394	1,053,382.91738903	1,214,912.97289854	321,952.5267726
Sitio B	10003	-64.4674625	9.44246156	998,064.19535344	1,047,007.08642827	285,889.4437293
Sitio B	10004	-64.4730896	9.41980911	997,477.21505285	1,044,487.11726213	286,368.7222571
Sitio B	10005	-64.8318174	9.45107404	957,944.79618407	1,047,461.10501554	249,413.7495140
Sitio B	10006	-64.2526689	10.55662156	1,019,935.27668671	1,170,908.55020366	284,152.1910207
Sitio B	10007	-64.2855545	10.37578752	1,016,626.41823761	1,150,795.80152564	280,866.8336603
Sitio B	10008	-64.68351	10.13306	973,297.17641827	1,123,265.16446871	240,351.5466420
Sitio B	10009	-64.6847235	10.15594217	973,130.16368107	1,125,800.14000245	239,799.8160541
Sitio B	10010	-65.426249	10.13734436	891,741.40733109	1,122,750.22014408	160,454.1385999
Sitio B	10011	-64.6383026	10.19548236	978,169.96159338	1,130,252.08204757	244,182.4509241
Sitio B	10012	-63.3249801	10.5473785	1,121,843.20485636	1,171,584.44850407	386,033.5695402
Sitio B	10013	-64.3675867	9.31408622	1,009,249.75675865	1,032,914.25070930	301,889.9589300
Sitio B	10014	-63.543251	10.48821052	1,097,971.16854229	1,164,586.56036856	362,036.8460887
Sitio B	10015	-63.2680618	10.66072427	1,127,866.96280144	1,184,290.28227996	392,598.7440501
Sitio B	10016	-63.85083333	10.97805556	1,063,264.64031413	1,218,382.53696734	332,279.5824676
Sitio B	10017	-63.9132165	10.99605949	1,056,389.79827764	1,220,263.90286288	325,845.6683238

### 5.1.1.6 Tabla de cálculo de sectores GSM

Tabla 15 Segmento de hoja de Cálculo contra sectores GSM

CI_source	Htotal	Tilt_total	VENDOR							
14286	907.5	3								
			D(A,B)	D(A,B) UTM	Caso(h)	C1 Subcaso(X,Y)	C2 Subcaso(X,Y)	B $\epsilon$ $\Delta$ A	A $\epsilon$ $\Delta$ B	Prioridad
10457	903.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
12171	912.5	70	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
12172	912.5	70	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
12173	912.5	70	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
12174	912.5	70	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
10451	913.5	70	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
10452	903.5	5	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
10453	903.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
10458	903.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
16801	890.5	70	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1
10722	919.5	5	271.993	271.793	2	4	2	SI	NO	5
10723	919.5	5	271.993	271.793	2	4	2	SI	NO	5
17236	932	4	473.063	470.962	2	4	2	SI	NO	5
17238	929	3	473.063	470.962	2	4	2	SI	NO	5
13041	1023.5	0	1,589.988	1,582.153	2	4	2	SI	NO	5
13046	1023.5	0	1,589.988	1,582.153	2	4	2	SI	NO	5
17232	929	9	473.063	470.962	2	4	2	SI	SI	6

### 5.1.1.7 Tabla de cálculo de sectores UMTS

Tabla 16 Segmento de hoja de Cálculo contra sectores UMTS

CI_Source	Htotal	Tilt_total	VENDOR								
14286	907.5	3									
CI_UMTS	Htotal	Tilt_total	D(A,B)	D(A,B) UTM	Caso(h)	C1 Subcaso(X,Y)	C2 Subcaso(X,Y)	BeΔA	AεΔB	Prioridad	
19506	888.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
19505	888.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
19501	888.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
19502	888.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
19503	888.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
19504	888.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
14282	907.5	3	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
14281	889.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
14285	907.5	2	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
14283	907.5	7	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
14284	907.5	3	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
19511	889.5	0	0.000	0.000	3	BASE	BASE	BASE	BASE	1	
21055	925.5	0	271.993	271.793	2	4	2	SI	SI	3	
21054	925.5	0	271.993	271.793	2	4	2	SI	NO	3	
21056	925.5	0	271.993	271.793	2	4	2	SI	NO	3	
21052	919.5	0	271.993	271.793	2	4	2	SI	NO	5	
21053	919.5	0	271.993	271.793	2	4	2	SI	NO	5	

### 5.1.1.8 Tabla de Adyacencias instaladas 2G/2G

Tabla 17 Segmento de Tabla de adyacencias 2G/2G instaladas

bscid	bcfld	btsid	cellid	adjacentCellIdCI	adjacentCellIdLac
215376	85	85	10011	10012	1139
215376	85	85	10011	10013	1139
215376	85	85	10011	10016	1139
215376	85	85	10011	10017	1139
215376	85	85	10011	10018	1139
215376	85	85	10011	10072	1133
215376	85	85	10011	10077	1133
215376	85	85	10011	10081	1133
215376	85	85	10011	10082	1133
215376	85	85	10011	10083	1133
215376	85	85	10011	10181	1139
215376	85	85	10011	10186	1139
215376	85	85	10011	10452	1131
215376	85	85	10011	10532	1231
215376	85	85	10011	10551	1231
215376	85	85	10011	10552	1231
215376	85	85	10011	10553	1231
215376	85	85	10011	10556	1231

### 5.1.1.9 Tabla de Adyacencias instaladas 2G/3G

Tabla 18 Segmento de Tabla de adyacencias 2G3G instaladas

bscd	bcd	btsId	cellId	AdjwCId	adjwId
215376	85	85	10011	14001	9
215376	85	85	10011	14002	18
215376	85	85	10011	14003	24
215376	85	85	10011	14004	17
215376	85	85	10011	14005	15
215376	85	85	10011	14006	19
215376	85	85	10011	14041	16
215376	85	85	10011	14042	0
215376	85	85	10011	14043	1
215376	85	85	10011	14051	26
215376	85	85	10011	14052	31
215376	85	85	10011	14053	30
215376	85	85	10011	14231	2
215376	85	85	10011	14282	5
215376	85	85	10011	14283	3
215376	85	85	10011	14351	8
215376	85	85	10011	14352	7

### 5.1.1.10 Tabla de adyacencias instaladas 3G/2G

Tabla 19 Segmento de Tabla de adyacencias 3G2G instaladas

RNCID	CELLID	FREQUENCY	GSMCELLINDEX
11	14001	f1	10011
11	14001	f1	10012
11	14001	f1	10013
11	14001	f1	10016
11	14001	f1	10017
11	14001	f1	10018
11	14001	f1	10072
11	14001	f1	10077
11	14001	f1	10081
11	14001	f1	10082
11	14001	f1	10083
11	14001	f1	10181
11	14001	f1	10186
11	14001	f1	10452
11	14001	f1	10532
11	14001	f1	10551
11	14001	f1	10552
11	14001	f1	10553
11	14001	f1	10556
11	14001	f1	10558

### 5.1.1.11 Tabla de adyacencias instaladas 3G/3G Intrafrequency

Tabla 20 Segmento de Tabla de adyacencias 3G3G Intrafrequency instaladas

RNCID	CELLID	FREQUENCY	NCELLRNCID	NCELLID	NFREQUENCY
11	14001	f1	11	14002	f1
11	14001	f1	11	14003	f1
11	14001	f1	11	14004	f1
11	14001	f1	11	14005	f1
11	14001	f1	11	14006	f1
11	14001	f1	11	14042	f1
11	14001	f1	11	14051	f1
11	14001	f1	11	14052	f1
11	14001	f1	11	14053	f1
11	14001	f1	11	14285	f1
11	14001	f1	11	14286	f1
11	14001	f1	11	14351	f1
11	14001	f1	11	14352	f1
11	14001	f1	11	14353	f1
11	14001	f1	11	14953	f1
11	14001	f1	11	15511	f1
11	14001	f1	11	18023	f1

### 5.1.1.12 Tabla de adyacencias instaladas 3G/3G Interfrequency

Tabla 21 Segmento de Tabla de adyacencias 3G3G Interfrequency instaladas

RNCID	CELLID	FREQUENCY	NCELLRNCID	NCELLID	NFREQUENCY
11	14032	f1	11	14761	f1
11	14033	f1	11	14761	f1
11	14081	f1	11	14761	f1
11	14081	f1	11	14763	f1
11	14761	f1	11	14032	f1
11	14761	f1	11	14033	f1
11	14761	f1	11	14081	f1
11	14761	f1	11	18901	f1
11	14761	f1	11	18931	f1
11	14761	f1	11	19071	f1
11	14761	f1	11	19072	f1
11	14761	f1	11	19181	f1
11	14761	f1	11	19271	f1
11	14761	f1	11	19272	f1
11	14761	f1	11	19273	f1
11	14761	f1	11	20101	f1
11	14761	f1	11	20441	f1
11	14761	f1	11	20442	f1
11	14761	f1	11	20443	f1

### 5.1.1.13 Tabla de Datos de Salida

Tabla 22 Tabla de Datos de Salida del algoritmo raiz

sec. fuente	Recomendadas	I. SALIENTES	I. ENTRANTES	INSTALADAS	INSTALAR	ELIMINAR	BIDI SALIENTES	BIDI ENTRANTE
14286	19506	14001	14001	14001	19502	14001 <-->		
	19505	14002	14002	14002	19511	14052 <-->		
	19501	14003	14003	14003	14042	15622 <-->		
	19502	14004	14004	14004	14341	19151 <-->		
	19503	14052	14052	14052	15511	19152 <-->		
	19504	14281	14281	14281	15512	19153 <-->		
	14282	14282	14282	14282	19285			
	14281	14283	14283	14283	19284			
	14285	14284	14284	14284	14953			
	14283	14285	14285	14285	19353			
	14284	15622	15622	15622				
	19511	19151	19151	19151				
	21055	19152	19152	19152				
	21054	19153	19153	19153				
	21056	19501	19501	19501				
	21052	19503	19503	19503				
	21053	19504	19504	19504				
	21051	19505	19505	19505				
	20612	19506	19506	19506				

Se hace notar que todos los datos utilizados para las pruebas fueron recolectados el día 9 de Agosto de 2012, construyendo un grupo de datos coherentes referenciados al mismo día, para que los resultados arrojados no presentaran errores por incompatibilidad de referencia.

### 5.1.2 Proceso de pruebas

Mediante el uso de las tablas, una prueba se inicia con el ingreso de los datos extraídos de las *tablas 10, 11 y 12*, en la *Tabla 13*. Al pulsar uno de los botones de esta tabla se escoge el modo de ejecución del algoritmo y se acciona el inicio de una serie de macros que realizan todo el proceso explicado a continuación de manera automatizada.



Se calculan las coordenadas UTM de todas las estaciones en la *Tabla 14*, y dependiendo del modo de ejecución se ingresan esas coordenadas a las *Tablas 15 o 16*. En las mismas, se procesa todos los cálculos del algoritmo raíz, hasta obtener una lista de adyacencias recomendadas (*Tabla 22* columna “Recomendadas”).

Posteriormente se lee la tabla de adyacencias instaladas, adecuada según el caso (*Tablas 17, 18, 19, 20 o 21*) y se realiza el proceso de *comparación de adyacencias* en la hoja de cálculo de datos de salida (*Tabla 22*). Siendo estos los resultados que se estructurarán en los formatos de listas de la ventana principal (*Figuras 48, 49 y 50*).

En la *Tabla 22* se aprecia los resultados del algoritmo raíz en las columnas según la siguiente descripción:

- **Instaladas:** Son las adyacencias que se presentarán en la lista de adyacencias encontradas (*Figura 48*)
- **Instalar, Bidi Saliente y Bidi Entrante:** Son las adyacencias recomendadas a instalar por el programa, divididas en 3 columnas para indicar el sentido de la adyacencia ( $\leftarrow\rightarrow$ ,  $\rightarrow$ ,  $\leftarrow$ ). Presentadas en la tabla de adyacencias faltantes (*Figura 49*).
- **Eliminar:** Son las adyacencias que el programa recomienda eliminar, que se presentarán en la lista de adyacencias recomendadas a eliminarse junto con sus KPI de handover relacionados (*Figura 50*).

## 5.2 Resultados

Para verificar la factibilidad del algoritmo se usó el programa *MapInfo 10.1* para graficar de manera manual únicamente las adyacencias recomendadas que arroja el proceso explicado en la sección anterior y dar una idea de cómo se podrían

visualizar en la Ventana de Visualización (*Figura 51*). Se realizaron los siguientes análisis:

### 5.2.1 Sector 16841 (Urbano) Modo 2G/2G

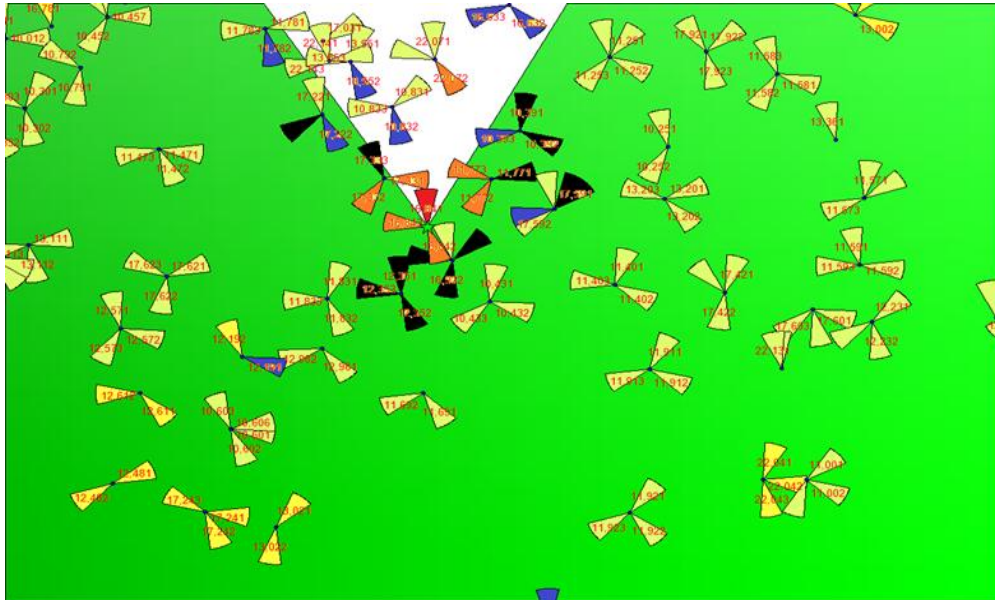


Figura 55 Prueba 1 sector 16841

### 5.2.2 Sector 11202 (Periferia) Modo 2G/2G

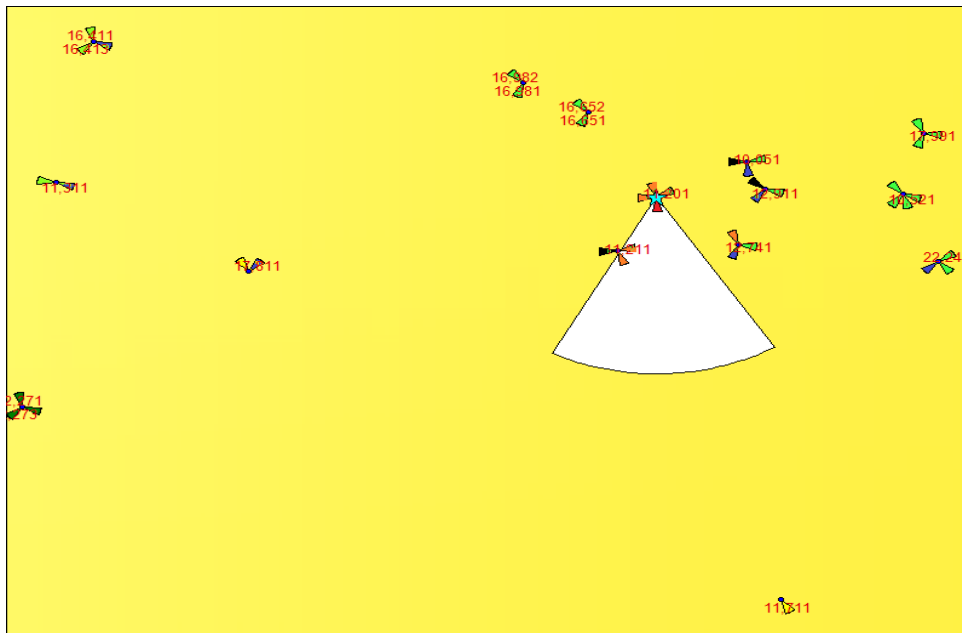


Figura 56 Prueba 2 Sector 11202

### 5.2.3 Sector 16841 (Urbano) Modo 2G/3Gf1

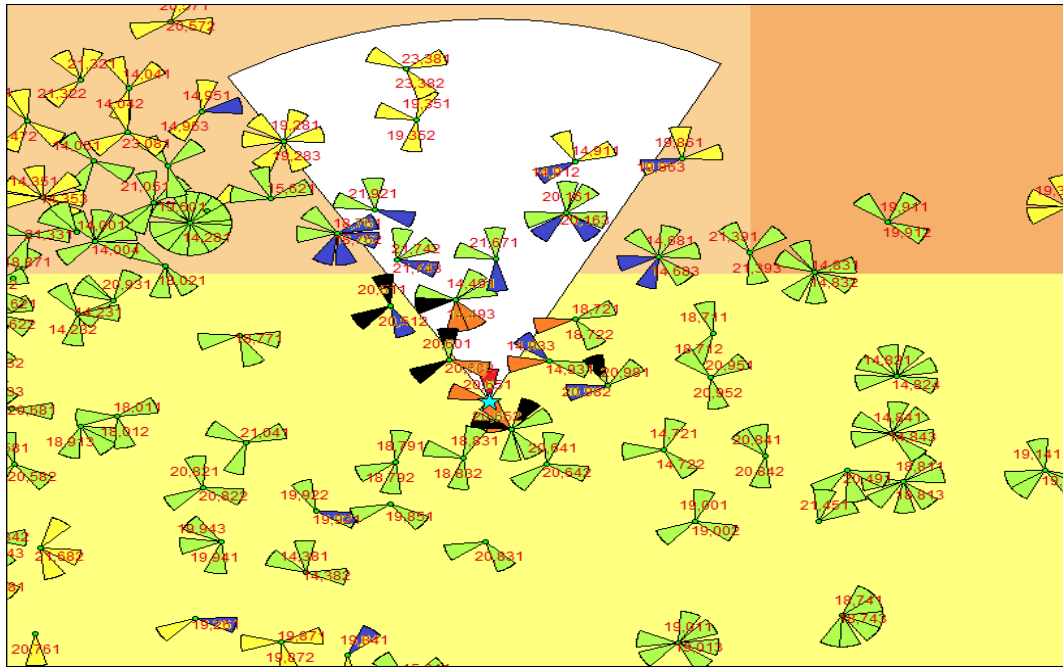


Figura 57 Prueba 3 Sector 16841

### 5.2.4 Sector 14286 (Urbano) Modo 3G/3G Intrafrequency F1/F1

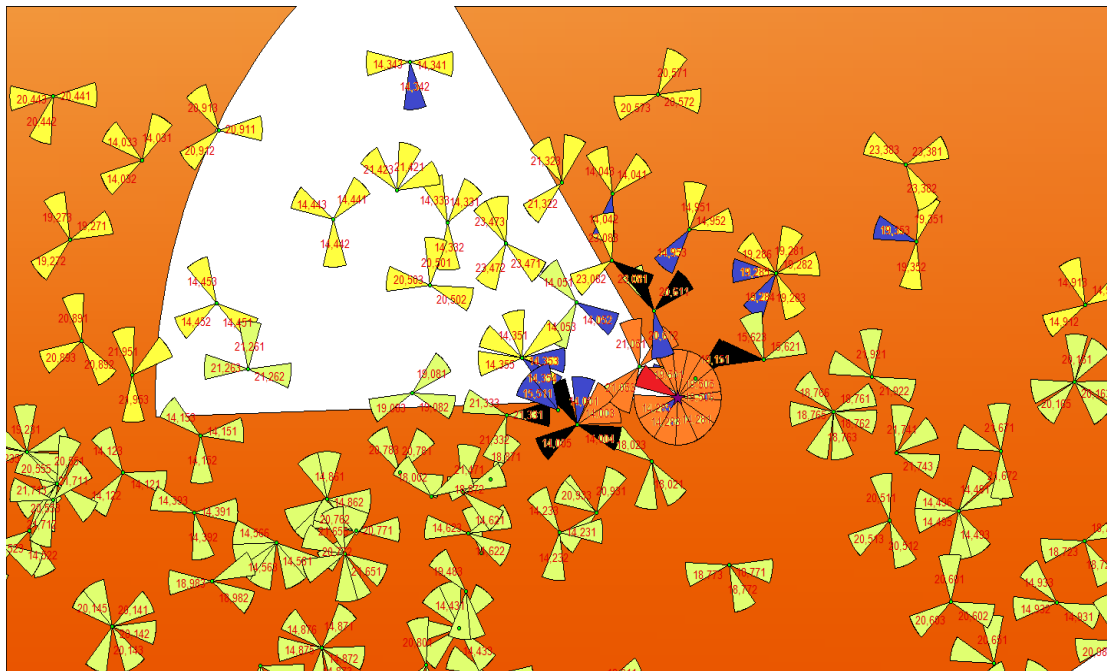


Figura 58 Prueba 4 Sector 14286

### 5.2.5 Sector 23413 (Urbano) Modo 3G/3G Interfrequency F2/F1

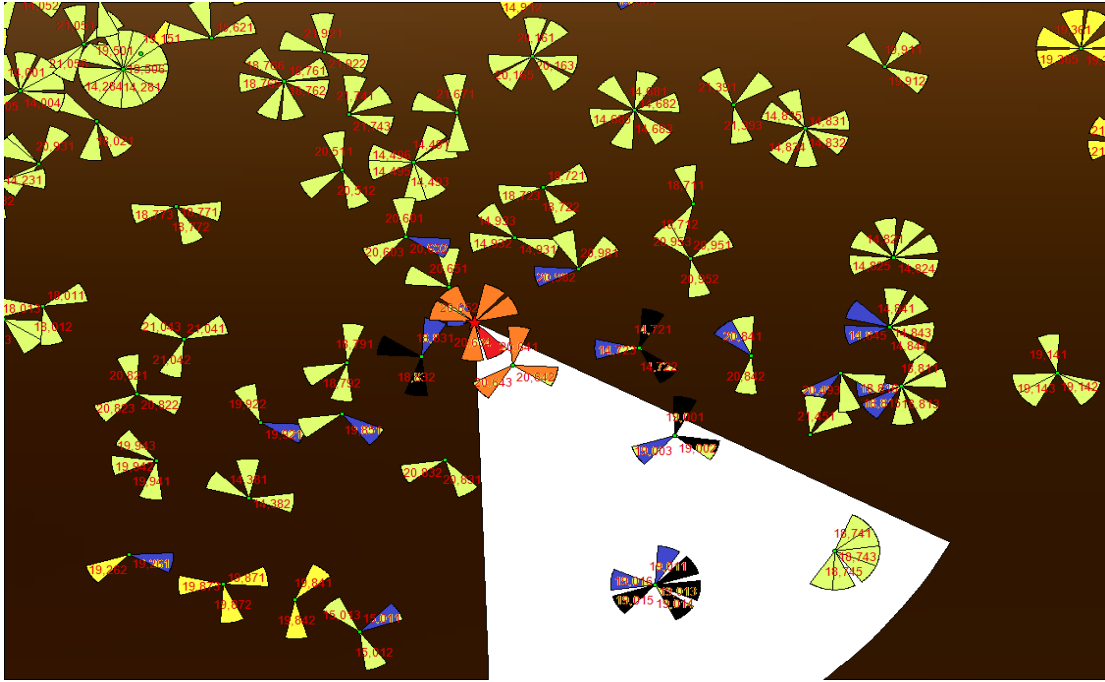


Figura 59 Prueba 4 Sector 23413

### 5.2.6 Sector 18712 (Periferia) Modo 3G/3G Intrafrequency F1/F1

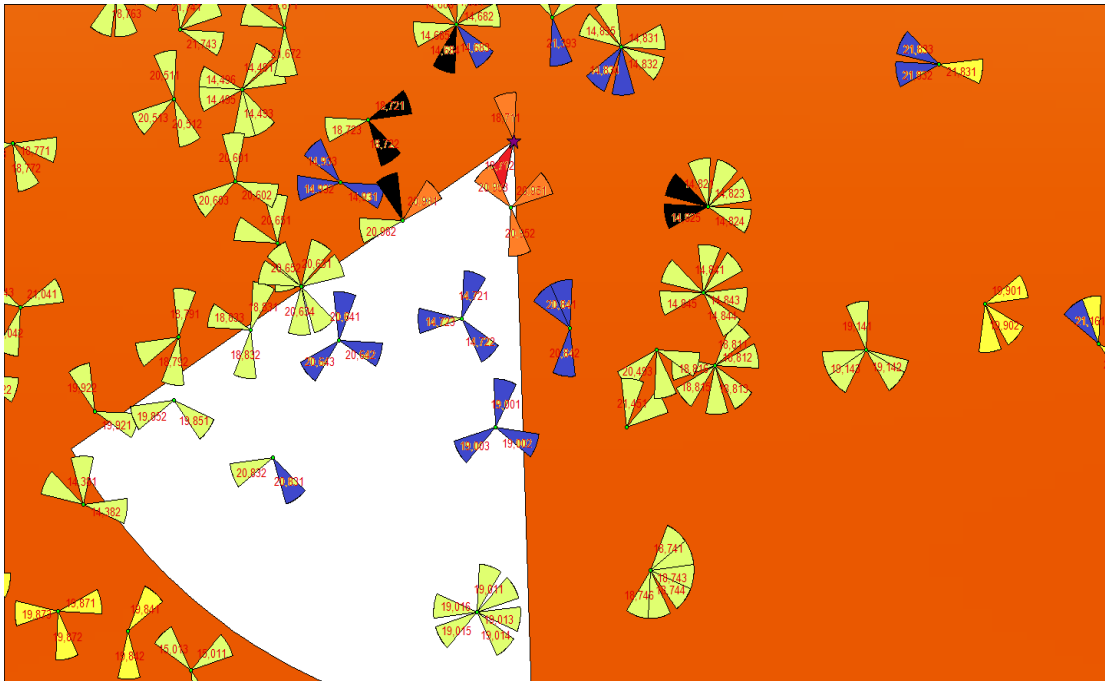


Figura 60 Prueba 6 Sector 18712

## 5.2.5 Análisis de Resultados

En las *Figuras 55, 57, 58 y 59*, se graficaron los sectores correspondientes a una zona urbana, donde se hace notar la cortas distancias entre las radio bases. Se observa que el algoritmo raíz recomienda la instalación de sectores (**en azul**) que solapan la zona de cobertura del sector fuente (**en rojo**) o por lo menos apuntan a la dirección de su radiobase. Hay sectores azules bastante alejados del sector fuente que se sugieren declarar como adyacentes, ya que presentan una altura y un área de cobertura muy grande, generalmente son conocidos como sectores “sombriilas” en el campo laboral.

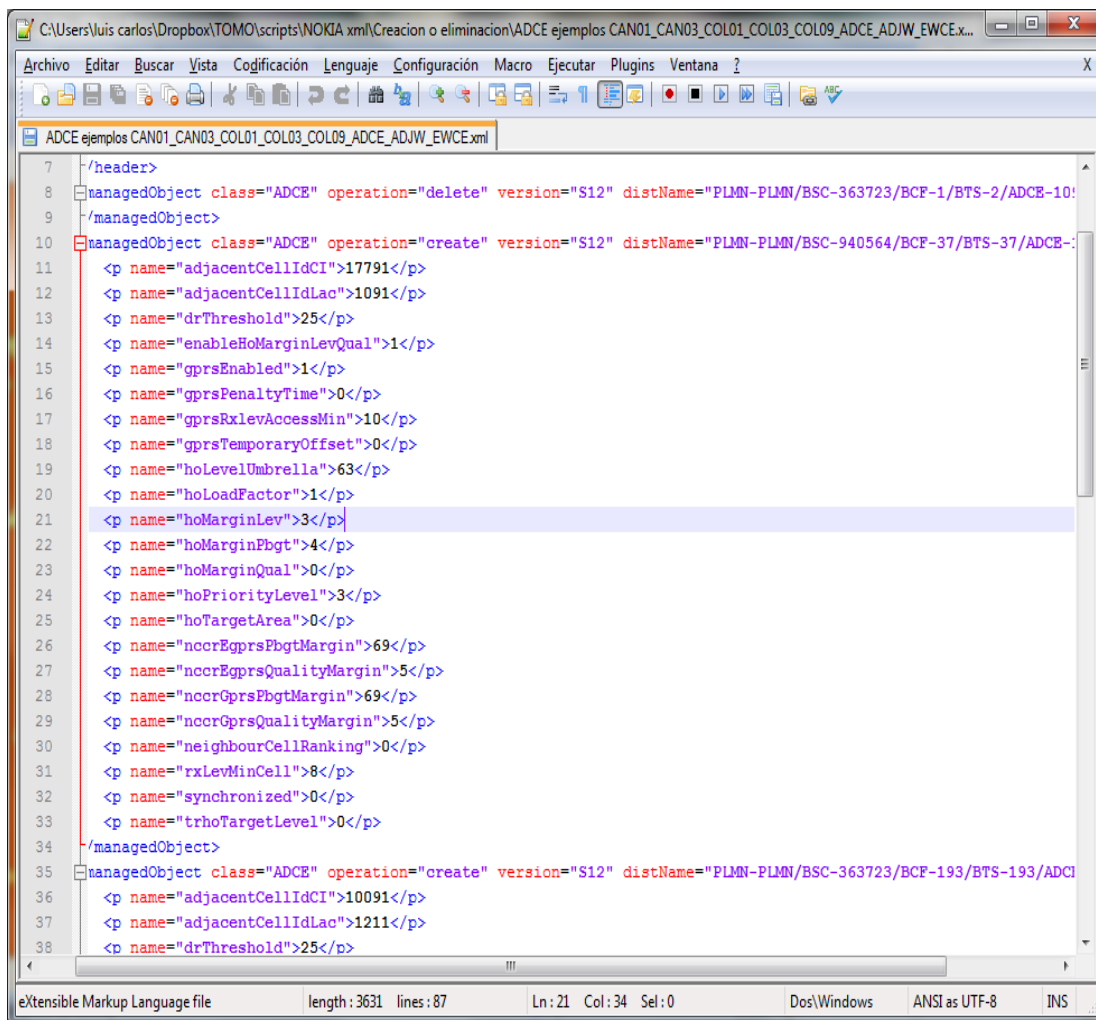
En cuanto a los sectores declarados como adyacentes que la herramienta recomienda eliminar (**en negro**), se debe a varias razones: 1) presentan una dirección contraria a donde esta ubicado la radio base fuente, 2) tienen un *tilt* de más de diez grados (las antenas están apuntando más hacia el suelo que hacia el horizonte) o 3) los sectores tienen una altura menor que la antena del sector fuente. Estos motivos impiden que el área de cobertura de esos sectores se intercepte con el área de cobertura del sector fuente, estableciendo huecos de cobertura entre esos sectores.

Los ingenieros de Radiofrecuencia consideran estos huecos un criterio fundamental para evitar configurar adyacencias innecesarias y consumir más recursos de los necesarios. El resultado del algoritmo esta en concordancia con los solicitado por los ingenieros.

En las *Figuras 56 y 60*, se graficaron zonas con menor densidad de sectores, las cuales generalmente están ubicadas en las periferias de las ciudades principales o en carreteras entre ciudades. Los resultados mostrados cumplen con el patrón descrito anteriormente pero con menor eficiencia, esto puede deberse a que en ese tipo de zonas hay áreas completamente sin cobertura, y las distancias entre las radiobases disminuye la exactitud de las condiciones propuestas en los cálculos durante el algoritmo raíz, es decir, son casos bordes.

## 5.2.6 Scripts

La información de los archivos de configuración fue recopilada para cada tipo de adyacencia posible de cada proveedor. De manera de tener una plantilla donde el programa solo ingresaría los datos extraídos previamente de Rf Database, haciendo uso de los *Cell Id* arrojados por el algoritmo.



```
7 /header>
8 <managedObject class="ADCE" operation="delete" version="S12" distName="PLMN-PLMN/BSC-363723/BCF-1/BTS-2/ADCE-10:
9 /managedObject>
10 <managedObject class="ADCE" operation="create" version="S12" distName="PLMN-PLMN/BSC-940564/BCF-37/BTS-37/ADCE-:
11 <p name="adjacentCellIdCI">17791</p>
12 <p name="adjacentCellIdLac">1091</p>
13 <p name="drThreshold">25</p>
14 <p name="enableHoMarginLevQual">1</p>
15 <p name="gprsEnabled">1</p>
16 <p name="gprsPenaltyTime">0</p>
17 <p name="gprsRxlevAccessMin">10</p>
18 <p name="gprsTemporaryOffset">0</p>
19 <p name="hoLevelUmbrella">63</p>
20 <p name="hoLoadFactor">1</p>
21 <p name="hoMarginLev">3</p>
22 <p name="hoMarginPbgt">4</p>
23 <p name="hoMarginQual">0</p>
24 <p name="hoPriorityLevel">3</p>
25 <p name="hoTargetArea">0</p>
26 <p name="nocrEgprsPbgtMargin">69</p>
27 <p name="nocrEgprsQualityMargin">5</p>
28 <p name="nocrGprsPbgtMargin">69</p>
29 <p name="nocrGprsQualityMargin">5</p>
30 <p name="neighbourCellRanking">0</p>
31 <p name="rxLevMinCell">8</p>
32 <p name="synchronized">0</p>
33 <p name="trhoTargetLevel">0</p>
34 /managedObject>
35 <managedObject class="ADCE" operation="create" version="S12" distName="PLMN-PLMN/BSC-363723/BCF-193/BTS-193/ADCI
36 <p name="adjacentCellIdCI">10091</p>
37 <p name="adjacentCellIdLac">1211</p>
38 <p name="drThreshold">25</p>
```

exTensible Markup Language file      length : 3631   lines : 87      Ln: 21   Col: 34   Sel: 0      Dos\Windows   ANSI as UTF-8   INS

Figura 61 Ejemplo de Archivo de declaración de Adyacencia 2G2G Nokia

## CONCLUSIONES

Por lo expuesto en la sección 3.1.7 se concluye que el proceso de graficar los sectores a optimizar de la forma actual, abre la posibilidad de cometer errores de visualización y transcripción en el llenado de *Datafills*, debido a la gran cantidad de sectores que posee Telefónica a nivel nacional. La compañía no tiene control absoluto de ejecución sobre la declaración de adyacencias dentro de su plataforma de radio, dependiendo en gran parte del soporte que proporcionen los proveedores de tecnología de la red de acceso.

Tras la culminación del trabajo especial de grado, se presentó el diseño eficiente de un software que permitirá la mejora de adyacencias en la red de la compañía, disminuyendo la carga de trabajo de sus ingenieros. La implementación del trabajo realizado, minimiza los errores mencionados y centraliza la responsabilidad de declaración de adyacencias en el personal interno de telefónica, lo cual permite tener un mejor control sobre su propia red y aprovechar los recursos de soporte externo en otras actividades. Con un debido uso de la herramienta se mejorará la calidad de servicio ofrecido a los usuarios, lo cual ayudará a asentar a Movistar como empresa líder de telecomunicaciones en Venezuela, título que le precede hoy en día.

Se probó que el algoritmo raíz del programa es eficiente ante cualquier caso de análisis de adyacencias de la plataforma, el cual puede ser codificado con facilidad en lenguaje Java a través de los elementos explicados durante el diseño. Esto facilita el proceso de migración de herramientas que lleva a cabo el departamento de desarrollo y permite delegar la responsabilidad del mantenimiento de la aplicación, al personal de la compañía especializado en programación.

Las pruebas realizadas abren un escenario con buenas premisas para el desarrollo de la optimización de adyacencias de toda una RNC o BSC, ya que estas dependen de la funcionalidad de la aplicación del caso *Por Sector*.

La herramienta al ser diseñada en función a la programación orientada a objetos permite la estructuración del código en módulos, siendo adaptable dinámicamente al crecimiento de la red GSM y previendo creación de nuevos módulos al presentarse el ingreso de nuevas portadoras en la red de 3G. Sin embargo, es de vital importancia tener presente la estrategia de radio a implementar ante las futuras portadoras.



## RECOMENDACIONES

Los resultados arrojados por el software una vez implementado dependerán directamente de la calidad de datos de entrada al mismo. Al realizar las pruebas relacionadas al diseño se hizo notar una deficiencia de los datos almacenados en la BDU y Rf Database. Al investigar con el personal de la compañía se observó que no poseen una herramienta que filtre adecuadamente los datos ingresados a estas bases de datos. Por lo que se recomienda la mejora y actualización del software encargado de esta tarea, de manera de blindar y depurar las bases de datos relacionadas a los elementos de la red de acceso. Se aconseja migrar inmediatamente esta herramienta al departamento de desarrollo para que el personal especializado sea el encargado de darle soporte a la misma.

Se tiene conocimiento que el departamento de desarrollo tiene acceso a la base de datos OSS de Nokia. Sin embargo, para la implementación literal del diseño es importante tramitar unas licencias de acceso de Telefónica a las bases de datos OSS de Huawei y Ericsson, de manera de conectar la herramienta planteada directamente a los OSS de la red de acceso.

Otra alternativa, es plantear el diseño de una herramienta que extraiga periódicamente los archivos de configuración de las RNC y BSC de la red, lea adecuadamente estos archivos y almacene los datos relacionados a las adyacencias en esquemas y tablas de la BDU. Esto con el fin de no tener que tramitar licencias costosas de Telefónica hacia los OSS de la red de acceso.

## BIBLIOGRAFÍA

Diaz P., Jose A; Escobar M., Felicitio; Caramutti R., Felix;, “*Estudio y Planeacion de Migracion de una Red de Segunda Generacion GSM, a una red de Tercera Generacion UMTS*”, El Salvador, 2009.

DECSAI, Departamento de Ciencias de la Computacion e I.A., Informe. “*Fundamentos de Diseño de Bases de Datos*” 2008. [Online]. Disponible: <http://courseware.ikor.org/db>. [Ultimo Acceso: Agosto 2012].

G.I. Cuavas, “*Modelo de Propagacion Electromagnetica de una red UTRAN.*” Marzo 2009.[Online].Disponible:[http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2009/cuevas\\_g/html/index.html](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2009/cuevas_g/html/index.html). [Ultimo Acceso Agosto 2012].

Goleniewski,L. (2004) *Telecommunications Essentials*. (5ta. Ed). Boston, EEUU: Pearson Education Inc

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Ing. Angulo, Arnaldo, «Fundamentos de las Telecomunicaciones Moviles,» Abril 2008. [En línea]. Available: <http://Intranet.telefonica.com.ve>. [Último acceso: Agosto 2012].
- [2] A. Sandoval Tejeda, «Diseño y Cuantificación de Ampliación de la Red GSM de Telefonía Móviles Guatemala,» Marzo 2006. [En línea]. Available: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0173\\_EO.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0173_EO.pdf). [Último acceso: Agosto 2012].
- [3] Ing. Angulo, Arnaldo, «Sistemas de Comunicaciones Móviles,» Abril 2008. [En línea]. Available: <http://Intranet.Telefonica.com.ve>. [Último acceso: Agosto 2012].
- [4] R. A. Soto S, «Diseño e implementación de Sistema Supervisor de Enlaces de Telefonía Móvil,» Mayo 2003. [En línea]. Available: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcis7181d/doc/bmfcis7181d.pdf>. [Último acceso: 2012 Agosto].
- [5] C. Bolanos G., «Evolución de la Arquitectura UMTS,» Octubre 2011. [En línea]. Available: [http://www.interactic.org.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2017:evolucionde-la-arquitectura-umtsv3&catid=2:articulos-de-interes&Itemid=9](http://www.interactic.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=2017:evolucionde-la-arquitectura-umtsv3&catid=2:articulos-de-interes&Itemid=9). [Último acceso: Agosto 2012].
- [6] C. Moreno, «Introducción a Redes TCP/IP,» Universidad Central De Venezuela, Caracas, 2011.
- [7] Ing. Yanes, Romina, «Presentación de Datos Móviles,» Caracas: Telefonía Venezolana C.A, 2012.
- [8] Ing. Perret, Jorge, «Planificación de Acceso,» Junio 2010. [En línea].

Available: <http://Intranet.telefonica.com.ve>. [Último acceso: Agosto 2012].

- [9] Ing. Perret , Jorge;, «Tecnologías de Tercera Generacion,» de *UMTS*, Caracas, 2010.
- [10] Ing. Perret, Jorge, «Componetes de red GSM,» Febrero 2007. [En línea]. Available: <http://Intranet.telefonica.com.ve>. [Último acceso: Agosto 2012].
- [11] D. Ing. Rivas , Interviewee, *Configuracion de Adyacencias*. [Entrevista]. Julio 2012.
- [12] L. Prof. Jauregui, «Geoposicionamiento,» 19 Enero 2011. [En línea]. Available:<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Topograf%EDa/geoposicionamiento2.pdf>. [Último acceso: Agosto 2012].
- [13] D. Prof. Bravo, «Conversion de Coordenadas Cartograficas,» Mayo 2012. [En línea]. Available:<http://www.buenastareas.com/ensayos/1Conversi%C3%B3n-De-Geogr%C3%A1ficas-a-Utm/4233515.html>. [Último acceso: Agosto 2012].
- [14] Ing. Joyanes A. , Luis;, PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS, J. Dominguez A, Ed., Madrid: McGraw-Hill, 1998.
- [15] Ing Morero, Francisco; Grupo EIDOS, «Introduccion a la OOP,» 2000. [En línea]. Available:<http://kataix.umag.cl/~ruribe/Utilidades/Introduccion%20a%20la%20Programacion%20Orientada%20a%20Objetos.pdf>. [Último acceso: Agosto 2012].
- [16] Ing. Suarez , Nager;, «Recaudos Técnicos solicitados mediante el Pliego de Condiciones Generales de participación en el Procedimiento de Oferta Pública destinado al otorgamiento en concesión de uso y explotación de espectro radioeléctrico,» Julio 2007. [En línea]. Available:<http://Intranet.telefonica.com.ve>. [Último acceso: Agosto 2012].



## ANEXOS

### A.1 Caso Por RNC

Se aplica en varios modos condicionado al tipo de Handover que se quiere analizar:

- 3G/3G Intrafrequency f1
- 3G/3G Intrafrequency f2
- 3G/3G Interfrequency f1
- 3G/3G Interfrequency f2
- 3Gf1/2G
- 3Gf2/2G

#### A.1.1 3G/3G Intrafrequency f1

##### A.1.1.1 Cálculos preliminares

Inicialmente se debe ubicar el sector de mayor altura y el sitio de menor altura, pertenecientes a la RNC y plataforma escogida para calcular la distancia longitudinal máxima de cobertura. Esta distancia se procesa de la siguiente manera:

- Paso 1: se busca a través de Querys de selección en la BDU el listado de cotas de cada sitio y se guarda en una Lista de Cotas de Sitios (LCS) incluyendo sus ID de sitios.
- Paso 2: Se busca en RF-DataBase las alturas (Hantena) de todos los sectores (3Gf1) pertenecientes a esa RNC y se guardan en una **Lista de Alturas de Sector (LAS)** incluyendo su ID de sector e ID de sitio al cual pertenecen.

- Paso 3: Estas 2 alturas se suman para cada sector del sitio relacionado a través de su ID de sitio y se agrega este valor a la lista LAS:

$$H_{sector} = H_{antena} + Cota$$

Se ordena la lista LAS según el parámetro Hsector de mayor a menor. Si 2 o más sectores tienen la misma altura se organiza de menor a mayor ID de sector, si hay alguna coincidencia de misma Hsector e ID de sector entonces se organiza de menor a mayor en función al ID de sitio, todo dentro del mismo orden de Hsector como prioridad. El primer sector de la lista es denominado para esta parte como *Sector Alto*. Y el sector que posea la cota más baja define el *Sitio Bajo*

- Paso 3: Se calcula la altura diferencial entre *Sector Alto* y *Sitio Bajo*

$$H_{diff} = H_{totalsectoralto} - Cota_{sitioabajo}$$

- Paso 4: Se extrae de RF-DataBase los Tilts de los sectores pertenecientes al sitio donde se encuentra *Sector alto* y se calcula el Tilt total de cada uno:

$$Tilt_{total} = Tilt_{mecanico} + Tilt_{electrico}$$

Con el menor Tilt total se calcula el ángulo  $\theta$  mediante:

$$\theta = 86^\circ \text{ Si } Tilt_{totalmenor} \leq 3$$

$$\theta = 90^\circ - Tilt_{totalmenor} \text{ e.o.c}$$

- Paso 5: Finalmente se calcula la distancia longitudinal máxima de cobertura que se muestra mediante:

$$Dist_{max} = H_{diff} * Tag(\theta)$$

El caso Por RNC se trabaja de manera equivalente al caso Por SECTOR. Simplemente se hace un barrido de sectores comenzando por el sector más alto perteneciente a la RNC, el primer sector de la lista LAS. Se procesa las adyacencias de ese sector con respecto a los que están en su mismo sitio y en sitios de menor

altura y luego de finalizado el análisis de ese sector se ejecuta el mismo procedimiento para el siguiente sector de la lista LAS. Una vez terminado el proceso con el segundo sector de la lista, se trabaja con el tercero y así consecutivamente hasta culminar el último sector de LAS. El procedimiento se denomina *Análisis de Sector*

La distancia máxima de cobertura se considera como el Radio de Búsqueda (RB) por defecto para todos los sectores que se analizarán al menos que el ingeniero lo modifique antes de hacer click en el botón *Buscar*, por lo tanto esta debe ser calculada y mostrada en el panel de búsqueda apenas el usuario escoja la RNC y la plataforma a analizar. Las coordenadas geográficas del sitio fuente donde se encuentra el sector a trabajar es llamado sitio “A” (LongA°, LatA°) y el sector analizado es denominado sector fuente (sf).

### **ANÁLISIS DE SECTOR**

#### **A.1.1.2 Paso 1: Primer Descarte**

Con el uso de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** *Regiones* y un método de búsqueda secuencial se realiza un Query de selección en la BDU para localizar los sitios de ese mercado donde está el sitio A y mercados vecinos que posean las coordenadas necesarias que cumplan que RB sea mayor o igual a la distancia “D” entre el sitio A y el sitio B (destino) leído aleatoriamente de la BDU.

$$RB \geq D(A,B)$$

Para ello es necesario calcular la distancia entre 2 puntos geográficos en cada lectura mediante la ecuación 1 explicada en la sección 2.4.2:

En cada lectura y cálculo los sitios que cumplan con la condición planteada anteriormente, se deben guardar en un arreglo de objetos que seguidamente será ordenado de menor a mayor distancia  $D(A,B)$  para facilitar procedimientos posteriores. Para el ordenamiento rápido de ese arreglo llamado **LSDO (Lista de**



**Sitios Destinos Ordenados**) se puede usar cualquier método pero se recomienda el método QuickSort para mayor rapidez y eficiencia.

Para cálculos futuros previamente se debe proyectar las coordenadas del sitio A en el plano UTM mediante las ecuaciones explicadas en el punto 2.4.3 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Quedando definidas las coordenadas del sitio A( $X_a, Y_a$ ).

#### **A.1.1.3 Paso 2: Comparación y asignación de prioridades**

- ✓ Leer la LSDO y con el *Cell-Id* de sitio B del arreglo se realiza un Query de selección en RF-Database para agregar los sectores (3Gf1) que pertenecen a cada sitio destino de LSDO a esta lista, cada sector agregado es un Sector Destino (*sd*).
- ✓ Se debe proyectar las coordenadas de todos los sitios B del arreglo en el plano UTM según lo explicado en el punto 2.4.3. Quedando definidas las coordenadas de todos los sitios B ( $X_b, Y_b$ ) referenciadas al sistema de coordenadas del sitio A.
- ✓ Con la altura de *sf* ( $H_{sf}$ ) dentro de la lista LAS, se debe buscar a través de RF-DATABASE la altura de los sectores que pertenecen a cada sitio destino de LSDO y se agregan esos datos a esta lista.
- ✓ Se calcula la altura de cada sector importando la cota de la BDU y altura de antena de RF-DATABASE:

$$H_{sectordest} = Cotasitiodest + H_{antena destino}$$

- ✓ Una vez con las alturas de cada sector destino( $H_{sd}$ ) ingresadas en la lista LSDO se inicia un ciclo aplicando uno de los 3 casos descritos a continuación dependiendo de qué condición cumplan los parámetros calculados, comenzando por el primer sector(de menor ID-sector) del primer sitio de LSDO:

### A.1.1.3.1 Caso 1 Si $H_{sf} > H_{sd}$ y $(X_a \neq X_b \text{ o } Y_a \neq Y_b)$

a) Calcular el Área Azimutal del Sector Fuente (Aasf)

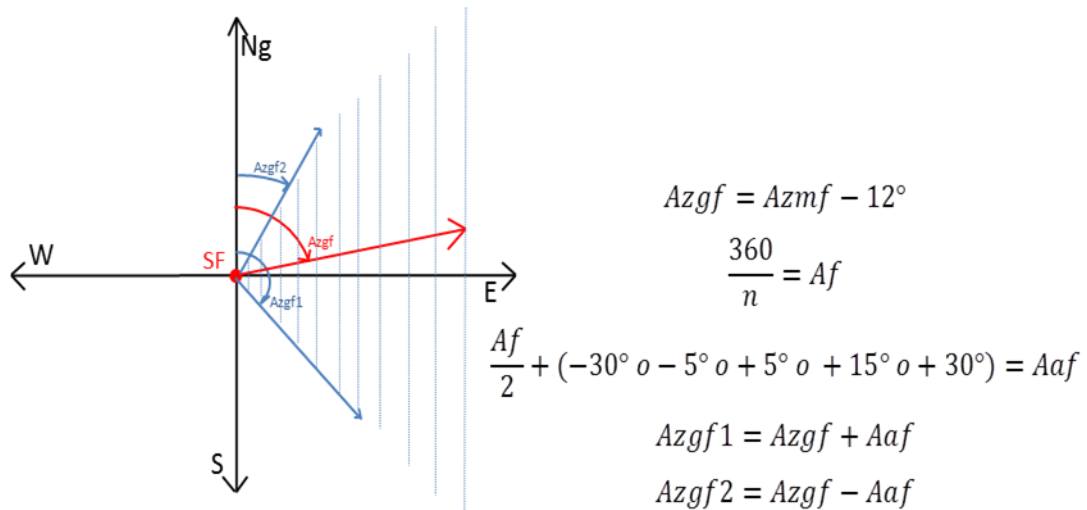


Imagen 1 Area Azimutal Sector Fuente

Siendo:

- n: # de sectores del nodo del sitio fuente extraído de RF Database
- $Azmf$ : Azimut magnético del sector fuente extraído de RF Database
- $Azgf$ : Azimut geográfico del sector fuente
- $Aaf$ : Diferencia entre  $Azg$  y sus límites, condicionado a “n”
- $Azgf1$ : límite superior del Aasf en grados
- $Azgf2$ : límite inferior del Aasf en grados

b) Comparar la posición del sitio B con el Aasf. Para ello se necesita ejecutar el siguiente procedimiento, evaluando 4 sub casos para verificar si el punto B pertenece a Aasf.

b.1) Si  $X_b \geq X_a$  y  $Y_b > Y_a$

Estableciendo un sistema de coordenadas en A se calcula el ángulo en grados  $\theta^\circ$ :

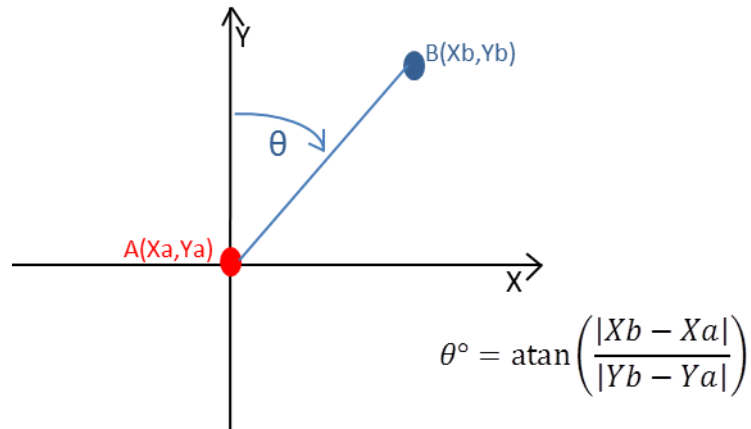
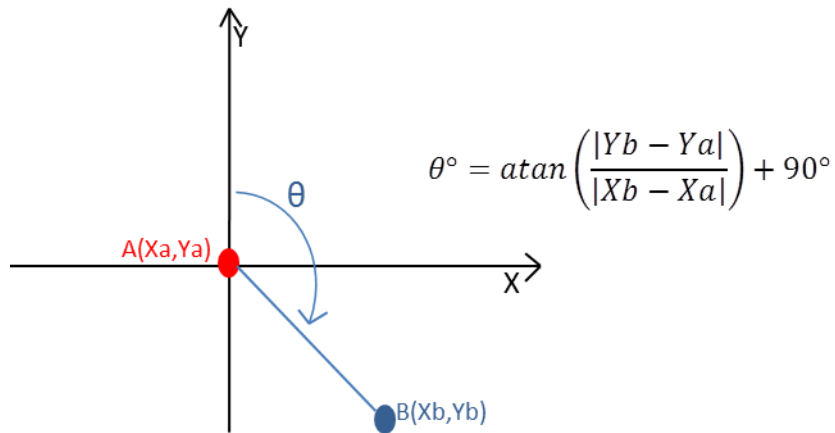


Imagen 2 Subcaso b.1

Y se hace la siguiente comparación:

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta + 360 < Azgf1$   $B \in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf por lo tanto se descarta ese sitio de la LSDO, incluyendo todos sus sectores y se sale del ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

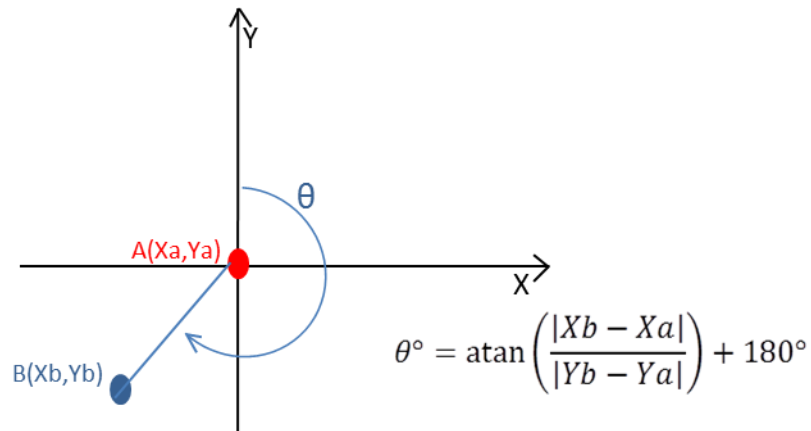
b.2) Si  $X_b > X_a$  y  $Y_b \leq Y_a$



**Imagen 3 Subcaso b.2**

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta + 360 < Azgf1$   $B \in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf por lo tanto se descarta ese sitio de la LSDO, incluyendo todos sus sectores y se sale del ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

b.3) Si  $Xb \leq Xa$  y  $Yb < Ya$



**Imagen 4 Subcaso b.3**

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta - 360 < Azgf1$   $B \in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf por lo tanto se descarta ese sitio de la LSDO, incluyendo todos sus sectores y se sale del ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

b.4) Si  $X_b < X_a$  y  $Y_b \geq Y_a$

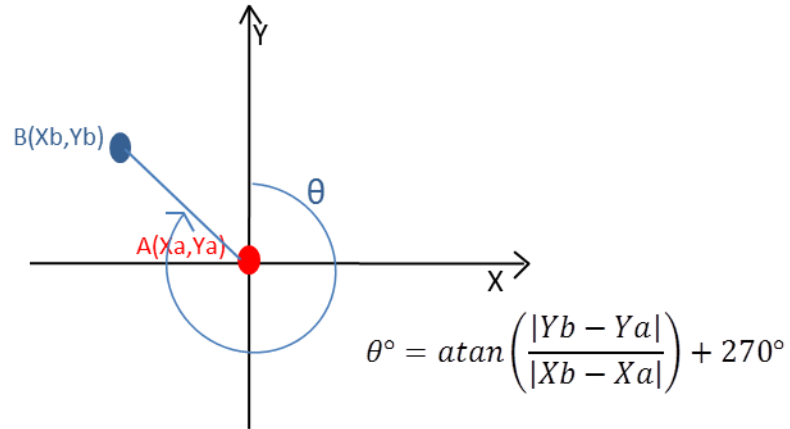
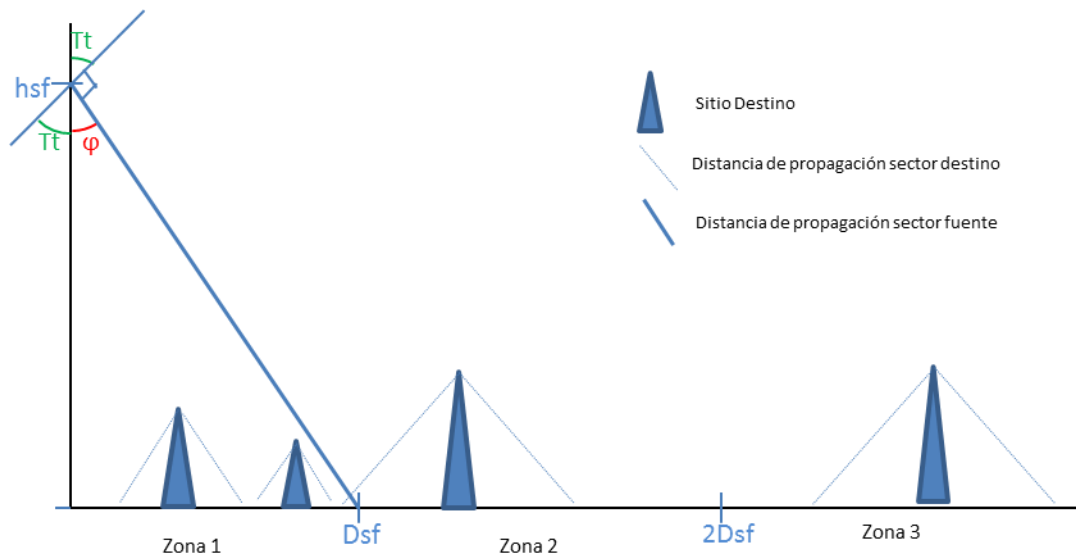


Imagen 5 Subcaso b.4

- Si  $Azgf2 \leq \theta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \theta - 360 < Azgf1$   $B \in A_{asf}$
- Sino B no pertenece a A<sub>asf</sub> por lo tanto se descarta ese sitio de la LSDO, incluyendo todos sus sectores y se sale del ciclo para evaluar el siguiente sitio destino de la lista.

c) Definir zonas de cobertura de sf

Se definen 3 Zonas principales en el plano vertical



**Imagen 6 Zonas de Prioridad del Sector Fuente**

$$HtotalA = Hantsf + CotasitioA$$

$$Tt = Tiltmecanico + Tiltelectrico$$

$$hsf = HtotalA - CotasitioB$$

$$\varphi = (86) \text{ o } (90^\circ - Tt)$$

$$Dsf = Hsf * \tan(\varphi)$$

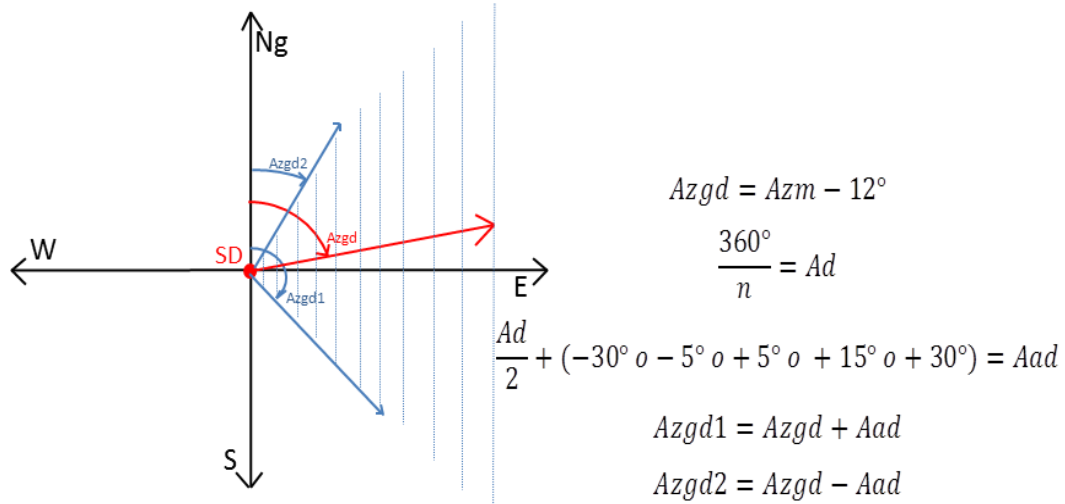
Siendo:

- $HtotalA$  : Altura total del sitio A
- $Hantsf$  : Altura de la antena del sector fuente extraída de RF Database
- $CotasitioA$  : Altura de cota del sitio A extraído de la BDU
- $CotasitioB$  : Altura de cota sitio B extraído de la BDU
- $hsf$  : Altura de radiación del sector fuente
- $Tiltmecanico$  : Tilt mecánico extraído de RF Database
- $Tiltelectrico$  : Tilt eléctrico extraído de RF Database
- $Tt$  : Tilt total del sector fuente
- $\varphi$  : Angulo de radiación (Si  $Tt \leq 3$   $\varphi = 86$  ; si no  $\varphi = 86^\circ - Tt$  )
- $Dsf$  : Distancia de cobertura del sector fuente.

Quedando las zonas principales definidas como:

- Zona 1 : entre 0 y Dsf
- Zona 2 : entre Dsf y 2\*Dsf
- Zona 3 : entre Dsf y Radio de búsqueda ingresado

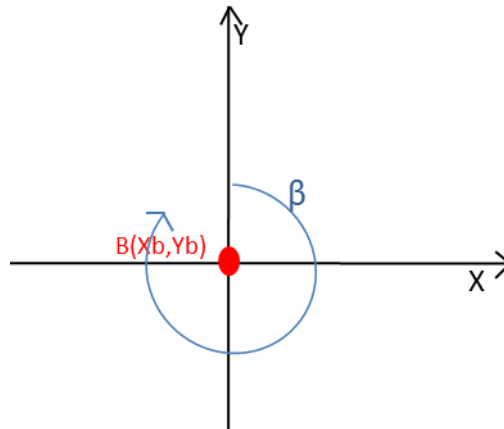
d) Calcular *Área Azimutal del sector destino (Aasd)*



**Imagen 7 Área Azimutal del Sector Destino**

Siendo:

- n: # de sectores del nodo del sitio destino extraído de RF Database
- Azm: Azimut magnético del sector destino extraído de RF Database
- Azgd: Azimut geográfico sector destino
- Aasd= Diferencia entre Azgd y sus límites
- Azgd1= límite superior del Aasd en grados
- Azgd2= límite inferior del Aasd en grados
- $\beta$  es el equivalente a  $\theta$  descrito anteriormente pero en referencia al punto B



**Imagen 8** Angulo referente al Sitio B

Para determinar si el Sitio A pertenece al Aasd se realiza el mismo estudio, pero en referencia al sitio B tomando en cuenta los 4 sub casos descritos anteriormente:

Subcaso 1: Si  $Xa \geq Xb$  y  $Ya > Yb$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Xa - Xb|}{|Ya - Yb|}\right)$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta + 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd

Subcaso 2: Si  $Xa > Xb$  y  $Ya \leq Yb$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Ya - Yb|}{|Xa - Xb|}\right) + 90^\circ$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta + 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd

Subcaso 3: Si  $Xa \leq Xb$  y  $Ya < Yb$



$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Xa - Xb|}{|Ya - Yb|}\right) + 180^\circ$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta - 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd.

Subcaso 4: Si  $Xa < Xb$  y  $Ya > Yb$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Ya - Yb|}{|Xa - Xb|}\right) + 270^\circ$$

- Si  $Azgd2 \leq \beta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \beta - 360 < Azgd1$  A  $\in$  a Aasd
  - Sino A no pertenece a Aasd.
- e) Asignación de prioridad de sector destino (Sd)

Es importante resaltar que para la asignación de prioridades el objeto *sector destino* posee 2 constructores inicialmente vacíos, a parte de los que se han ido llenando en los pasos anteriores. En el primero se ingresa la distancia exacta desde su sitio B hasta el sitio A calculada con la *Ecuación 2* explicada en la sección 2.4.3.

El segundo constructor a llenar en esta sección se define como el campo *Prioridad*, al cual le es ingresado un valor al cumplir solo una de las siguientes condiciones, basadas en la *Imagen 6* y en los cálculos realizados:

#### **PRIORIDADES:**

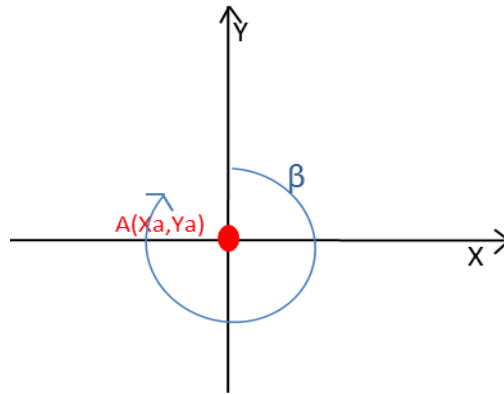
- 1.- Si  $D(A,B)utm < \frac{Dsf}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf
- 2.- Si  $\frac{Dsf}{3} < D(A,B)utm < 2 * \frac{Dsf}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 3.- Si  $\frac{Dsf}{3} < D(A,B)utm < 2 * \frac{Dsf}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd

- 4.- Si  $2 * \frac{D_{sf}}{3} < D(A,B)_{utm} < D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 5.- Si  $2 * \frac{D_{sf}}{3} < D(A,B)_{utm} < D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd
- 6.- Si  $D_{sf} < D(A,B)_{utm} < 2 * D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 7.- Si  $D_{sf} < D(A,B)_{utm} < 2 * D_{sf}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd
- 8.- Si  $2 * D_{sf} < D(A,B)_{utm}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A  $\in$  a Aasd
- 9.- Si  $2 * D_{sf} < D(A,B)_{utm}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf y Sitio A no  $\in$  a Aasd
- 10.- Sitio B no  $\in$  a Aasf Y todos los sd que no cumplan las condiciones anteriores dentro del radio de búsqueda.

Este procedimiento debe repetirse desde la sección *Análisis de sector* paso 2 A.1.1.3.1 Caso 1 parte d, tantas veces como sectores de la plataforma escogida posea el sitio destino (B).

#### **A.1.1.3.2 Caso 2 Si $H_{sf} < H_{sd}$ y $(X_a \neq X_b$ o $Y_a \neq Y_b)$ y ID-sd no $\in$ a LAS**

- a) Se calcula el *Área Azimutal del Sector Fuente (Aasf)* de la misma manera que se explicó en el *Caso 1 parte a)*. Sin embargo, esta vez se define  $\beta$  referente al sitio A y  $\theta$  hace referencia al sitio B.



**Imagen 9** Angulo referente al sitio A

Para determinar si el Sitio B pertenece al Aasf se realiza el estudio en referencia al sitio A tomando en cuenta los 4 sub casos descritos anteriormente:

Sub caso 1: Si  $Xb \geq Xa$  y  $Yb > Ya$

$$\beta^\circ = \text{atan} \left( \frac{|Xb - Xa|}{|Yb - Ya|} \right)$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta + 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf

Subcaso 2: Si  $Xb > Xa$  y  $Yb \leq Ya$

$$\beta^\circ = \text{atan} \left( \frac{|Yb - Ya|}{|Xb - Xa|} \right) + 90^\circ$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta + 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf

Subcaso 3: Si  $Xb \leq Xa$  y  $Yb < Ya$

$$\beta^\circ = \text{atan} \left( \frac{|Xb - Xa|}{|Yb - Ya|} \right) + 180^\circ$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta - 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino, B no pertenece a Aasf.

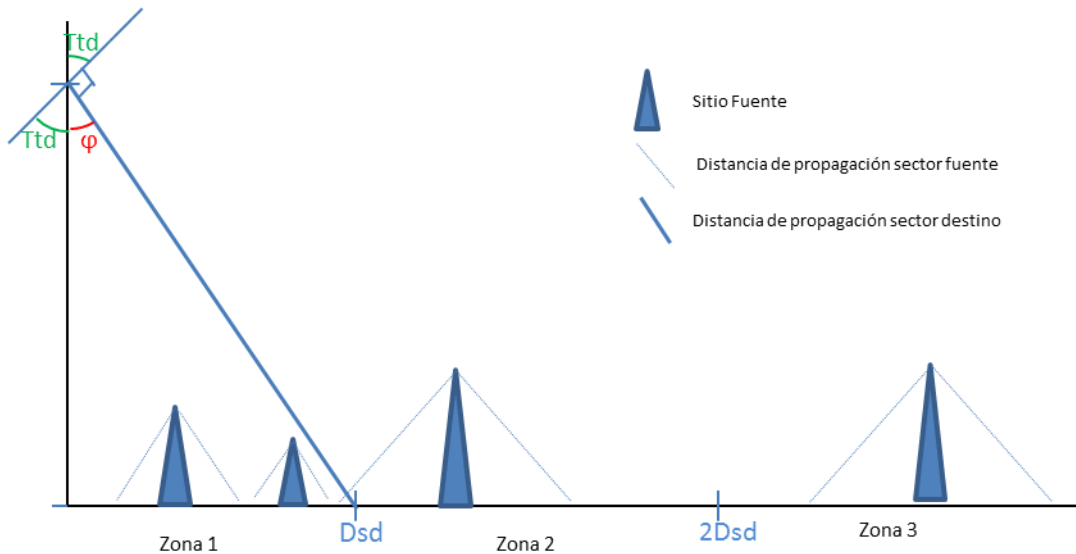
Subcaso 4: Si  $Xb < Xa$  y  $Yb \geq Ya$

$$\beta^\circ = \text{atan}\left(\frac{|Yb - Ya|}{|Xb - Xa|}\right) + 270^\circ$$

- Si  $Azgf2 \leq \beta < Azgf1$  o  $Azgf2 \leq \beta - 360 < Azgf1$  B  $\in$  a Aasf
- Sino B no pertenece a Aasf.

b) Se definen las zonas de cobertura del sector destino

Hay 3 Zonas principales en el plano vertical



**Imagen 10 Zonas de Prioridades del Sector Destino**

$$Ttd = Tiltmecanico + Tiltelectrico$$

$$HtotalB = Hantsd + CotasioB$$

$$\varphi d = (86) \text{ o } (90^\circ - Tt)$$

$$hsd = HtotalB - CotasioA$$

$$Dsd = Hsd * \text{Tan}(\varphi)$$

Siendo:

- $H_{totalB}$  : Altura total del sitio B
- $H_{antsd}$  : Altura de la antena del sector destino extraída de RF Database
- $C_{otasitioA}$  : Altura de cota del sitio A extraído de la BDU
- $C_{otasitioB}$  : Altura de cota sitio B extraído de la BDU
- $h_{sd}$  : Altura de radiación del sector destino
- $Tilt_{mecanico}$  : Tilt mecánico del sector destino extraído de RF Database
- $Tilt_{electrico}$  : Tilt eléctrico del sector destino extraído de RF Database
- $T_{td}$  : Tilt total del sector destino (si  $T_t \leq 3$   $\varphi = 86$  , si no  $\varphi = 90^\circ - T_t$ )
- $\varphi_d$  : Angulo de radiación del sector destino.
- $D_{sd}$  : Distancia de cobertura del sector destino.

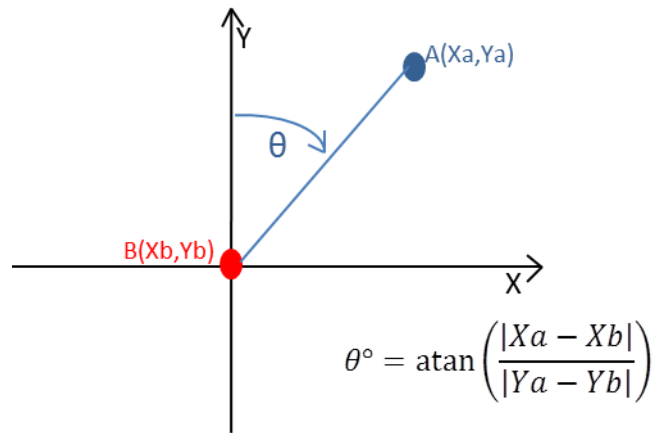
Quedando las zonas principales definidas como:

- Zona 1 : entre 0 y  $D_{sd}$
- Zona 2 : entre  $D_{sd}$  y  $2 * D_{sd}$

Zona 3 : entre  $D_{sd}$  y Radio de búsqueda ingresado

- c) Se calcula el *Área Azimutal del sector destino* ( $A_{asd}$ ) de la misma manera que se explicó en el *Caso 1 parte d*
- d) Comparar la posición del sitio A con el  $A_{asd}$ . Para ello se necesita ejecutar el siguiente procedimiento equivalente al *Caso 1 parte b*), pero en referencia al sitio B. Evaluando 4 sub casos para verificar si el punto A pertenece a  $A_{asd}$ .
  - d.1) Si  $X_a \geq X_b$  y  $Y_a > Y_b$

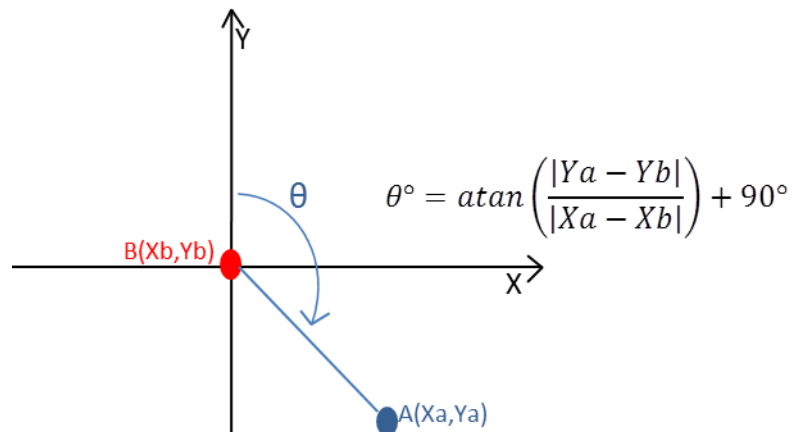
Estableciendo un sistema de coordenadas en B se calcula el ángulo en grados  $\theta^\circ$ :



**Imagen 11 Subcaso d.1**

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta + 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd por lo tanto se descarta ese sector y se sale del ciclo para procesar el siguiente sector del sitio B

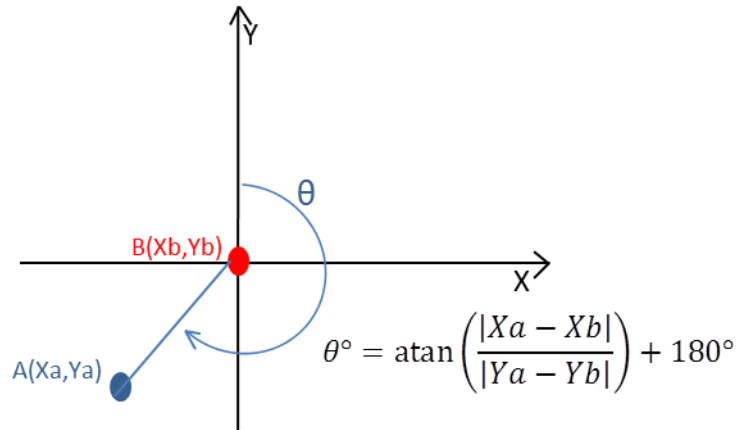
d.2) Si  $Xa > Xb$  y  $Ya \leq Yb$



**Imagen 12 Subcaso d.2**

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta + 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd, se descarta ese sector y rompe el ciclo para procesar el siguiente sector del sitio B

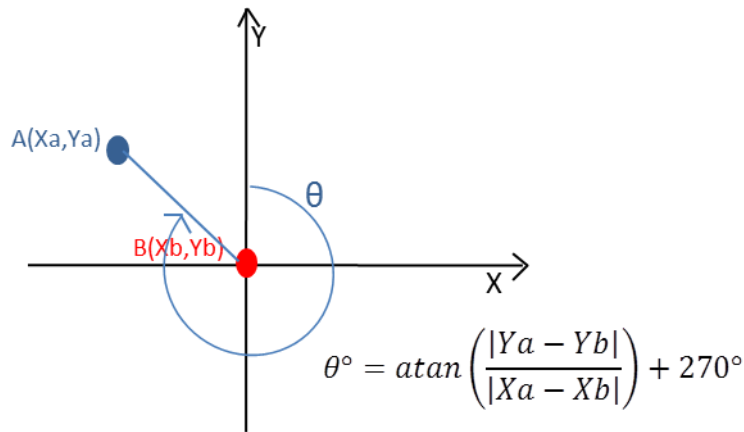
d.3) Si  $X_a \leq X_b$  y  $Y_a < Y_b$



**Imagen 13 Subcaso d.3**

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta - 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd, se descarta ese sector y sale del ciclo para procesar el siguiente sector del sitio B

d.4) Si  $X_a < X_b$  y  $Y_a \geq Y_b$



**Imagen 14 Subcaso d.4**

- Si  $Azgd2 \leq \theta < Azgd1$  o  $Azgd2 \leq \theta - 360 < Azgd1$   $A \in$  a Aasd
- Sino, A no pertenece a Aasd, se descarta ese sector y rompe el ciclo para procesar el siguiente sector del sitio B

e) Asignación de prioridad de sector destino (Sd)

Para la asignación de prioridades el objeto *sector destino* posee 2 constructores inicialmente vacíos, a parte de los que se han ido llenando en los pasos anteriores. En el primero se ingresa la distancia exacta desde su sitio B hasta el sitio A calculada con la *Ecuación 2* explicada en la sección 2.4.3.

El segundo constructor a llenar en esta sección se define como el campo *Prioridad*, al cual le es ingresado un valor al cumplir solo una de las siguientes condiciones, basadas en la *Imagen 10* y en los cálculos realizados:

#### **PRIORIDADES:**

1.-Si  $D(A,B)utm < \frac{Dsd}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf

3.-Si  $\frac{Dsd}{3} < D(A,B)utm < 2 * \frac{Dsd}{3}$  y Sitio B  $\in$  a Aasf

5.-Si  $2 * \frac{Dsd}{3} < D(A,B)utm < Dsd$  y Sitio B  $\in$  a Aasf

6.-Si  $Dsd < D(A,B)utm < 2 * Dsd$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B  $\in$  a Aasf

7.-Si  $Dsd < D(A,B)utm < 2 * Dsd$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B no  $\in$  a Aasf

8.-Si  $2 * Dsd < D(A,B)utm$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B  $\in$  a Aasf

9.-Si  $2 * Dsd < D(A,B)utm$  y Sitio A  $\in$  a Aasd y Sitio B no  $\in$  a Aasf

10.-Si Sitio A no  $\in$  a Aasd Y todos los sd que no cumplan las condiciones anteriores dentro del Radio de búsqueda.



Este procedimiento debe repetirse desde la sección *ANALISIS DE SECTOR* paso 2 Caso 2 parte b, tantas veces como sectores de la plataforma escogida posea el sitio destino (B).

#### **A.1.1.3.3 Caso 3 Si $X_a=X_b$ y $Y_a=Y_b$**

Al tener el sitio fuente y el sitio destino con las mismas coordenadas UTM se concluye que los sectores sf y sd trabajados están en la misma radio base, por lo tanto se asigna directamente **Prioridad 1** al sector destino

#### **A.1.1.4 Paso 3: Listas de Prioridad (LP)**

- ✓ Con todos los sectores de los sitios de LSDO analizados se establece una lista de sectores clasificados para cada prioridad. Todos los sectores que posean prioridad 1 deben estar contenidos en la lista de prioridad 1(LP1), los sectores que tengan prioridad 2 deben estar en la lista de prioridad 2 (LP2), y así consecutivamente para cada prioridad.
- ✓ Luego cada lista debe ser ordenada de menor a mayor, por la distancia  $D(A,B)_{UTM}$  que posean los sitios destino de cada sector. Los que tengan la misma distancia se ordenan por el ID de sector de menor a mayor.
- ✓ Al tener todas las listas ordenadas se concatenan en orden de prioridad de menor a mayor todas las listas en una sola, llamada **Lista de Adyacencias**

#### **Recomendadas (LAR):**

$$LAR = LP1 + LP2 + LP3 + LP4 + LP5 + LP6 + LP7 + LP8 + LP9 + LP10$$

- ✓ En concordancia con el punto 3.1.5, debido a las limitantes de las tecnología cada plataforma posee 31 cupos para declarar adyacencias en cada sector, es decir, si se está trabajando en modo 2G/2G o IRAT y el *sf* es 2G tiene 31 cupos para insertar adyacencias 2G/2G y 31 cupos más para declarar adyacencias hacia 3Gf1. Si se está trabajando con un *sf* 3G en modo 3G/3G (Interfrequency o Intrafrequency) o IRAT ese sector tiene 31 cupos para su misma frecuencia, 31 cupos para otra frecuencia y 31 más para 2G. Por lo tanto en la siguiente comparación se tomarán en cuenta primordialmente los primeros 31 sectores de la LAR.

#### **A.1.1.5 Paso 4: Comparar LAR con Lista de Adyacencias Instaladas (LAI)**

- ✓ Dependiendo de la tecnología que presente el *sf* (Huawei o Ericsson), el programa debe ingresar a la base de datos planteada por el OSS del proveedor de ese sector y buscar mediante un Query de selección las adyacencias actuales que tiene declarado el *sf* usando su Cell ID e importar esos datos en una lista llamada **Lista de Adyacencias Instaladas Salientes (LAIS)**. Estas son las adyacencias que tenemos declaradas en el sentido **Sector Fuente→Sector Destino**.
- ✓ Para encontrar las adyacencias instaladas en sentido **Sector Fuente←Sector Destino** se debe ingresar a las Base de Datos de todos los proveedores y mediante otro Query de selección usando el Cell ID del sector fuente buscar en los OSS 3G los sectores que tienen declarado al sector fuente. Estos datos se ingresan en una **Lista de Adyacencias Instaladas Entrantes (LAIE)**. Las 2 listas LAIS y LAIE se ordenan en forma de tabla siendo cada lista una columna, y el resultado es los que denominaremos **Lista de Adyacencias Instaladas**

(LAI), la cual se debe trabajar y organizar para mostrarla en la ventana de *Adyacencias Encontradas*

- ✓ Luego se realiza una búsqueda Binaria de adyacencias comparando la LAR contra la LAI en orden de menor a mayor lugar en la listas. Dicho proceso llamado *Comparación de Adyacencias* se realiza tomando en cuenta los ID de sector y la dirección de la adyacencia de la siguiente manera:

#### **Comparación de Adyacencias:**

- Se toma la primera adyacencia de la LAR y se busca en LAI, si se encuentra en cada uno de los lugares de la LAI se estudia de la siguiente manera:
  - a) Si está, se verifica la bidireccionalidad:
    - i. Si la adyacencia se encuentra declarada en las 2 direcciones: *sf -> sd* y *sd->sf* quiere decir que la adyacencia se encuentra instalada correctamente.
    - ii. Si no hay bidireccionalidad se presenta la dirección faltante en la ventana principal en la Lista de Adyacencias Faltantes (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) con la dirección adecuada.
  - a) Si no está en LAI se muestra la adyacencia en la ventana principal en la Lista de Adyacencias Faltantes (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) señalando ambas direcciones.
  - b) Los pasos a y b se repiten con cada una de las adyacencias de LAR hasta llegar al número 31 de la lista.

Una vez terminado el proceso de *Comparación de Adyacencias*, se exponen todas las adyacencias de LAI que no se encontraban en LAR en el campo de Adyacencias Recomendadas a Eliminarses (**¡Error! No se encuentra el origen de la**

**referencia.**), mostrando los KPI promedio de Handover de los 10 últimos días hasta la fecha descritos en el *punto 3.1.6*.

Estos 4 pasos descritos anteriormente deben repetirse para cada sector de la lista LAS, si hay resultados que se muestran repetidos en alguno de los campos de GUI, se deben omitir dichas repeticiones.

### **LISTAS A CONSIDERARSE EN MODO 3G/3G Intrafrequency f1**

- LAS : está conformada por sectores 3G f1 únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 3Gf1
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 3G f1
- LAI: se busca a través de los OSS Huawei 3G y Ericsson, en las RNC adecuadas y está conformada por sectores 3Gf1 únicamente.

### **A.1.2 3G/3G Intrafrequency f2**

En el modo de 3G/3G INTRA f2 se trabaja de manera equivalente al modo 3G/3G INTRA f1 pero se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- LAS : está conformada por sectores 3G f2 únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 3Gf2
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 3G f2.
- LAI: se busca a través de los OSS Huawei 3G y Ericsson, en las RNC adecuadas y está conformada por sectores 3Gf2 únicamente.

### **A.1.3 3G/3G Interfrequency f1**

En el modo de 3G/3G INTER f1 se trabaja de manera equivalente al modo anterior pero se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- LAS : está conformada por sectores 3G f1 únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 3Gf2
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 3G f2 únicamente
- LAI: se busca a través de los OSS Huawei 3G y Ericsson, en las RNC adecuadas y está conformada por sectores 3Gf2.

### **A.1.4 3G/3G Interfrequency f2**

En el modo de 3G/3G INTER f2 se trabaja de manera equivalente al modo anterior pero se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- LAS : está conformada por sectores 3G f2 únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 3Gf1
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 3G f1.
- LAI: se busca a través de los OSS Huawei 3G y Ericsson, en las RNC adecuadas está conformada por sectores 3Gf1.

### **A.1.5 3Gf1/2G (IRAT)**

En el modo de 3Gf1/2G (IRAT) se trabaja de manera equivalente al modo anterior pero se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- LAS : está conformada por sectores 3G f1 únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 2G
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 2G
- LAIE: se busca a través de los OSS Huawei 2G y Nokia, en las BSC adecuadas y está conformada por sectores 2G.

- LAIS: se busca a través de los OSS Huawei 3G y Ericsson, en las RNC adecuadas y está conformada por sectores 2G.

#### **A.1.6 3Gf2/2G (IRAT)**

En el modo de 3G/2G (IRAT) se trabaja de manera equivalente al modo anterior pero se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- LAS : está conformada por sectores 3G f2 únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 2G
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 2G
- LAIS: se busca a través de los OSS Huawei 3G y Ericsson, en las RNC adecuadas y está conformada por sectores 2G.
- LAIE: esta lista no se realiza debido a que en este tipo de Handover se declara la adyacencia en una sola dirección 3Gf2→2G

### **A.2 Caso Por BSC**

Se aplica en varios modos condicionado al tipo de Handover que se quiere analizar. En el caso de BSC el algoritmo es el igual al caso de RNC, pero se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

#### **A.2.1 2G/2G**

En el modo de 2G/2G se trabaja de manera equivalente al modo 3G/3G INTRA f1 pero se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- LAS : está conformada por sectores 2G únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 2G
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 2G.

- LAI: se busca a través de los OSS Huawei 2G y Nokia, en las BSC adecuadas y está conformada por sectores 2G únicamente.

### **A.2.2 2G/3Gf1 (IRAT)**

En el modo de 2G/3Gf1 (IRAT) se trabaja de manera equivalente al modo anterior pero se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- LAS : está conformada por sectores 2G únicamente
- LSDO: Se hace el estudio con sectores 3Gf1
- LAR: es el resultado de hacer el estudio contra sectores 3Gf1
- LAIS: se busca a través de los OSS Huawei 2G y Nokia, en las BSC adecuadas y está conformada por sectores 3Gf1.
- LAIE: se busca a través de los OSS Huawei 3G y Ericsson, en las RNC adecuadas y está conformada por sectores 3Gf1.