



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

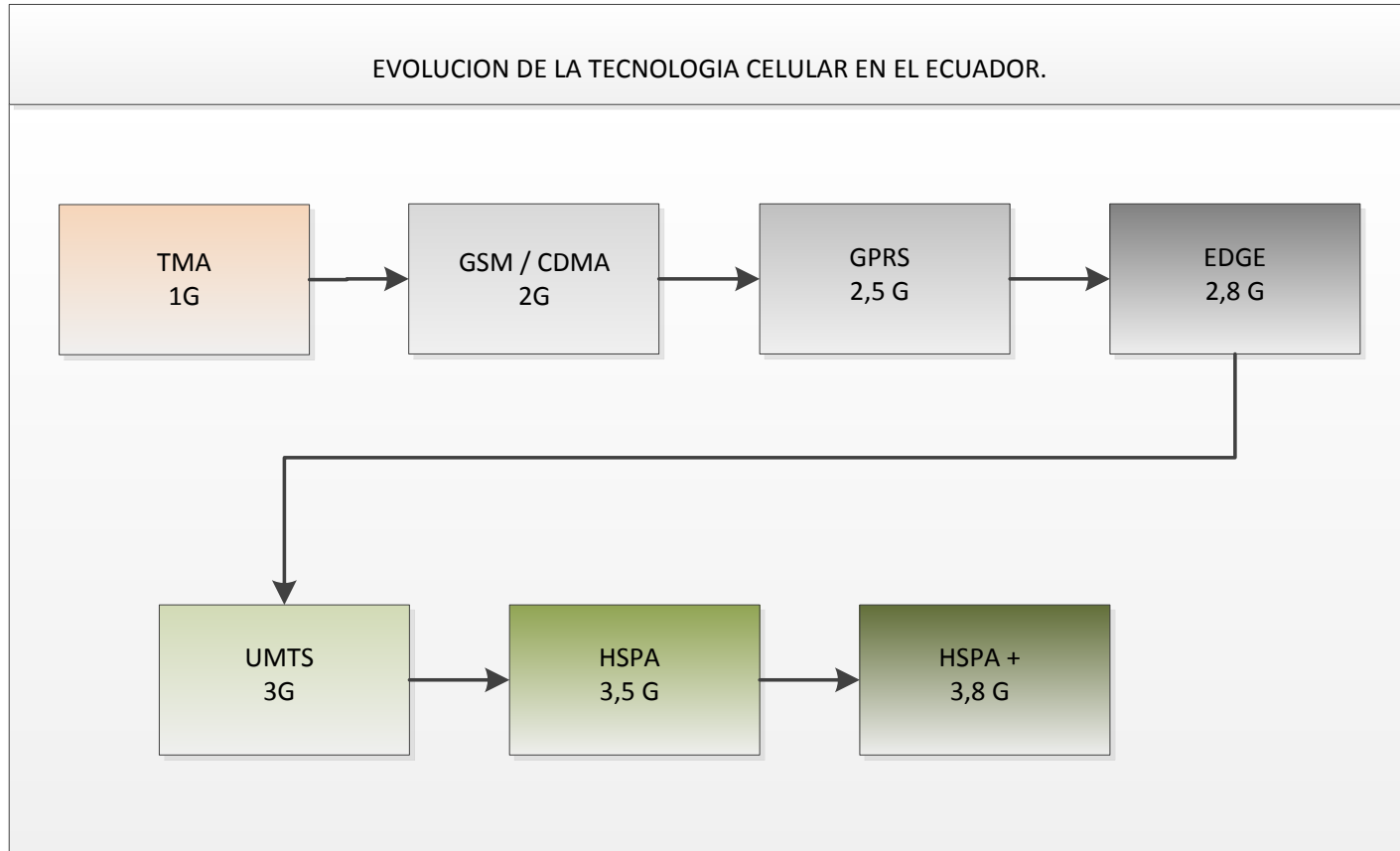
## DEFENSA DE TESIS

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE  
PERMITA OPTIMIZAR LA COBERTURA DE LA  
PICOCELDA HSPA+ MATRIZ BANCO PICHINCHA**

**AUTORES: MIGUEL OSWALDO PERALTA AGUIRRE  
DIEGO ISAAC MUÑOZ SARAUZ**

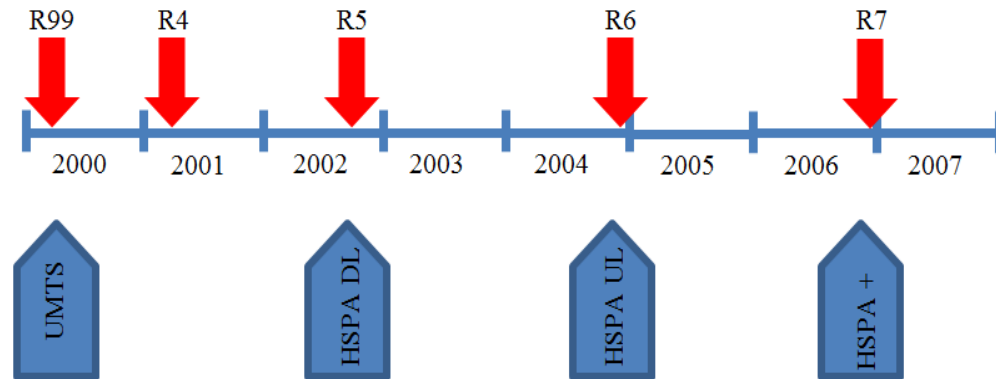
**DIRECTOR DEL PROYECTO: ING. RAUL HARO BAEZ**

# Evolución de la Tecnología Celular en el Ecuador.

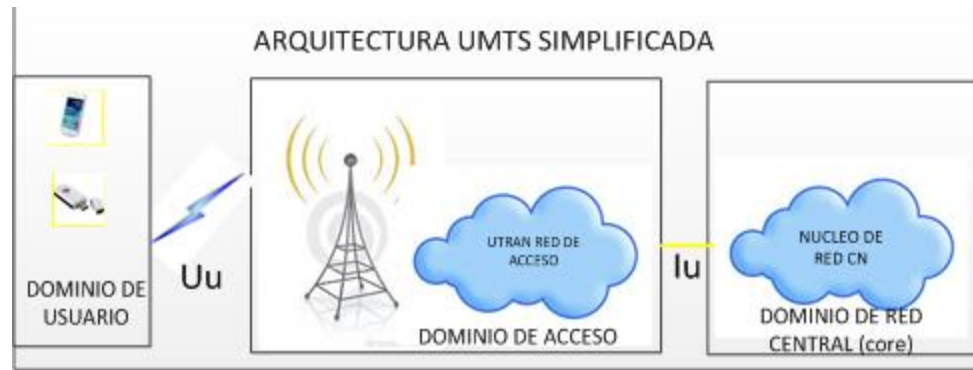


# Marco Teórico

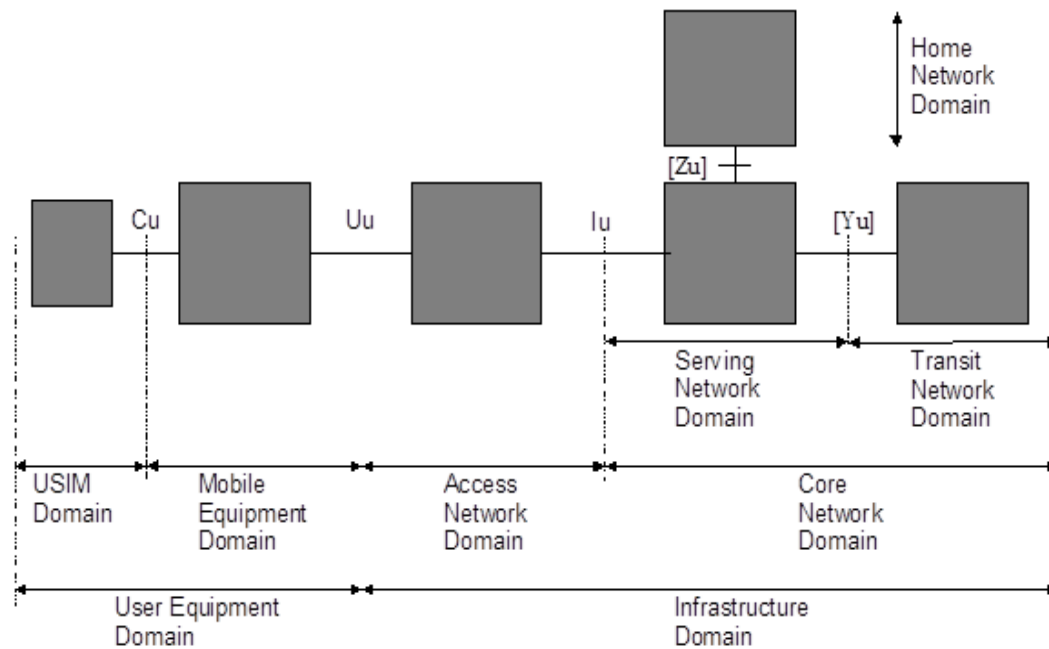
- Breve historia de la tecnología 3g.
  - Tercera Generación 3G.
  - Estándares liberados por el proceso IMT-2000.



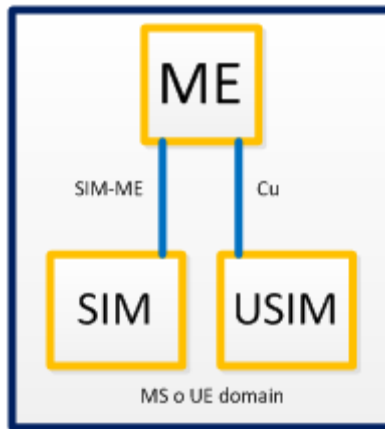
- Arquitectura de la Red 3ra Generación.



- Dominios de UMTS y puntos de referencia.



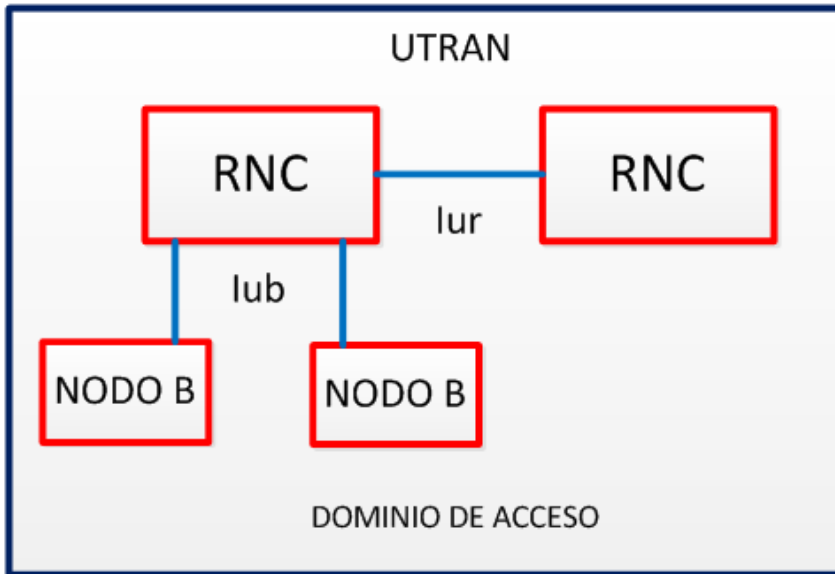
# Dominio de Usuario



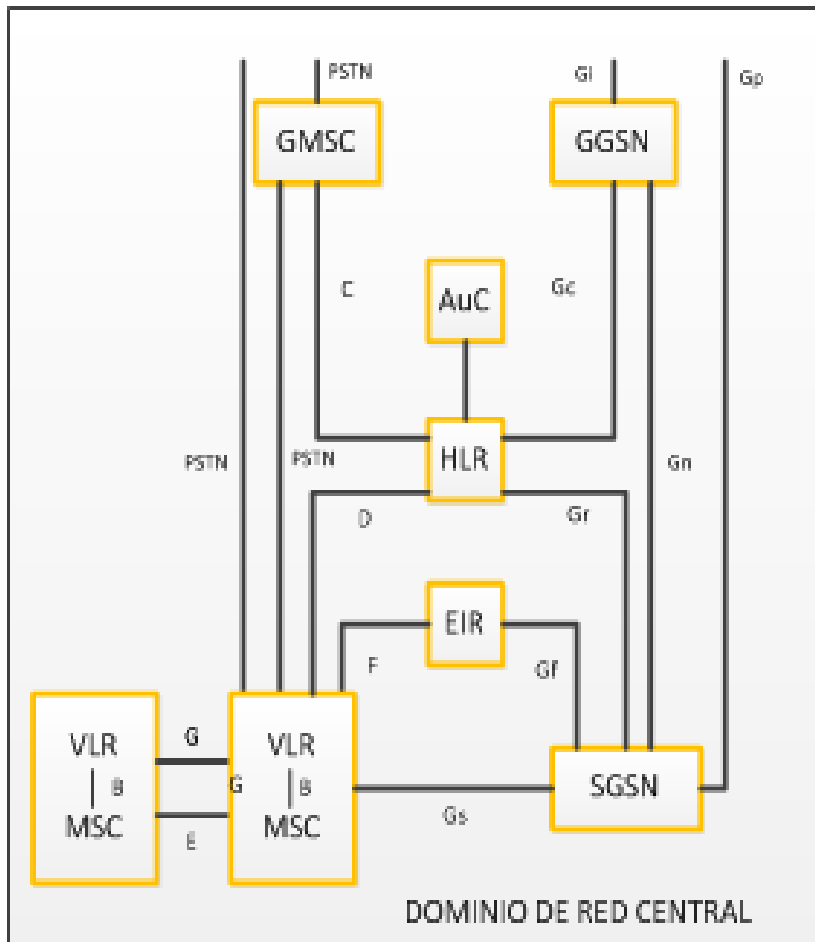
- **ME.** Equipo Móvil.
- **USIM.** Módulo de Identificación del Abonado.
- **SIM.** Módulo de identificación del Suscriptor

# Dominio de Acceso

- **Nodo B.**
- **Controlador de la red de radio (RNC)**



# Dominio de red Central (CORE)



- SGSN. Nodo de Soporte GPRS.
- MSC . Centro de conmutación móvil.
- VLR. Registro de localización del visitante.
- EIR. Registro de identificación del equipo.
- HLR. Registro de posición base.
- AuC. Centro de Autenticación.
- GMSC. Puerta de enlace del MSC.
- GGSN. Pasarela del nodo soporte GPRS.



# Interfaces de la Arquitectura 3G.

- **Interfaces del dominio de red**
  - **Interfaz del Usuario de UMTS (Uu)**
  - **La interfaz de la RNC de UMTS (Iur).**
  - **Interfaz del nodo B de UMTS (Iub).**
- IU-PS
- IU-CS

- Interfaces de la red central

<b>B</b>	<b>Interfaz entre el MSC y el VLR</b>
<b>C</b>	Interfaz entre el MSC y el HLR
<b>D</b>	Interfaz entre el HLR y el VLR
<b>F</b>	Interfaz entre el MSC y el EIR
<b>Ga</b>	Interfaz entre el SGSN y la función de cobro de la puerta de acceso (CFG), por propósitos de facturación.
<b>Gc</b>	Interfaz entre el HLR y el GGSN
<b>Gf</b>	Interfaz entre el SGSN y el EIR
<b>Gi</b>	Interfaz entre el GGSN e internet.
<b>Gn</b>	Interfaz basada en IP entre SGSN y GGSN
<b>Gp</b>	Interfaz basada en IP que está entre SGSN en diferentes PLMN. Este es usado para soporte de handover inter-SGSN.
<b>Gr</b>	Interfaz entre el SGSN y el HLR
<b>Gs</b>	Interfaz entre el SGSN y el MSC

# HSPA

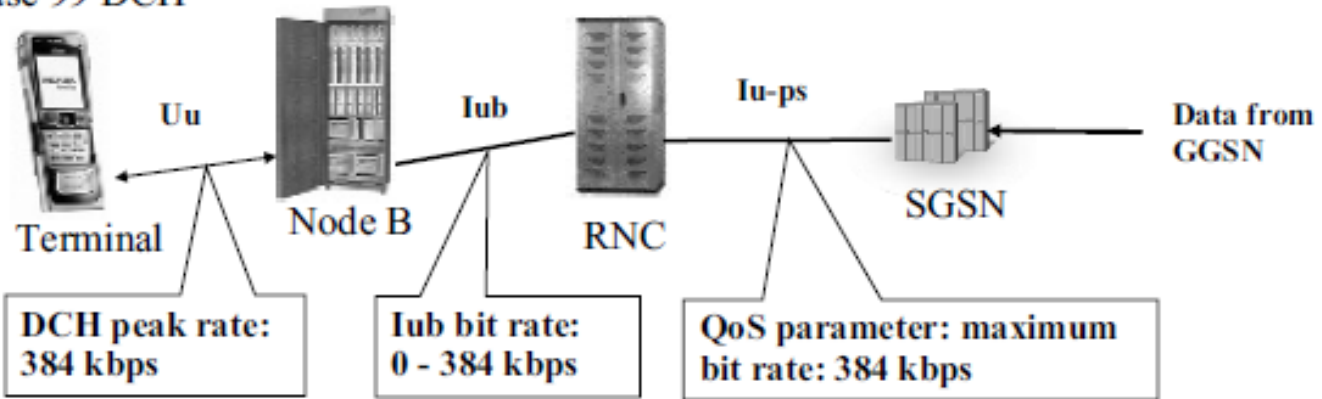
- **Acceso de paquetes de alta velocidad (HSPA).**
  - Navegación.
  - Video juegos en línea.
  - Voz sobre IP.
  - Push-to talk.
  - Streaming.
  - Video conferencia.
  - Televisión.

# HSDPA

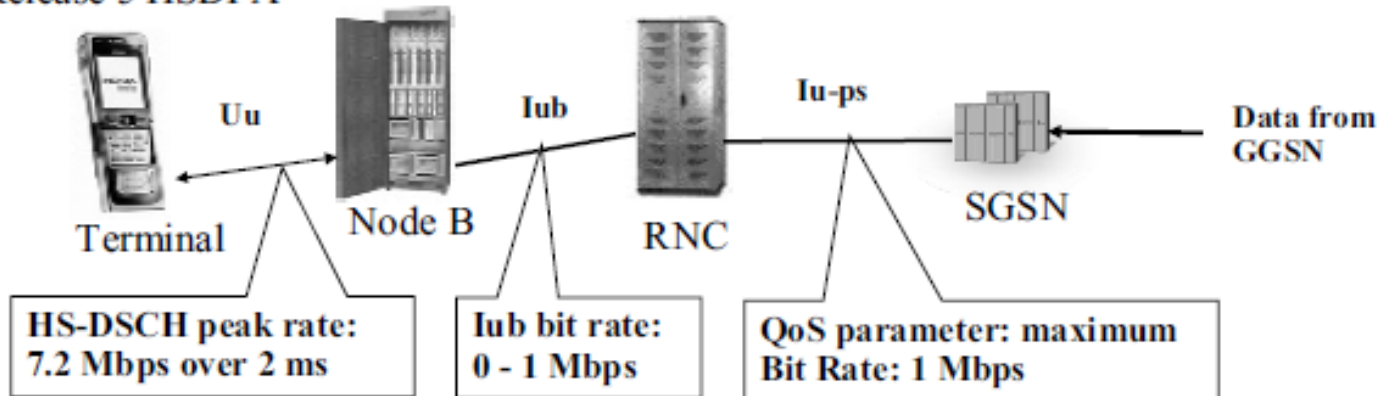
- **Acceso de Paquetes de Alta Velocidad**  
**Downlink HSDPA**
  - HSDPA es estandarizado por el 3GPP y la primera versión de la especificación fue publicada en marzo del 2002 en el R5.
  - Comercialmente HSDPA fue implementado a finales del 2005.

# Comparación entre el R99 y el R5.

Release 99 DCH



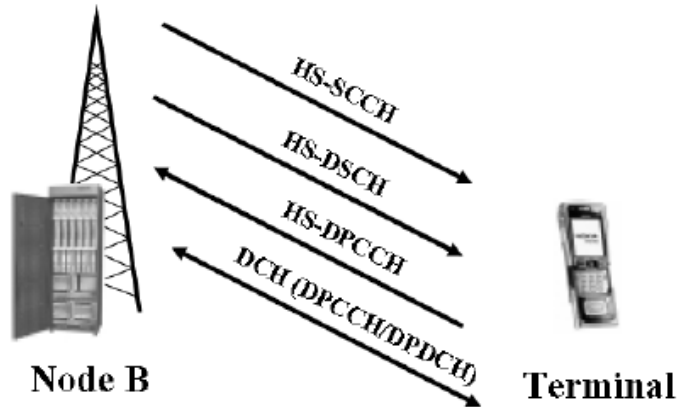
Release 5 HSDPA



# Funcionalidades del HSDPA

RNC	Administración de Recursos de Radio (RRM).
	Administración de Movilidad (MM).
	Administración del tráfico lub.
	Manejo de grandes volúmenes de datos para DL.
NODO B	Almacenamiento de datos (buffering).
	Manejo de ARQ.
	Decodificación de realimentación (feedback).
	Control de Flujo.
	Programación de transmisiones para downlink (scheduling)
	Modulación 16QAM.
TERMINAL	Manejo de ARQ con almacenamiento bajo.
	Generación y transmisión de realimentación.
	Demodulación 16QAM.

# Canales del HSDPA



- HSDPA introduce nuevos canales para la transmisión de datos en el R5. Los nuevos canales son:
- HS-DSCH (de transporte)  
High Speed Downlink Shared Channel.
- HS-SCCH (físico)  
High Speed Shared Control Channel.
- HS-DPCCH (físico)  
High Speed Dedicated Physical Control Channel.

# HSUPA

- Acceso de Paquetes de Alta Velocidad de Uplink HSUPA
- El Acceso de Paquetes de Alta Velocidad *de Uplink* HSUPA (*High Speed Upload Packet Access*) se introduce en el R6, Se agrega un nuevo canal de transporte llamado *Enhanced Dedicated Channel* (E-DCH).



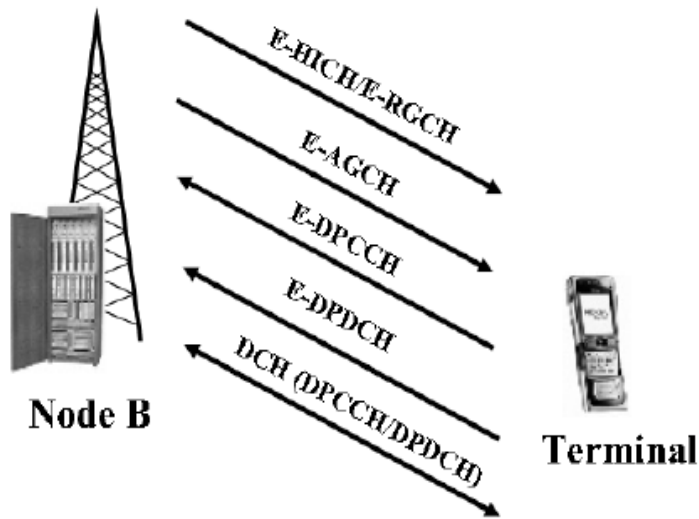
# HSUPA

- Transmisión Multi-códigos: nuevo canal de *uplink* que es introducido con HSUPA, no es compartido entre los usuarios, sino que está dedicado a un único usuario.
- Reducción del TTI: HSUPA opera con un TTI de 2 ms o 10 ms en el *uplink*.
- *Fast hybrid Automatic Repeat reQuest*:
- *Fast scheduling*: en el *uplink*, *Fast scheduling* permite una rápida reubicación de los recursos entre los UEs, también permite al sistema un mayor número de usuarios y adaptaciones rápidas a variaciones de interferencia, lo que lleva a un incremento en la capacidad y probabilidad de que el usuario pueda tener altas tasas de transferencias de datos.

# Funcionalidades del HSUPA

Elemento.	Funcionalidad.
RNC	Administración de recursos de radio (RRM).
	Administración de movilidad (MM).
	Distribución de capacidad para Iub.
	Reordenamiento de paquetes.
NODO B	Manejo de grandes volúmenes de datos para el UL.
	Manejo de ARQ con almacenamiento bajo.
	Codificación de realimentación (feedback).
	Programación para uplink contra interferencia.
	Modulación 16QAM.
TERMINAL	Manejo de ARQ.
	Generación de transmisión de realimentación.
	Transmisión multicódigo.
	Programación para uplink (scheduling)

# Canales del HSUPA



- E-AGCH Absolute Grant Channel
- E-RGCH Relative Grant Channel.
- E-HICH HARQ Indicator Channel.
- E-DPCCH Dedicated Physical Control Channel.
- E-DPDCH. Dedicated Physical Data Channel.

# HSPA+

- HSPA+, también conocido como HSPA Evolucionado, es un estándar de internet móvil definido en la versión 7 de 3GPP y posteriores.
- HSPA+ provee velocidades de hasta 84 Mbps de bajada y 22 Mbps de subida, a través de una técnica multi-antena conocida como MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) y modulación 64-QAM.

# HSPA+

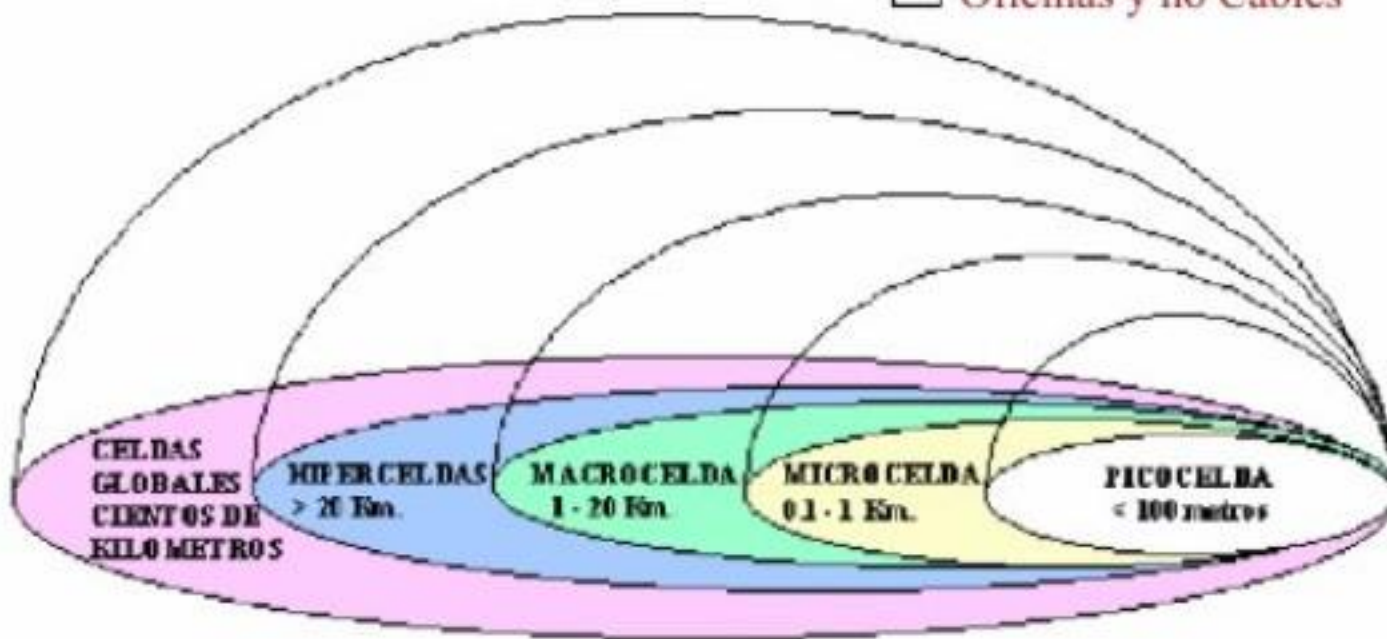
- **Características**
- Transmisión por canales compartidos
- Modulación de alto radio adaptativo
- Intervalo de tiempo de transmisión corto
- Adaptación rápida del enlace
- Planificación rápida (*fast scheduling*)

- **Ventajas al utilizar HSPA+**
- Ha hecho posible descargar datos de una forma más rápidos en redes de banda ancha móvil de tercera generación (3 G).
- Menor retraso en la transmisión de datos.
- Mejoramiento de los protocolos, o las reglas de las comunicaciones.
- Permiten el fácil movimiento de los paquetes de voz y datos entre dispositivos portátiles.

# Picocelda

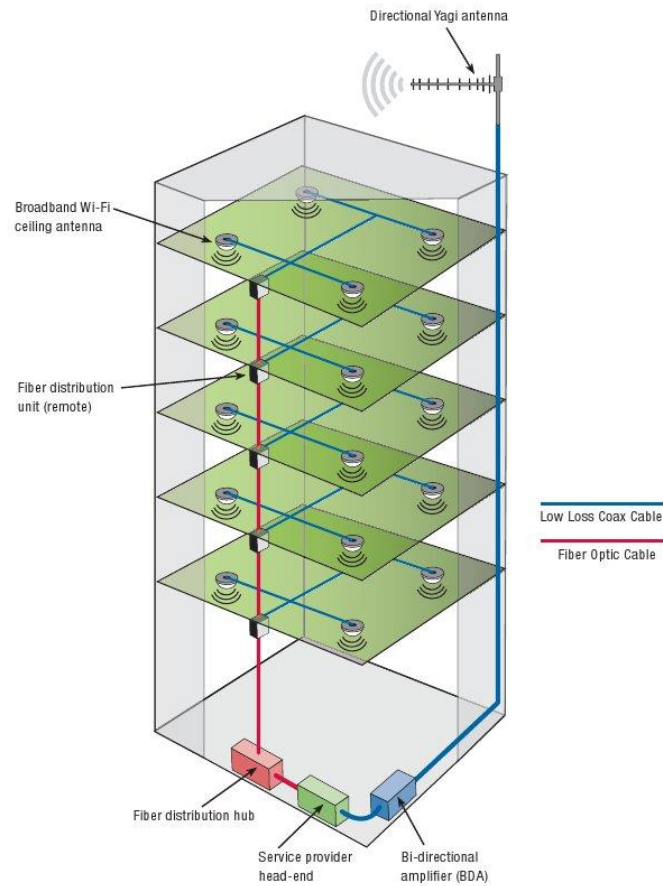
## 📶 Estructura Jerárquica de Celdas.

- 🟡 Zonas de difícil cobertura
- 🟢 Áreas Rurales
- 🟠 Carreteras y Ciudades
- 🟣 Ciudades
- ⬜ Oficinas y no Cables



# Sistema de Antenas Distribuidas DAS

## In-Building Distributed Antenna System





# Optimización del Edificio Matriz Banco Pichincha

- Debido a constantes falta de cobertura en múltiples áreas de los pisos del edificio Matriz Banco Pichincha la operadora implementa una picocelda dedicada a mejorar la calidad de servicio y cobertura en el edificio considerado como un cliente VIP.
- Una vez implementada la solución se obtiene una considerable mejora pero no llega a satisfacer el área de cobertura requerida para un cliente VIP, por tal motivo la operadora determina la necesidad de optimizar la solución inicial.
- Al analizar los múltiples áreas que requieren una mejora, se determina que la mejor solución para satisfacer la cobertura requerida es a través de un sistema de antenas distribuido (DAS)

# Walking Test

Los Walking test del Edificio Banco Pichincha (Drive Test) fueron desarrollados con: TEMS Investigación, Versión 13.0.1.



# TEMS Investigation

El software *TEMS* genera tablas y gráficos estadísticas de la cobertura de la estación, a través de múltiples llamadas con varios teléfonos en un recorrido sobre el área de cobertura en análisis para garantizar la mejor calidad al cliente de la operadora.

- Información procesada por el Software.
- Intensidad y calidad de la señal.
- Interferencia.
- *Dropped calls*.
- Acceso y retención de llamadas.
- Eventos anómalos.
- Estadísticas de llamada (*voice call/data call*) Estadísticas de niveles de servicio.
- Información de Handover y celdas vecinas.
- Coordenadas de ubicación GPS.

# Pruebas iniciales de cobertura en los pisos del edificio

- Para la realización del *walking test* se determina realizar rutas por cada corredor de cada piso del Edificio Matriz Banco Pichincha, para determinar la cobertura.
- El análisis de cobertura inicial se realizará piso por piso y se enfocara en Pruebas de Voz, de HSDPA y HSUPA.

# Porcentajes mínimos que se debe cumplir para servicio de voz

Parámetro de calidad (ON_NET)	Valor Objetivo
Porcentaje de Llamadas Establecidas.	$\geq 95\%$
Tiempo de establecimiento de llamada.	$\leq 12$ s
	$\geq 95\%$
Porcentaje de Llamadas Caídas	RBSs tipo A $\leq 2\%$
	RBSs tipo B $\leq 5\%$
	RBSs tipo C $\leq 7\%$
Zona de Cobertura	Urbana $\geq 95\%$
	Rural o Carreteras $\geq 90\%$
Calidad de conversación	MOS $\geq 3$
Porcentaje de mensajes cortos exitosos	$\geq 95\%$
Tiempo promedio de entrega de mensajes cortos	$\leq 30$ s

# Valores mínimos a cumplir en HSDPA y HSUPA

Para el servicio de Internet Móvil al momento no se cuenta con ninguna regulación establecida por los estamentos de control y regulación en el Ecuador. sin embargo por tratarse de una tecnología de 3G se establece para cumplir con los estándares de la tecnología los valores indicados en la tabla

HSDPA	1,4 Mbps
HSUPA	700 kbps

# Porcentaje del desempeño de la red para llamadas largas.

Se indica el porcentaje del desempeño de la red de voz, el cual para ser correcto debe cumplir por lo menos con el 95% de las llamadas conectadas, las cuales se deben establecer en un tiempo menor a 12 segundos.

Porcentaje de desempeño de la red para llamadas largas.				
Piso	Total llamadas	Total llamadas conectadas	Total llamadas erradas	Porcentaje de desempeño de la red %
9	99	99	0	100
8	37	37	0	100
7	74	74	0	100
6	70	70	0	100
5	73	73	0	100
4	62	62	0	100
3	14	14	0	100
2	12	12	0	100
1	39	39	0	100
Planta baja	40	40	0	100
Subsuelo 1	108	108	0	100
Subsuelo 2	107	107	0	100
Subsuelo 3	103	103	0	100

Del análisis se puede concluir que el motivo de la optimización no es mejorar la calidad de voz.

# Porcentaje de desempeño de la red de datos HSDPA.

Porcentaje de desempeño de red para bajada de datos HSDPA.				
Piso	Total Muestras	Muestras $\geq$ 1.4Mbps	Muestras $\leq$ 1.4Mbps	Porcentaje de desempeño de la red %
9	36	32	4	88,88
8	51	48	3	94,11
7	44	42	2	95,45
6	59	59	0	100
5	90	49	41	54,54
4	56	49	7	87,5
3	17	8	9	47,05
2	9	9	0	100
1	34	21	13	61,76
Planta Baja	39	37	2	94,87
Subsuelo1	64	48	16	75
Subsuelo 2	58	58	0	100
Subsuelo 3	58	58	0	100

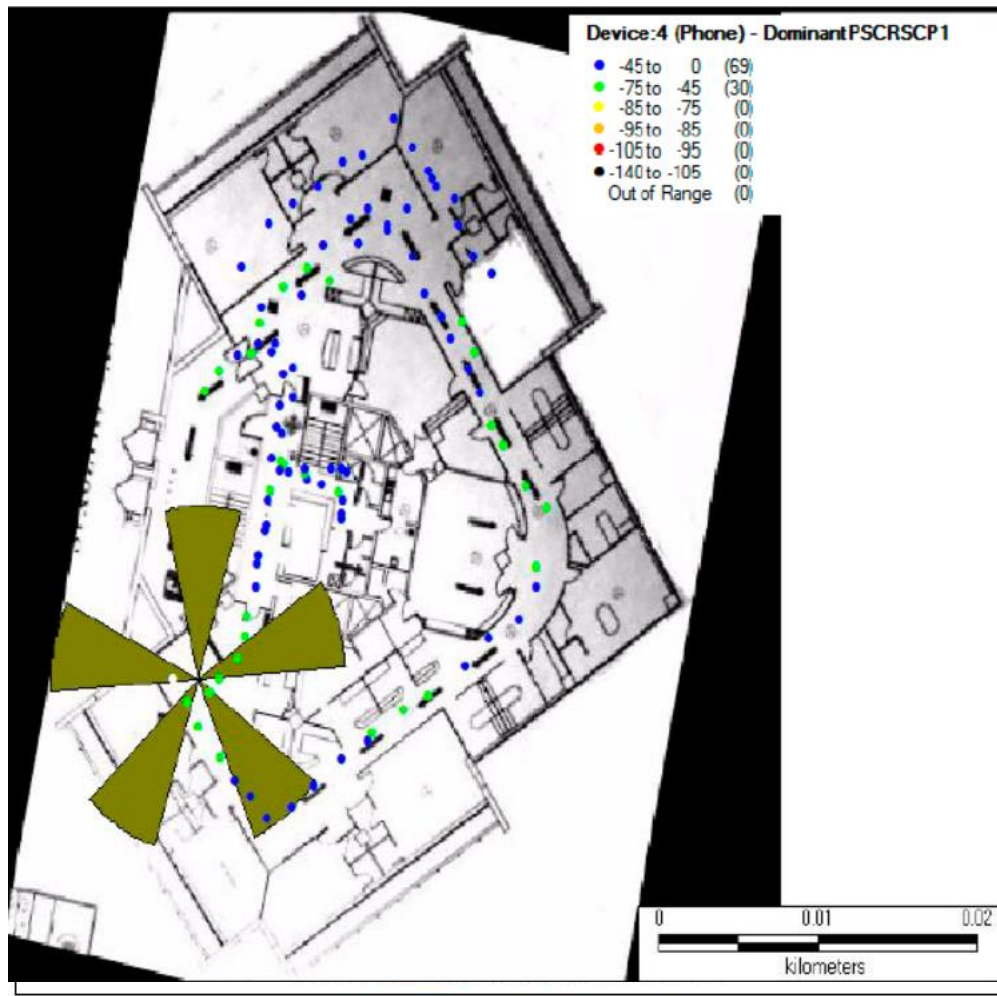
En uno o más pisos no se cumple con el desempeño mínimo del 95% de la red establecido por la operadora.



# Indicadores de Nivel de Señal

- Los indicadores de RSCP (*Received Signal Code Power*) y el  $E_c/N_0$  son parámetros que indican la cobertura de una red 3G.
- RSCP. Es el nivel de potencia recibida por el UE.
- Se consideran valores óptimos a los niveles de potencia que están en el rango que va desde 0 dBm a -45 dBm, buenos en el rango de -45 dBm a -85 dBm y malos los valores menores a -85 dBm.

La figura, muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz, la velocidad de bajada de datos y la velocidad de subida de datos en el piso 9.

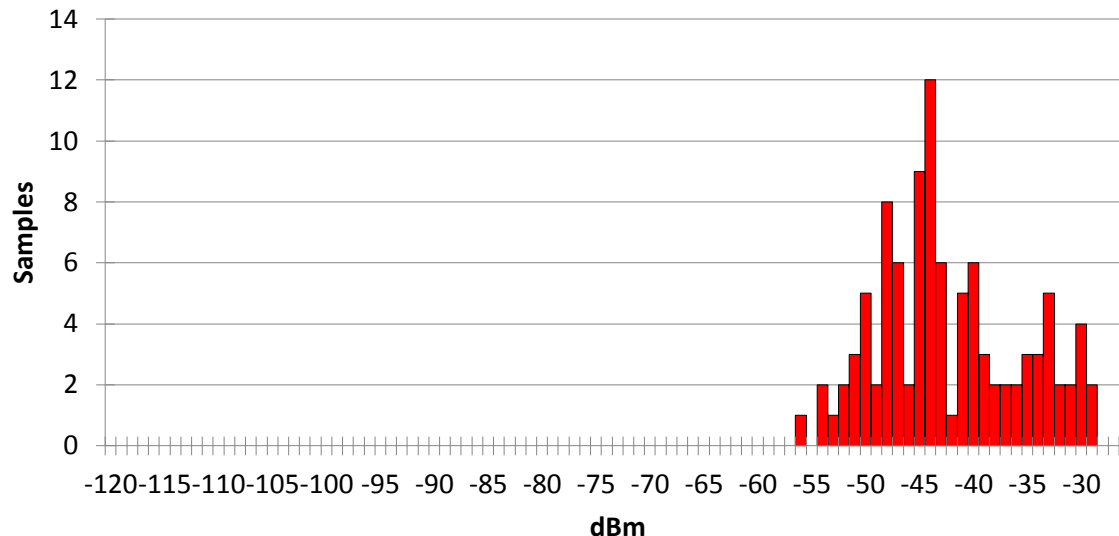


Al realiza el análisis de los datos obtenidos en la tabla, se observa que 69 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 a -45 dBm y 30 llamadas en el rango que va de -45 a -75 dBm.

**Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1**

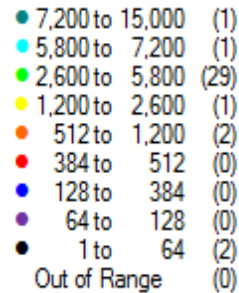
●	-45 to 0	(69)
●	-75 to -45	(30)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
●	Out of Range	(0)

La figura, muestra utilizando una gráfica de barras los niveles de señal en función de la cantidad de llamadas realizadas.

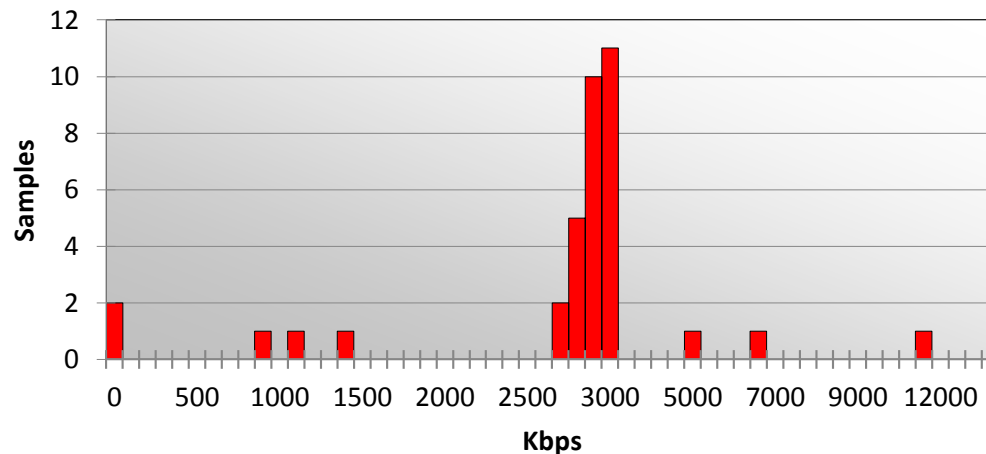


# Cantidad de llamadas en función de la velocidad de bajada de datos para el piso 9.

Device:5 (Phone) - DownlinkRLLayerThroughput 1



La figura, utiliza una gráfica de barras para mostrar el comportamiento de las descargas de datos en función de la velocidad de bajada

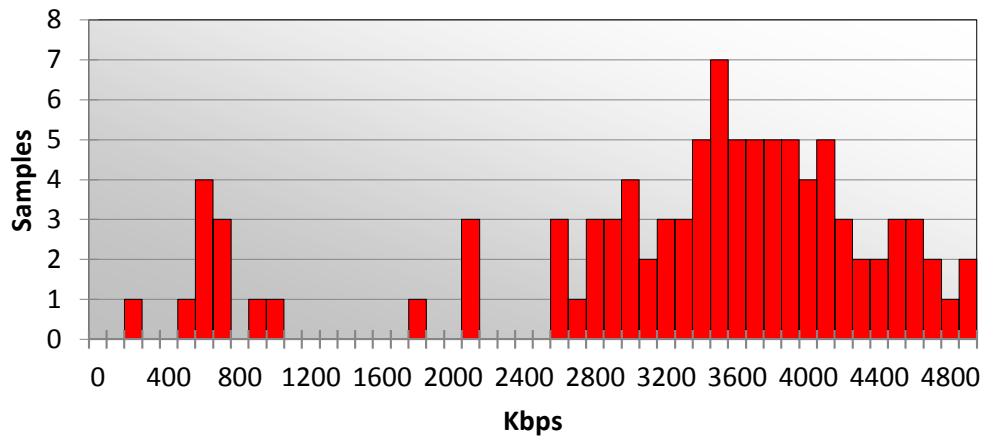


# Cantidad de llamadas en función de la velocidad de subida de datos para el piso 9.

Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

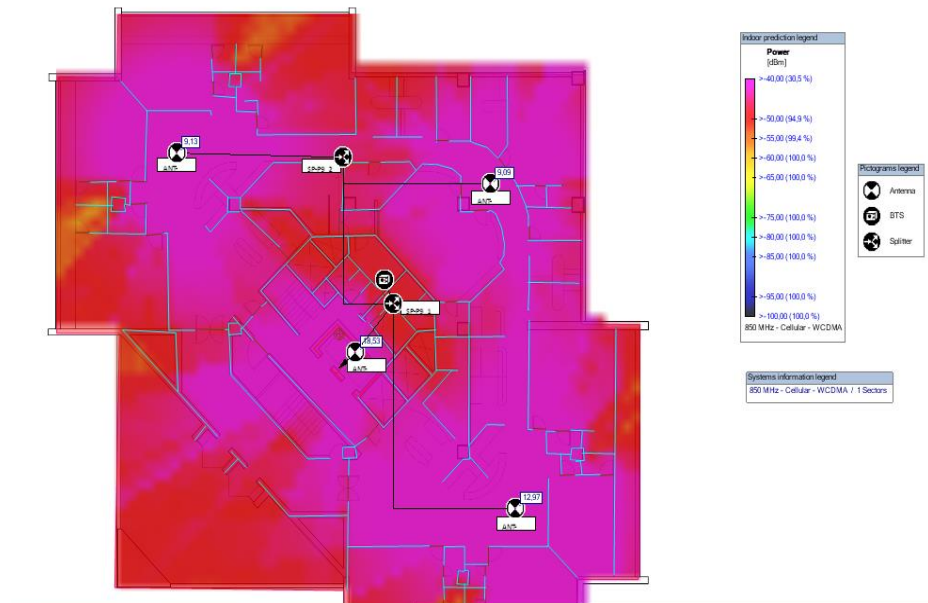
● 7,200 to 15,000	(0)
● 5,800 to 7,200	(0)
● 2,600 to 5,800	(83)
● 1,200 to 2,600	(4)
● 512 to 1,200	(10)
● 384 to 512	(0)
● 128 to 384	(1)
● 64 to 128	(0)
● 1 to 64	(0)
● Out of Range	(0)

La Figura, muestra con una gráfica de barras la velocidad de subida en función de la cantidad de muestras.



# Re-Diseño de la Picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha” en base al software IBWAVE.

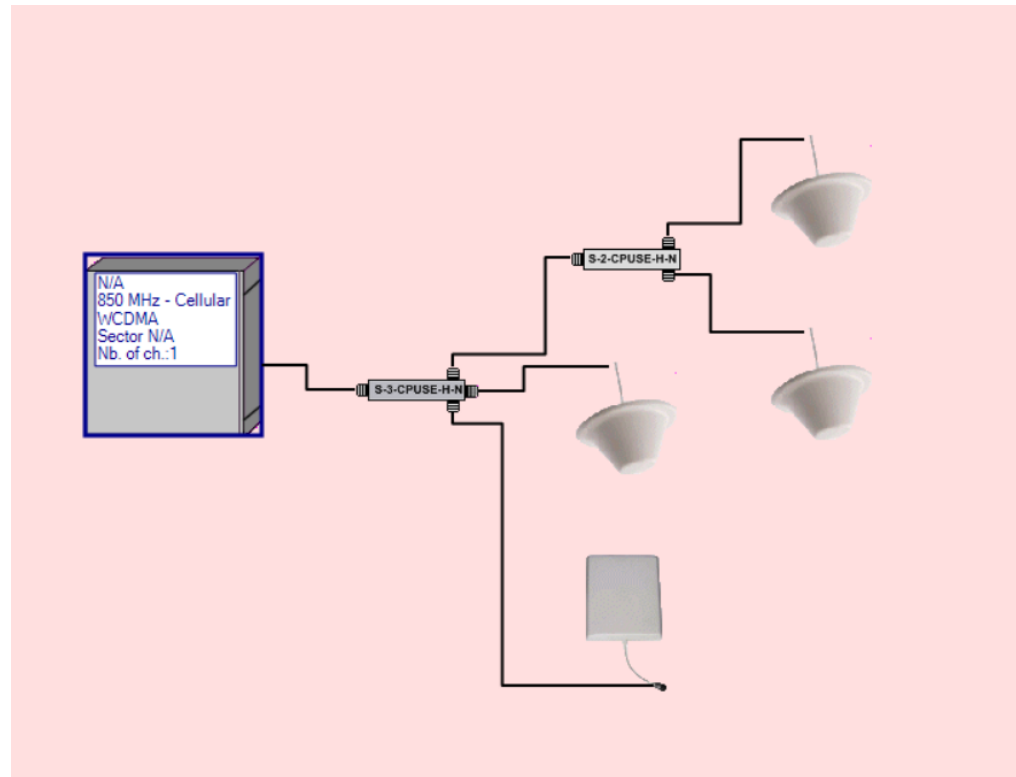
- Utilizando el software IBWAVE se procede a la realizar un re diseño aumentando el número de antenas en áreas donde se determinó en el walking test que existía menor intensidad de señal y con las consideraciones realizadas en el Tss.
- En la figura la predicción de IBWAVE del nuevo sistema radiante y se obtiene los siguientes valores: un 30,5 % del piso tiene un nivel de señal de potencia mayor a -40 dBm y un 94,9 % con un nivel mayor de -50 dBm, lo que indica que el piso cumple con la optimización.



# Asociación de sectores del Nodo B con los pisos del edificio.

Asociación de sectores del Nodo B con los pisos del edificio		
Numero de Piso	Sector	Observaciones
9	Sector 1	Presidencia y Vicepresidencia
8	Sector 2	Oficinas
7		Oficinas
6		Oficinas
5	Sector 3	Jefaturas del Banco
4	Sector 4	Oficinas.
3		Ya que el piso es utilizado por DINERS CLUB y la solución es exclusiva para el Banco Pichincha.
2		Ya que el piso es utilizado por DINERS CLUB y la solución es exclusiva para el Banco Pichincha.
1	Sector 5	Cafeterías
Planta Baja		Auditorios y usuarios en tránsito
Subsuelo 1	Sector 6	Parqueadero
Subsuelo 2		Parqueadero
Subsuelo 3		Parqueadero

# Nuevo Diagrama Unifilar del Piso 9 a ser implementado.





# PRUEBAS REALIZADAS.

Una vez concluida la etapa de implementación es indispensable garantizar que la implementación realizada cumpla con todos los requerimientos del cliente como son operativos

Para esto se considera realizar las siguientes pruebas:

- Medición de *VSWR*, *Cable Loss*, *Distance to Fault*.
- Pruebas de operatividad que se realizaran con software GNET y SPEEDTEST.
- Se realizará un *walking* test final para verificar la cobertura de la nueva solución de antenas distribuidas.

# Mediciones de VSWR, Cable Loss, Distance to fault en sistema radiante.

- Las mediciones de VSWR, Cable Loss y Distance to fault, son parámetros que nos sirven para determinar si el cableado se encuentra instalado correctamente.
- Los valores obtenidos son complementarios, con esto quiere decir que no se debe realizar únicamente pruebas de VSWR ya que esta analizada sola no presenta ninguna garantía que la instalación del cableado es correcta siempre como mínimo se debe analizar el VSWR y el *Cable Loss*.

## Tabla de valores de VSWR para tramos de cable instalados.

La tabla indica los valores de VSWR para distintas longitudes de cable utilizadas en la implementación

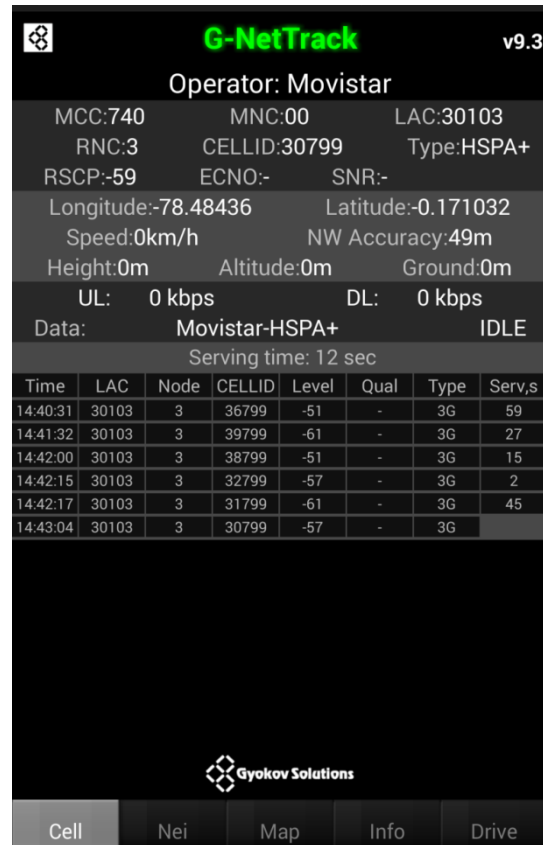
Tramos	Distancia (m)	VSWR	Anexo 5
1	18	1,03	Grafica VSWR 1
2	18	1,04	Grafica VSWR 2
3	20	1,03	Grafica VSWR 3
4	20	1,03	Grafica VSWR 4
5	25	1,03	Grafica VSWR 5
6	25	1,03	Grafica VSWR 6
7	27	1,06	Grafica VSWR 7
8	27	1,09	Grafica VSWR 8
9	28	1,06	Grafica VSWR 9
10	28	1,03	Grafica VSWR 10
11	30	1,03	Grafica VSWR 11
12	30	1,03	Grafica VSWR 12
13	35	1,03	Grafica VSWR 13
14	35	1,06	Grafica VSWR 14
15	40	1,03	Grafica VSWR 15
16	40	1,04	Grafica VSWR 16
17	45	1,04	Grafica VSWR 17
18	45	1,04	Grafica VSWR 18
19	50	1,04	Grafica VSWR 19
20	55	1,05	Grafica VSWR 20

# Pruebas de operatividad de la picocelda HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha”

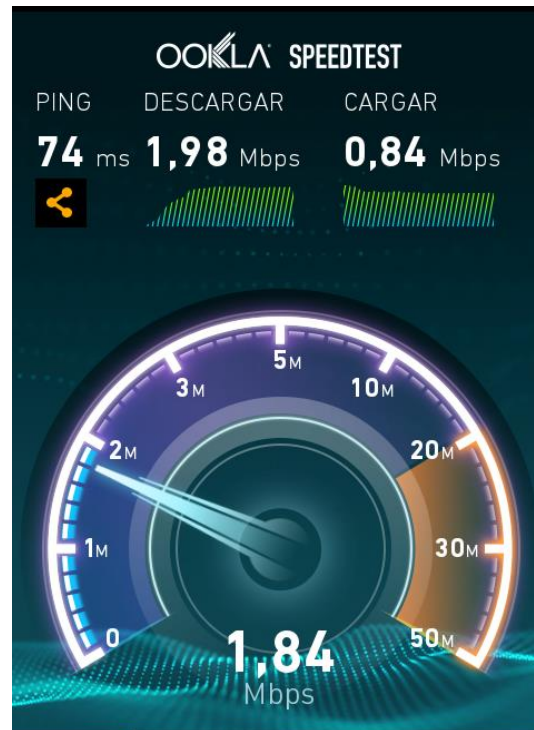
- Para realizar pruebas de operatividad HSPA+ “Edificio Matriz Banco Pichincha”, se van a utilizar los programas G-NetTrack y SPEEDTEST para comprobar la cobertura con el programa GNET y con el programa SPEEDTEST se verificara las velocidades de bajada (HSDPA) y de subida HSUPA.
- Para efectuar las pruebas de operatividad se realizó la instalación en un teléfono celular activado con servicio de datos los programas de GNET y SPEEDTEST y se realizó un recorrido por la estación realizando las capturas de los datos.
- Debido a la complejidad de ingresar al sitio se realizarán las pruebas en el sitio que se determinado es el área de menor señal.

## Sector 1.

La figura muestra los niveles de señal de RSCP medida con la herramienta G-NetTrack entre -51 dB y -61 dB lo cual indica buenos niveles de señal(rango de buen nivel -45 a -75 dB).



En la figura se comprueba las velocidades de subida y bajada de datos, para esto se ha utilizado la herramienta SPEEDTEST. Las velocidad de bajada es de 1,98 Mbps y la velocidad de subida de 0,84 Mbps, se concluye que esta cumpliendo con las velocidades para una red 3G.

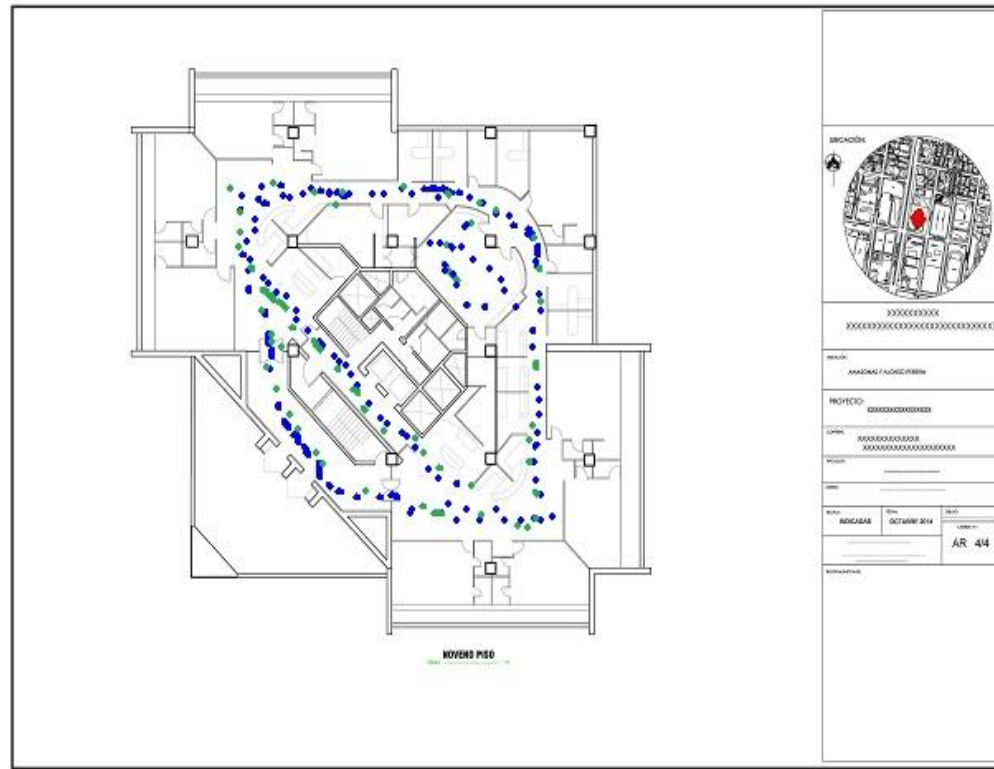


# **Análisis de cobertura en base a la recolección de mediciones en varias zonas dentro de los pisos del Edificio Matriz Banco Pichincha.**

- Una de las herramientas que se utilizará para realizar el análisis de la cobertura y desempeño del Edificio Matriz Banco Pichincha será un walking test final con el objetivo de comparar los datos obtenidos en el walking test inicial con el walking test final y poder confirmar que la optimización implementada funciona y cumple con los requerimientos de la operadora.

## Pruebas de Voz. Piso 9.

La figura muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la intensidad de la señal de Voz.



Ruta del Walking test en el piso 9 para pruebas de voz.



# Número de llamadas en función de las potencias de señal del piso 9.

- De los datos obtenidos en la tabla, se puede concluir que 346 llamadas se encuentran dentro del rango que va de 0 dBm a -45 dBm y 31 llamadas en el rango que va de -45 dBm a -75 dBm.

## Device:4 (Phone) - DominantPSCRSCP1

●	-45 to 0	(346)
●	-75 to -45	(31)
●	-85 to -75	(0)
●	-95 to -85	(0)
●	-105 to -95	(0)
●	-140 to -105	(0)
	Out of Range	(0)

# Análisis del desempeño de la red en el servicio de voz.

- En la tabla se observa que el porcentaje del desempeño de la red de voz; el cual debe cumplir con el 95% de las llamadas conectadas, las cuales se deben establecer en un tiempo menor a 12 segundos.

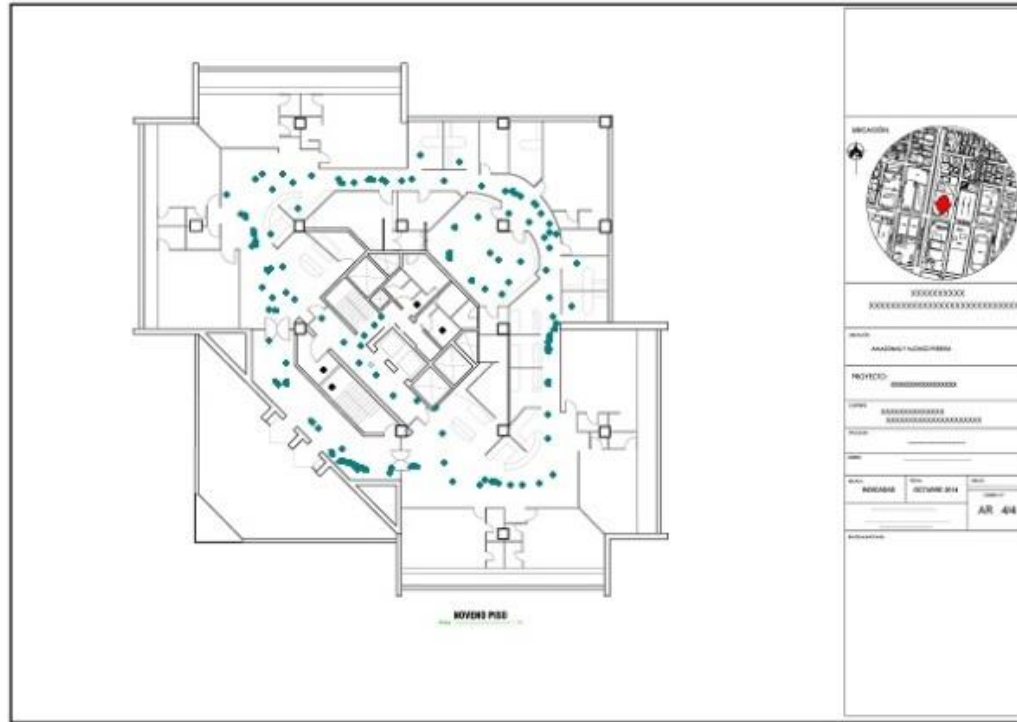
## Porcentaje del desempeño de la red de voz final.

- Se concluye que el desempeño de la red es al 100%; el 81,16 % de las llamadas conectadas se encuentran en niveles de potencia que van desde 0 dBm a -45 dBm.

LLAMADA LARGA				
PISO	TOTAL LLAMADAS	TOTAL LLAMADAS CONECTADAS	TOTAL LLAMADAS ERRADAS	THROUGHPUT
9	377	377	0	100
8	426	426	0	100
7	350	350	0	100
6	525	525	0	100
5	451	451	0	100
4	273	273	0	100
3	30	30	0	100
2	73	73	0	100
1	93	93	0	100
Planta Baja	258	258	0	100
Subsuelo 1	175	175	0	100
Subsuelo 2	171	171	0	100
Subsuelo 3	186	186	0	100

## Pruebas de HSDPA Piso 9.

La figura muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de la conexión de datos de bajada (HSDPA).



**Ruta del Walking test en el piso 9 para pruebas de HSDPA.**

# Pruebas de HSDPA Piso 9.

- En la tabla se observa como las velocidades de bajada se encuentran en los diferentes rangos, la mínima velocidad de bajada debe ser de 1,4 Mbps para una red 3G; por requerimiento de la operadora el desempeño de la red no debe ser menor al 95%.

## Velocidad de bajada de las muestras tomadas en el piso 9.

- Del total de muestras indicadas en tabla únicamente 4 muestras están debajo del requerimiento de la operadora.

### Device:5 (Phone) - DownlinkRLCLayerThroughput 1

●	5,800 to 15,000	(92)
●	2,600 to 5,800	(1)
●	1,200 to 2,600	(0)
●	512 to 1,200	(0)
●	384 to 512	(0)
●	128 to 384	(0)
●	64 to 128	(0)
●	1 to 64	(0)
●	0 to 1	(4)
●	Out of Range	(0)

## Análisis del desempeño de la red de datos de bajada HSDPA.

- Para realizar el análisis de la red para datos de bajada, debido a que no existe una ley que establezca las velocidades mínimas de bajada para Internet Móvil, se toma como base los valores mínimos de velocidad de bajada establecidos para una red 3G y el porcentaje de desempeño de la red establecida por la operadora no debe ser menor al 95%.
- Los valores mínimos de velocidad de bajada serian de 1.4 Mbps.
- La tabla indica el porcentaje de desempeño de red.

HSDPA				
PISO	TOTAL MUESTRAS	MUESTRAS $\geq$ 1.4Mbps	MUESTRAS $\leq$ 1.4Mbps	THROUGHPUT
9	97	93	4	95,87628866
8	120	116	4	96,66666667
7	101	98	3	97,02970297
6	154	148	6	96,1038961
5	147	142	5	96,59863946
4	57	55	2	96,49122807
3	12	12	0	100
2	11	11	0	100
1	28	27	1	96,42857143
Planta Baja	50	48	2	96
Subsuelo 1	15	15	0	100
Subsuelo 2	38	37	1	97,36842105
Subsuelo 3	21	20	1	95,23809524

La tabla muestra como en todos los pisos del edificio el porcentaje de desempeño de la red es mayor al 95% cumpliendo con los requerimientos de una red 3G y de la operadora.

## Pruebas de HSUPA. Piso 9.

La figura muestra como el software TEMS va realizando el muestreo de la velocidad de conexión de datos de subida (HSUPA).



Ruta del Walking test en el piso 9.

# Velocidad de subida para las muestras tomadas en el piso 9.

- La tabla se observa como las muestras se encuentran entre los diferentes rangos de velocidad de subida, el mínimo valor de velocidad de subida que se debe cumplir es de 700 kbps con el objetivo de cumplir con el 95 % del rendimiento de la red.

## Device:6 (Phone) - HSUPATotalThroughput 1

● 2,600 to 5,800	(0)
● 1,200 to 2,600	(102)
● 512 to 1,200	(192)
● 384 to 512	(1)
● 128 to 384	(1)
● 64 to 128	(1)
● 1 to 64	(5)
● 0 to 1	(0)
Out of Range	(0)

Las muestras presentan velocidades que están por debajo de los 700 kbps de un total de 302 muestras.

# Análisis del desempeño de la red de datos de subida HSUPA.

- Debido a que no existe una ley en el Ecuador que establezca las velocidades mínimas de subida para Internet Móvil, se toma como base los valores mínimos de velocidad de subida establecidos para una red 3G. Los valores mínimos de velocidad de subida serian de 700 kbps.
- En la tabla, se realiza el cálculo del desempeño de la red para datos de subida, el mínimo valor de porcentaje que debe cumplir es del 95% establecido por la operadora para clientes VIP.



# Cálculo del desempeño de la red para datos de subida.

HSUPA				
PISO	TOTAL MUESTRAS	MUESTRAS $\geq$ 700 kbps	MUESTRAS $\leq$ 700 kbps	THROUGHPUT
9	302	294	8	97,35099338
8	340	323	17	95
7	325	310	15	95,38461538
6	388	372	16	95,87628866
5	379	365	14	96,3060686
4	177	174	3	98,30508475
3	34	34	0	100
2	43	43	0	100
1	76	73	3	96,05263158
Planta Baja	198	194	4	97,97979798
Subsuelo 1	171	167	4	97,66081871
Subsuelo 2	179	171	8	95,53072626
Subsuelo 3	161	153	8	95,0310559

En todos los pisos del edificio se cumple como mínimo con el 95% del desempeño de la red por tal motivo se puede aseverar que el cambio de un concepto de picocelda a un sistema de antenas distribuida soluciono el problema de cobertura y desempeño de la red.

# Comparativa de desempeño inicial y final.

Para comprobar que con la solución implementada de un DAS en la “Picelda HSPA+ Matriz Banco Pichincha”, se realiza una comparativa del desempeño de la estación mediante las siguientes herramientas:

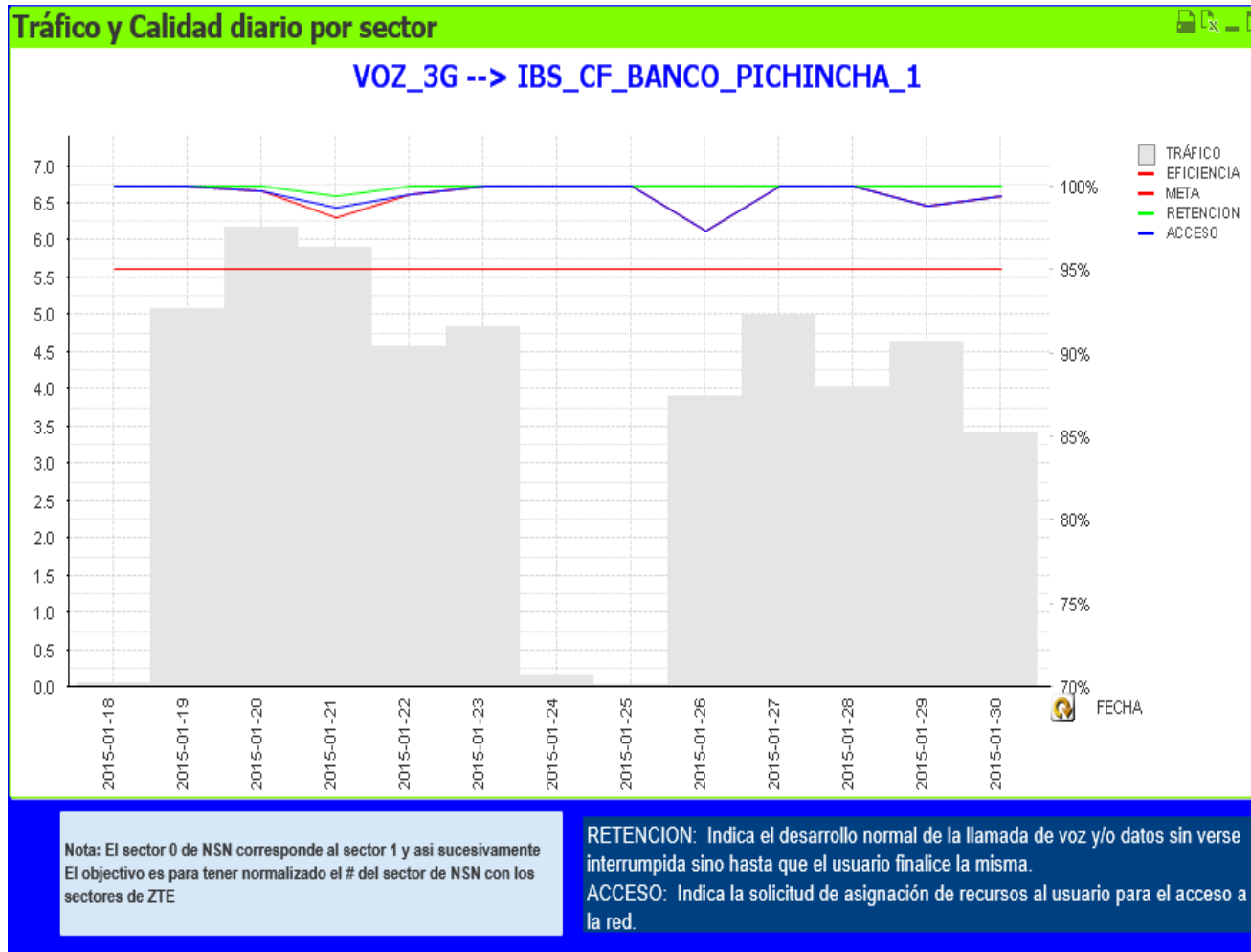
- Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final.
- Estadísticas obtenidas del Nodo B.

# Estadísticas del Servicio de Voz.

- Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para voz.
- La tabla muestra las estadísticas de desempeño para un servicio de voz obtenidas mediante el walking test inicial y final.

VOZ			
PISO	ANTES	DESPUES	OBSERVACIÓN
9	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
8	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
7	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
6	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
5	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
4	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
3	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
2	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
1	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
Planta Baja	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
Subsuelo 1	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
Subsuelo 2	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP
Subsuelo 3	100	100	El THROUGHPUT se mantiene al 100% sin embargo se puede verificar en el walking test final que las llamadas se conectan con mejores niveles de RSCP

- Podemos concluir que la implementación fue exitosa para el servicio de voz, y estamos cumpliendo con los parámetros de calidad de voz establecidos por la operadora.



# Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para HSDPA.

- La tabla muestra la estadísticas de desempeño para un servicio de bajada de datos HSDPA obtenidas mediante el walking test inicial y final.

**Tabla Desempeño inicial y final de HSDPA**

HSDPA			
PISO	ANTES	DESPUES	OBSERVACIÓN
9	88,8888889	95,8762887	Mejora el porcentaje del throughput de la red considerando el nivel del RSCP $\geq$ -100 y el Ec/No $\geq$ -12
8	94,1176471	96,6666667	Mejora el porcentaje del throughput de la red considerando el nivel del RSCP $\geq$ -100 y el Ec/No $\geq$ -12
7	95,4545455	97,029703	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
6	100	96,1038961	El throughput de la red baja esto se debe a que existe una nueva asignación de pisos para lograr cumplir con el mínimo del 95%.
5	54,4444444	96,5986395	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
4	87,5	96,4912281	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
3	47,0588235	100	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
2	100	100	Se mantiene el throughput de la red
1	61,7647059	96,4285714	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
Planta Baja	94,8717949	96	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
Subsuelo 1	75	100	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
Subsuelo 2	100	97,3684211	El throughput de la red baja esto se debe a que existe una nueva asignación de pisos para lograr cumplir con el mínimo del 95%.
Subsuelo 3	100	95,2380952	El throughput de la red baja esto se debe a que existe una nueva asignación de pisos para lograr cumplir con el mínimo del 95%.

# Estadísticas del desempeño obtenidas con walking test inicial y final para HSUPA.

- La tabla muestra las estadísticas de desempeño para un servicio de subida de datos obtenidas mediante el walking test inicial y final.

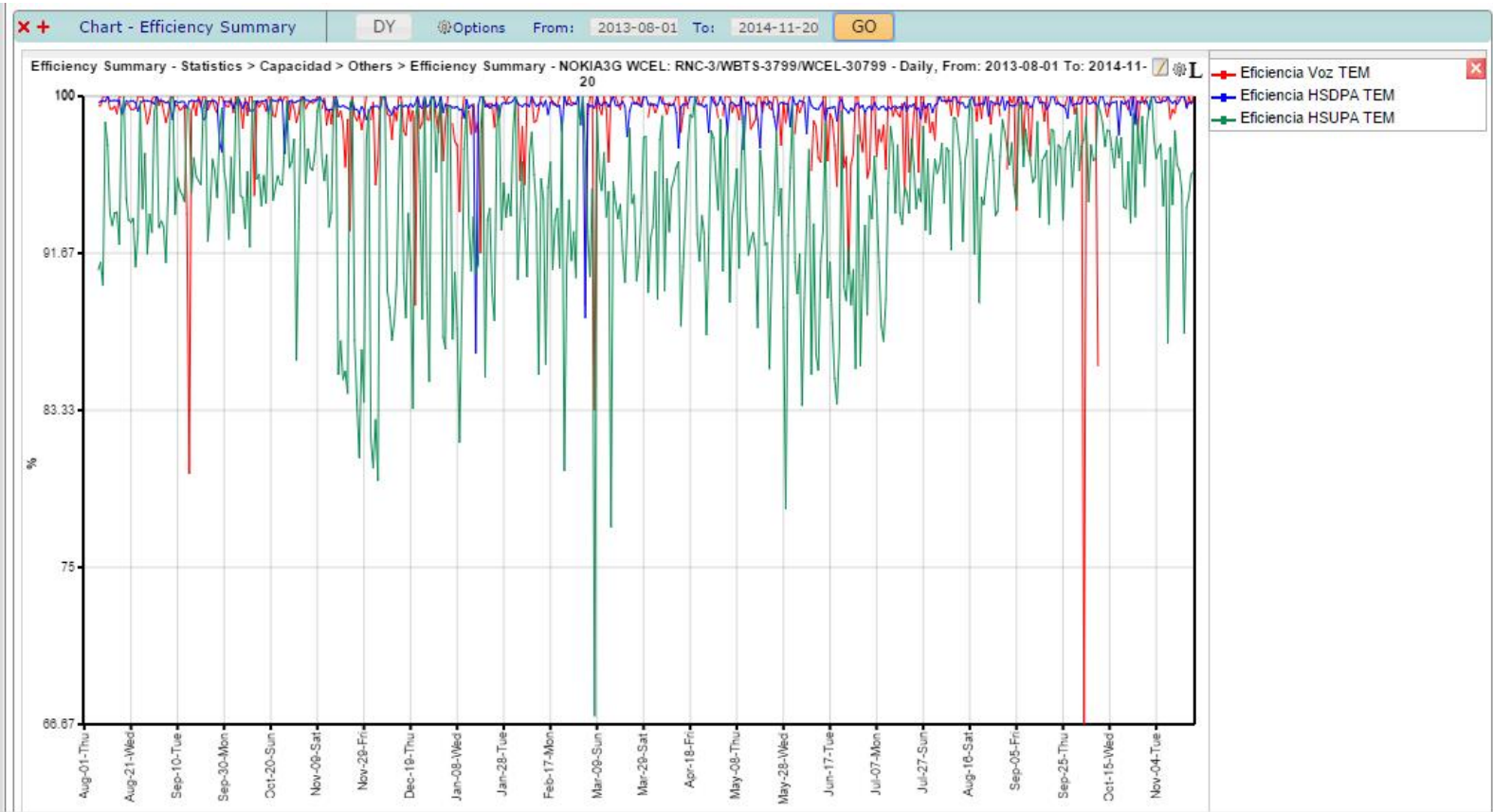
## Desempeño inicial y final de HSUPA

HSUPA			
PISO	ANTES	DESPUES	OBSERVACION
9	93,877551	97,3509934	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
8	94,1176471	95	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
7	91,6666667	95,3846154	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
6	95,6521739	95,8762887	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
5	92,7536232	96,3060686	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
4	100	98,3050847	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
3	92,8571429	100	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
2	100	100	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
1	100	96,0526316	El throughput de la red baja esto se debe a que existe una nueva asignación de pisos para lograr cumplir con el mínimo del 95%.
Planta Baja	90	97,979798	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
Subsuelo 1	88,0733945	97,6608187	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
Subsuelo 2	95,3271028	95,5307263	Mejora el porcentaje del throughput de la red.
Subsuelo 3	85,1485149	95,0310559	Mejora el porcentaje del throughput de la red.

# Estadísticas obtenidas del Nodo B.

- A continuación se muestran las estadísticas para datos de bajada y subida de cada sector de la estación “Edificio Matriz Banco Pichincha.” Obtenidas del nodo B.
- En las estadísticas obtenidas del nodo B se concluye que la estación siempre está sobre el 95% del desempeño establecido por la operadora para servicios HSDPA y HSUPA.
- Sin embargo existen algunos eventos inusuales que se puede deber a pérdida de datos en la transmisión o algún tipo de interferencia de realizar la descarga o subida de la información el momento de realizar la descarga o subida de la información.

# Servicio de datos HSDPA y HSUPA del sector 1.





# CONCLUSIONES

- En el Walking Test Final para voz y datos son analizados se concluye que los niveles de RSCP mejoran garantizando una mejor calidad para el servicio de voz, las velocidades de subida y bajada de datos están sobre el 95 % para cada piso, obteniendo una mejoría debido a que inicialmente uno o más pisos tenían un desempeño menor al 95%.
- Las pruebas realizadas con el software G-NETRACK se verifica que cada sector presenta niveles de señal que se encuentran en un rango aceptable que va desde -45dBm a -75 dBm.
- En las pruebas realizadas en cada sector con el software SPEEDTEST dan resultados de velocidades de bajada mayores a 1,4 Mbps y velocidades de subida mayores a 0,7 Mbps para cada sector. De las estadísticas tomadas de la red (Nodo B) muestran desempeño por sector mayor al 95%.
- El uso de un DAS (Diseño de antenas distribuidas) es una solución altamente eficiente para sitios indoor con gran cantidad de usuarios debido a su rapidez de instalación.
- Los programas de predicción, como el IBWAVE son una herramienta de trabajo muy eficaz para realizar análisis de cobertura, permite establecer un diseño preliminar que después se verifica y valida en el walking test final.

# CONCLUSIONES

- Los software G-NETTRACK y SPEEDTEST son herramientas que se utilizan para analizar los niveles de señal y las velocidades de subida y bajada.
- El walking test permite identificar de mejor manera las áreas con bajos niveles de cobertura. El comportamiento del Nodo B dependerán de la hora y el día, por tal razón es importante identificar el día y la hora con peor desempeño para realizar el walking test. Mientras mayor sea la cantidad de muestras que sean capturadas durante el proceso de walking test, se tendrá un valor más cercano a la realidad del desempeño de la estación.
- Siempre se deben realizar las pruebas de VSWR y de Cable Lost ya que las dos pruebas son complementarias si la una presenta una falla la otra también presentara una falla.
- La realización de un correcto TSS (Techical Site Survey), es fundamental para la instalación de una solución indoor; los principales puntos a ser revisados en el TSS es la disponibilidad del espacio para realizar el cableado horizontal y vertical.

# RECOMENDACIONES

- Para la implementación de este tipo de proyectos se debe realizar un walking test inicial y un walking test final, con el objetivo de verificar que el diseño propuesto sea correcto. Para la realización del walking test se recomienda que las llamadas de prueba sean realizadas únicamente dentro de la misma red ya que no se puede garantizar el desempeño de las redes de las otras operadoras.
- Siempre tener claros los lineamientos de calidad mínimos como son las características técnicas de los equipos y materiales establecidos por la operadora. Se recomienda elegir los equipos que menor contaminación visual provoquen para no comprometer la imagen del sitio.