

INCREMENTO DE CAPACIDAD EN RED DE ACCESO MÓVIL 3G

INCREASE IN CAPACITY IN THE 3G MOBILE ACCESS NETWORK

Autores: Lesbiel Pineda Sánchez

<https://orcid.org/0000-0001-9517-4182>

Sandor Otero Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0001-5194-2469>

Geikel Dorta Guevara

<https://orcid.org/0000-0002-8550-4157>

Institución: Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A., Ciego de Ávila, Cuba

Correo electrónico: lesbiel.pineda@etecsa.cu

sandor.otero@etecsa.cu

geikel.dorta@etecsa.cu

RESUMEN

En la presente investigación se analiza el impacto técnico-social que representa incrementar la capacidad de la red de telefonía celular en sitios limitados en banda primaria, que debido a la alta demanda de tráfico que poseen la experiencia de usuario está degradada. Se proponen variantes a implementar que garantizan duplicar la capacidad en la red en los sitios en cuestión, se analizan las diferentes variantes a implementar para garantizar el incremento de la capacidad y su compatibilidad con escenarios de Long Term Evolution (LTE). Las soluciones propuestas no requieren de financiamiento por inversiones, se centran en el reacomodo del espectro para realizar un uso más eficiente del mismo. Se limita parte del espectro reservado para Sistema Global para Las Comunicaciones Móviles (GSM) para emplearlo en una portadora de LTE u otra portadora de Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), para liberar parte de la banda que se requiere de GSM se implementó en Matlab un algoritmo que se basa en el análisis de las celdas vecinas para así asignar la frecuencia de las portadoras GSM que deba ser cambiada. Estas modificaciones incidirían de manera positiva en la calidad del servicio percibida por el usuario debido a que se prevé que la carga de la celda disminuya debido a que los usuarios serán balanceados entre dos portadoras disminuyendo los valores de Potencia Total de Banda Ancha Recibida (RTWP) e incrementando el throughput.

Palabras clave: Banda primaria, Calidad de servicio, Capacidad, Comunicaciones Móviles.

ABSTRACT

In the present investigation, the technical-social impact of increasing the capacity of the cellular telephone network in limited sites in primary band is analyzed, which due to the high traffic demand that the user experience has is degraded. Variants to be implemented that guarantee doubling the capacity in the network in the sites in question are proposed, the different variants to be implemented are analyzed to guarantee the increase in capacity and their compatibility with Long Term Evolution (LTE) scenarios. The proposed solutions do not require financing for investments, they focus on the rearrangement of the spectrum to make a more efficient use of it. Part of the spectrum reserved for the Global System for Mobile Communications (GSM) is limited to use it in an LTE carrier or another carrier of the Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), to free up part of the band that is required for GSM was implemented in Matlab an algorithm that is based on the analysis of the neighboring cells in order to assign the frequency of the GSM carriers that must be changed. These modifications would have a positive impact on the quality of service perceived by the user, since the cell load is expected to decrease due to the fact that users will be balanced between two carriers, decreasing the values of Total Received Broadband Power (RTWP). and increasing throughput.

Keywords: Capacity, Mobile Communications, Primary band, Quality of service.

INTRODUCCIÓN

Según (Digital, 2022) el número de suscriptores únicos de telefonía móvil supera los 5200 millones de usuarios, de los cuales cerca del 60 % son usuarios de internet. Estos valores evidencian la masividad del uso de tecnologías de telefonía móvil. Cuba no está ajena a estas tendencias, según (Smartphone penetration in Latin America 2025, s. f) la penetración de la telefonía celular es de más del 50 % y cerca del 33 % de los usuarios acceden a internet mediante datos móviles, este es de los procesos más importantes que realiza nuestro país como parte de la Informatización de la Sociedad. Lo mencionado anteriormente sumado a la creciente demanda de servicio sobre las redes de telecomunicaciones ha provocado que el tráfico cursado por esta crezca de manera exponencial de un año a otro.

En la red de telefonía móvil de Ciego de Ávila la demanda de tráfico creció más de 5 veces en el último año, lo que ha provocado una disminución en la capacidad de la misma incidiendo en el deterioro de la percepción del servicio por los usuarios,

fundamentalmente los sitios que solo poseen tecnología 2G/3G y una sola portadora de 3G. Estos sitios presentan limitantes en cuanto al hardware que poseen instalado, fundamentalmente el ancho de banda que poseen las unidades de radio, por lo que no es posible con los mismos crecer el número de portadoras en estos sitios evidenciando problemas de capacidad y afectado la calidad del servicio (QoS) que perciben los usuarios.

En la presente investigación se proponen variantes para incrementar la capacidad de la red de acceso móvil realizando ajustes en el uso del espectro radioeléctrico permitiendo aprovechar de forma más eficiente los recursos disponibles en los sitios mencionados e incidiendo en que los usuarios perciban una mayor calidad de los servicios.

Objetivo General

- Incrementar la capacidad de la red de acceso móvil.

Objetivos Específicos

- Aumentar la capacidad de la red UMTS en sitios limitados en P-GSM.
- Incrementar el número de portadoras UMTS en los sitios que se encuentren limitados en la banda primaria.
- Ofrecer acceso a mayor cantidad de usuarios.
- Disminuir la carga de las celdas, mejorando indicadores de desempeño como RTWP y Throughput.
- Incrementar la experiencia del servicio que perciben los usuarios.

DESARROLLO

Para solucionar los temas relacionados a la capacidad de las redes de telecomunicaciones la variante más sencilla sería realizar inversiones para incrementar la capacidad de los sitios en cuestión, así como el número de radio bases por unidad de área (Arriola Urrutia 2017; Constain Prado, 2019; Albanna 2018; El Kadiri 2017), estas variantes tienen como desventaja que esas inversiones son costosas y dilatadas en el tiempo por lo que en las situaciones actuales no son factibles. Las soluciones que se propondrán para estos sitios no incluyen ningún gasto relacionado con inversiones o sustitución por hardware nuevos, están relacionadas con la optimización del uso del espectro radioeléctrico para reacomodar en el mismo ancho de banda mayor número de portadoras. Estas modificaciones pretenden modificaciones en las frecuencias que se emplean actualmente para en el mismo

ancho de banda poder tener mayor número de portadoras o tener otra portadora de una tecnología de mayor eficiencia espectral.

Para la implementación de la solución se requiere:

- 1) Permiso de las entidades reguladoras para el uso de una cuarta portadora de 3G de 5 MHz de ancho de banda en la banda P-GSM.
- 2) Identificación de los sitios candidatos para la aplicación de la solución.
- 3) Liberación por parte de ETECSA de la zona de 5 MHz de la banda P-GSM utilizada hoy en el servicio 2G.
- 4) Reordenar las frecuencias de las celdas vecinas a los sitios donde se pretende generar la solución.
- 5) Implementación de la solución a través del sistema de gestión U2000.

Requerimientos Técnicos

La mayoría de los radios que se encuentran instalados en los sitios que pueden ser parte de esta solución son MRFU V2 («Rfu hardware description(v100 r008c00 04)(pdf)-en» [sin fecha]), P-GSM. Las portadoras GSM/UMTS deben estar ubicadas en una ventana de 20 MHz dentro de la banda P-GSM. La potencia de transmisión de estos radios es de 1x80 W 1T2R, lo que sugiere una configuración de dos portadoras de UMTS y dos TRx de GSM a 20 W cada recurso. Nótese que no existiría sitio con 4 portadoras UMTS, sino sitios limitados con banda primaria de GSM con dos portadoras UMTS.

Para la concepción de la solución se realiza un análisis espectral donde se tiene en cuenta el uso actual, por parte de las tecnologías GSM/UMTS, de las bandas P-GSM y E-GSM. Se tienen en cuenta además las características técnicas de los radios más limitados, cuyos parámetros fundamentales son los modos de trabajo y el ancho de banda instantáneo que es de 20 MHz en la mayoría de los escenarios en cuestión.

Estrategias.

De manera general se pudieran seguir dos variantes:

Variante 1.

- Se mantienen F1, F2, y F3 sin cambios.
- Se libera de la portadora 36 a la 60 de la banda P-GSM.
- Se incorpora la portadora F0 para UMTS en frecuencia central 944.40 MHz, UARFCN=3022, que corresponde en la banda P-GSM de la portadora 36 a la 60 con un ancho de banda de 5 MHz.

- Se reordenan las portadoras GSM de la 61 a la 100. Teniendo en cuenta el ancho de banda instantáneo de los radios involucrados en la solución.

Tabla I. Variante 1.

| Var. 1 | Frec. Central DL | |
|--------|------------------|--------|
| | ARFCN | UARFCN |
| F1 | | 2997 |
| F2 | | 2972 |
| F3 | | 2947 |
| F0 | | 3022 |
| GSM | 61-100 | |

Variante 2.

- Se desplaza el bloque de portadoras UMTS existentes hacia el valor más bajo de la banda E-GSM.
- Se libera de la portadora 36 a la 50 de la banda P-GSM.
- Se reordenan las portadoras GSM de la 51 a la 100. Teniendo en cuenta el ancho de banda instantáneo de los radios involucrados en la solución.

Tabla II. Variante 2.

| Var. 2 | Frec. Central DL | |
|--------|------------------|--------|
| | ARFCN | UARFCN |
| F1 | | 2987 |
| F2 | | 2962 |
| F3 | | 2937 |
| F0 | | 3012 |
| GSM | 51-100 | |

Análisis Comparativo.

Variante 1: Menos modificaciones en la red, manteniendo intacto el bloque UMTS.

Variante 2: Mejor aprovechamiento de la banda E-GSM.

Identificación de los Sitios.

Para la solución los sitios escogidos cumplen con las siguientes condiciones:

- Son sitios aislados.
- Cabeceras municipales o poblados de gran densidad de población.
- Son sitios que tienen una sola portadora de 3G.
- Tienen alta concentración de usuarios por portadora 3G. (más de 100).

En la siguiente tabla se muestran las celdas pertenecientes a los sitios que deben ser evaluados.

Tabla III. Sitios Elegidos.

| No. | Nodo B | Max. Usuarios | No. | Nodo B | Max. Usuarios |
|-----|--------|---------------|-----|--------|---------------|
| 1 | ABR203 | 229.61 | 10 | ACA233 | 149.923 |
| 2 | APE201 | 224.403 | 11 | ABR201 | 133.471 |
| 3 | ABL202 | 216.304 | 12 | AFR202 | 131.821 |
| 4 | ACA205 | 215.672 | 13 | ABR204 | 121.315 |
| 5 | AVZ201 | 215.568 | 14 | AMJ202 | 118.186 |
| 6 | AFR201 | 212.337 | 15 | ACA207 | 117.298 |
| 7 | AMO202 | 194.02 | 16 | APE202 | 112.366 |
| 8 | ACH208 | 189.148 | 17 | ACA231 | 104.836 |
| 9 | ACH211 | 186.109 | | | |

Reordenamiento de Frecuencias.

En este trabajo se decide utilizar la variante 1 con el interés de minimizar las modificaciones y simplificar las transformaciones que se pudieran generar lo cual no implica que sea considerada la mejor variante, sería una transformación inicial que con un mínimo de recursos permitiría duplicar la capacidad de la red 3G existentes en los sitios seleccionados.

Para el reordenamiento de las portadoras GSM en el segmento correspondiente se utiliza un método que incluye el sitio objeto de análisis y sus celdas vecinas. Se utiliza MATLAB como herramienta para implementar los algoritmos y obtención de los cambios de frecuencia de las portadoras GSM. El algoritmo se basa en el análisis de las relaciones de vecindad de los sitios para elegir frecuencias disponibles que no se estén empleando en los sitios cercanos.

LTE en 900Mhz.

Para ser evaluado el escenario GSM/UMTS/LTE en la banda de 900 MHz se pueden tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Reordenamiento del espectro en 900 MHz.
- Se garantiza que para el escenario más limitado en hardware siempre exista GSM/UMTS/LTE en configuración GSM 3x2 a 10 W, UMTS 3x1 a 20 W, LTE 3x1 a 40 W.

Variante 3.

Tabla IV. Variante 3.

| Variante 3 | Cantidad. Portadoras | BW (MHz) | Frec. Central DL | | |
|------------|----------------------|----------|------------------|--------|--------|
| | | | ARFCN | UARFCN | EARFCN |
| GSM | 25 | 5 | 975-999 | | |

| | | | | | |
|------------------|----|----|-------|------|------|
| UMTS (F0) | 1 | 5 | | 3012 | |
| UMTS (F1) | 1 | 5 | | 2987 | |
| UMTS (F2) | 1 | 5 | | 2962 | |
| GSM | 25 | 5 | 51-75 | | |
| LTE | 1 | 10 | | | 3750 |

La propuesta de LTE en ese segmento de la banda permite que todos los radios que existen en nuestra red soporten la portadora además de 25 portadoras GSM y una portadora UMTS.

Para esta solución se hace necesaria la revisión de los recursos de banda base para el procesamiento de los mismos en el nuevo escenario, esto es revisión de las tarjetas de procesamiento de banda base que existen en los sitios que pueden formar parte de la solución.

Por naturaleza un servicio de telefonía móvil puede ser soportado por varias tecnologías y en varias bandas de frecuencias. Tanto en el proceso inversionista como en la operación, para el operador, los eventos interRAT e interfrecuency se tratan de minimizar. Un despliegue, y consecuentemente una evolución, en una sola banda de frecuencia para varias tecnologías es mucho más económico que en bandas diferentes, salvando las limitaciones que puedan existir en el espectro, además de los requerimientos de banda base.

En las ciudades más pobladas, dígame cabeceras provinciales, y ciudades importantes la red ha evolucionado lo que hace que los radios existentes tengan banda EGSM.

Para el ordenamiento espectral se han tenido en cuenta los siguientes elementos:

1. Los recursos de red de RF (radios y antenas) que existían con anterioridad (año 2012) cuyas características presentan limitaciones actualmente, banda PGSM, 80 W, IBW=20 MHz.
2. Se supone que en PGSM siempre habrá la posibilidad de LTE (10 MHz@40W), una o dos portadoras UMTS (5 MHz@20W), además de GSM (5MHz@20W, 25 TRXs, configuración 3x2), o sea se proponen configuraciones GUL, GL, UL y las existentes GU.

Tabla V. Distribución de Ancho de Banda, potencia y portadoras.

| | BW(MHz) | | | | Portadoras | | | | Potencia(W) | | | |
|-------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | GUL | UL | GL | GU | GUL | UL | GL | GU | GUL | UL | GL | GU |
| GSM | 5 | | 5 | 5 | 2 | | 2 | 2 | 10 | | 20 | 20 |
| UMTS | 5 | 10 | | 10 | 1 | 2 | | 2 | 20 | 20 | | 20 |
| LTE | 10 | 10 | 10 | | 1 | 1 | 1 | | 40 | 40 | 40 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Total | 20 | 20 | 15 | 15 | 4 | 3 | 3 | 4 | 80 | 80 | 80 | 80 |
|--------------|----|----|----|----|---|---|---|---|----|----|----|----|

3. Con la configuración espectral propuesta, el escenario más limitado podrá contar con configuración GU (GSM 3x2/UMTS 3x2) descrita en la tabla anterior.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Configuración Espectral.

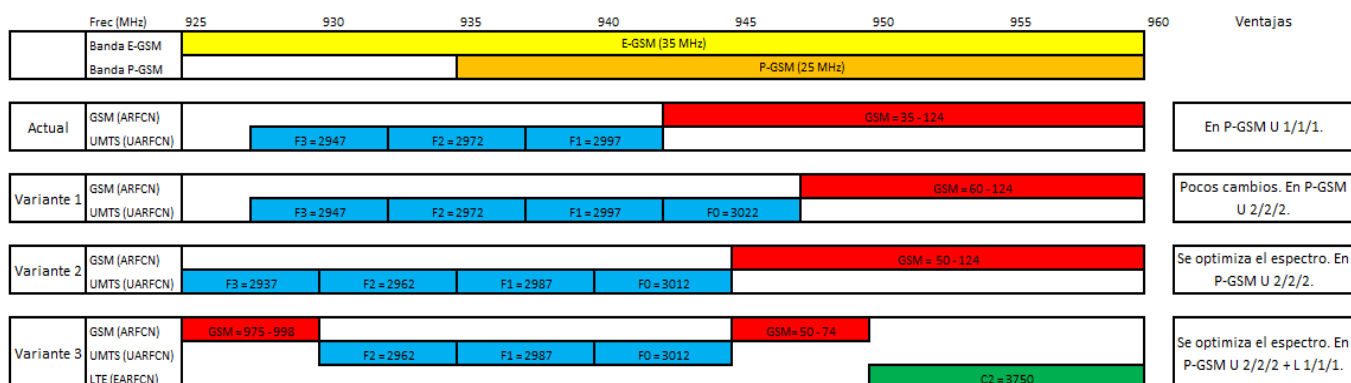


Figura 1. Propuesta de Configuración Espectral.

De implementarse la variante 1 la capacidad de la red UMTS se duplicaría sin la necesidad de invertir en nuevos hardware que soporten mayor número de portadoras, solo garantizar que la banda base soporte el incremento del número de celdas, la mayoría de las tarjetas disponibles en la red soportan al menos 6 celdas UMTS.

La variante 2 además de las mismas ventajas analizadas anteriormente reserva un espacio para un mayor número de portadoras GSM en el espectro, variante que sería útil en sitios de altas demandas de tráfico en GSM o con radio bases cercanas. La variante 3 posibilita la coexistencia de LTE en la banda de 900Mhz incluso en el mismo radio, este escenario como los anteriores permitiría una segunda portadora de UMTS en la banda P-GSM, permitiendo la posibilidad de ofrecer servicios de LTE en los escenarios compatibles.

En los últimos 2 años a 17 BTS se les ha incrementado el número de portadoras para aumentar su capacidad, los datos de indicadores de desempeño de las mismas son almacenados por el software de gestión U2020, será analizada la tasa de incremento de usuarios equivalentes en UL, usuarios HSUPA y usuarios DCH. Serán analizadas todas las mediciones realizadas 24 horas previas a los incrementos de portadoras y 24 horas después para establecer tasa de incremento, la cual permitirá mediante análisis de promedio, desviación estándar e intervalo de confianza predecir el comportamiento de los sitios enunciados con anterioridad que poseen problemas de capacidad. Para el intervalo de confianza se emplea 95 % como nivel de significación.

En la siguiente tabla se relacionan los resultados obtenidos de los análisis estadísticos realizados.

Tabla VI. Resultados estadísticos de las tasas de incremento de los datos analizados.

| | Usuarios DCH | Usuarios HSUPA | Usuarios Equivalentes |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|
| Promedio | 1.369405851 | 1.20750637 | 1.266725266 |
| Varianza | 0.199408517 | 0.340041059 | 0.298425752 |
| Desviación Estándar | 0.446551808 | 0.583130396 | 0.546283582 |
| Intervalo de Confianza | 0.025016655 | 0.032668039 | 0.030603812 |

Huawei recomienda que una celda UMTS no posea más de 90 Usuarios Equivalentes por celdas, por lo que con los incrementos de portadoras en los sitios con problemas de capacidad el número de usuarios por celdas de un mismo sector disminuya.

Tomando como muestra para predecir el comportamiento del sitio se analizará el sector 3 de la BTS Empresa Cítricos sitio que posee cerca de 200 usuarios evidenciando sus problemas de capacidad.

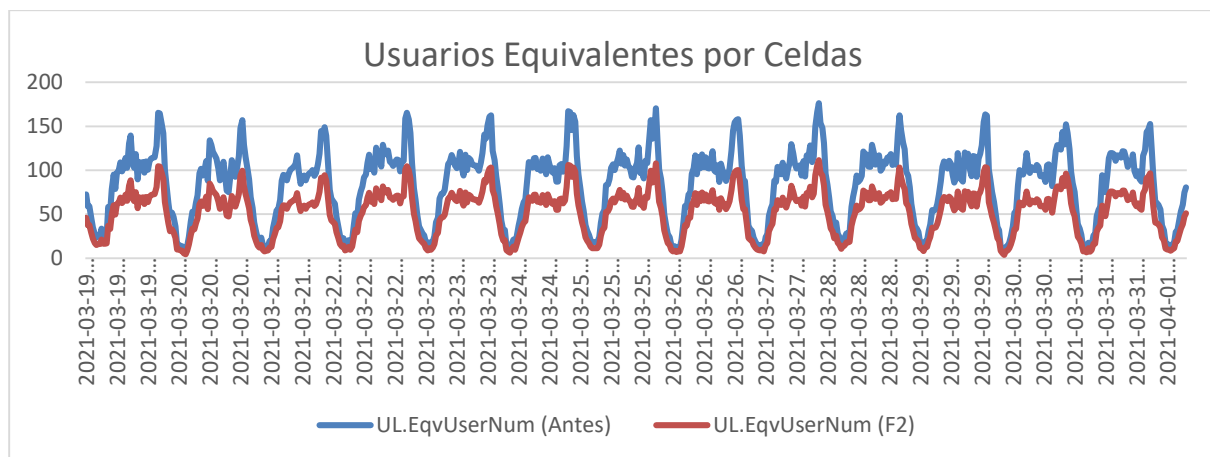


Figura 2. Total de Usuarios por celdas.

Como se evidencia en los resultados anteriores el número de usuarios por sector disminuyó en aproximadamente un 36 % lo que evidencia el incremento de capacidad de la red, incidiendo en una mejora en la percepción de la calidad del servicio por parte de los usuarios.

La interferencia (RTWP) excepto cuando es originada por causas externas es directamente proporcional al número de usuarios, se estima que por cada 10 usuarios equivalentes el RTWP se afecte 1dB. El nivel de interferencia disminuyó en aproximadamente 3dB.

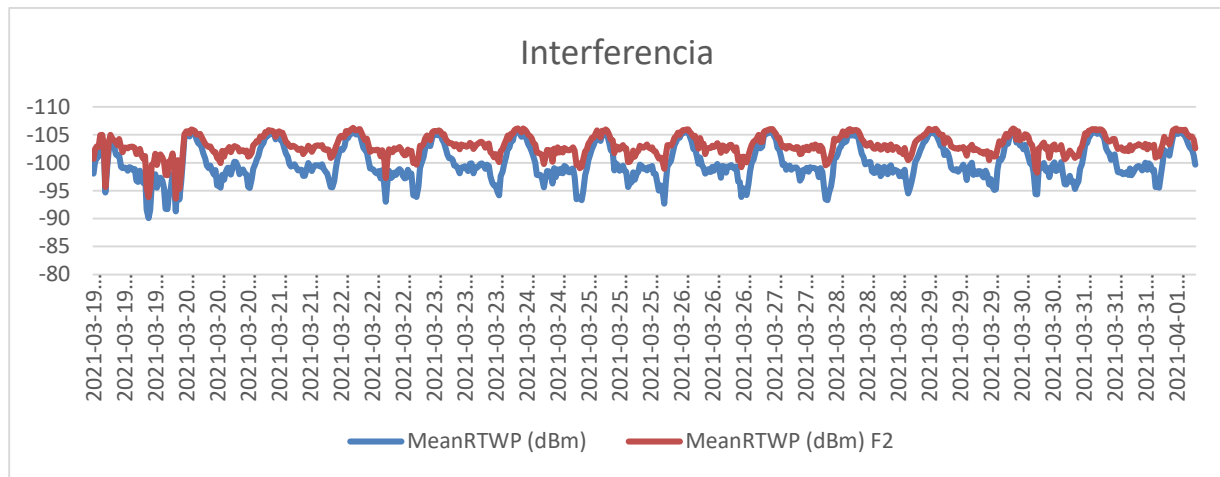


Figura 3. Nivel de RTWP por celdas UMTS.

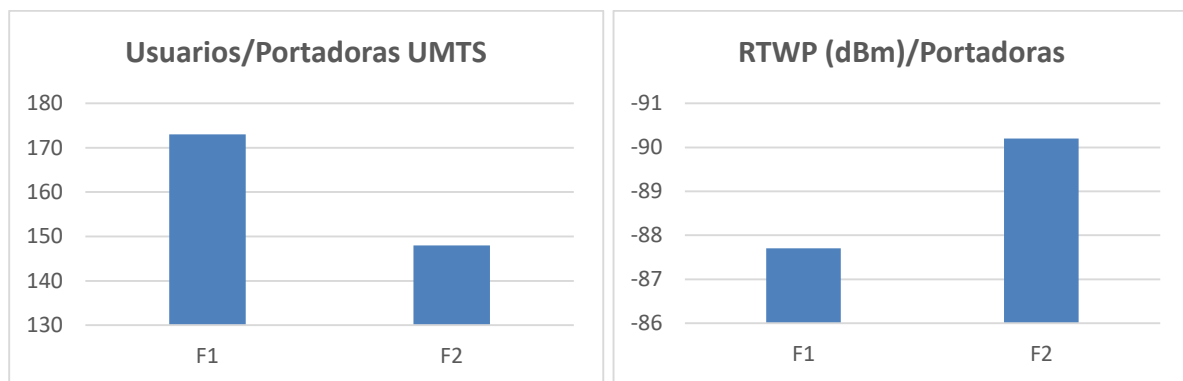


Figura 4. Impacto esperado en el número de usuarios y niveles de interferencia.

Para el usuario representa mejoras significativas de la calidad del servicio percibida, sea incrementar una segunda portadora de UMTS como ofrecer servicios de LTE aumentaría la capacidad de la red instalada en las zonas donde se apliquen dichas modificaciones. Incrementando la capacidad de los recursos instalados aumentaría el número de usuarios soportados por la red manteniendo un mínimo de calidad requerido. Al disminuir la carga de las celdas, disminuye el RTWP, aumenta el throughput, disminuye el por ciento de las llamadas caídas.

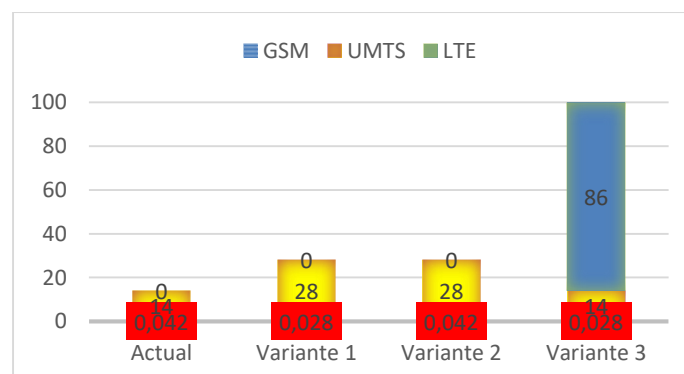


Figura 5. Capacidad de la Red Móvil (Mbps) aplicando ecuaciones de Shannon.

Las propuestas analizadas permiten incrementar la capacidad de la red de acceso móvil de manera significativa al igual que en otras investigaciones sobre el tema como (Marí-Altozano 2018; Guamán Guamán y Peñafiel Cáceres 2014; Otero Rodríguez 2016; Cardoza Sánchez 2022; Veintimilla Muñoz 2016; Jaimes-Illanes 2021), la principal diferencia respecto a estas está dado en que el incremento de capacidad se logra con los mismos recursos existentes, realizando solo modificaciones en las frecuencias de trabajo por lo que no requiere de gastos para implementar dichas modificaciones. Con estas modificaciones se incrementa la capacidad de la red y la calidad del servicio que perciben los usuarios.

CONCLUSIONES

- Implementándose las variantes descritas se incrementaría la capacidad de la red celular en los sitios analizados.
- No se generan incremento de interferencia en GSM por concepto de modificaciones de las frecuencias de las portadoras debido a la reorganización del espectro.
- Los sitios quedarían configurados GSM: 2 TRX a 20W, UMTS: 2 Portadoras a 20W o GSM: 2TRX a 20W, UMTS: 1 Portadora a 20W, LTE: 1 Portadora a 20W.
- El número de usuarios por portadoras y el RTWP decrecería en aproximadamente un 15 %.
- La percepción del servicio percibida por los usuarios se incrementaría de manera significativa debido a la disminución de la carga de las celdas UMTS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBANNA, A., (2018). Optimal Capacity Augmentation of Cellular Mobile Networks *DISSERTATION*. S.I.: University of California, Irvine.
- ARRIOLA URRUTIA, J.E., (2017). Optimización de clúster en redes 3G mediante planificación celular automática. S.I.: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- CARDOZA SÁNCHEZ, H.J., (2022). Diseño y planificación de una red móvil 4G LTE para localidades sin telefonía móvil del distrito de Chulucanas, Morropón, Piura.
- CONSTAIN PRADO, Doni D., [2019]. Cobertura y capacidad en redes 2G, 3G y 4G. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14691?show=full>. Visitado: 20 de abril de 2022.

- DIGITAL (2022). Global-Overview-Report- [en línea]. Disponible en: <https://wearesocial.com/cn/wp-content/uploads/sites/8/2022/01/DataReportal-GDR002-20220126-Digital-2022-Global-Overview-Report-Essentials-v02.pdf>. Visitado: 22 octubre 2022.
- EL KADIRI, S., (2017). Optimización del despliegue de redes 4g/lte sobre infraestructuras de redes 3g/umts. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/78528?show=full>. Visitado: 22 octubre 2022.
- GUAMÁN GUAMÁN, P.E. y PEÑAFIEL CÁCERES, A.F., (2014). Análisis de la implementación de femtoceldas para mejorar la capacidad de un operador móvil. S.l.: s.n.
- JAIMES-ILLANES, G., (2021). Planning and simulation for radio access networks on “Small Cells” technology for heterogeneous environments. *Investigación & Desarrollo*, Vol. 21, No. 1, pp. 17-36.
- MARÍ-ALTOZANO, M.L., (2018). Algoritmo de control de carga basado en calidad de experiencia en redes LTE. Disponible en: <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/16490>. Visitado: 10 de octubre de 2022.
- OTERO RODRÍGUEZ, S., (2016). Dimensionamiento LTE en el escenario de múltiples tecnologías de acceso 3GPP de la Ciudad de Santa Clara. S.l.: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Facultad de Ingeniería
- RFU hardware description (v100 r008c00 04)(pdf)-en. [en línea], [sin fecha]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/CharlesMbaziira/rfu-hardware-descriptionv100-r008c00-04pdfen>. Visitado: 21 enero 2021.
- SMARTPHONE PENETRATION IN LATIN AMERICA 2025 (s.f.). *Statista* [en línea], [sin fecha]. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/218531/latin-american-smartphone-penetration-since-2008>. Visitado: 21 enero 2021.
- VEINTIMILLA MUÑOZ, R.G., (2016). Estudio de los beneficios de la implemente de una segunda portadora en UMTS para una operadora móvil. S.l.: PUCE.