



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA DAR ACCESO  
A INTERNET A LAS ESCUELAS DE LAS PARROQUIAS TIXAN,  
ACHUPALLAS Y HUIGRA PERTENECIENTES AL GAD DE ALAUSI.

AUTOR

Jhonny Israel Mera González

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA DAR ACCESO A  
INTERNET A LAS ESCUELAS DE LAS PARROQUIAS TIXAN, ACHUPALLAS  
Y HUIGRA PERTENECIENTES AL GAD DE ALAUSI.

Trabajo de titulación de presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de ingeniero en Redes y  
Telecomunicaciones.

Profesor Guía  
MSc. Carlos Marcelo Molina Colcha

Autor  
Jhonny Israel Mera González

Año  
2017

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Carlos Marcelo Molina Colcha

Magister en Gestión de las Comunicaciones y Tecnologías de la Información

CC: 170962421-5

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Ricardo Xavier Ubilla González  
Magister en Telecomunicaciones  
CC: 091756564-0



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Jhonny Israel Mera González

CC: 172033793-8

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la vida y la fuerza para concluir este trabajo, a mi familia por su apoyo incondicional durante todo este tiempo.

A los Magister Carlos Molina y Ricardo Ubilla por ayudarme con su experiencia, sabiduría y conocimientos necesarios para la culminación de mi proyecto, y finalmente a mi universidad que ha sido un estandarte en mi vida profesional conjuntamente con mis maestros a lo largo de la carrera

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Jhonny Mera y Virginia Gonzalez quienes tras años de lucha me han impulsado a seguir adelante sin su apoyo no hubiera logrado esta culminación de carrera, a mis hermanas Geovanna Mera y Janina Mera que han sido un ejemplo para mí en sus vidas universitarias y a mi hogar mi esposa Mayte Montalvo y mi hijo Samuel Mera que sin duda han sido mi motor, mi motivación y mi razón de seguir adelante y culminar esta meta.

## **RESUMEN**

Este proyecto de titulación tiene como objetivo el diseño de la red de telecomunicaciones para dar acceso a internet a las escuelas de las parroquias Tixán, Achupallas y Huigra pertenecientes al GAD de Alausí.

En el primer capítulo se describirá de manera general los fundamentos teóricos necesarios para poder entender los conceptos básicos que se utilizará en el desarrollo del diseño del proyecto; el segundo capítulo contiene la descripción técnica de la infraestructura tecnológica de las escuelas de las parroquias rurales del GAD con el fin de obtener una línea base para proponer el diseño de la red de Telecomunicaciones en base a un resumen de problemas y/o requerimientos; el tercer capítulo se toma como una guía base para el diseño la metodología TOP-DOWN que es la secuencia de procedimientos que se adaptaran al diseño técnico propuesto, que permitirá describir el dimensionamiento técnico del diseño.

## **ABSTRACT**

This project of titulación aims at the design of the telecommunications network to give access to Internet to the schools of the parishes Tixán, Achupallas and Huigra pertaining to the GAD of Alausí.

The first chapter will describe in a general way the theoretical foundations necessary to be able to understand the basic concepts that will be used in the development of the project design; The second chapter contains the technical description of the technological infrastructure of the rural parish schools of the GAD in order to obtain a baseline to propose the design of the Telecommunications network based on a summary of problems and / or requirements; The third chapter is taken as a basic guide for the design of the TOP-DOWN methodology, which is the sequence of procedures that will be adapted to the proposed technical design, which will allow to describe the technical sizing of the design.

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. CAPITULO I. Marco teórico .....  | 1  |
| 1.1 Introducción .....  | 1  |
| 1.1.1 Las Telecomunicaciones como paso fundamental para el<br>desarrollo del país ..... | 1  |
| 1.2 Características de las zonas de estudio.....  | 1  |
| 1.2.1 Características de las soluciones tecnológicas.....                               | 2  |
| 1.3 Fundamentos de Radiofrecuencia.....   | 2  |
| 1.3.1 Onda Electromagnética .....   | 3  |
| 1.3.2 Reflexión.....  | 4  |
| 1.3.3 Absorción.....  | 5  |
| 1.3.4 Difracción.....   | 5  |
| 1.3.5 Principio de Huygens.....   | 5  |
| 1.3.6 Interferencia.....  | 6  |
| 1.3.7 Espectro Electromagnético.....  | 7  |
| 1.3.8 Línea Visual .....  | 8  |
| 1.3.9 Zona de Fresnel .....   | 8  |
| 1.3.10 Protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N.....                                       | 9  |
| 1.4 Tecnologías para zonas rurales.....   | 9  |
| 1.4.1 Tecnologías VHF/HF.....   | 9  |
| 1.4.1.1 Ventajas Sistema HF.....  | 10 |
| 1.4.1.2 Desventajas Sistema HF.....   | 11 |
| 1.4.1.3 Ventajas Sistema VHF.....   | 12 |
| 1.4.1.4 Desventajas Sistema VHF.....  | 12 |
| 1.4.1.5 Comunicación de voz.....  | 12 |

|   |    |
|---|----|
| 1.4.1.6 Comunicación de Datos.....                    | 13 |
| 1.4.1.7 Arquitectura Redes VHF y HF.....              | 13 |
| 1.4.1.8 Estación Cliente.....                         | 14 |
| 1.4.1.9 Equipos .....                                 | 14 |
| 1.4.1.10 Cables y Conectores .....                    | 15 |
| 1.4.1.11 Antenas .....                                | 15 |
| 1.4.1.12 Interfaz Comunicación para datos .....       | 15 |
| 1.4.1.13 Repetidor de Voz.....                        | 16 |
| 1.4.1.14 Equipos .....                                | 17 |
| 1.4.1.15 Duplexor .....                               | 17 |
| 1.4.1.16 Cable RIC.....                               | 18 |
| 1.4.1.17 Antenas Repetidor Voz.....                   | 18 |
| 1.4.1.18 Repetidor de Datos.....                      | 18 |
| 1.4.1.19 Equipos Repetidor de Datos .....             | 18 |
| 1.4.1.20 Estación Pasarela.....                       | 18 |
| 1.4.1.21 Equipo Servidor estación pasarela .....      | 19 |
| 1.4.1.22 Transceptor Radio .....                      | 19 |
| 1.4.1.23 Antenas .....                                | 19 |
| 1.4.1.24 Interfaz para la transferencia de datos..... | 19 |
| 1.4.2 Tecnología Satelital (VSAT).....                | 20 |
| 1.4.3 Tecnología WIMAX.....                           | 21 |
| 1.4.3.1 Oportunidades en el mercado.....              | 22 |
| 1.4.3.2 WIMAX frente a otras tecnologías. ....        | 23 |
| 1.4.3.3 Estándares Activos .....                      | 23 |
| 1.4.3.4 Modelo WIMAX.....                             | 25 |
| 1.4.3.5 Capas PHY y MAC en WIMAX .....                | 25 |

|   |           |
|---|-----------|
| 1.4.3.6 Capa Física PHY .....                             | 25        |
| 1.4.3.7 Control de acceso MAC.....                        | 27        |
| 1.4.3.8 Estructura de la tecnología WIMAX. ....           | 29        |
| 1.4.3.9 Red Central. ....                                 | 29        |
| 1.4.3.10 Estación Base.....                               | 30        |
| 1.4.3.11 Estación Suscriptora.....                        | 30        |
| <b>2. CAPITULO II. Levantamiento de información .....</b> | <b>30</b> |
| 2.1 Introducción.....                                     | 30        |
| 2.2 Árbol de problemas generales .....                    | 30        |
| 2.3 Árbol de Objetivos Generales TIC´s GAD Alausí.....    | 31        |
| 2.4 Descripción de las zonas rurales de estudio.....      | 33        |
| 2.4.1 Descripción Geográfica del GAD de Alausí.....       | 33        |
| 2.4.2 Descripción Demográfica del GAD de Alausí .....     | 33        |
| 2.4.3 Descripción Económica del GAD de Alausí .....       | 34        |
| 2.5 Parroquia Tixán .....                                 | 34        |
| 2.5.1 Unidad Educativa Cocan .....                        | 35        |
| 2.5.2 Infraestructura tecnológica actual .....            | 35        |
| 2.5.3 Cuarto de Comunicaciones.....                       | 36        |
| 2.6 Parroquia Achupallas .....                            | 37        |
| 2.6.1 Unidad Educativa Fiscal Totoras .....               | 37        |
| 2.6.2 Infraestructura tecnológica actual .....            | 37        |
| 2.6.3 Cuarto de Comunicaciones.....                       | 39        |
| 2.7 Parroquia Huigra .....                                | 39        |
| 2.7.1 Unidad Educativa Fiscal Mixta Pedro Montúfar.....   | 40        |
| 2.7.2 Infraestructura tecnológica actual .....            | 40        |



|  |           |
|--|-----------|
| 2.7.3 Cuarto de Comunicaciones.....  | 41        |
| 2.8 Resumen de equipamiento tecnológico.....                               | 42        |
| 2.9 Problemas y Necesidades de infraestructura tecnológica .....           | 42        |
| 2.9.1 Zona Geográfica de las escuelas.....                                 | 43        |
| 2.9.2 Tecnología e infraestructura de Telecomunicaciones existente .....   | 43        |
| 2.9.3 Estado del Sistema Eléctrico en la zona .....                        | 43        |
| <b>3. CAPITULO III. Diseño de la Solución .....</b>                        | <b>45</b> |
| 3.1 Introducción.....  | 45        |
| 3.2 Metodología Top-Down de diseño.....                                    | 46        |
| 3.3 Selección de la Tecnología para la red de acceso.....                  | 47        |
| 3.3.1 Análisis Tecnología VHF.....   | 48        |
| 3.3.2 Análisis de la tecnología HF .....                                   | 49        |
| 3.3.3. Análisis de tecnología VSAT.....                                    | 50        |
| 3.3.4. Análisis de la tecnología Wimax .....                               | 51        |
| 3.3.5 Dimensionamiento de Datos de las parroquias .....                    | 53        |
| 3.3.5.1 Unidad Educativa Cocan .....                                       | 55        |
| 3.3.5.2 Unidad Educativa Fiscal Totoras .....                              | 59        |
| 3.3.5.3 Escuela Fiscal Mixta Pedro Montufar.....                           | 62        |
| 3.4 Diseño de la red de telecomunicaciones para el acceso a internet ..... | 68        |
| 3.4.1 Fase 1: Análisis de Requerimientos.....                              | 68        |
| 3.4.1.1 Entrevista con Usuario y Personal Técnico.....                     | 68        |
| 3.4.1.2 Análisis de metas del GAD .....                                    | 68        |
| 3.4.1.3 Análisis Pro y Contras. ....                                       | 69        |
| 3.4.1.4 Características de la Red Actual.....                              | 69        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.4.2 Fase 2: Diseño Lógico de la Red .....                        | 70         |
| 3.4.2.1 Diseño de la Topología de la Red .....                     | 70         |
| 3.4.2.2 Arquitectura de la red .....                               | 71         |
| 3.4.2.3 Protocolos de Ruteo .....                                  | 72         |
| 3.4.2.4 Protocolo BATMAN.....                                      | 73         |
| 3.4.3 Elección de Equipos .....                                    | 76         |
| 3.4.4 Simulación de un enlace piloto en las zonas de estudio ..... | 82         |
| 3.4.4.1 Programa de cobertura .....                                | 82         |
| 3.4.4.2 Radioenlaces .....   | 82         |
| 3.4.4.3 Coberturas.....  | 83         |
| 3.4.4.4 Mapas.....   | 84         |
| 3.4.4.5 Puntos de cobertura .....                                  | 85         |
| 3.4.4.6 Frecuencia de transmisión .....                            | 87         |
| <b>4. CAPITULO IV. Análisis Económico .....</b>                    | <b>92</b>  |
| 4.1 Introducción .....   | 92         |
| 4.2 Costos de equipos e infraestructura (CAPEX).....               | 92         |
| 4.3 Operación y Mantenimiento (OPEX).....                          | 98         |
| <b>5. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>                     | <b>101</b> |
| 5.1 Conclusiones .....   | 101        |
| 5.2 Recomendaciones .....  | 102        |
| <b>REFERENCIAS .....</b>   | <b>104</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>106</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Equipamiento tecnológico de escuelas de las parroquias rurales del GAD Alausí..... | 42  |
| Tabla 2. Problemas de la Unidad Educativa Cocan .....                                       | 44  |
| Tabla 3. Problemas de la Unidad Educativa Fiscal de Totoras.....                            | 44  |
| Tabla 4. Problemas de la Unidad Ed. Fiscal Mixta Pedro Montúfar .....                       | 45  |
| Tabla 5. Fases Metodología Top-Down.....  | 47  |
| Tabla 6. Características de Tecnologías Aplicables .....                                    | 52  |
| Tabla 7. Índice de Simultaneidad por Aplicación – Cocan.....                                | 55  |
| Tabla 8. Escenarios Ideales ancho de banda – Videoconferencia. ....                         | 58  |
| Tabla 9. Ancho mínimo de banda videoconferencia .....                                       | 58  |
| Tabla 10. Índice de Simultaneidad por Aplicación – Totoras. ....                            | 59  |
| Tabla 11. Escenarios Ideales ancho de banda – Videoconferencia.....                         | 61  |
| Tabla 12. Ancho mínimo de banda videoconferencia. ....                                      | 62  |
| Tabla 13. Índice de Simultaneidad por Aplicación – Huigra.....                              | 62  |
| Tabla 14. Escenarios Ideales ancho de banda – Video conferencia.....                        | 65  |
| Tabla 15. Ancho mínimo de banda videoconferencia .....                                      | 65  |
| Tabla 16. Patrón de calificaciones Tecnología. ....   | 66  |
| Tabla 17. Tabla de Calificaciones global Tecnología.....                                    | 66  |
| Tabla 18. Coordenadas Achupallas. ....  | 85  |
| Tabla 19. Coordenadas Tixan. ....   | 85  |
| Tabla 20. Coordenadas Huigra. ....  | 86  |
| Tabla 21. Coordenadas Repetidor A. ....   | 86  |
| Tabla 22. Coordenadas Repetidor B. ....   | 86  |
| Tabla 23. Coordenadas Repetidor C.....  | 86  |
| Tabla 24. Coordenadas Repetidor D.....  | 87  |
| Tabla 25. Propuesta Económica Alternativa 1 .....   | 93  |
| Tabla 26. Propuesta Económica Alternativa 2.....  | 96  |
| Tabla 27. Operación y mantenimiento Alternativa 1. ....                                     | 98  |
| Tabla 28. Operación y mantenimiento Alternativa 2. ....                                     | 99  |
| Tabla 29. Propuestas Anuales mantenimiento 1. ....  | 99  |
| Tabla 30. Propuestas Anuales mantenimiento 2. ....  | 100 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Onda Electromagnética Polarizada verticalmente. .... | 3  |
| Figura 2. Reflexión de ondas de radio.....                     | 4  |
| Figura 3. Difracción a través de una ranura estrecha.....      | 5  |
| Figura 4. Principio de Huygens, .....                          | 6  |
| Figura 5. Difracción en la cima de una montaña. ....           | 6  |
| Figura 6. Interferencia. ....                                  | 7  |
| Figura 7. Espectro Electromagnético. ....                      | 8  |
| Figura 8. Zona de fresnel. ....                                | 9  |
| Figura 9. Esquema de red HF. ....                              | 10 |
| Figura 10. Esquema de red VHF.....                             | 11 |
| Figura 11. Voz en VHF sin repetidor. ....                      | 12 |
| Figura 12. Voz en VHF con repetidor. ....                      | 13 |
| Figura 13. Equipos de radio HF .....                           | 14 |
| Figura 14. Antena VHF – Yagi .....                             | 15 |
| Figura 15. Interfaz de comunicaciones.....                     | 16 |
| Figura 16. Esquema repetidor de voz .....                      | 17 |
| Figura 17. Equipo duplexor. ....                               | 17 |
| Figura 18. Esquema de conexión al servidor .....               | 19 |
| Figura 19. Desarrollo de redes BWA.....                        | 22 |
| Figura 20. WIMAX frente a otras tecnologías.....               | 23 |
| Figura 21. Desarrollo de redes BWA.....                        | 24 |
| Figura 22. Modelo de referencia del protocolo IEEE802.16.....  | 25 |
| Figura 23. Resumen capa PHY.....                               | 27 |
| Figura 24. Capa MAC y PHY .....                                | 28 |
| Figura 25. Capa MAC y PHY .....                                | 29 |
| Figura 26. Problemas generales GAD ALAUSÍ. ....                | 31 |
| Figura 27. Objetivos Generales en TICs .....                   | 32 |
| Figura 28. Parroquias GAD Alausi .....                         | 33 |
| Figura 29. Información Demográfica .....                       | 34 |
| Figura 30. Información Económica GAD Alausi.....               | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 31. Laboratorio de computación Unidad Educativa Cocan .....                   | 35 |
| Figura 32. Equipos de Comunicación Cocan .....                                       | 36 |
| Figura 33. Laboratorio de computación Unidad Fiscal Totoras.....                     | 38 |
| Figura 34. Antena satelital Unidad Fiscal Totoras .....                              | 38 |
| Figura 35. Equipos de comunicación Totoras.....                                      | 39 |
| Figura 36. Laboratorio de computación Unidad educativa Mixta Pedro<br>Montufar ..... | 40 |
| Figura 37. Equipo de comunicación Pedro Montufar .....                               | 41 |
| Figura 38. Ciclo de vida Metodología Top-Down.....                                   | 46 |
| Figura 39. Ancho de banda necesario en Skype. ....                                   | 57 |
| Figura 40. Ancho de banda necesario en Skype. ....                                   | 61 |
| Figura 41. Ancho de banda necesario en Skype. ....                                   | 64 |
| Figura 42. Topología Mesh. ....  | 70 |
| Figura 43. Arquitectura de la red. ....  | 71 |
| Figura 44. Red mesh parroquias GAD Alausi.....                                       | 72 |
| Figura 45. Diseño Estación Repetidora .....  | 77 |
| Figura 46. Antena Direccional - Grillada.....  | 78 |
| Figura 47. Estación Base Albentia .....  | 79 |
| Figura 48. Parámetros Técnicos -Estación Base Albentia.....                          | 79 |
| Figura 49. Estación Cliente Albentia .....   | 80 |
| Figura 50. Parámetros Técnicos - Estación Cliente Albentia .....                     | 80 |
| Figura 51. Estación Repetidora Albentia .....  | 81 |
| Figura 52. Parámetros Técnicos - Estación Repetidora Albentia.....                   | 81 |
| Figura 53. Característica de los enlaces Radio Mobile .....                          | 83 |
| Figura 54. Área de cobertura de dos estaciones en Radio Mobile .....                 | 84 |
| Figura 55. Enlaces Radio Mobile.....   | 84 |
| Figura 56. Enlace Huigra – Repetidor I .....   | 88 |
| Figura 57. Enlace Repetidor I – Repetidor II .....                                   | 88 |
| Figura 58. Enlace Repetidor III – Repetidor II .....                                 | 89 |
| Figura 59. Enlace Huigra – Repetidor III .....                                       | 89 |
| Figura 60. Enlace Repetidor II – Repetidor IV .....                                  | 90 |
| Figura 61. Enlace Repetidor II – Achupallas .....                                    | 90 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 62. Enlace Repetidor IV – Tixán..... | 91 |
| Figura 63. Enlace Repetidor IV – Tixán..... | 91 |

## **1. CAPITULO I. Marco teórico**

### **1.1 Introducción**

El capítulo uno describirá los aspectos generales de los elementos que forman los radioenlaces, luego se hará una descripción de las características que poseen las zonas rurales en general, concluyendo con los fundamentos teóricos de las tecnologías aplicables a la zona de estudio con sus componentes y los estándares que se aplican a este diseño.

#### **1.1.1 Las Telecomunicaciones como paso fundamental para el desarrollo del país**

Extender la cobertura en telecomunicaciones en las zonas rurales es proponer bases para la disminución de la pobreza y el crecimiento económico en el Ecuador, mediante el acceso a las tecnologías de la información.

Actualmente el avance de la tecnología y de manera específica en el área de las telecomunicaciones, es un indicador de que la brecha digital se hace cada vez más grande para el Ecuador. Este estudio pretende ser un aporte para disminuir la brecha digital y aportar al desarrollo socioeconómico de las zonas rurales de estudio.

### **1. 2 Características de las zonas de estudio.**

Al ser las zonas de estudio lugares aislados de nuestro país en vías de desarrollo, este conforma parte de los países tercermundistas y de la población mundial, aunque las zonas rurales tienen una carencia general de infraestructuras de comunicación y por consiguiente se dificulta el acceso a la información. Siempre ha sido de vital importancia dotar a estas zonas de servicios de comunicaciones por parte de la comunidad internacional, todo esto con el único fin de ofrecer una oportunidad de desarrollo. Generalmente el

acceso a redes en zonas aisladas puede ser interferido por los siguientes factores:

- En las zonas aisladas se carece de infraestructura de telecomunicación, al mismo tiempo puede venir acompañado de una infraestructura decadente de electrificación y por ultimo las carreteras de acceso son escasas. (Araujo, 2011).
- Al ser zonas de difícil acceso resulta costoso el mantenimiento y operación de personal técnico calificado.
- Los costos de la infraestructura, así como su instalación, mantenimiento y operación no puede ser soportado por la población de estas zonas, ya que son poblaciones pobres y dispersas. (Araujo, 2011).

### **1.2.1 Características de las soluciones tecnológicas**

Las especificaciones básicas de cualquier solución que se aplique a la zona de estudio deben contener las siguientes especificaciones:

- La tecnología a desplegar debe ser sencilla y al mismo tiempo robusto, debe ser fácil de entender ya que los usuarios finales van a requerir constantemente de asesores calificados.
- Estos sistemas al estar ubicados en zonas de difícil acceso, deben ser sistemas que requieren poco o nulo mantenimiento.
- El sistema debe ser de bajo consumo de energía.
- costos de mantenimiento, instalación y operación deben accesibles. (Araujo, 2011).

### **1.3 Fundamentos de Radiofrecuencia**

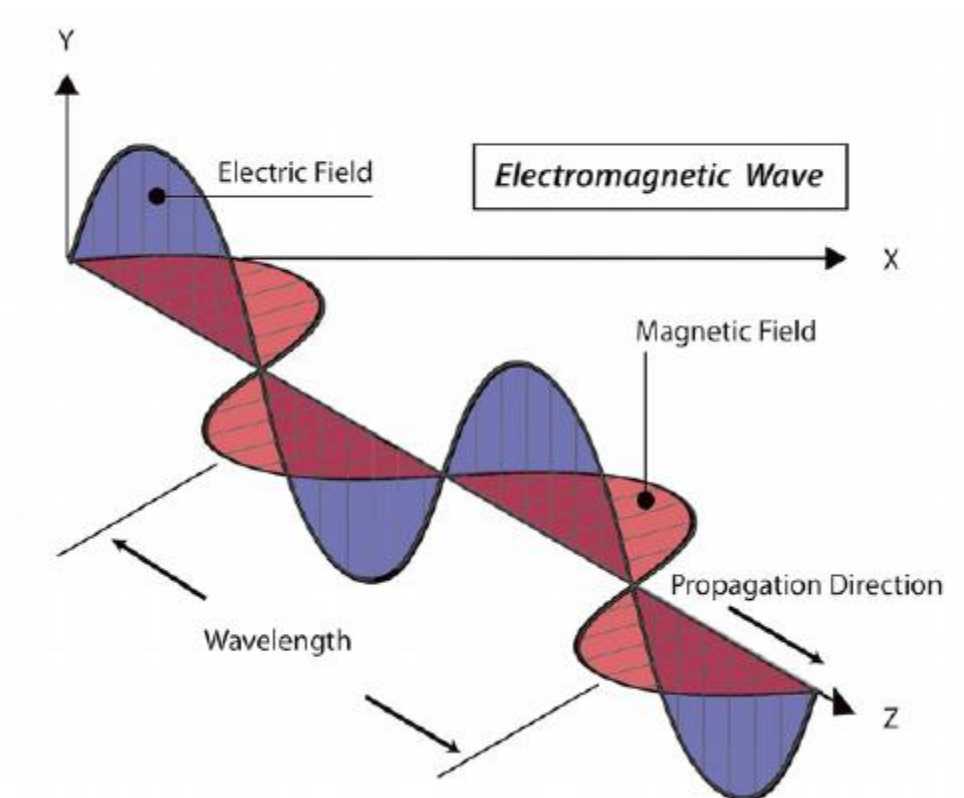
Para realizar comunicaciones inalámbricas es necesario realizadas a través de ondas electromagnéticas las que permiten la conexión de señales a largas distancias, las ondas electromagnéticas forman parte de los radio enlaces los que están formados por varios elementos detallados a continuación. (WNDW 2013)



### 1.3.1 Onda Electromagnética

Las ondas electromagnéticas es una forma de propagación de la radiación electromagnética en el espacio, generalmente estamos familiarizados con vibraciones u oscilaciones como por ejemplo un árbol meciéndose o las cuerdas de una guitarra, todas estas situaciones tiene algo en común, en ellas se produce una oscilación de forma periódica con cierto número de ciclos en un tiempo determinado, esta clase de onda se denomina onda mecánica.

En contraste con las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio físico para la propagación, en cambio utilizan el espacio para efectuar su propagación. (WNDW, 2013)



*Figura 1.* Onda Electromagnética Polarizada verticalmente.

Tomado de (WNDW, 2013)

Las ondas electromagnéticas poseen las siguientes propiedades:

- Reflexión (rebote)
- Absorción
- Difracción (propagación en obstáculos)
- Dispersión (re dirección en partículas)

### 1.3.2 Reflexión

Podemos mencionar que la reflexión de las ondas electromagnéticas es igual que la luz visible, así mismo las ondas de radio se reflejan al entrar en contacto con diferentes materiales. Para que se realice la reflexión se debe cumplir reglas, una de ellas es el ángulo con el que la onda electromagnética llega a la superficie debe ser el mismo ángulo en la cual será desviada. Por este principio podemos decir que las cosas se complican cuando existen diferentes tipos de superficies, esto hace que nazca el termino multipath o también llamado efecto multitrayectoria que no es más que las señales lleguen al receptor a través de diferentes caminos.

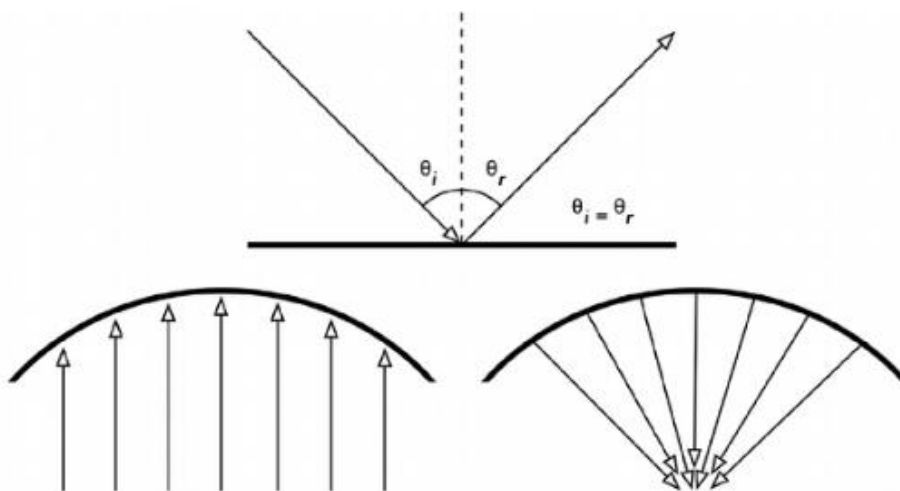


Figura 2. Reflexión de ondas de radio.

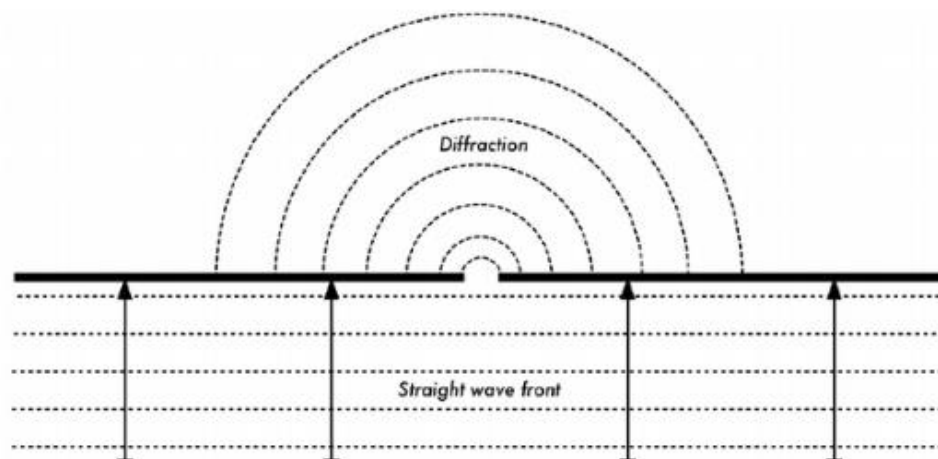
Tomado de (WNDW, 2013)

### 1.3.3 Absorción

Se denomina absorción cuando las ondas electromagnéticas debido al atravesamiento de algún tipo de material se debilitan o atenúan, generalmente tanto la potencia perdida va a depender de la frecuencia de la onda electromagnética y del material.

### 1.3.4 Difracción

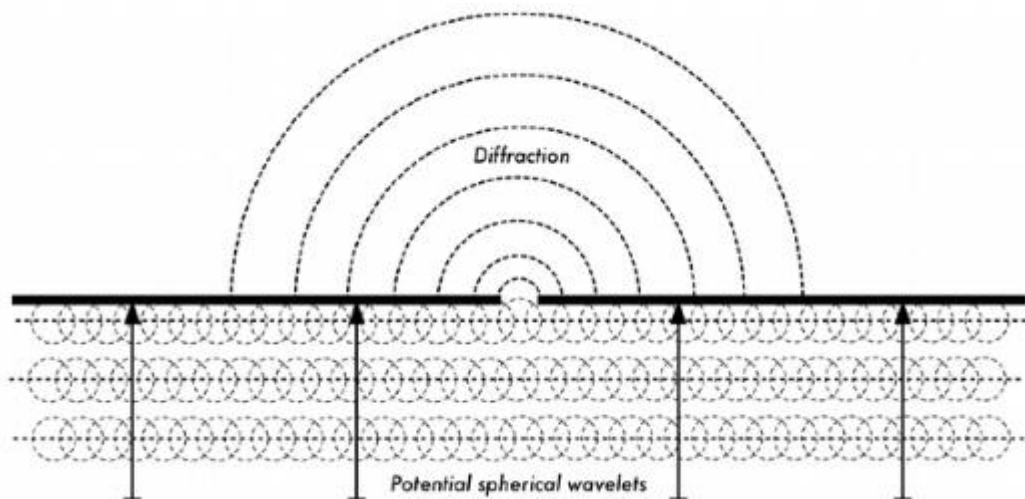
La difracción de las ondas electromagnéticas es el comportamiento de las ondas electromagnéticas cuando estas inciden en un objeto y dan la sensación de doblarse a la que se denomina “ondas doblando las esquinas”.



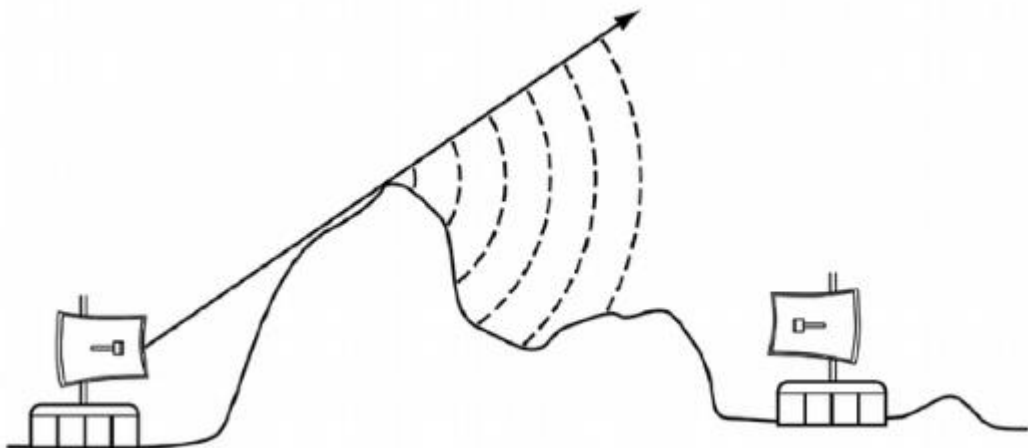
*Figura 3.* Difracción a través de una ranura estrecha  
Tomado de (WNDW, 2013)

### 1.3.5 Principio de Huygens

El principio de Huygens nos provee de un modelo en el que nos permite conocer una posición futura de una parte de la onda electromagnética cuando se conoce la posición anterior de esta. Este principio establece que los frentes de onda están formados por frentes de onda más pequeños.



*Figura 4.* Principio de Huygens,  
Tomado de (WNDW, 2013)

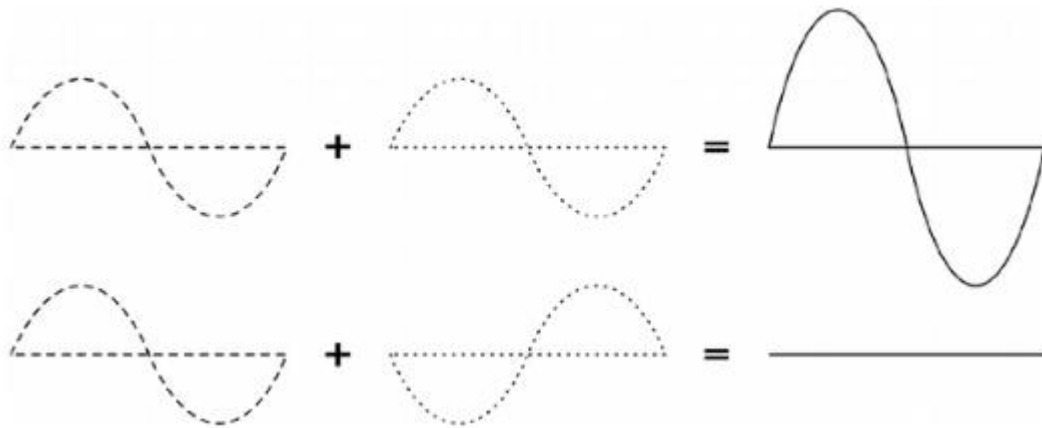


*Figura 5.* Difracción en la cima de una montaña.  
Tomado de (WNDW, 2013)

### 1.3.6 Interferencia

Podemos decir que la interferencia desde un punto físico es el comportamiento de las ondas electromagnéticas, mientras que desde el punto de las telecomunicaciones es cualquier ruido que afecta el camino de la onda

electromagnética hacia su receptor. Ambos puntos son sumamente relevantes en el campo inalámbrico.



*Figura 6.* Interferencia.

Tomado de (WNDW, 2013)

### 1.3.7 Espectro Electromagnético

Se conoce como espectro electromagnético al rango de frecuencias que recorren las longitudes de onda pertenecientes a las ondas electromagnéticas, la luz de una lámpara o las ondas de una emisora de radio son tipos de ondas electromagnéticas.

Estas ondas que viajan en el espectro electromagnético tienen características como la longitud de onda ( $x$ ) y frecuencia ( $f$ ) como la observamos en la siguiente ecuación:

$$C = x * f \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde C es igual a la velocidad de la luz.

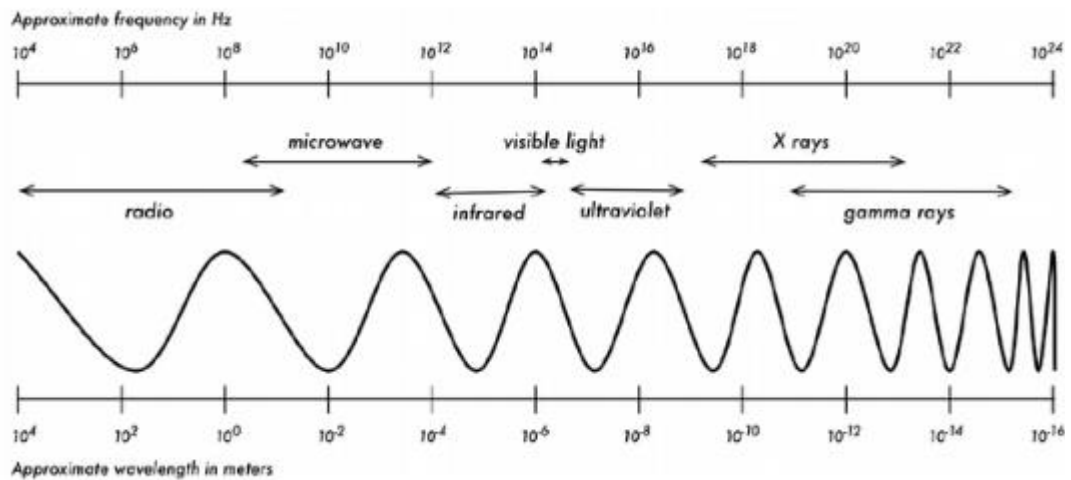


Figura 7. Espectro Electromagnético.

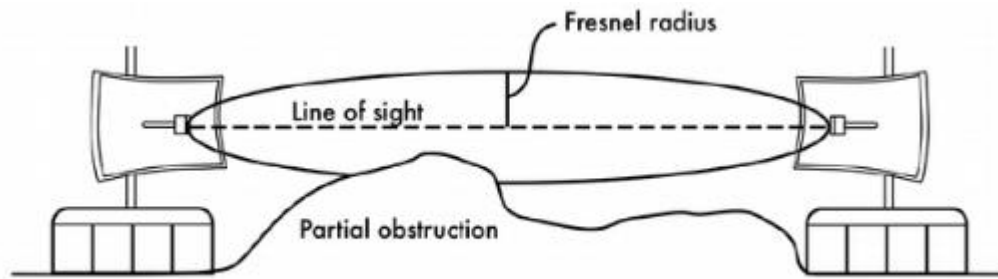
Tomado de (WNDW, 2013)

### 1.3.8 Línea Visual

La línea visual o también llamada línea de vista se puede definir como la distancia sin ningún tipo de obstáculo en el camino de un punto A y un punto B.

### 1.3.9 Zona de Fresnel

Para definir el término llamado zona de Fresnel podemos basarnos en el principio de Huygens que establece que cada frente de onda se divide en nuevas ondas esféricas, conocemos que las ondas electromagnéticas se ensanchan a medida que salen de la antena y que unas pueden interferir con otras, La teoría de Fresnel establece que entre dos puntos A y B el total de la señal recibida en B se suma con las zonas aledañas en la línea directa mientras que otras ondas realizan trayectorias indirectas y llegan al receptor por el principio de reflexión.



*Figura 8.* Zona de fresnel.

Tomado de (WNDW, 2013)

### 1.3.10 Protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N

El protocolo B.A.T.M.A.N forman parte de las redes de malla donde uno o más nodos se ubican en rangos distantes de otros nodos, este enrutamiento opera de una forma distribuida donde cada nodo de la red recopila información sobre su información inicial y esta información es distribuida a otros nodos en la misma red. Esto quiere decir que cada nodo realiza acciones de enrutamiento basado en información proveniente de otros nodos.

## 1.4 Tecnologías para zonas rurales.

De acuerdo al apartado 1.2 las zonas rurales aisladas carecen de infraestructuras en telecomunicaciones, esto es un impedimento para el desarrollo de las localidades, es necesario que la tecnología que se escoja cumpla con todas las características antes mencionadas, a continuación, se listan tecnologías que poseen principios inalámbricos comunes a este requerimiento.

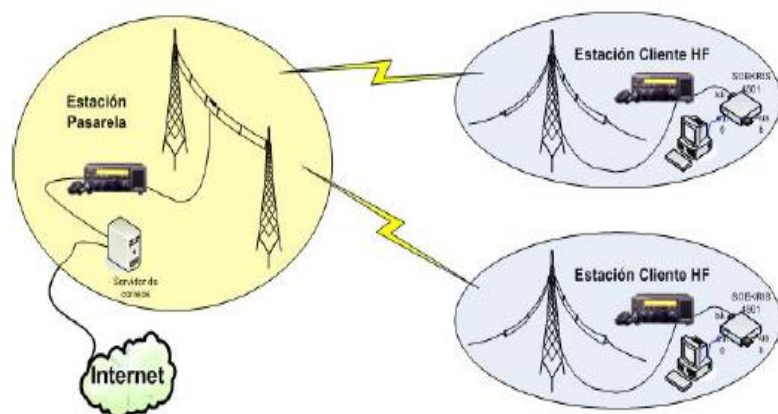
### 1.4.1 Tecnologías VHF/HF.

Los sistemas de tecnología HF poseen un intervalo de frecuencia de uso que va desde los 3 a 30 MHz, esta tecnología tiene un alcance de miles de kilómetros,

el método de propagación que utilizan estas redes se denomina Onda Ionosférica, este principio actúa reflejando las ondas que se transmiten al punto de llegada de la señal. Esta propagación va de la mano con el comportamiento de las capas de la Ionosfera ya que varían en su densidad y estructura las que afectan a las frecuencias de operación. Al estar la ionosfera a una distancia considerable de la tierra (60 – 500 Km), esto causa que ocurran pérdidas de señal en el espacio libre.

La tecnología HF al tener estas características ofrece comunicaciones a través de casi todo tipo de terrenos sin que sea necesario utilizar repetidores, pero a su vez por sus características de ruido y bajo ancho de banda la hacen imposible para la transmisión de datos por lo que su única aplicación es la transmisión de voz. (Araujo, 2011).

En la figura 9, se representa los componentes de una red HF.



*Figura 9.* Esquema de red HF.

Tomado de (Araujo, 2011).

#### 1.4.1.1 Ventajas Sistema HF.

- Pueden obtenerse largas distancias de transmisión de hasta miles de kilómetros.
- Se puede alcanzar lugares de ubicación geográfica inaccesible sin la necesidad de repetidores.

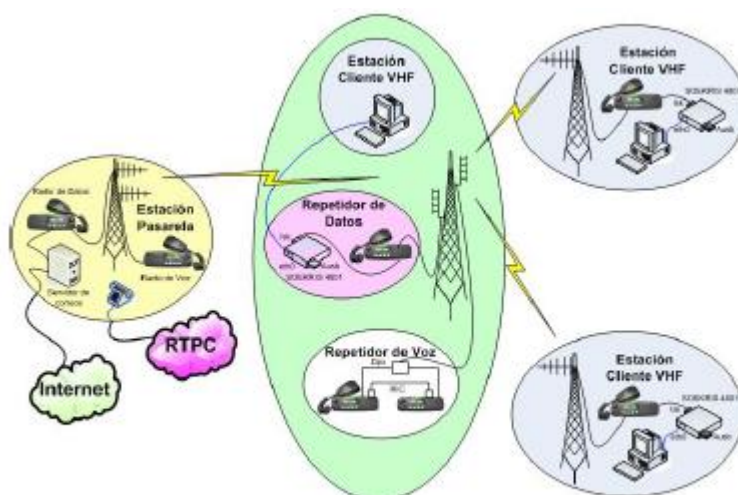


- No requiere de estudios de propagación por lo cual es adaptable a cualquier situación.

#### 1.4.1.2 Desventajas Sistema HF.

- Bajas tasas de velocidad y limitaciones técnicas.
- Variabilidad en intervalos cortos de tiempo
- Muy susceptible a desvanecimientos debido a la variabilidad de la capa ionosférica.
- Consumo energético ligeramente mayor que otras tecnologías (100 W). (Araujo, 2011).

Los sistemas de banda VHF usan el rango de frecuencia de 30 a 300MHz, lo que permite alcanzar distancias que van desde los 70 Km restringidos por la altura y transmisión de la antena, esta tecnología hace el uso de la línea de vista. Originalmente esta tecnología estaba ideada para la transferencia de voz, pero logra alcanzar la transferencia de datos por medio de la utilización de software. En la figura 10. Se representa los componentes de la red VHF.



*Figura 10.* Esquema de red VHF.  
Tomado de (Araujo, 2011)

### 1.4.1.3 Ventajas Sistema VHF.

- Soporta enlaces a largas distancias.
- Reutilización de Frecuencias.
- No es susceptible a interferencias por cambios climáticos, lo cual hace que sus enlaces sean constantes las 24 horas del día.

### 1.4.1.4 Desventajas Sistema VHF.

- Requiere de una licencia de servicio por uso de la banda.
- Mayor consumo de energía alcanzando los 100W (Araujo, 2011).

### 1.4.1.5 Comunicación de voz.

La transferencia de voz es una característica básica de la tecnología VHF, en el cual se utiliza un solo canal para la comunicación de voz dentro de la red, como lo muestra la figura 11. Si dentro de la red existen estaciones más alejadas se usarán repetidores de voz distribuidos en un canal para la transmisión y otro para la acogida de la señal como se muestra en la figura 12. (Araujo, 2011).

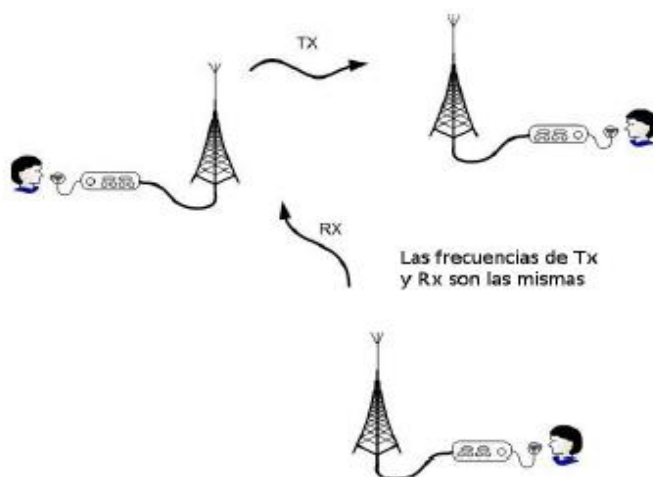
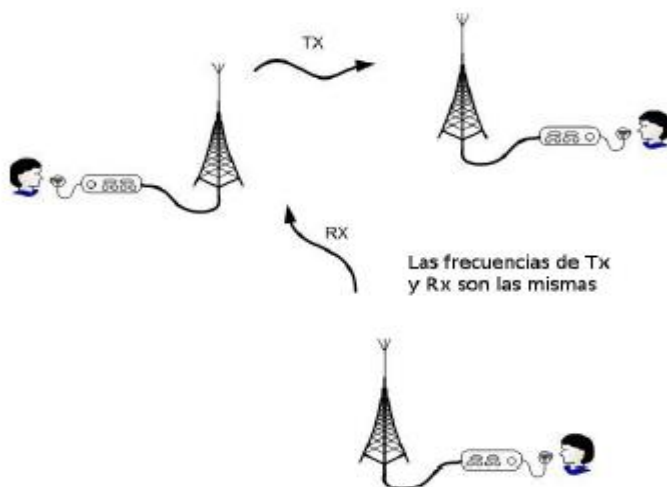


Figura 11. Voz en VHF sin repetidor.

Tomado de (Araujo, 2011)



*Figura 12.* Voz en VHF con repetidor.

Tomado de (Araujo, 2011)

En lo que respecta a HF esta también puede transmitir voz, sin embargo, su calidad de transmisión se encuentra muy debajo de la banda VHF, de igual manera en ambas tecnologías cuanto más existan repetidores de voz se utilizaran más canales.

#### 1.4.1.6 Comunicación de Datos

La comunicación de datos en HF se efectúa mediante un ancho de banda de 2KHz, mientras que VHF usa canalizaciones estándares de 12.5KHz.

#### 1.4.1.7 Arquitectura Redes VHF y HF.

Las redes VHF y HF están formadas por una estación llamada pasarela, la misma es la encargada de conectarse con el exterior (internet), a esta estación pasarela se conectan varias estaciones clientes. No es necesario que una estación cliente este siempre en el centro de la red por lo cual se usa repetidores sean estos de voz o de datos.

Se puede decir que la arquitectura de una red VHF este conformada por:

- Estaciones Pasarelas
- Estaciones Clientes
- Repetidores de voz
- Repetidores de datos

Mientras que en las redes HF debido a su largo alcance se puede pasar por alto ambos tipos de repetidores. (Araujo, 2011).

#### **1.4.1.8 Estación Cliente.**

La estación cliente dentro de la arquitectura de las redes VHF/HF puede ser definida como un punto o nodo final dentro de la red en la cual se haga uso de los servicios de la red.

#### **1.4.1.9 Equipos**

##### **Transceptor de radio**

En ambas tecnologías en esta estación el elemento fundamental es el equipo de radio que se utilice, en la figura 5 podemos ver un equipo típico de radio para la red HF. (Araujo, 2011).

La figura 13 se representa al equipo de radio HF.



*Figura 13.* Equipos de radio HF

Tomado de (Araujo, 2011)

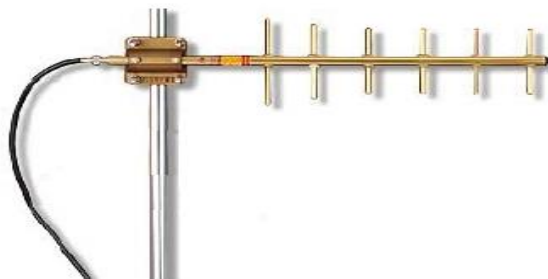
#### 1.4.1.10 Cables y Conectores

Los cables que se utilizan para conectar la radio a la antena son de tipo coaxial, la principal función de este es transferir la señal entre los componentes, generalmente estos están formados de cobre y resisten a interferencias y condiciones de intemperie gracias a que poseen una protección especial. (Araujo, 2011).

#### 1.4.1.11 Antenas

Estos elementos son los encargados de recibir y emitir señales de radio a través del aire, en las estaciones cliente VHF generalmente deben perfilarse a una estación pasarela o a un repetidor por lo cual se utilizan antenas directivas, no obstante en otras situaciones se emplean antenas direccionadas. (Araujo, 2011).

La figura 14, se representa la antena VHF yagi.



*Figura 14.* Antena VHF – Yagi

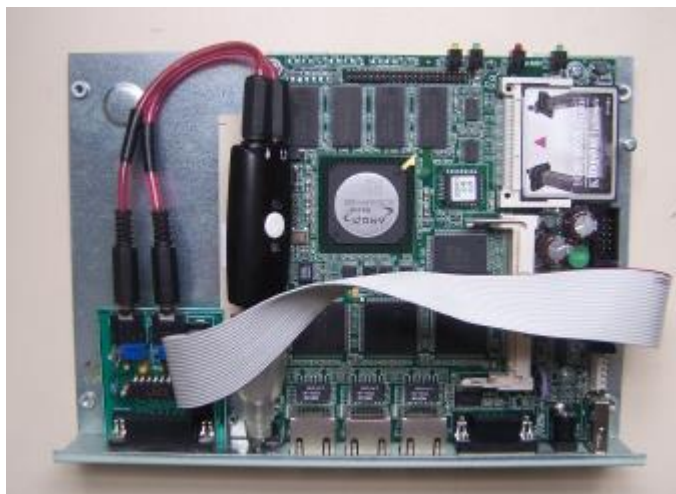
Tomado de (Araujo, 2011)

#### 1.4.1.12 Interfaz Comunicación para datos

Para llevar a cabo la transmisión de datos en las tecnologías VHF/HF es necesario disponer de una interfaz de comunicación, esta interfaz está compuesta de una computadora embebida la cual almacena y trata los datos que se transmitan. Cabe resaltar que esta computadora contiene a su vez dos tipos

de tarjetas una para realizar el control por radio y sonido que utilice conector USB. (Araujo, 2011).

La figura 15 representa la interfaz de comunicaciones



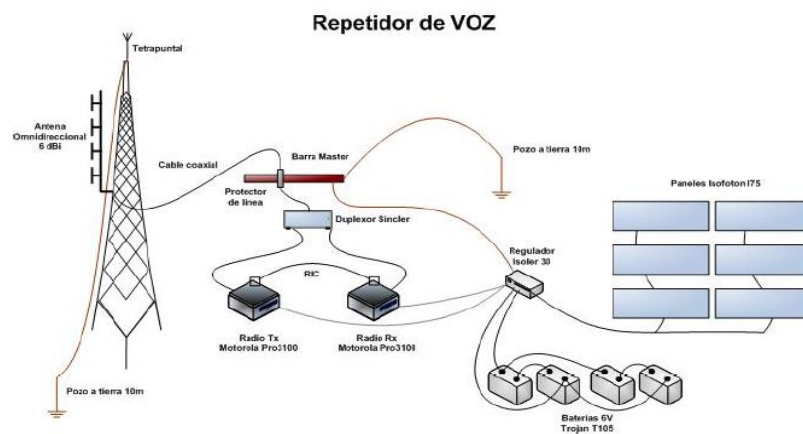
*Figura 15.* Interfaz de comunicaciones

Tomado de (Araujo, 2011)

#### **1.4.1.13 Repetidor de Voz**

El repetidor de voz forma parte de las estaciones de la arquitectura VHF/HF, esta estación es la encargada de admitir señales de radio a través de una frecuencia determinada y transferirla nuevamente por otra nueva. Para transmitir nuevamente la señal por otra frecuencia se necesitan dos radios similares a la de las estaciones clientes una para que envíe y otra para que reciba, las mismas se conectan a una interfaz denominada RIC y a un duplexor de señal. (Araujo, 2011).

La figura 16, representa el esquema de un repetidor de voz.



*Figura 16.* Esquema repetidor de voz

Tomado de (Araujo, 2011).

#### 1.4.1.14 Equipos

#### 1.4.1.15 Duplexor

El duplexor es un componente de radio frecuencia de carácter pasivo que gestiona al emisor y al receptor para que funcionen en conjunto en una misma antena, lo que significa que se emplean dos radios por una sola antena mediante un cable coaxial. (Araujo, 2011).

En la figura 17, representa el equipo duplexor.



*Figura 17.* Equipo duplexor.

Tomado de (Araujo, 2011).

#### **1.4.1.16 Cable RIC**

La principal función del cable RIC es enviar las señales que se reciben a través del receptor al transmisor.

#### **1.4.1.17 Antenas Repetidor Voz**

Al efectuar la transmisión y recepción de la señal en un repetidor de voz se usan antenas omnidireccionales, el uso de esta clase de antena radica en que los clientes pueden estar en cualquier punto de la red. (Araujo, 2011).

#### **1.4.1.18 Repetidor de Datos**

El proceso en la repetición de datos es completamente diferente que, en la repetición de voz, en este implica la gestión de una computadora para la transmisión de datos. En este punto el repetidor de datos actúa como un servidor para los usuarios locales de ese punto, el mismo gestiona el tráfico proveniente de usuarios remotos que no lograron conectarse a la estación pasarela. (Araujo, 2011).

#### **1.4.1.19 Equipos Repetidor de Datos**

En esta estación se usan los mismos equipos que se usan en las estaciones clientes.

#### **1.4.1.20 Estación Pasarela**

Como se ha mencionado con anterioridad la estación pasarela funciona como un nexo de comunicaciones al exterior de la red. (Araujo, 2011).



#### 1.4.1.21 Equipo Servidor estación pasarela

En esta estación el servidor se puede usar una computadora con características básicas, una computadora básica podría ser una Pentium 3 de 1 giga y que disponga de 512Mb de RAM.

#### 1.4.1.22 Transceptor Radio

En esta estación se puede usar las mismas radios de la estación cliente citadas en el numeral 1.4.5.1.

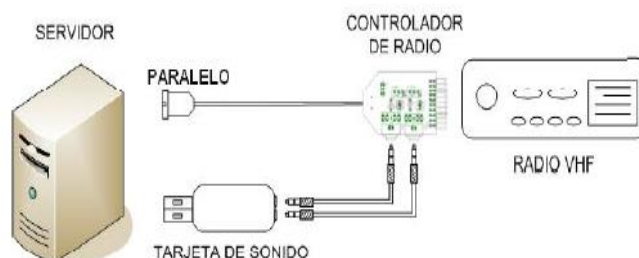
#### 1.4.1.23 Antenas

En esta estación se puede usar las mismas antenas de la estación cliente citadas anteriormente. (Araujo, 2011).

#### 1.4.1.24 Interfaz para la transferencia de datos

De acuerdo a lo antes mencionado las estaciones clientes necesitan de una canal para la transmisión de datos, a diferencia de las estaciones clientes las estaciones pasarela no usan computadoras embebidas, al contrario, usan computadoras básicas y convencionales que actúan como servidores.

En la Figura 18 se representa la conexión al servidor.



*Figura 18.* Esquema de conexión al servidor

Tomado de (Araujo, 2011)

### **1.4.2 Tecnología Satelital (VSAT).**

La tecnología satelital es una tecnología de comunicación de datos vía satélite para realizar intercambio de información de un punto a otro o de un punto a varios puntos (interactiva). El componente esencial de este sistema es el Hub el cual actúa como una estación central terrestre a lo largo de la red con la finalidad de realizar la comunicación entre dos terminales satelitales en otras palabras todo intercambio de información pasa por el Hub. Las estructuras de redes satélites permiten a las estaciones terminales ser fáciles de instalar y produciendo un costo bajo. Una de las características de las antenas usadas en esta tecnología es su diámetro (generalmente menores a 2.4m) y un consumo bajo de energía en los sistemas. Esta tecnología permite diseñar redes muy profundas con altas velocidades de transmisión con usuarios conectados simultáneamente, permitiendo la transferencia de voz, datos y vídeo.

Sus ventajas e inconvenientes se presentan a continuación:

#### **Ventajas:**

- Terminales de usuario simplificados a través de una gestión centralizada.
- Servicio autónomo de la distancia.
- Esta tecnología tiene una cobertura global y rápida.
- Rápida implantación en lugares de difícil acceso.
- Facilidad de ampliación de la red a través de la reconfiguración.
- Estabilidad de los costos de operación de red durante un largo periodo de tiempo.

#### **Inconvenientes:**

- Las inversiones iniciales son elevadas y en algunos países no son claramente competitivas frente a redes basadas en recursos terrestres.

- Toda la red depende de la disponibilidad del transponedor lo cual lo hace un punto crítico ya que si éste pierde la conexión, toda la red pierde la conexión con él.
- Es sensible a interferencias terrestres y espaciales.

### **1.4.3 Tecnología WIMAX.**

La tecnología WIMAX está definido por el estándar IEEE 802.16 el cual es parte del protocolo de red de área metropolitana el cual puede actuar como sustituto de tecnologías ya conocidas como modem, acceso cableado xDSL, fibra óptica entre otras tecnologías. Esta tecnología funciona con rangos de frecuencias licenciadas y no licenciadas lo que permite tener un amplio espectro de frecuencias aplicables a soluciones. Las bandas ISM (Industry, Scientific, Medical) son denominadas bandas no licenciadas, las cuales actúan en los siguientes rangos:

- Banda de 900 MHz (902 a 928 MHz)
- Banda S-ISM 2.4 MHz (2400 a 2483.5 MHz)
- Banda C-ISM o U-NII 5 GHz (5.150 a 5.250; 5.250 a 53250; 5470 a 5725; 5725 a 5850 MHz)

El resto de bandas faltantes conforman las bandas licenciadas, estas frecuencias se encuentran entre los 3.5GHz y 10.5GHz. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013)

- WIMAX son redes diseñadas para áreas metropolitanas y zonas rurales, aplicable como tecnología sustituta de las de última milla.
- Se puede aplicar como una tecnología multipunto que requiere nula, moderada y línea de vista.
- Está compuesta por las capas PHY (Capa física) y la capa MAC (enlace de datos), las cuales son aplicables a bandas licenciadas y no licenciadas.
- Permite velocidades en el ancho de banda de 134Mbps en un canal de 28MHz.
- Soporta calidad de servicio.

- Usa frecuencias de división dúplex FDD y TDD
- Esta tecnología usa antenas adaptables.. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013)

#### 1.4.3.1 Oportunidades en el mercado

El estándar WIMAX al ser una tecnología reciente puede actuar como sustituto de otras tecnologías ya consideradas tradicionales, a continuación, se enuncia los siguientes puntos:

- Las tecnologías tradicionales como la de cable modem, ADSL, sistemas coaxiales etc., han sido desplazadas en ambientes con limitaciones de tipo geográfico mediante el uso de antenas externas y estaciones base.
- Permite acceder rápidamente a puntos de acceso inalámbrico de alta velocidad (hotspots) en donde no existe línea de vista. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013)

La figura 19 representa el esquema de las redes BWA.

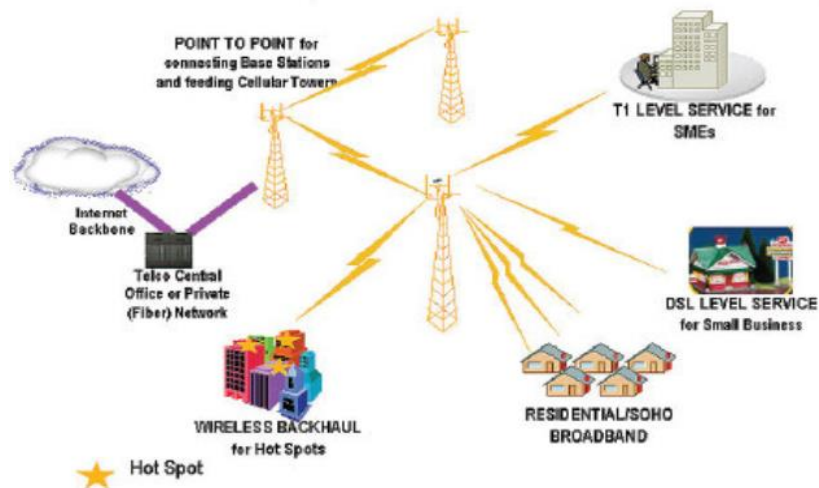


Figura 19. Desarrollo de redes BWA

Tomado de (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013).

- Esta tecnología de banda ancha posee en el estándar IEEE 802.16 en el cual se puede reducir costos de implementación, montaje e infraestructura. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013)

### 1.4.3.2 WIMAX frente a otras tecnologías.

WIMAX puede ser un claro competidor con la tecnología LDMS, ya que alcanza una velocidad de transferencia de 100 Mbit/s a través de un canal de banda de 28 MHz, en comparación del estándar IEEE 802.16 a que alcanza 70 Mbit/s funcionando en un rango de frecuencia correspondiente a 11GHz, tomando en cuenta este ámbito la tecnología WIMAX puede hacer frente a otras tecnologías, la figura 20 representa esta comparación.

|                | WiMAX<br>802.16            | WiFi<br>802.11     | MBWA<br>802.20        | UMTS y<br>CDMA2000 |
|----------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Velocidad      | 134 Mbit/s                 | 11-54 Mbit/s       | 16 Mbit/s             | 2 Mbit/s           |
| Cobertura      | 40-70 km                   | 100 m              | 20 km                 | 10 km              |
| Licencia       | Si/No                      | No                 | Si                    | Si                 |
| Ventajas       | Velocidad y Alcance        | Velocidad y Precio | Velocidad y Movilidad | Rango y Movilidad  |
| Inconvenientes | En desarrollo, Precio alto | Bajo alcance       | Precio alto           | Lento y caro       |

*Figura 20.* WIMAX frente a otras tecnologías

Tomado de (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013).

La tecnología WIMAX utiliza la modulación OFDM la cual contiene 256 portadoras y la modulación OFDMA alcanzando hasta 2048 FFT, esta característica le permite alcanzar velocidades elevadas. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013)

### 1.4.3.3 Estándares Activos

En ese sentido el autor señala los estándares activos de la tecnología WIMAX (802.16).

- IEEE 802.16-2012: revisión Del estándar IEEE Std 802.16, incluidos los estándares IEEE Std 802.16h, IEEE Std 802.16j, y el estándar IEEE Std

802.16m (excluyendo la interfaz de radio WirelessMAN-Advanced, la cual fue movida al IEEE Std 202.16.1). Este estándar fue publicado el 17 de agosto de 2012.

- IEEE Std 802.16.16p: adendo al estándar IEEE Std 802.16-2012 – mejoras para el soporte de aplicaciones máquina a máquina. Aprobado el 2012-09-30.
- IEEE 802.16.1-2012: Wireless MAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems – Interface area BWA para WirelessMAN-Advanced. Publicado el 2012-09-07.
- IEEE Std 8012.16b: adendo al estándar IEEE Std 802.16.1-2012 – mejoras para el Soporte de aplicaciones maquina-a-maquina. Aprobado el 2012-09-30
- IEEE Std 802.16.2-2004: Ratificado por cinco años más el 2010-03-25.
- IEEE Recommended Practice for Local and metropolitan area networks. Coexistence of fixed Broadband Wireless Access Systems.
- IEEE Std 802.16k-2007: Es un adendo del IEEE Std 802.D, previamente adendo del IEEE Std 802.17a – Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges – Briding of 802.16. Forma parte del IEEE 802.16.2-2004. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013)

La figura 21 representa el desarrollo de las redes BWA.

|                     | <b>802.16</b>        | <b>802.16a</b>                               | <b>802.16e</b>                               |
|---------------------|----------------------|--|--|
| Spectrum            | 10-66 GHz            | 2-11 GHz                                     | 2-6 GHz                                      |
| Channel bandwidth   | 20, 25, and 28 MHz   | 1.5 to 20 MHz                                | 1.5 to 20 MHz with UL sub channels           |
| Modulation          | QPSK, 16QAM, 64 QAM  | OFDM 256 sub carriers<br>QPSK, 16QAM, 64 QAM | OFDM 256 sub carriers<br>QPSK, 16QAM, 64 QAM |
| Bit rate            | 32-134 Mbps (28 MHz) | 75 Mbps (20 MHz)                             | 15 Mbps (5 MHz)                              |
| Channel conditions  | LOS                  | Non-LOS                                      | Non-LOS                                      |
| Typical cell radius | 2-5 Km               | 7-10 Km, max 50 Km                           | 2-5 Km                                       |
| Application         | Fixed                | Fixed and portable                           | Mobility                                     |

*Figura 21.* Desarrollo de redes BWA.

Tomado de (Navarro, 2015)

#### 1.4.3.4 Modelo WIMAX.

El protocolo WIMAX está formado por dos capas, la capa física denominada PHY y una capa de enlace de datos MAC las cuales forman parte de su modelo referencial. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013). En la figura 22 podemos observar el alcance del protocolo WIMAX, en este se detalla dos planos, uno es el plano de control y datos conjuntamente con el plano de administración. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013).

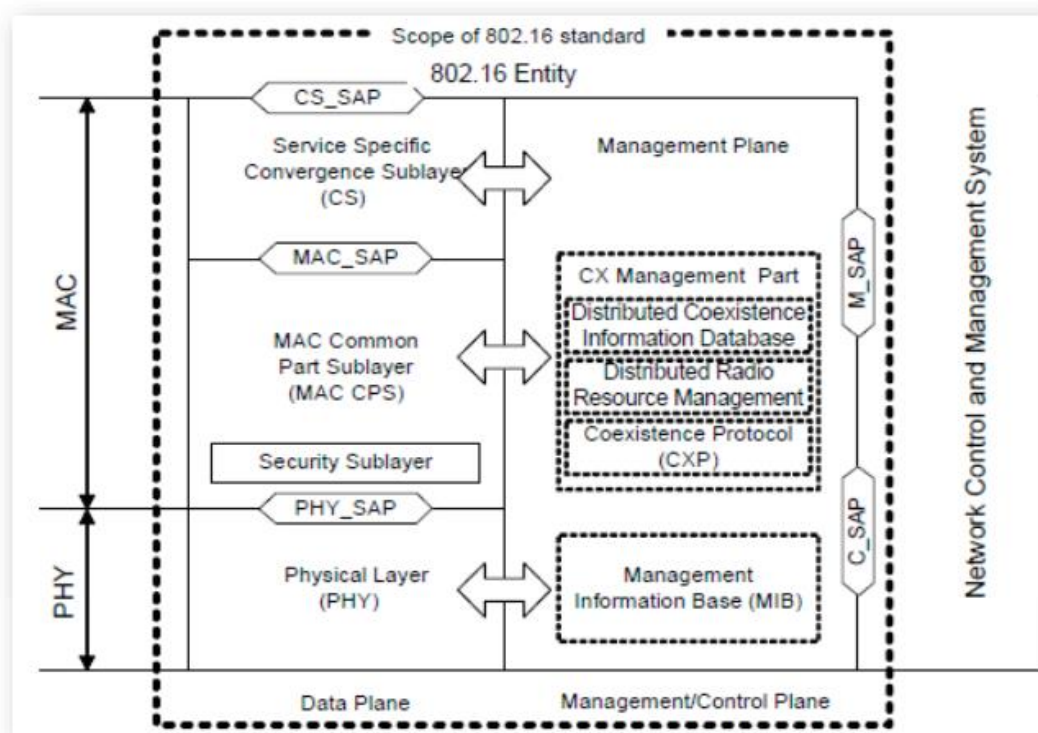


Figura 22. Modelo de referencia del protocolo IEEE802.16 Tomado de (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013).

#### 1.4.3.5 Capas PHY y MAC en WIMAX

#### 1.4.3.6 Capa Física PHY

Para los rangos de frecuencias licenciadas de WIMAX que van de los 10 a 66 GHz, la capa física realiza la modulación de una sola portadora. En este rango

de frecuencias la línea de vista (LOS) es necesaria y se pueden despreciar todo el camino entre las estaciones suscriptoras y la estación base, cabe mencionar que el canal que se usa en este tipo de casos es de 20 a 25 MHz con velocidades de hasta 120Mbps. En este tipo de ocasiones las estaciones bases transmiten señales TDM individualmente a cada estación suscriptora.

Para los rangos de frecuencias que van desde los 2 a 11 GHz usa la propagación de frecuencias por medio de varias rutas ya que emplea frecuencias más bajas por lo que facilita la exclusión de la línea de vista (NOS), en estas ocasiones se pueden realizar tres alternativas de modulaciones las cuales son la OFDM (256 puntos de transformación – FFT3), OFDMA (2048 puntos de transformación de Fourier y por último la modulación de una única portadora.

Al funcionar en frecuencias más debajo de 11 GHz permite disponer de longitudes de ondas con un alcance mayor, ya se mencionó que en estas ocasiones la línea de vista no es necesaria ya que las múltiples trayectorias son bastantes. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013).



En la figura 23 podemos observar la capa PHY.

| Designación              | Aplicabilidad               | Especificación PHY  | Opciones                                   | Alternativas Duplex |
|--------------------------|-----------------------------|---|--|---------------------|
| WirelessMAN-SC™          | Banda 10-66 Ghz             | TDM (Downlink)<br>TDMA (Uplink)<br>QPSK, 16-QAM<br>64-QAM           | -  | TDD<br>FDD          |
| WirelessMAN-SCa™         | Bandas licenciadas < 11 Ghz | TDM/TDMA (Dowlink)<br>TDMA (Uplink)<br>BPSK, QPSK<br>16-QAM, 64-QAM | AAS<br>ARQ<br>STC<br><u>mobile</u>         | TDD<br>FDD          |
| WirelessMAN-OFDM™        | Bandas licenciadas < 11 Ghz | 264 Puntos FFT con modulación OFDM                                  | AAS<br>ARQ<br>Mesh<br>STC<br><u>mobile</u> | TDD<br>FDD          |
| WirelessMAN-OFDMA SIN TM | Bandas licenciadas < 11 Ghz | 2048 Puntos FFT con modulación OFDMA                                | AAS<br>ARQ<br><u>HARQ</u><br>STC<br>mobile | TDD<br>FDD          |
| WirelessMAN-HUMAN™       | Bandas licenciadas < 11 Ghz | WirelessMAN-SCa<br>WirelessMAN-OFDM<br>WirelessMAN-OFDMA            | AAS<br>ARQ<br>Mesh<br>STC                  | TDD                 |

Figura 23. Resumen capa PHY.

Tomado de (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013).

#### 1.4.3.7 Control de acceso MAC.

La capa MAC se encuentra compuesta por una arquitectura punto y multipunto, esto significa que usa una topología de malla, esta capa está hecha para poder soportar muchas características de la capa PHY, la cual se adapta para un entorno operacional en particular. La capa MAC permite un amplio rango en lo que refiere al tipo de servicios análogos. (Enríquez, Ortiz, & Ahmed, 2013)

El control de acceso MAC contiene tres capas subyacentes las cuales son la capa de convergencia específica al servicio, capa parte común y por último la capa de privacidad. La capa de convergencia tiene la función de transformar y

direccionar al exterior los datos recibidos por SAP a la MAC SDU, para después transmitirla a SAP de la capa general MAC, este protocolo brinda especificaciones de la capa de convergencia a varios protocolos externos.

La capa de parte común es el núcleo en esencia de la MAC, esta tiene actividades de dar acceso al sistema, así como asignar ancho de banda, el enlace de la conexión y su mantenimiento. Esta capa contiene diferentes niveles de datos de la capa de convergencia vía MAC SAP y los clasifica en conexiones de MAC específicas, por otro lado, se realiza la calidad de servicio (QoS) a los datos transferidos y enviados a la capa PHY.

En la capa de privacidad la función principal es dar autenticación, intercambiar llaves y gestionar el proceso de cifrado/descifrado. (Navarro, 2015).

En la figura 24 podemos observar la capa MAC y PHY.

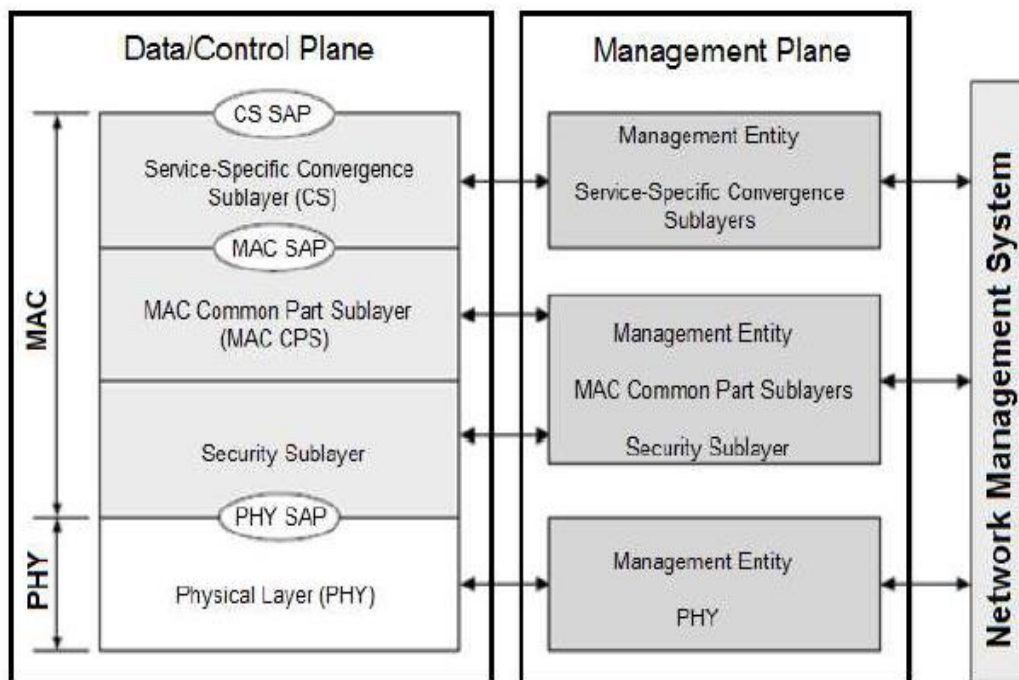


Figura 24. Capa MAC y PHY

Tomado de (Navarro, 2015)

### 1.4.3.8 Estructura de la tecnología WIMAX.

La estructura de la tecnología **WIMAX** contiene una red central y una red de acceso, los elementos que conforman la red central incluyen un gestor de red, un router, servidor, una base de datos de los usuarios y por último el equipo de enlace interno, todo esto con el fin de dar una conexión IP a clientes finales de WIMAX.

La red de acceso de Wimax está formada por una estación base, una estación suscriptora y por último el abonado, esta red da acceso inalámbrico a los usuarios WIMAX. (Navarro, 2015)

En la figura 25 podemos observar la capa MAC y PHY.

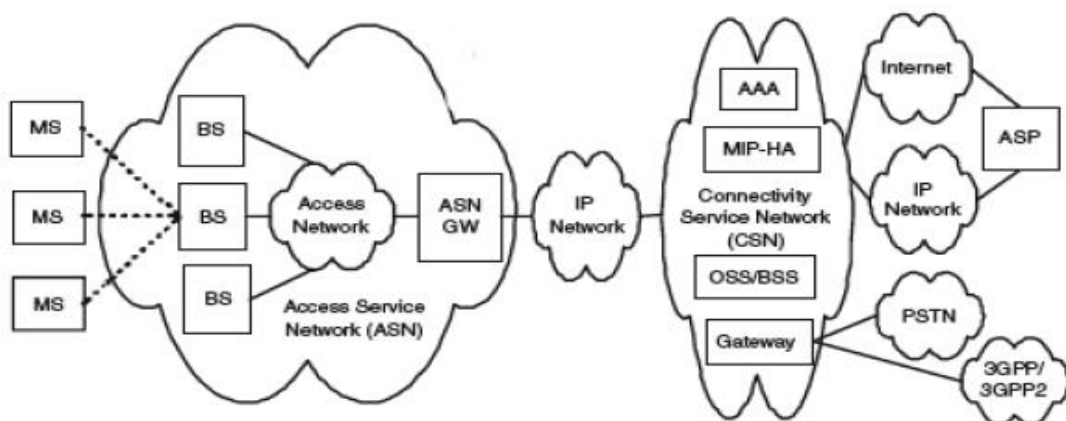


Figura 25. Capa MAC y PHY

Tomado de (Navarro, 2015)

### 1.4.3.9 Red Central.

La red central de la tecnología WIMAX es el núcleo, es la parte encargada de la autenticación del usuario, el servicio de roaming, administrar la red y dar interfaz a otras redes. Este sistema de administración monitorea y controla todas las estaciones bases disponibles y también a las estaciones suscriptoras de la red. En general da la configuración de los parámetros del sistema.

#### **1.4.3.10 Estación Base.**

La estación base cumple la función de dar conexión entre la estación suscriptora y la red central.

#### **1.4.3.11 Estación Suscriptora.**

La tecnología WIMAX realiza la interfaz de conexión entre el equipo terminal del usuario y la estación base además proporciona acceso a los equipos terminales. (Navarro, 2015)

## **2. CAPITULO II: Levantamiento de información**

### **2.1 Introducción**

El capítulo dos se enfocará en describir los problemas generales, objetivos del GAD Alausi y los problemas puntuales que se identifique en el proceso del levantamiento de información de la infraestructura tecnológica existente en las tres escuelas de las parroquias del GAD, luego se hará una descripción breve de la situación de cada una de las parroquias de las zonas de estudio y descripción de la infraestructura tecnológica, concluyendo en un resumen de los problemas y requerimientos identificados.

### **2.2 Árbol de problemas generales**

De acuerdo a la visita realizada al GAD Alausi, se pudo conocer y evidenciar los problemas existentes en las escuelas de las parroquias de estudio, y lo expresado en la entrevista con el Ingeniero Jose Sislema, jefe de TIC del GAD de Alausí. podemos observar en la figura 2.1 el problema principal es dar acceso a los servicios de telecomunicaciones e internet debido a la falta de infraestructura en telecomunicaciones e inversion para proyectos de desarrollo en TI, dando como resultado las consecuencias mostradas en la figura n. 18

### 2.3 Árbol de Objetivos Generales TIC's GAD Alausí

Los objetivos en cuanto a TICs respecto al GAD, mencionaron los encargados de esta área y reforzado por la entrevista con el Sr. Alcalde Manuel Vargas, que se representa en la figura 26.

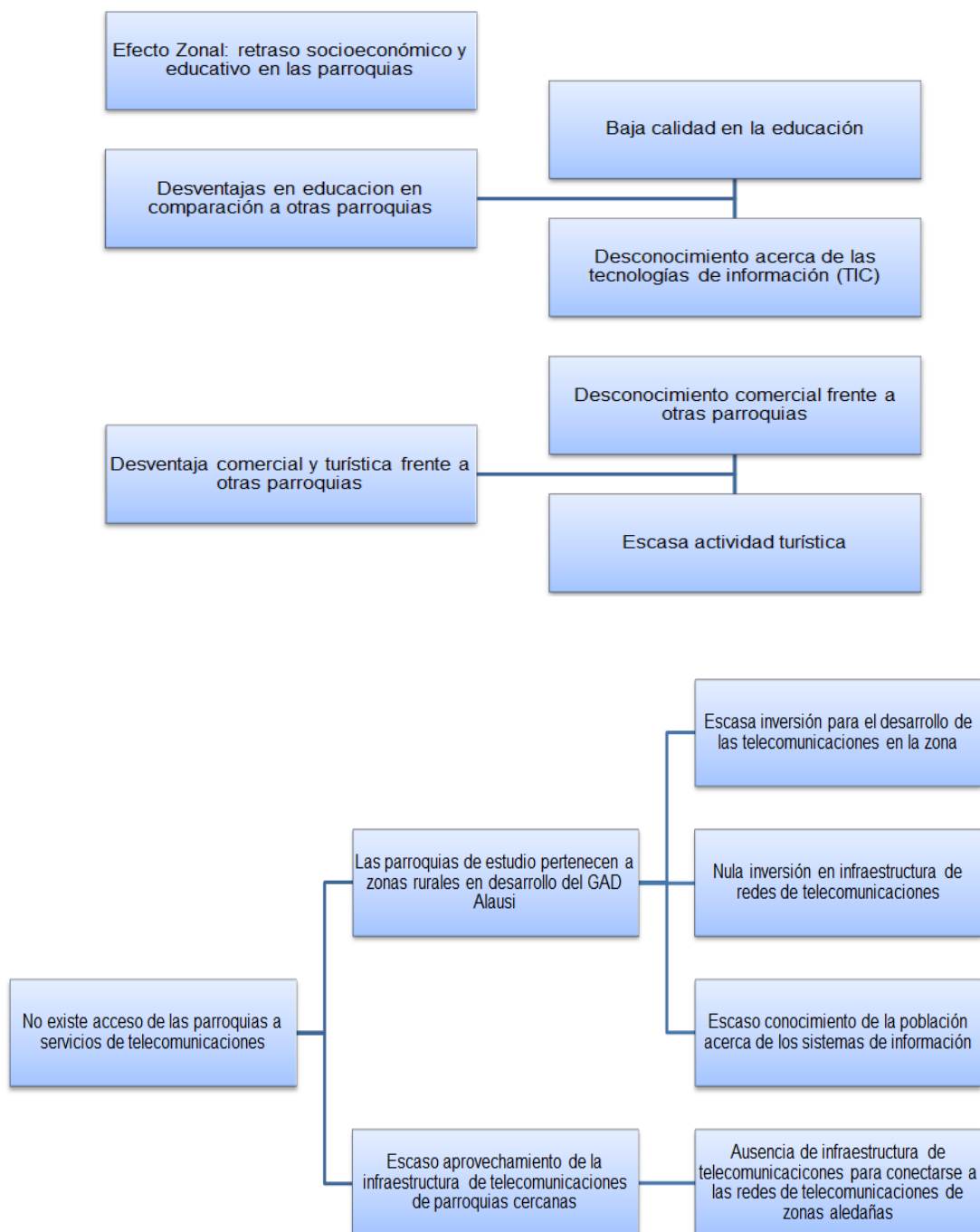


Figura 26. Problemas generales GAD ALAUSÍ.

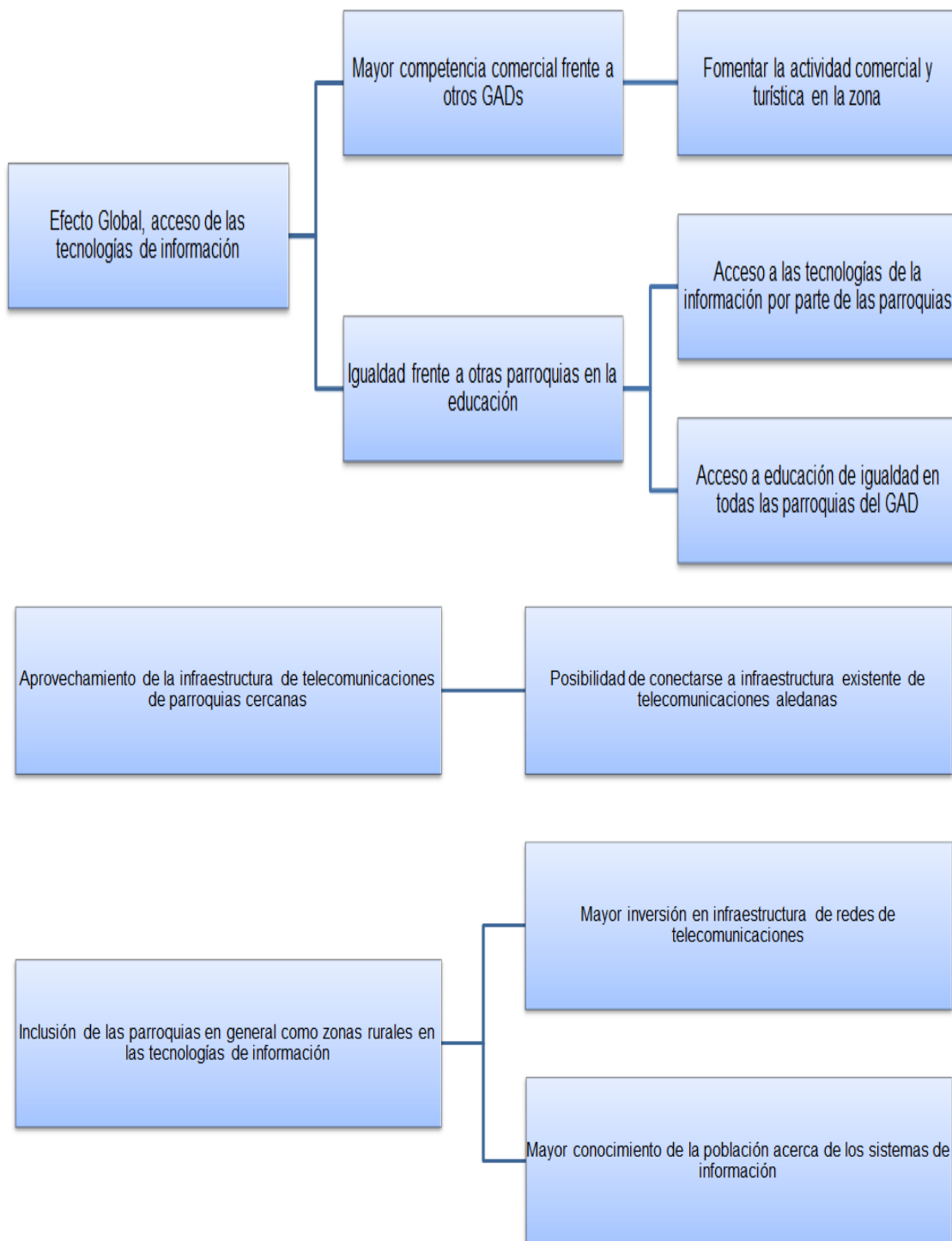


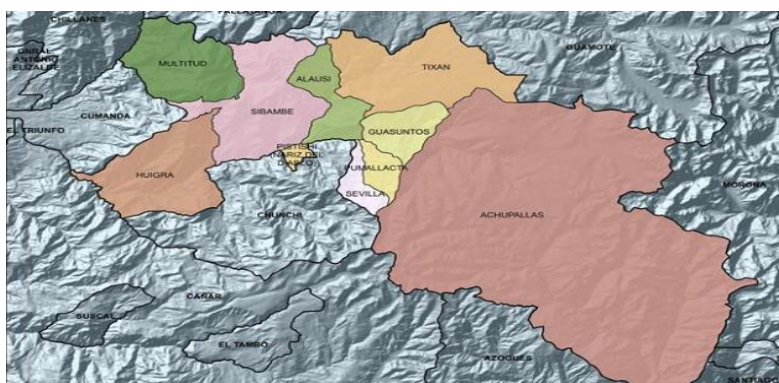
Figura 27. Objetivos Generales en TICs

## 2.4 Descripción de las zonas rurales de estudio.

Al ser las parroquias de estudio zonas rurales la tecnología que se sugerirá para brindar acceso a internet depende fundamentalmente de las características geográficas, demográficas y económicas de dichas zonas las cuales pertenecen al GAD de Alausí es por esto que las comunidades de Huigra, Tixán y Achupallas son los puntos fundamentales de estudio.

### 2.4.1 Descripción Geográfica del GAD de Alausí

Alausí es un Cantón perteneciente a la provincia de Chimborazo, posee una altitud de 2340 metros además tiene una superficie de 1.707 km<sup>2</sup>. La temperatura promedio es de 14 a 15 °C. El GAD Alausí se encuentra a 97 km de ciudad de Riobamba, en un pequeño valle rodeado por el cerro Gampala, por donde atraviesa el río Chanchán.



*Figura 28.* Parroquias GAD Alausi

Tomado de (INEC, 2016)

### 2.4.2 Descripción Demográfica del GAD de Alausí

La población de este GAD es de 44.100 habitantes, de los cuales 6350.4 habitantes pertenecen a la población urbana de Alausí, y 37749.6 habitantes que forman parte de la población rural. La densidad de la población de Alausi es de 25 habitantes por metro cuadrado.

|  |  |
|--|--|
| • El cantón ALAUSÍ cuenta con 10 parroquias.   |  |
| • Representa el 25.5% del territorio de la provincia de CHIMBORAZO (aproximadamente 1.7 mil km <sup>2</sup> ). |  |
| Población:   | 44.1 mil hab. ( 9.6% respecto a la provincia de CHIMBORAZO). |
| Urbana:  | 14.4%  |
| Rural:   | 85.6%  |
| Mujeres:   | 51.9%  |
| Hombres:   | 48.1%  |
| PEA:   | 52.0% ( 8.6% de la PEA de la provincia de CHIMBORAZO)        |

*Figura 29.* Información Demográfica

Tomado de (INEC, 2016)

### 2.4.3 Descripción Económica del GAD de Alausí



*Figura 30.* Información Económica GAD Alausí

Tomado de (INEC, 2016)

### 2.5 Parroquia Tixán

Tixán es una parroquia perteneciente al cantón Alausí ubicada en la provincia de Chimborazo, esta situada aproximadamente a una altitud de 2340 metros; posee una extensión de 1707 km<sup>2</sup> además su temperatura media es de 14 a 15 grados centígrados y posee una población aproximada de 4039 personas, en esta parroquia se encuentra la Unidad Educativa Cocan que es el objeto de estudio.



### **2.5.1 Unidad Educativa Cocan**

La Unidad Educativa Cocan se encuentra ubicada en la parroquia Tixán, se creó el 20 de octubre del año 2005, actualmente cuenta con 250 estudiantes.

Esta Unidad Educativa presta los siguientes servicios:

- Educación Inicial I (3 a 4 años)
- Educación Inicial II (4 a 5 años)
- Preparatoria (5 a 6)
- Educación Básica
- Educación Media.
- Educación Superior.
- Bachillerato General en Ciencias.

### **2.5.2 Infraestructura tecnológica actual**

La unidad Educativa Cocan actualmente dispone de dos laboratorios de computación, cada laboratorio dispone de 21 máquinas, no tienen instalado un sistema de cableado estructurado por lo que dificulta el acceso a internet.

La figura 31 se observa el laboratorio de computación



*Figura 31.* Laboratorio de computación Unidad Educativa Cocan

Podemos mencionar que anteriormente la escuela disponía de navegación de internet a través de ADSL, pero debido a la búsqueda de tecnologías más robustas se canceló este servicio y la escuela se encuentra sin acceso a internet por más de 8 meses.

### 2.5.3 Cuarto de Comunicaciones

La Unidad Educativa Cocan no cuenta con una sala o cuarto de comunicaciones apto, los equipos de comunicaciones están ubicados en un rack instalado en la parte superior de cada uno de los laboratorios, este espacio no dispone de seguridad física, control de acceso ni climatización adecuada.

La figura 32 se observa el estado del rack, conexiones y equipos en funcionamiento.

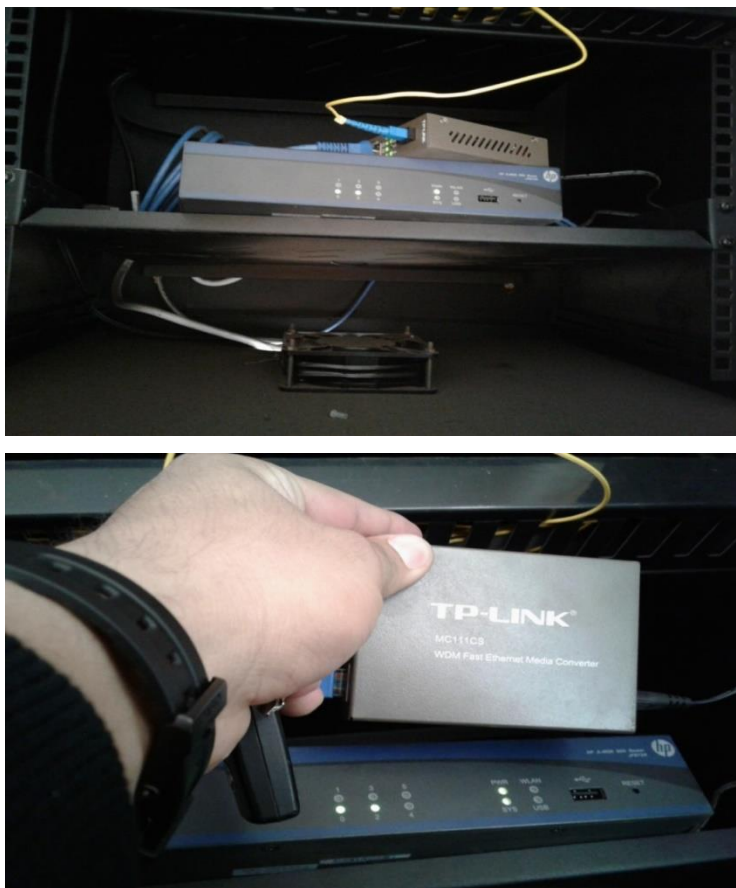


Figura 32. Equipos de Comunicación Cocan

## **2.6 Parroquia Achupallas**

Achupallas es una parroquia perteneciente al cantón Alausí este se ubica aproximadamente a una altitud de 1948 metros. La parroquia Achupallas posee una superficie de comprendida de norte a sur de 70 km y de este a oeste de 150 km aproximadamente 1707 km<sup>2</sup>, la temperatura media es de 13 a 14 grados centígrados y posee una población aproximada de 4074 personas, en esta parroquia se encuentra la Unidad Educativa Fiscal Totoras que es el objeto de estudio.

### **2.6.1 Unidad Educativa Fiscal Totoras**

La Unidad Educativa Totoras se encuentra ubicada en la parroquia Achupallas, la misma actualmente cuenta con 724 estudiantes.

### **2.6.2 Infraestructura tecnológica actual**

La unidad Educativa Fiscal Totoras actualmente dispone de dos laboratorios de computación, el primer laboratorio dispone de 40 máquinas, el segundo laboratorio dispone de 19 máquinas cabe recalcar que este laboratorio no dispone de cableado estructurado por lo que cual cuál dificultad el acceso a internet. Las máquinas existentes en este laboratorio son Clones Ari.

La figura 32 se observa el laboratorio de computación



*Figura 33.* Laboratorio de computación Unidad Fiscal Totoras

Actualmente ya son 6 meses que la escuela se encuentra sin acceso a internet, la tecnología que tiene instalado es a través de satélite (VSAT) pero lamentablemente cuando funcionaba la misma la velocidad era terrible y sufría de caídas constantes de señal.



*Figura 34.* Antena satelital Unidad Fiscal Totoras

### 2.6.3 Cuarto de Comunicaciones

La Unidad Educativa Fiscal Totoras no cuenta con una sala o cuarto de comunicaciones apto, los equipos de comunicaciones se encuentran en un rack instalado en la parte superior de cada uno de los laboratorios, este espacio no dispone de seguridad física, control de acceso ni climatización adecuada.

La figura 34 se observa el estado del rack, conexiones y equipos en funcionamiento.



Figura 35. Equipos de comunicación Totoras

### 2.7 Parroquia Huigra

Huigra es una parroquia perteneciente al cantón Alausí, se ubica aproximadamente a una altitud de 1122 metros. La parroquia Huigra posee una superficie de 129.67 km<sup>2</sup>, la temperatura es de 16 grados centígrados y tiene

una población aproximada de 2400 habitantes, en esta parroquia se encuentra la Unidad Educativa Fiscal Mixta Pedro Montúfar que es el objeto de estudio.

### **2.7.1 Unidad Educativa Fiscal Mixta Pedro Montúfar**

La Unidad Educativa Mixta Pedro Montufar se encuentra ubicada en la parroquia Huigra, la misma actualmente cuenta con 340 estudiantes.

### **2.7.2 Infraestructura tecnológica actual**

La Unidad Educativa Mixta Pedro Montufar actualmente dispone de un laboratorio de computación con 38 máquinas, este laboratorio no dispone de cableado estructurado por lo que dificultad el acceso a internet. Las máquinas existentes en este laboratorio son HP.

La figura 35 se observa el laboratorio de computación



*Figura 36.* Laboratorio de computación Unidad educativa Mixta Pedro Montufar

Actualmente ya son 3 meses que la escuela se encuentra sin acceso a internet, la tecnología que tiene instalada es a través de ADSL pero lamentablemente



según las autoridades de la institución existen muchas caídas de señal del proveedor contratado por el Gobierno Nacional, por esta razón es prioridad de la municipalidad de Alausí solucionar este inconveniente.

### **2.7.3 Cuarto de Comunicaciones**

La Unidad Educativa Mixta Pedro Montúfar no dispone de una sala o cuarto de comunicaciones apto, los equipos de comunicaciones se encuentran ubicados en una mesa temporal este espacio no dispone de seguridad física, control de acceso ni climatización adecuada.

La figura 36 se observa el estado de las conexiones y equipos en funcionamiento.



*Figura 37.* Equipo de comunicación Pedro Montufar

## 2.8 Resumen de equipamiento tecnológico.

Tabla 1.

*Equipamiento tecnológico de escuelas de las parroquias rurales del GAD Alausí.*

| <b>Parroquia Tixán, Unidad Educativa Cocan</b>               |                         |                                |                 |                      |
|--|-------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| <b>INFRAESTRUCTURA DE TI.</b>                                | <b>Equipos</b>          | <b>Actividad</b>               | <b>Cantidad</b> | <b>Ubicación</b>     |
| Laboratorio 1 y 2 de computación                             | Computador Clon - Ares  | Terminales                     | 42              | Sala de laboratorios |
| Equipamiento Activo de Redes y Telecomunicaciones            | Router HP A-MSR 900     | Router                         | 2               |                      |
|  | WDM Media Converter -   | Convertidor                    | 2               |                      |
| <b>Parroquia Achupallas, Unidad Educativa Fiscal Totoras</b> |                         |                                |                 |                      |
| <b>INFRAESTRUCTURA DE TI.</b>                                | <b>Equipos</b>          | <b>Actividad</b>               | <b>Cantidad</b> | <b>Ubicación</b>     |
| Laboratorio 1 y 2 de computación                             | Computador Clon - Ari   | Computadores                   | 59              | Sala de laboratorios |
| Equipamiento Activo de Redes y Telecomunicaciones            | Antena Satelital        | Antena                         | 1               |                      |
|  | AMX NXA-WAP1000         | Smart Wireless Access – Access | 2               |                      |
|  | Router HP A-MSR 900     | Router                         | 2               |                      |
| <b>Parroquia Huigra, Unidad Fiscal Mixta Pedro Montúfar</b>  |                         |                                |                 |                      |
| <b>INFRAESTRUCTURA DE TI.</b>                                | <b>Equipos</b>          | <b>Actividad</b>               | <b>Cantidad</b> | <b>Ubicación</b>     |
| Laboratorio de computación                                   | Computador HP – PAVILON | Computadores                   | 38              | Sala de laboratorios |
| Equipamiento Activo de Redes y Telecomunicaciones            | Antena Satelital        | Antena                         | 1               |                      |
|  | HX90 – Satellite Router | Router                         | 1               |                      |

## 2.9 Problemas y Necesidades de infraestructura tecnológica

En base al levantamiento de información del estado actual de la infraestructura tecnológica de las escuelas de las parroquias de estudio, se identificó los problemas y requerimientos que cuentan actualmente en el GAD, esta información se tomara como base para la propuesta y solución del diseño de la red de comunicaciones para permitir de acceso a internet a estas escuelas.



Adicional a esto y según conversaciones con las autoridades del GAD Alausi y autoridades de Tic's el objetivo general del proyecto es dotar a las escuelas de las parroquias de estudio de los servicios descritos a continuación:

- Proveer de acceso a Internet.
- Proveer de manejo de correo electrónico.
- Proveer de Videoconferencia.

### **2.9.1 Zona Geográfica de las escuelas.**

Las zonas geográficas en donde se encuentran las zonas rurales de estudio son de características montañosas, además de estar rodeadas de varios obstáculos y cerros.

### **2.9.2 Tecnología e infraestructura de Telecomunicaciones existente**

Como se mencionó anteriormente en dos de las tres escuelas existe tecnología satelital instalada caduca pero lamentablemente ha fallado en dar acceso a internet en las escuelas, de igual manera existe un establecimiento en la parroquia Cocan que no dispone de ninguna tecnología en telecomunicaciones.

### **2.9.3 Estado del Sistema Eléctrico en la zona**

Las escuelas de estudio ubicadas en las zonas rurales disponen del sistema eléctrico básico, ya que por su ubicación y difícil acceso no existe la estructura eléctrica robusta en la zona.

A continuación, se describe los problemas y necesidades detectadas en el proceso del levantamiento de información.

Tabla 2.

*Problemas de la Unidad Educativa Cocan*

| TABLA DE RESUMEN ESCUELA COCAN   |                            |   |
|----------------------------------|----------------------------|---|
| ITEM                             | DETALLES                   | OBSERVACIONES   |
| <b>LABORATORIO<br/>1 Y 2</b>     | 1 Cuarto de Comunicaciones | No dispone de sitio adecuado para los equipos             |
|                                  | 2 Climatización            | No dispone de aire acondicionado y tampoco de ventilación |
|                                  | 3 Energía                  | No existe energía regulada para los equipos               |
|                                  | 4 Acceso                   | No dispone de seguridad para el acceso a los equipos      |
|                                  | 5 Vigilancia               | No dispone cámaras de seguridad                           |
|                                  | 6 Etiquetado               | No dispone de etiquetado para los equipos                 |
| <b>CABLEADO<br/>ESTRUCTURADO</b> | 7 Cableado Vertical        | No dispone de cableado                                    |
|                                  | 8 Cableado Horizontal      | No dispone de cableado                                    |

Tabla 3.

*Problemas de la Unidad Educativa Fiscal de Totoras.*

| TABLA DE RESUMEN ESCUELA TOTORAS |                            |  |
|----------------------------------|----------------------------|--|
| ITEM                             | DETALLES                   | OBSERVACIONES  |
| <b>LABORATORIO<br/>1 Y 2</b>     | 1 Cuarto de Comunicaciones | No dispone de sitio adecuado para los equipos        |
|                                  | 2 Climatización            | No dispone de aire acondicionado ni ventilación      |
|                                  | 3 Energía                  | No existe energía regulada para los equipos          |
|                                  | 4 Acceso                   | No dispone de seguridad para el acceso a los equipos |
|                                  | 5 Vigilancia               | No dispone cámaras de seguridad                      |
|                                  | 6 Etiquetado               | No dispone de etiquetado para los equipos            |
| <b>CABLEADO<br/>ESTRUCTURADO</b> | 7 Cableado Vertical        | No dispone de cableado                               |
|                                  | 8 Cableado Horizontal      | No dispone de cableado                               |

Tabla 4.

*Problemas de la Unidad Ed. Fiscal Mixta Pedro Montúfar*

| TABLA DE RESUMEN ESCUELA HUIGRA |                            |  |
|---------------------------------|----------------------------|--|
| ITEM                            | DETALLES                   | OBSERVACIONES  |
| <b>LABORATORIO 1</b>            | 1 Cuarto de Comunicaciones | No dispone de sitio adecuado para los equipos        |
|                                 | 2 Climatización            | No dispone de aire acondicionado ni ventilación      |
|                                 | 3 Energía                  | No existe energía regulada para los equipos          |
|                                 | 4 Acceso                   | No dispone de seguridad para el acceso a los equipos |
|                                 | 5 Vigilancia               | No dispone cámaras de seguridad                      |
|                                 | 6 Etiquetado               | No dispone de etiquetado para los equipos            |
| <b>CABLEADO</b>                 | 7 Cableado Vertical        | No dispone de cableado                               |
| <b>ESTRUCTURADO</b>             | 8 Cableado Horizontal      | No dispone de cableado                               |

### 3. CAPITULO III. Diseño de la Solución

#### 3.1 Introducción

En este capítulo se analizará la solución tecnológica que se adapte a los requerimientos detectados en el levantamiento de la información en el capítulo dos, que dará lugar a la propuesta de una tecnología y diseño para el proyecto. Esta permitirá dar acceso a internet en las escuelas de las parroquias rurales del GAD de Alausí.

Para efectos de tener un orden en la propuesta del diseño se tomará de manera referencial la guía de la metodología Top-Down de la empresa Cisco, la que permita seguir un orden para la obtención del diseño; las fases y puntos de esta metodología se adaptarán en base al requerimiento puntual del proyecto.

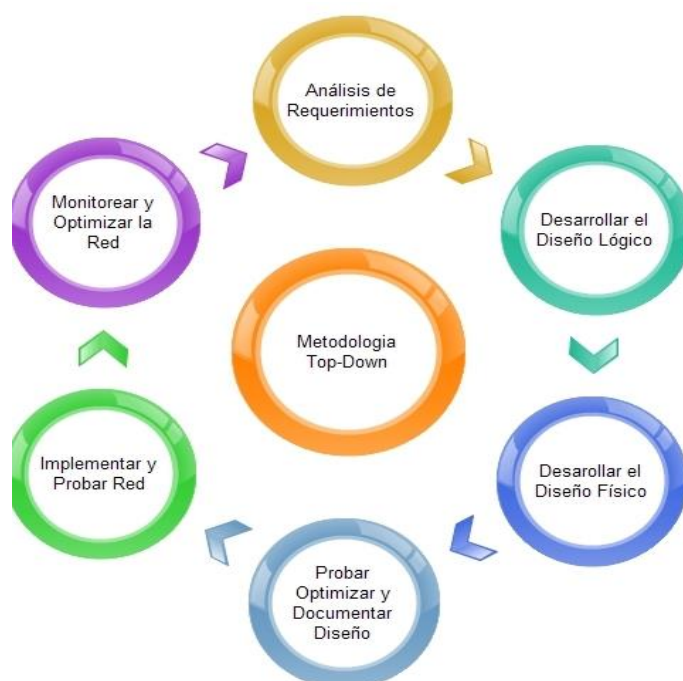
### 3.2 Metodología Top-Down de diseño

Esta metodología está compuesta por una serie de procesos ordenados y secuenciales para obtener el diseño; El objetivo de la metodología Top-Down es tomar los requerimientos y problemas existentes y alinearlos a las metas y objetivos institucionales en base a fases y puntos específicos en cada una de ellas y obtener el diseño. La metodología top-down utiliza fases para el diseño del proyecto final que puede adaptarse según los requerimientos e información recolectada. (Cisco, 2011)

#### Fases de Diseño Top-Down

- Análisis de requerimientos
- Desarrollo del Diseño Lógico
- Desarrollo del Diseño físico
- Simulación de Pruebas
- Optimización de la red

En la figura 37 se describe el ciclo de vida de la metodología Top-Down.



*Figura 38.* Ciclo de vida Metodología Top-Down

Tomado de (Cisco, 2016)

Para el desarrollo de este diseño se adaptará parcialmente los puntos de cada fase de esta metodología, para seguir un procedimiento ordenado y adaptado a los requerimientos puntuales; la tabla N.5 describe cada fase con los puntos tomados para este diseño.

Tabla 5.

*Fases Metodología Top-Down*

| <b>METODOLOGIA TOP-DOWN</b> |  |   |
|-----------------------------|--|---|
| <b>FASE 1</b>               | <b>Analizar Requerimientos</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas con usuarios y personal técnico</li> <li>• Analizar metas técnicas, pros y contras</li> <li>• Caracterizar la red existente</li> </ul> |
| <b>FASE 2</b>               | <b>Diseño Lógico de la Red</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar una topología de la red</li> </ul>   |
| <b>FASE 3</b>               | <b>Diseño Físico de la Red</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar tecnologías y dispositivos en cada Estación</li> <li>• Seleccionar tecnologías y dispositivos para la red</li> </ul>                   |
| <b>FASE 4</b>               | <b>Simulación de enlace a través de Software</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simular una enlace piloto en las zonas de estudio</li> </ul>   |

Cabe recalcar que de acuerdo al alcance del proyecto la metodología Top Down será tomada como guía y llegara a un punto final de Simulación del enlace el cual indicara la tecnología posible a aplicarse, por lo cual las fases finales de implementación y optimización no serán aplicables al actual proyecto.

### **3.3 Selección de la Tecnología para la red de acceso**

Para seleccionar la tecnología de acceso que se adapte al diseño de la red nos basamos en parámetros técnicos de las tecnologías y en la situación actual geográfica de la zona considerando los siguientes puntos:

- Cobertura
- Frecuencia
- Velocidad de transmisión

- Línea de vista
- Potencia
- Escalabilidad

### 3.3.1 Análisis Tecnología VHF

**Cobertura**, por sus características de distancia puede alcanzar los 70Km.

**Frecuencia**, esta tecnología trabaja en una frecuencia con una banda de frecuencia de 30-300 MHz, pero siempre limitados por una condición la potencia de transferencia y la altura en donde se ubican las antenas de cobertura.

**Línea de Vista**, Esta tecnología al ser inalámbrica necesita de línea de vista

**Potencia**, la tecnología VHF requiere una potencia de 100 Watos

**Velocidad de transmisión**, esta tecnología posee una velocidad de 16Kbps.

**Escalabilidad**, esta tecnología si posee escalabilidad pero se debe adquirir una licencia de uso. (Ehas, 2017)

#### Características

- Esta tecnología abarca enlaces de larga distancia
- Frecuencias fáciles de reutilizar.
- Tecnología de radio aplicable en zonas rurales
- Baja afectación de enlaces debido a cambios en el clima.

#### Limitaciones

- Para usar la banda en la tecnología VHF se requiere de una licenciada oficial de servicio.
- Con esta tecnología de obtiene velocidades menores a la de la tecnología Wimax.

- Esta tecnología tiene un consumo de transmisión en torno a los 100 W frente a 10 W que se obtiene con la tecnología Wimax.
- Al requerirse potencias mayores es posible la necesidad de utilización de una fuente de energía alterna como el uso de paneles solares fotovoltaicos por ende se elevaría los costos
- Mayor costo de infraestructura de equipos.

Pero debido a sus limitaciones en altura, uso del espectro y debido a características de velocidad menores de transmisión nos es viable para la zona a pesar que su consumo eléctrico de 100W frente a otras tecnologías se hace muy costoso su mantenimiento, en caso de requerir potencias mayores se debería instalar fuentes alternativas de energía como podrían ser paneles solares fotovoltaicos, por todas las razones expuestas se descarta el uso de esta tecnología.

### 3.3.2 Análisis de la tecnología HF

**Cobertura**, por sus características de distancia puede alcanzar el rango de 60 – 500 Km.

**Frecuencia**, esta tecnología trabaja en una frecuencia con una banda de frecuencia de 3-30 MHz, pero siempre limitados por una condición la potencia de transferencia y la altura en donde se ubican las antenas de cobertura.

**Línea de Vista**, Esta tecnología al ser inalámbrica necesita de línea de vista

**Potencia**, la tecnología VHF requiere una potencia de 100 Watios

**Velocidad de transmisión**, esta tecnología puede alcanzar rangos de 2.4 – 4.8 Kbps.

**Escalabilidad**, esta tecnología al igual que la VHF si posee escalabilidad pero se debe adquirir una licencia de uso. (Ehas, 2017)

**Características:**

- La distancia no es un limitante, se puede tener enlaces de miles de km.
- Se puede tener acceso en ubicaciones complicadas de llegar debido a que no necesita línea de vista por lo tanto no usa repetidores.
- Es aplicable en varios entornos ya que no necesita estudio de propagación.

**Limitaciones:**

- Bajas tasas de velocidad delimitadas por limitaciones técnicas.
- Enlaces deficientes debido a su alta variabilidad en intervalos cortos de tiempo.
- Enlaces muy sensibles a desvanecimientos provocados por la propagación través de la ionosfera.
- Consumo de energía ligeramente mayor a la tecnología VHF.

**3.3.3. Análisis de tecnología VSAT**

**Cobertura**, por sus características de enlace satelital puede tener una cobertura global

**Frecuencia**, esta tecnología trabaja en una frecuencia con una banda de frecuencia de 3.625, 5.925, 10.7 y 14.4 GHz.

**Línea de Vista**, Esta tecnología al ser inalámbrica necesita de línea de vista.

**Potencia**, la tecnología VHF requiere una potencia de 200 Watios.

**Velocidad de transmisión**, esta tecnología alcanza el rango de 19Kbps – 2Mbps.

**Escalabilidad**, la escalabilidad de esta tecnología va de decenas de Kbps hasta 100 Gbps (Ufinet, 2017)



Esta escalabilidad permite asignar progresivamente recursos a medida que aumenta el número de conexiones.

**Características:**

- Simplicidad de los terminales de usuarios debido a una gestión centralizada en la red.
- En esta tecnología el servicio es indiferente de la distancia.
- Cobertura Global.
- Rápida instalación en lugares de difícil acceso
- Se puede realizar enlaces asimétricos.
- Facilidad de reconfiguración y ampliación de la red dentro de su área de cobertura.
- Estabilidad de costos de operación en un determinado tiempo.

**Limitaciones:**

- Inversiones iniciales muy elevadas y muy poco competitivas frente a opciones de tecnología terrestre
- Disponibilidad del satélite dentro de la red.
- Es sensible a interferencia tanto terrestres como espaciales

**3.3.4. Análisis de la tecnología Wimax**

**Cobertura**, por sus características de tecnología inalámbrica puede alcanzar los 50Km.

**Frecuencia**, esta tecnología trabaja en una frecuencia con una rango de frecuencia de 2,5 a 5,8 GHz.

**Línea de Vista**, Esta tecnología al ser inalámbrica necesita de línea de vista

**Potencia**, la tecnología Wimax requiere una potencia de 1500 Watios

**Velocidad de transmisión**, esta tecnología alcanza es de 70Mbps.

**Escalabilidad**, Wimax está diseñado para soportar eficientemente de uno a cientos de equipos locales dentro de la red, estos canales son flexibles y van de 1,5MHz a 20MHz. (Tutorialspoint, 2017)

### Características:

- Tecnología creada para redes metropolitanas exteriores.
- Cobertura en rangos de 7 y 10 kilómetros pero puede alcanzar los 50 kilómetros.
- Se puede establecer enlace sin necesidad de línea de vista.
- Uso de antenas inteligentes la cual optimiza su patrón de radiación.
- Tiene la posibilidad de la asignación del ancho de banda.
- En una red Wimax se puede otorgar calidad de servicio QoS.

### Limitaciones

- Los costos de las instalaciones son elevados.
- Necesitan un gran sistemas sub eléctrico que bordea los 1500 W.

Después de analizar cada una de las tecnologías se describe cada una de las características indicadas en la tabla 6 donde se evidencia características como la potencia, velocidad de transmisión, frecuencia, línea de vista y limitaciones de cada una de las tecnologías

Tabla 6.

### *Características de Tecnologías Aplicables*

| CARACTERISTICA                  | VHF                       | WiMAX                                  | HF             | VSAT                          |
|---------------------------------|---------------------------|--|----------------|-------------------------------|
| <b>Potencia Requerida</b>       | 100W                      | 100W                                   | 100W           | 200W                          |
| <b>Velocidad de transmisión</b> | 16Kbps                    | 70Mbps                                 | 2.4 – 4.8 Kbps | 19Kbps – 2Mbps                |
| <b>Frecuencia</b>               | 30 – 300MHz               | 2.3 – 3.5GHz                           | 3 – 30MHz      | 3.625, 5.925, 10.7 y 14.4 GHz |
| <b>Línea de vista</b>           | SI                        | NO                                     | NO             | SI                            |
| <b>Limitaciones</b>             | Altura y uso del espectro | Numero de repetidores en zonas rurales | Baja calidad   | Costo elevados de los equipos |

### 3.3.5 Dimensionamiento de Datos de las parroquias

La nueva tecnología de comunicaciones debe ofrecer servicios adicionales en base a:

- Navegación en internet
- Descargas en la web
- Correo Electrónico
- Video Conferencia

Estos servicios actualmente no se encuentran disponibles, para ello es necesario garantizar que los nuevos servicios tengan un ancho de banda apropiado.

Podemos tomar como punto de partida que cada una de las escuelas de la parroquia no cuentan con servicios web, correo electrónico, descarga de archivos y videoconferencia.

Para determinar la tecnología adecuada vamos a dividir el tráfico de los servicios en acceso a la web y acceso a intranet para los usuarios de oficinas. Para determinar el ancho de banda de cada servicio se consideraron los índices de simultaneidad otorgados por el departamento de tecnologías del GAD Alausi (Ing. Jose Sislema) según entrevistas realizadas en las visitas.

Podemos mencionar que el índice de simultaneidad es el número de usuarios que usaran un determinado ancho de banda en un momento dado dentro de la red. (Doc.sequireisp.com, 2017)

En cada uno de los casos de las parroquias rurales se tomara situación ideales en cuanto a los usuarios realizando el cálculo de ancho de banda para la totalidad de usuarios en cada una de las aplicaciones de descarga, navegación y correo electrónico. También se tomara un índice de simultaneidad del 20%. (Wispro, 2017)

El índice de simultaneidad nos permite estimar que cantidad de usuarios van a estar conectados intentando usar un ancho de banda en un momento dado, por ejemplo podemos decir que si 80% de mis usuarios están conectados en un momento específico, solo un porcentaje de todos estos estarían pidiendo contenido en ese mismo momento, ya que por esencia el tráfico de internet es interactivo y siempre existen momentos de silencio.

Por norma podemos decir que al menos debemos tener un porcentaje de simultaneidad del 20% para garantizar un buen servicio en la red. (Wispro, 2017)

Por otro lado para calcular el ancho de banda necesario en cada unidad educativa en donde requerimos dar Internet para N cantidad de usuarios y no sabemos cuánto ancho de banda es necesario, podemos utilizar la siguiente fórmula:

$$AB = G * C \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

AB = Ancho de banda

N = Es el número total de usuarios que utilizan Internet en las escuelas de las parroquias rurales, hay que hacer énfasis que tal vez existan usuarios en las escuelas que no utilicen Internet (motorizados, limpieza, etc.).

G = Ancho de banda detallado por usuario. Esta variable es importante ya que al bajar un archivo deseamos detallar que ancho de banda deseamos que consuma.

C = Usuarios conectados simultáneamente (cantidad de personas que utilizan Internet simultáneamente. (AyudaIT, 2017)

### 3.3.5.1 Unidad Educativa Cocan

La unidad Educativa Cocan tiene dos laboratorios de 21 máquinas por laboratorio, además se considera la cantidad de 10 usuarios administrativos, considerando una descarga tendrá una cantidad de usuarios totales de 52 usuarios.

Cabe recalcar que el usuario promedio accederá a una página web cada 20 segundos, estos valores fue propuesto según necesidades del GAD Alausi.

Tabla 7.

#### *Índice de Simultaneidad por Aplicación – Cocan*

| Servicio                         | Aplicación         | Usuarios | Índice de Simultaneidad % | Usuarios Simultáneos |
|----------------------------------|--------------------|----------|---------------------------|----------------------|
| <b>INTERNET</b>                  | Descargas          | 42       | 20                        | 8                    |
|                                  | Navegación         | 42       | 20                        | 8                    |
| <b>INTRANET - ADMINISTRATIVO</b> | Correo Electrónico | 10       | 20                        | 2                    |
|                                  | TOTAL              | 94       | 60                        | 18                   |

- Descarga de archivos en las escuelas rurales

El ancho de banda total para la descarga de archivos de la unidad educativa desde el internet se lo realizara tomando un valor promedio de archivo de 840Kbps la cual consta de texto básico y gráficos normales. (BBC, 2017).

Fórmula de Cálculo de ancho de banda

$$Dda = \frac{450Kbps}{1 \text{ descarga}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{20 \text{ seg}} = 180 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 3})$$

De acuerdo a lo conversado con el departamento de redes del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 8 usuarios por lo cual la capacidad

para el servicio de descarga necesaria se obtiene multiplicando el total de Kbps por la cantidad de usuarios simultáneos dando como resultado de 1440 Kbps.

- Acceso a la web

La capacidad necesaria para el acceso a una página web de la unidad educativa desde el internet se lo realizara tomando un valor referencial de una página web del ministerio del Interior (Ecuador) a través de la herramienta Web Site speed Test que contenga imágenes, datos de 320Kbps, cabe recalcar que el usuario promedio visitara 15 páginas web por hora, estos valores fue propuesto según necesidades del GAD Alausi. (Website Goodies, 2017)

$$D_{aw} = \frac{320 \text{ Kbps}}{1 \text{ pagina}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{15 \text{ paginas}}{3600 \text{ seg}} = 10.6 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Tomando como dato la entrevista con el departamento de tecnologías del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 8 usuarios por lo cual la capacidad para el servicio de acceso web necesaria se obtiene multiplicando el total de Kbps por la cantidad de usuarios simultáneos dando como resultado de 85.33 Kbps.

- Intranet – Correo Electrónico

La capacidad necesaria para el acceso a correo electrónico de la unidad educativa desde el internet se lo realizara tomando un valor referencial otorgado por el departamento de redes del Gad Alausi el cual nos dio un valor de 500 Kbps por correo institucional que tenga gráficos, informes y documentos adjuntos. Se tomara en cuenta que un usuario promedio de la escuela revisa 5 correos cada hora por lo cual se determina la capacidad requerida.

$$D_{intra} = \frac{500 \text{ Kbps}}{1 \text{ pagina}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{5 \text{ correos}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 5.5 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 5})$$

De acuerdo a lo conversado con el departamento de redes del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 2 usuarios por lo cual la capacidad

para el servicio de correo electrónico necesaria se obtiene multiplicando el total de Kbps por la cantidad de usuarios simultáneos dando como resultado de 11.11Kbps.

Después de ver la necesidad de datos de la escuela de la parroquia Tixan la sumatoria total de Kbps es la siguiente:

$$D_{total} = D_{intra} + D_{aw} + D_{da}$$

$$D_{total} = 1440 + 85.33 + 11.1$$

$$D_{total} = 1536.44 \text{ Kbp}$$

(Ecuación 6)

- Videoconferencia

En cuanto al ancho de banda de la videoconferencia tomaremos valores referenciales de ancho de banda del programa Skype, los cuales son los siguientes. (Skype, 2017)

| Descargar                          |                              |   |
|------------------------------------|------------------------------|---|
| Tipo de llamada                    | mínimo / velocidad de subida | recomendado descargar / velocidad de subida |
| Llamar a                           | 30kbps a 30kbps              | 100kbps / 100kbps                           |
| Video llamada / Compartir pantalla | 128kbps / 128kbps            | 300kbps / 300kbps                           |
| Video llamada (alta calidad)       | 400kbps a 400kbps            | 500kbps a 500kbps                           |
| Video llamada (HD)                 | 1.2Mbps / 1.2Mbps            | 1,5 Mbps / 1,5 Mbps                         |
| Video de grupo (3 personas)        | 512kbps / 128kbps            | 2 Mbps / 512kbps                            |
| Video de grupo (5 personas)        | 2 Mbps / 128kbps             | 4 Mbps / 512kbps                            |
| Video de grupo (7 personas)        | 4 Mbps / 128kbps             | 8Mbps / 512kbps                             |

*Figura 39.* Ancho de banda necesario en Skype.

Tomado de (Skype, 2017)

Para el contexto anterior se propondrá dos escenarios ideales en la cual en cada una de las escuelas exista videoconferencia, en el primer caso se

propondrá que exista una videoconferencia entre las tres escuelas dando lo siguiente:

Tabla 8.

*Escenarios Ideales ancho de banda – Videoconferencia.*

| Establecimiento Educativo | Ancho de banda videoconferencia -<br>Mínimo |
|---------------------------|---|
| <b>Escuela Cocan</b>      | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Totoras</b>    | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Huigra</b>     | 128Kbps                                     |
| <b>Total</b>              | 384Kbps                                     |

En la tabla N.8 se establece que el consumo de ancho de banda por videoconferencia entre escuelas tomando en cuenta un laboratorio por escuela es de 384Kbps.

En el segundo escenario contemplara una conexión de videoconferencia de una de las escuelas en este caso Cocan con todos los usuarios de un laboratorio de la escuela Totoras, en este caso tomaremos el ancho de banda utilizado en pantalla compartidas que es 300Kbps para la escuela Totoras y un ancho de 128 Kbps para la escuela Cocan. El ancho de banda total de la escuela totoras será igual a 19 usuarios que ocupen una banda de 512 Kbps más el ancho de banda de la escuela Cocan Mostrados en la tabla N 9.

Tabla 9.

*Ancho mínimo de banda videoconferencia*

| Establecimiento Educativo | Ancho de banda videoconferencia -<br>Mínimo |
|---------------------------|---|
| <b>Escuela Cocan</b>      | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Totoras</b>    | 5700Kbps                                    |
| <b>Total</b>              | 5828Kbps                                    |



### 3.3.5.2 Unidad Educativa Fiscal Totoras

La unidad Educativa Totoras tiene dos laboratorios dos laboratorios, uno de 40 máquinas y el segundo laboratorio de 19 máquinas, además se considera la cantidad de 8 usuarios administrativos, considerando una descarga tendrá una cantidad de usuarios totales de 67 usuarios

Tabla 10.

*Índice de Simultaneidad por Aplicación – Totoras.*

| Servicio                         | Aplicación         | Usuarios | Índice de Simultaneidad % | Usuarios Simultáneos |
|----------------------------------|--------------------|----------|---------------------------|----------------------|
| <b>INTERNET</b>                  | Descargas          | 59       | 20                        | 12                   |
|                                  | Navegación         | 59       | 20                        | 12                   |
| <b>INTRANET - ADMINISTRATIVO</b> | Correo Electrónico | 8        | 20                        | 2                    |
|                                  | TOTAL              | 126      | 80                        | 26                   |

- Descarga de archivos

El ancho de banda necesario para la descarga de archivos de la unidad educativa desde la web se lo efectuara tomando un valor de archivo de 840Kbps la cual consta de texto básico y gráficos normales, cabe recalcar que el usuario promedio accederá a una página web cada 20 segundos, estos valores fue propuesto según necesidades del GAD Alausi.

$$Dda = \frac{450Kbps}{1 \text{ descarga}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{20 \text{ seg}} = 180 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Tomando como información lo descrito por el departamento de tecnologías del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 12 usuarios por lo cual la capacidad para el servicio de descarga necesaria se obtiene multiplicando el total de Kbps por la cantidad de usuarios simultáneos dando como resultado de 2160 Kbps.

- Acceso a la web

La capacidad necesaria para el acceso a una página web de la unidad educativa desde el internet se lo realizara tomando un valor referencial de una página web que contenga imágenes, datos y música de 510 Kbps, cabe recalcar que el usuario promedio visitara 15 páginas web por hora, estos valores fue propuesto según necesidades del GAD Alausi.

$$D_{aw} = \frac{320 \text{ Kbps}}{1 \text{ pagina}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{15 \text{ paginas}}{3600 \text{ seg}} = 10.66 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 8})$$

De acuerdo a lo conversado con el departamento de redes del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 12 usuarios por lo cual la capacidad para el servicio de acceso web se obtiene multiplicando el total de Kbps por la cantidad de usuarios simultáneos dando como resultado de 127.92 Kbps.

- Intranet – Correo Electrónico

La capacidad necesaria para el acceso a correo electrónico de la unidad educativa desde el internet se lo realizara tomando un valor referencial otorgado por el departamento de redes del Gad Alausi el cual nos dio un valor de 430 Kbps por correo institucional que tenga gráficos, informes y documentos adjuntos. Se tomara en cuenta que un usuario promedio de la escuela revisa 5 correos cada hora por lo cual se determina la capacidad requerida.

$$D_{intra} = \frac{500 \text{ Kbps}}{1 \text{ pagina}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{5 \text{ correos}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 5.5 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 9})$$

De acuerdo a lo conversado con el departamento de redes del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 2 usuarios por lo cual la capacidad para el servicio de descarga necesaria es de 11 Kbps.

Después de ver la necesidad de datos de la escuela de la parroquia Cocan la sumatoria total de Kbps es la siguiente:

$$D_{total} = D_{intra} + D_{aw} + D_{da}$$

$$D_{total} = 2160 + 127.92 + 11.11$$

$$D_{total} = 2299.03 \text{ Kbps}$$

(Ecuación 10)

- Videoconferencia

En cuanto al ancho de banda de la videoconferencia tomaremos valores referenciales de ancho de banda del programa Skype, los cuales son los siguientes. (Skype, 2017)

| Descargar                          |                              |   |
|------------------------------------|------------------------------|---|
| Tipo de llamada                    | mínimo / velocidad de subida | recomendado descargar / velocidad de subida |
| Llamar a                           | 30kbps a 30kbps              | 100kbps / 100kbps                           |
| Video llamada / Compartir pantalla | 128kbps / 128kbps            | 300kbps / 300kbps                           |
| Video llamada (alta calidad)       | 400kbps a 400kbps            | 500kbps a 500kbps                           |
| Video llamada (HD)                 | 1.2Mbps / 1.2Mbps            | 1,5 Mbps / 1,5 Mbps                         |
| Video de grupo (3 personas)        | 512kbps / 128kbps            | 2 Mbps / 512kbps                            |
| Video de grupo (5 personas)        | 2 Mbps / 128kbps             | 4 Mbps / 512kbps                            |
| Video de grupo (7 personas)        | 4 Mbps / 128kbps             | 8Mbps / 512kbps                             |

*Figura 40.* Ancho de banda necesario en Skype.

Tomado de (Skype, 2017)

Para el contexto anterior se propondrá dos escenarios ideales en la cual en cada una de las escuelas exista videoconferencia, en el primer caso se propondrá que exista una videoconferencia entre las tres escuelas dando lo siguiente:

Tabla 11.

*Escenarios Ideales ancho de banda – Videoconferencia*

| Establecimiento Educativo | Ancho de banda videoconferencia -<br>Mínimo |
|---------------------------|---|
| <b>Escuela Cocan</b>      | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Totoras</b>    | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Huigra</b>     | 128Kbps                                     |
| <b>Total</b>              | 384Kbps                                     |

En la tabla N.11 se establece que el consumo de ancho de banda por videoconferencia entre escuelas tomando en cuenta un laboratorio por escuela es de 384Kbps.

En el segundo escenario contemplara una conexión de videoconferencia de una de las escuelas en este caso Cocan con todos los usuarios de un laboratorio de la escuela Totoras, en este caso tomaremos el ancho de banda utilizado en pantalla compartidas que es 300Kbps para la escuela Totoras y un ancho de 128 Kbps para la escuela Cocan. El ancho de banda total de la escuela totoras será igual a 19 usuarios que ocupen una banda de 512 Kbps más el ancho de banda de la escuela Cocan Mostrados en la tabla N.12

Tabla 12.

*Ancho mínimo de banda videoconferencia.*

| Establecimiento Educativo | Ancho de banda videoconferencia - Mínimo |
|---------------------------|--|
| <b>Escuela Cocan</b>      | 128Kbps                                  |
| <b>Escuela Totoras</b>    | 5700Kbps                                 |
| <b>Total</b>              | 5828Kbps                                 |

### 3.3.5.3 Escuela Fiscal Mixta Pedro Montufar

La Escuela Fiscal Mixta Pedro Montufar tiene un laboratorio de 38 máquinas, además se considera la cantidad de 5 usuarios administrativos, considerando una descarga tendrá una cantidad de usuarios totales de 43 usuarios.

Tabla 13.

*Índice de Simultaneidad por Aplicación – Huigra.*

| Servicio                         | Aplicación         | Usuarios | Índice de Simultaneidad % | Usuarios Simultáneos |
|----------------------------------|--------------------|----------|---------------------------|----------------------|
| <b>INTERNET</b>                  | Descargas          | 38       | 20                        | 8                    |
|                                  | Navegación         | 38       | 20                        | 8                    |
| <b>INTRANET - ADMINISTRATIVO</b> | Correo Electrónico | 5        | 20                        | 1                    |
|                                  | TOTAL              | 81       | 80                        | 17                   |

- Descarga de archivos de las escuelas rurales

El ancho de banda necesario para la descarga de archivos de la unidad educativa desde la web se lo realizara tomando un valor de archivo de 840 Kbps la cual consta de texto básico y gráficos normales, cabe recalcar que el usuario promedio accederá a una página web cada 20 segundos, estos valores fue propuesto según necesidades del GAD Alausi.

$$Dda = \frac{450 \text{ Kbps}}{1 \text{ descarga}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{1 \text{ descarga}}{20 \text{ seg}} = 180 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Tomando la información con el departamento de redes del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 8 usuarios por lo cual la capacidad para el servicio de descarga necesaria es de 1440 Kbps.

- Acceso a la web

La capacidad necesaria para el acceso a una página web de la unidad educativa desde el internet se lo realizara tomando un valor referencial de una página web que contenga imágenes, datos y música de 510 Kbps, cabe recalcar que el usuario promedio visitara 15 páginas web por hora, estos valores fue propuesto según necesidades del GAD Alausi.

$$Daw = \frac{320 \text{ Kbps}}{1 \text{ pagina}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{15 \text{ paginas}}{3600 \text{ seg}} = 10.66 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 12})$$

De acuerdo a lo conversado con el departamento de redes del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 8 usuarios por lo cual la capacidad para el servicio de descarga necesaria es de 85.33 Kbps.

- Intranet – Correo Electrónico

La capacidad necesaria para el acceso a correo electrónico de la unidad educativa desde el internet se lo realizara tomando un valor referencial otorgado por el departamento de redes del Gad Alausi el cual nos dio un valor de 430 Kbps por correo institucional que tenga gráficos, informes y documentos

adjuntos. Se tomara en cuenta que un usuario promedio de la escuela revisa 5 correos cada hora por lo cual se determina la capacidad requerida.

$$D_{intra} = \frac{500 \text{ Kbps}}{1 \text{ pagina}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} \times \frac{5 \text{ correos}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 5.5 \text{ Kbps} \quad (\text{Ecuación 13})$$

De acuerdo a lo conversado con el departamento de redes del GAD Alausi, esta unidad educativa tiene una simultaneidad de 1 usuario por lo cual la capacidad para el servicio de descarga necesaria es de 5.5 Kbps.

Después de ver la necesidad de datos de la escuela de la parroquia Huigra la sumatoria total de Kbps es la siguiente:

$$\begin{aligned} D_{total} &= D_{intra} + D_{aw} + D_{da} \\ D_{total} &= 1440 + 85.33 + 5.5 \\ D_{total} &= 1530.83 \text{ Kbps} \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 14})$$

- Videoconferencia

En cuanto al ancho de banda de la videoconferencia tomaremos valores referenciales de ancho de banda del programa Skype, los cuales son los siguientes. (Skype, 2017)

| Descargar                          |                              |   |
|------------------------------------|------------------------------|---|
| Tipo de llamada                    | mínimo / velocidad de subida | recomendado descargar / velocidad de subida |
| Llamar a                           | 30kbps a 30kbps              | 100kbps / 100kbps                           |
| Video llamada / Compartir pantalla | 128kbps / 128kbps            | 300kbps / 300kbps                           |
| Video llamada (alta calidad)       | 400kbps a 400kbps            | 500kbps a 500kbps                           |
| Video llamada (HD)                 | 1.2Mbps / 1.2Mbps            | 1,5 Mbps / 1,5 Mbps                         |
| Video de grupo (3 personas)        | 512kbps / 128kbps            | 2 Mbps / 512kbps                            |
| Video de grupo (5 personas)        | 2 Mbps / 128kbps             | 4 Mbps / 512kbps                            |
| Video de grupo (7 personas)        | 4 Mbps / 128kbps             | 8Mbps / 512kbps                             |

**Figura 41. Ancho de banda necesario en Skype.**  
Tomado de (Skype, 2017)

Para el contexto anterior se propondrá dos escenarios ideales en la cual en cada una de las escuelas exista videoconferencia, en el primer caso se propondrá que exista una videoconferencia entre las tres escuelas dando lo siguiente:

Tabla 14.

*Escenarios Ideales ancho de banda – Video conferencia.*

| Establecimiento Educativo | Ancho de banda videoconferencia -<br>Mínimo |
|---------------------------|---|
| <b>Escuela Cocan</b>      | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Totoras</b>    | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Huigra</b>     | 128Kbps                                     |
| <b>Total</b>              | 384Kbps                                     |

En la tabla N.14 se establece que el consumo de ancho de banda por videoconferencia entre escuelas tomando en cuenta un laboratorio por escuela es de 384Kbps.

En el segundo escenario contemplara una conexión de videoconferencia de una de las escuelas en este caso Cocan con todos los usuarios de un laboratorio de la escuela Totoras, en este caso tomaremos el ancho de banda utilizado en pantalla compartidas que es 300Kbps para la escuela Totoras y un ancho de 128 Kbps para la escuela Cocan. El ancho de banda total de la escuela totoras será igual a 19 usuarios que ocupen una banda de 512 Kbps más el ancho de banda de la escuela Cocan Mostrados en la tabla N.15

Tabla 15.

*Ancho mínimo de banda videoconferencia*

| Establecimiento Educativo | Ancho de banda videoconferencia -<br>Mínimo |
|---------------------------|---|
| <b>Escuela Cocan</b>      | 128Kbps                                     |
| <b>Escuela Totoras</b>    | 5700Kbps                                    |
| <b>Total</b>              | 5828Kbps                                    |

En referencia a lo anterior el ancho de banda necesario para la ideal para red tomando en cuenta un ancho de banda de videoconferencia por escuela de 384Kbps y sumado a los anchos de banda necesarios por escuela, el ancho de banda necesario global es de 6518.35Kbps.

En concordancia con lo analizado en el punto 3.3.5 podemos resumir las características de las tecnologías de acuerdo a su aplicación en las zonas de estudio, dando la calificación a la tecnología en base a la siguiente nomenclatura:

Tabla 16.

*Patrón de calificaciones Tecnología.*

| Tabla de Calificaciones    |    |
|----------------------------|----|
| <b>Cumple</b>              | 10 |
| <b>Cumple Parcialmente</b> | 7  |
| <b>No cumple</b>           | 4  |

Después de ver la nomenclatura a aplicar se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 17.

*Tabla de Calificaciones global Tecnología.*

| CARACTERISTICA                  | VHF | WiMAX | HF | VSAT |
|---------------------------------|-----|-------|----|------|
| <b>Potencia Requerida</b>       | 10  | 10    | 10 | 7    |
| <b>Velocidad de transmisión</b> | 4   | 7     | 4  | 4    |
| <b>Frecuencia</b>               | 7   | 10    | 4  | 4    |
| <b>Línea de vista</b>           | 4   | 10    | 4  | 4    |
| <b>Limitaciones</b>             | 4   | 4     | 7  | 10   |
| <b>Total</b>                    | 35  | 44    | 26 | 23   |

Como ya se lo ha indicado en párrafos anteriores las tecnologías para este tipo de redes en zonas rurales son Wimax, VHF, HF y TVSAT. Es importante mencionar que siempre se escogerá redes iguales esto quiere decir que los enlaces en la red pertenezcan a una sola tecnología, con el único fin de llegar a



una eficiencia en el mantenimiento y en la gestión de la misma. Si hablamos en el tema costos es más factible adquirir repuestos y por consiguiente reutilizar los mismos para una red que tiene la misma tecnología.

Después de analizar todos estos puntos podemos decir que la tecnología la tecnología VHF y HF sus enlaces son poco aplicables a la zonas aunque puede soportar largas distancias requiere uso de la banda la cual tiene un costo adicional en la adquisición de la licencia.

La tecnología HF su aplicación en las zonas de estudio se descarta debido principalmente a las bajas tasas de velocidad de transmisión que maneja, después de hecho el análisis de los datos de ancho de banda requerido vemos que no es apta para la zona de estudio.

Es posible aplicar la tecnología satelital en las comunidades del GAD Alausi pero nos es factible su aplicación ya que es posible que no represente un costo alto de infraestructura, los costos de operación son inviables para el número de estaciones de las zonas rurales y por ende la población de pocos recursos económicos.

Como se ha comentado en anteriores puntos la tecnología Wimax es la que nos muestra mayores prestaciones en comparación a las demás, debido a esto será la última en ser expuesta como primera opción para realizar el diseño. Es importante mencionar esta tecnología necesita línea de vista hace obligatorio el uso de repetidores debido que la zona de estudio no tiene muchos puntos elevados lo que factible su aplicación en las zonas de estudio. Además podemos mencionar que sus tasas de transmisión pueden llegar hasta los 70 Mbps por lo cual la hace ideal para su aplicación en la zona de estudio.

### **3.4 Diseño de la red de telecomunicaciones para el acceso a internet**

Para efectuar el diseño de la solución nos basaremos en las fases de la metodología Top Down, la cual se basa en descomponer una necesidad en una serie de procedimientos que se integren entre sí, al ser una propuesta nueva se comenzara con un diseño nuevo.

#### **3.4.1 Fase 1: Análisis de Requerimientos**

##### **3.4.1.1 Entrevista con Usuario y Personal Técnico**

Se realizó la entrevista con el Señor Alcalde, el Jefe de TIC, el personal de proyectos y Directores de las escuelas interesadas, donde se ratificó los problemas detectados del proceso de levantamiento de información, con esta información se tiene la línea base para el diseño de la solución.

##### **3.4.1.2 Análisis de metas del GAD**

###### Metas Sociales del GAD

- Proporcionar el servicio de acceso a internet a tres escuelas pertenecientes a parroquias rurales del GAD, Tixán, Achupallas y Huigra.
- Contribuir a reducir la brecha digital del cantón y de la provincia.
- Proporcionar a las comunidades el impulso en el desarrollo socioeconómico.

###### Metas Técnicas del GAD

Según la información obtenida en el punto 2.10 del capítulo dos las metas técnicas del GAD son las siguientes:

- Proveer de acceso a Internet
- Proveer de manejo de correo electrónico
- Proveer de Videoconferencia

Según lo visto en el punto 3.3.5 se ha estimado una cantidad de usuarios determina en relación con las tres zonas de estudio, las que nos dan un número de usuarios total de 162 Usuarios que usaran un ancho de banda promedio de 5366.3 Kbps.

#### **3.4.1.3 Análisis Pro y Contras.**

Describimos las ventajas

- Contar con una infraestructura de red de Telecomunicaciones para ser parte de la red mundial
- Con este servicio proporcionar a la comunidad de estas parroquias la oportunidad de impulsar el desarrollo socioeconómico.
- Accesibilidad al mundo de la información de la web de la población de cada una de las comunidades.
- Una educación mejor y equitativa

Entre las desventajas podemos citar:

- Muy poca atención por parte del Gobierno.
- Bajo o ningún interés de implementar una red de telecomunicaciones por estos sectores por parte de las empresas proveedoras de internet en el Ecuador
- Falta o bajo presupuesto para proyectos tecnológicos
- Desconocimiento de los beneficios de tener conectividad.

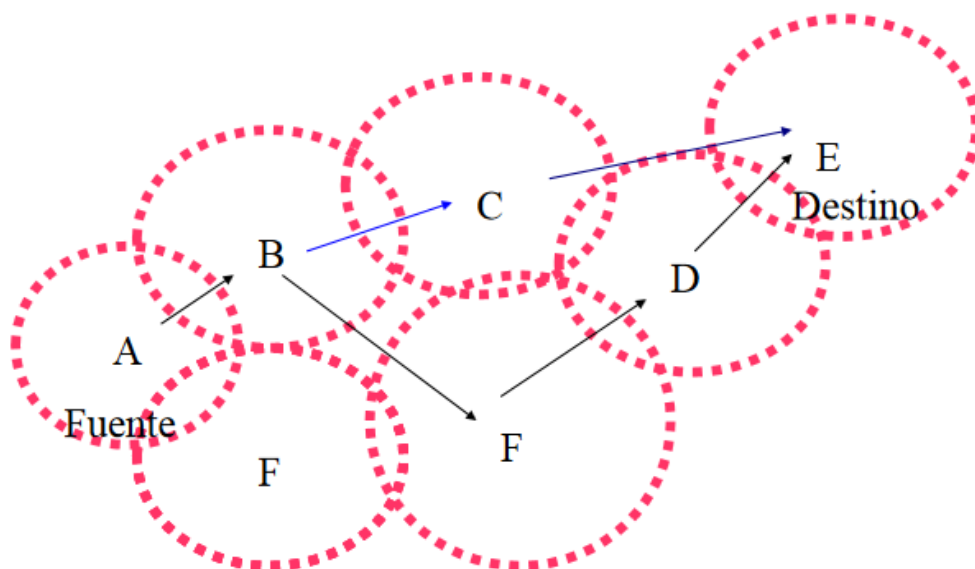
#### **3.4.1.4 Características de la Red Actual**

En base al levantamiento de información en la zona y la información proporcionada por el área de TI del GAD, se detectó que no existe ninguna infraestructura de red instalada en la zona.

### 3.4.2 Fase 2: Diseño Lógico de la Red

#### 3.4.2.1 Diseño de la Topología de la Red

En Wimax existen varias topologías de red que podemos desplegar entre estas podemos mencionar la topología punto a punto en la cual podemos enlazar estaciones base mediante circuitos radioeléctricos, también tenemos la topología Punto – Multipunto en la cual estaciones base establece conexiones con estaciones remotas y por ultimo contamos con la topología de red Mesh (mallada) en la que cada terminal de usuario es capaz de establecer varios enlaces con usuarios cercanos, de esta forma existen diferentes caminos antes de llegar al punto de origen de la red.



*Figura 42.* Topología Mesh.

Tomado de (WNDW, 2013)

Esta Topología permite tener algunas facilidades frente a las de punto- punto y punto - multipunto como son las siguientes:

- Disminución de la interferencia.
- Factibilidad de crecimiento y mantenimiento de la red.
- Red robusta y adaptable
- Consumo de energía

- Aplicable a entornos rurales

### 3.4.2.2 Arquitectura de la red

Para el mantenimiento, protección, consumo de energía y administración de la red, se considerara que el sistema de transmisión principal (torre, transmisor, antena y servidores) se encontrara en la parroquia Huigra. En este caso se establece un primer enlace troncal punto a punto hacia la estación repetidora A y estación repetidora B y de las cuales sea la estación repetidora A o estación repetidora B saldrá un segundo enlace punto a punto a la estación repetidora C de la cual se establecerá un tercer enlace troncal hacia la parroquia Achupallas donde se brindara el servicio mediante una estación base a la escuela fiscal Totoras. De igual forma de la estación repetidora C se establecerá un cuarto enlace troncal hacia la estación repetidora D y de esta se establecerá un quinto enlace troncal a Tixan donde se brindara el servicio mediante una estación base a la unidad educativa Cocan. Como podemos ver en la figura 31 se ilustra la arquitectura de red.

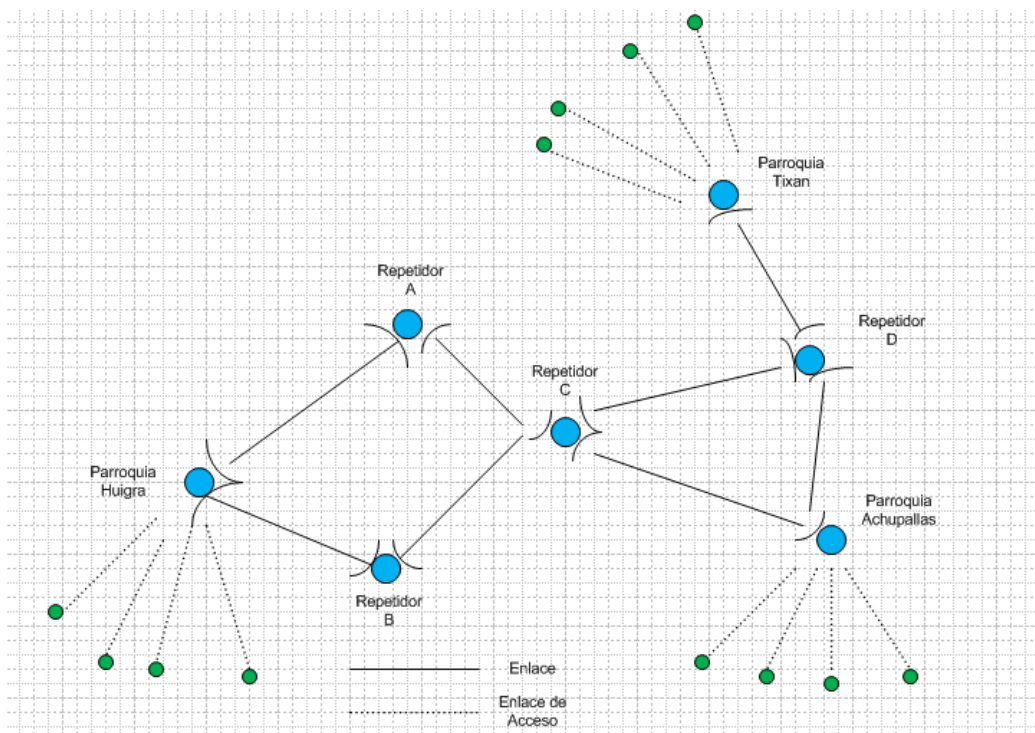


Figura 43. Arquitectura de la red.

Se puede observar en la figura 31 una imagen realizada en el software Radio Mobile sobre la zona de estudio, tomando como base la geografía montañosa e irregular de la zona, no existe línea de vista entre los sectores, para esto se establecerá la topología de una red Mesh parcial.

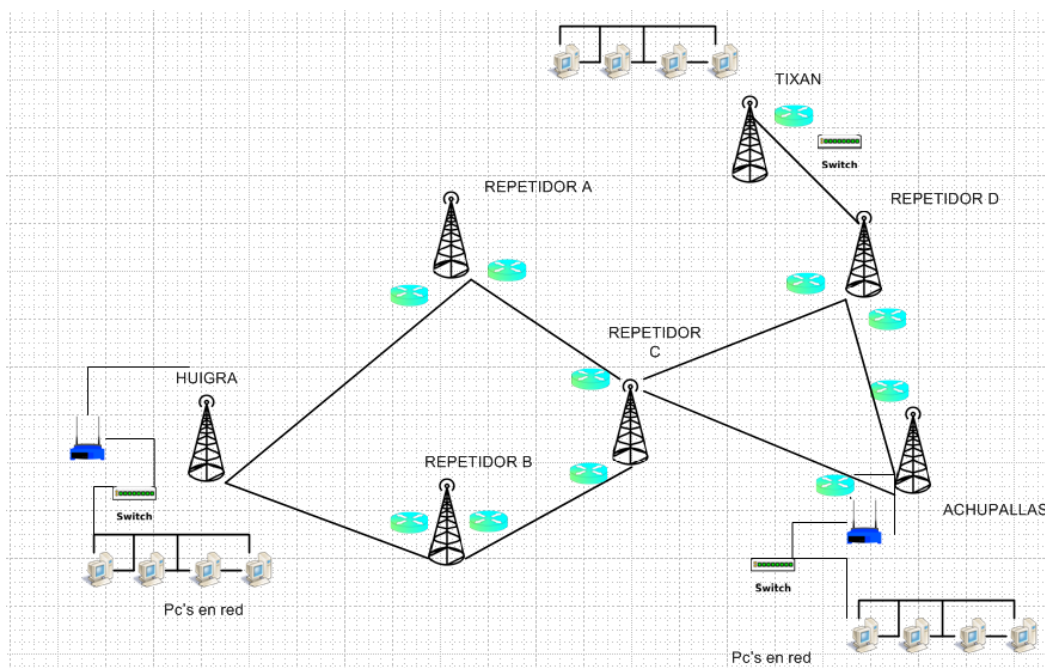


Figura 44. Red mesh parroquias GAD Alausi

### 3.4.2.3 Protocolos de Ruteo

Las redes o topologías Mesh (malla), son topologías que consisten en que cada nodo debe transferir y recibir sus propios datos, además de esta función debe ser intermediario para otros nodos. Cuando este enlace se realiza sin cables se denomina Wireless Mesh Networks. (WMN).

En redes este tipo de redes se usan dos topologías infraestructura y ad-hoc, La topología de infraestructura realiza conexiones de clientes (estaciones) hacia los nodos (Acces Point), al contrario de ad-hoc la cual conectan diferentes nodos entre sí permitiendo que se agreguen más nodos a la red y así extenderla.

A diferencia de las dos anteriores la topología mesh no necesita de un nodo central, esto hace que se reduzca el mantenimiento y a su vez si se produce un error en un nodo indispensable nunca va a implicar la caída de la red.

Si hablamos de redes cableadas podemos citar algunos protocolos como son BGP, RIP, IGRP y OSPF. Estos protocolos se dividen en dos protocolos los distance vector y link state, todo esto depende del algoritmo que se usa para buscar el mejor camino. En las redes inalámbricas Mesh los protocolos de ruteo se enfrentan a un problema adicional, este consiste que las dichas rutas son estáticas de igual manera que ocurre en redes cableadas, por eso es importante mantener actualizada la información del router.

Los protocolos de malla se clasifican en proactivos y reactivos, los protocolos proactivos contienen la información en tablas las cuales actualizan la información del ruteo de los nodos, en cambio los reactivos actualizan la información cuando una ruta determinada es utilizada. Es conveniente resaltar que los protocolos reactivos necesitan más volumen de tráfico para actualizar las rutas.

Entre los protocolos de ruteo más usados en redes Wireless Mesh son aodv, OLSR, Babel y batman.

#### **3.4.2.4 Protocolo BATMAN**

El protocolo que se aconsejara usar es el batman por la forma en que ejecuta las mejores rutas a pesar de no conocer el entorno total de la red, ya que al ser la zona de estudio una zona rural y ser una zona de difícil acceso es conveniente este protocolo. Desde el año 2007 existe una versión denominada batman-adv la cual trabaja en capa 2 y usaremos nosotros para este proyecto.

El protocolo batman usa diferentes tipos de paquetes los cuales son:

- Paquete origen Este paquete (OGM) cumple funciones importantes, la primera es anunciar la presencia de un nodo y sus posibles saltos

cercanos para llegar al próximo nodo, y por otro lado, medir la calidad de las diferentes rutas hacia el nodo anunciado. Estos paquetes origen cuentan con los siguientes campos:

- Dirección del Originador (MAC de la interfaz del nodo que originó el mensaje)
- Número de secuencia. Es usado para medir la calidad en el enlace y detectar posibles mensajes duplicados
- Calidad de transmisión (TQ). Se usa para describir la calidad total del enlace hacia el paquete origen.
- Previous Sender. Se usa para conocer por qué nodo pasó el paquete origen antes de que fuera reenviado al nodo vecino.
- Time to olive (TTL). Se usa para limitar el número de nodos que un paquete originador puede atravesar.
- Host Neighbour Announcement (HNA). Este describe los nodos que no son del protocolo batman que pueden alcanzarse a través del paquete OGM.
- Gateway Flags. Son usadas si el paquete OGM provee conexiones a otras redes.

Es esencial aclarar que todos los paquetes del protocolo batman, los paquetes del paquete originador viajan en tramas Ethernet, por lo que todos los campos anteriores, en la trama se ubican las direcciones MAC de destino y origen. El protocolo Batman usa la dirección de origen para saber qué nodo está siendo enviado al paquete originador.

Adicional también se registra por qué interfaz accedió, entonces cuando llega un paquete originador se analiza la dirección de origen de la trama Ethernet y se analiza quién es el paquete originador y además que paquete envió esta información al paquete originador.

- Paquetes ICMP. Son protocolos que funcionan en capa 2 batman implementa pings para acceder a un nodo con dirección IP.



Paquetes Unicast. Estos paquetes se usan para encapsular paquetes unicast de capas superiores.

- Paquetes Unicast fragmentados. El protocolo batman encapsula paquetes de capas superiores.
- Paquetes Broadcast. Estos paquetes son reenviados a toda la red, no sólo a los nodos vecinos.
- Paquetes de visualización. Son paquetes que sirven para crear gráficos del mapa de la red. (Hundeboll, & Ledet-Pedersen, 2011)

En el protocolo batman se realiza el descubrimiento de nodos con la siguiente secuencia:

- El protocolo comprueba si el paquete originador es el propio nodo A. Si es así, el nodo que lo reenvió es un vecino directo con comunicación en ambos sentidos.
- El protocolo comprueba si el *previous sender* es el propio nodo A. Esto implica que el paquete origen que proviene de algún nodo ya fue reenviado por A. Este paquete se comprueba que llegó a un nodo vecino, este vecino lo reenvía poniendo en el campo *previous sender* la dirección de A. En consecuencia el paquete que ya había reenviado este paquete se descarta. (Hundeboll, & Ledet-Pedersen, 2011)
- Se crea una nueva entrada para determinar el paquete origen en caso de no existir en la tabla de ruteo.
- Actualizar la calidad para llegar al paquete origen.
- Se actualiza los campos de TQ y TTL en el paquete originador y después reenviarlo por *broadcast*.

En el protocolo batman la calidad de enlace se produce cuando la calidad de transmisión del paquete originador va cambiando a medida que recorren la red reenviando la información por diferentes nodos. La calidad de transmisión se calcula en relación en base a la recepción y eco:

- Calidad de recepción (RQ). La calidad de recepción ocurre cuando un nodo A recibe paquetes de origen de un nodo B, este calcula la calidad de recepción desde B en base a un lapso de tiempo. RQ se calcula como un porcentaje de paquetes origen recibidos en esa lapso de tiempo. (Hundeboll, & Ledet-Pedersen, 2011)
- Calidad de eco (EQ). Esto ocurre cuando un nodo A transmite paquetes origen, y estos llegan al nodo B, éste nodo los vuelve a transferir llegando de nuevo a A. Como lo visto en la calidad de recepción se usa una lapso de tiempo para calcular la calidad de eco en base a la cantidad de paquetes origen que fueron y volvieron.
- Calidad de transmisión (TQ). En el nodo A, la calidad de transferencia un paquete llegue correctamente al nodo B. La calidad de eco incluye las probabilidades de que un paquete llegue de A a B y luego de B a A, se puede plantear:

$$EQ=RQ.TQ \Rightarrow TQ=EQ/RQ \quad (\text{Ecuación 15})$$

Por lo tanto dividiendo EQ con RQ se obtiene TQ

El protocolo batman selecciona rutas a través de anuncios de hosts de nodos vecinos lo que hace que un nodo con un protocolo distinto se conecta a un equipo con protocolo batman ya sea a través de un Access point o via cableada este anuncie que tiene conectado un host cuando envía los paquetes originadores para que el host se conozca en toda la red. (Hundeboll, & Ledet-Pedersen, 2011)

### 3.4.3 Elección de Equipos

Para continuar con el diseño debemos elegir que equipos van a formar parte de nuestra red WiMAX, hemos hecho la comparación de equipos disponibles en el mercado como Vecina Networks y Albentia. Se decidió trabajar con los equipos de la marca Albentia por su facilidad de mostrar características técnicas de sus equipos, además de contar con el respaldo local de la empresa Casa del cable – Soluciones e infraestructuras tecnológicas.

Para ofrecer una solución integral se utilizarán los siguientes equipos:

#### A. Torres

- Son necesarias siete torres ventadas de 12 a 15 metros tanto para la estación base como para las estaciones repetidores y clientes.
- La torre ubicada en la parroquia Huigra será utilizada como estación base.
- Las estaciones repetidoras tendrán la siguiente distribución:



*Figura 45.* Diseño Estación Repetidora

Tomado de (Araujo, 2011).

#### B. Equipos de transmisión y recepción – Access Point

Estos equipos se ubicarán en la parte superior de cada torre, estos equipos deberán ser diseñados a prueba de danos efectuados por clima y cualquier situación adversa, todo esto con el fin de conservar la línea de vista entre los enlaces. Estos equipos generalmente cuentan con dos antenas las cuales actúan como recepción y transmisión de la señal.

Por ultimo estos equipos deben trabajar en rangos de frecuencias de 2.4 y 5 GHz, para este fin se necesitarán 3 Access point como lo enunciado en la figura 42.

### C. Antena Direccional – Estilo Grillada

Estas antenas de conectaran a cada Access point, su característica direccional se debe a que los enlaces propuestos en la red mallada Mesh son punto a punto. Se necesitan 11 antenas direccionales como las enunciadas en la figura 34.



*Figura 46.* Antena Direccional - Grillada

Tomado de (Araujo, 2011).

### D. Switch

Este dispositivo es el encargado en ayudar en la distribución de la red, para nuestra red necesitaremos de tres equipos para las estaciones base y las estaciones clientes

### E. Router

Estos dispositivos ayudan a enrutar la información afuera y dentro de la red mallada, para la red propuesta necesitaremos 3 equipos routers como los enunciados en la figura 42.

### F. Estación Base

En este Aspecto la estación base será instalada en la parroquia Huigra, estas estaciones deben ser robustas en ambientes out-door para poder brindar servicio al enlace del GAD Alausi.



Figura 47. Estación Base Alentia

Tomado de: (Alentia, 2017)

| PARÁMETROS RADIO          |   |
|---------------------------|---|
| Banda de trabajo          | 5470-5725 MHz   |
| Salto de canal            | 1MHz  |
| Capacidad neta agregada   | 35Mbps  |
| Ancho de canal            | 10 / 7 / 3.5 / 1.75 MHz   |
| Eficiencia espectral neta | 3,5bps/Hz   |
| Sensibilidad BPSK         | -92dBm @ 10MHz<br>-99dBm @ 1.75MHz  |
| Sensibilidad 64QAM        | -74dBm @ 10MHz<br>-82dBm @ 1.75MHz  |
| Máx. potencia de Tx       | 26dBm   |
| Antena                    | Conector N para antena externa  |
| Modulación                | OFDM de 256 portadoras  |
| Mod. subportadora         | Adaptativa BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM (7 niveles diferentes con combinación FEC) |
| FEC                       | Sí, Reed-Solomon concatenado con código convolucional                           |
| DFS                       | Sí  |
| Downlink/Uplink           | Desde 90/10 hasta 15/85   |
| Acceso al medio           | TDMA síncrono con implementación hardware                                       |
| Técnica duplexación       | TDD (Time Domain Duplexing)   |
| Sincronismo TDD           | Sí, para más de un sector con unidad SCU  |

Figura 48. Parámetros Técnicos -Estación Base Alentia

Tomado de: (Alentia, 2017)

## G. Estación Cliente



Figura 49. Estación Cliente Alentia

Tomado de: (Alentia, 2017)

| PARÁMETROS RADIO          |   |
|---------------------------|---|
| Banda de trabajo          | 4900-5875MHz  |
| Salto de canal            | 1MHz  |
| Capacidad neta agregada   | 35Mbps  |
| Ancho de canal            | 10 / 7 / 5 / 3.5 / 1.75 MHz   |
| Eficiencia espectral neta | 3,5bps/Hz   |
| Sensibilidad BPSK         | -92dBm @ 10MHz<br>-99dBm @ 1.75MHz  |
| Sensibilidad 64QAM        | -75dBm @ 10MHz<br>-82dBm @ 1.75MHz  |
| Máx. potencia de Tx       | 23dBm   |
| Antena                    | 23dBi integrada   |
| Modulación                | OFDM de 256 portadoras  |
| Mod. subportadora         | Adaptativa BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM (7 niveles diferentes con combinación FEC) |
| FEC                       | SI, Reed-Solomon concatenado con código convolucional                           |
| DFS                       | SI  |
| Downlink/Uplink           | Desde 100/0 hasta 0/100   |
| Acceso al medio           | TDMA síncrono con implementación hardware                                       |
| Técnica duplexación       | TDD (Time Domain Duplexing)   |

Figura 50. Parámetros Técnicos - Estación Cliente Alentia

Tomado de: (Alentia, 2017)

## H. Estación Repetidora



Figura 51. Estación Repetidora Albenia

Tomado de: (Albenia, 2017)

### Especificaciones

#### Radio

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Banda de frecuencia                | 5725-5875 MHz (ETSI)   |
| Modulación                         | OFDM IEEE 802.16-2012 - 256 subportadoras, prefijo cíclico 1/4, 1/8, 1/16 ó 1/32 |
| Ancho de banda de canal soportado  | 1.75, 3.5, 7 y 10 MHz  |
| Modulación adaptativa              | BPSK, QPSK, 16QAM and 64QAM  |
| Tasas de código FEC                | 1/2, 2/3 y 3/4 Reed-Solomon concatenado y Viterbi                                |
| Máxima potencia de salida          | +26 dBm  |
| Máxima ganancia del repetidor      | 120 dB   |
| Control de potencia de transmisión | > 40 dB  |
| Modo de duplexado                  | TDD (Time Division Duplexing)  |
| Degradación EVM                    | < -30 dBc  |
| Selección dinámica de frecuencia   | Sí   |
| Antena                             | 2 Conectores N para antenas externas   |

Figura 52. Parámetros Técnicos - Estación Repetidora Albenia

Tomado de: (Albenia, 2017)

## I. Switch para estaciones educativas

Para la red del GAD Alausi se necesitarán tres switch para las escuelas de las parroquias Huigra, Achupallas y Tixan. Estos equipos deben poseer mínimo 24 puertos.

#### J. Cables y conectores

Se utilizará cable coaxial para conexiones externas, además de pigtails para efectuar las conexiones para las antenas y por último cables de red para las conexiones de los laboratorios de las diferentes escuelas.

### **3.4.4 Simulación de un enlace piloto en las zonas de estudio**

#### **3.4.4.1 Programa de cobertura**

Se ha decidido utilizar el programa Radio Mobile el cual es un software para analizar la propagación radioeléctrica diseñado por Roger Coude. Este software es de libre distribución y nos permite calcular enlaces de radio a largas distancias en terrenos irregulares, para lograr esto se usa perfiles geográficos en conjunto con la información de los equipos (potencia pérdidas etc.),

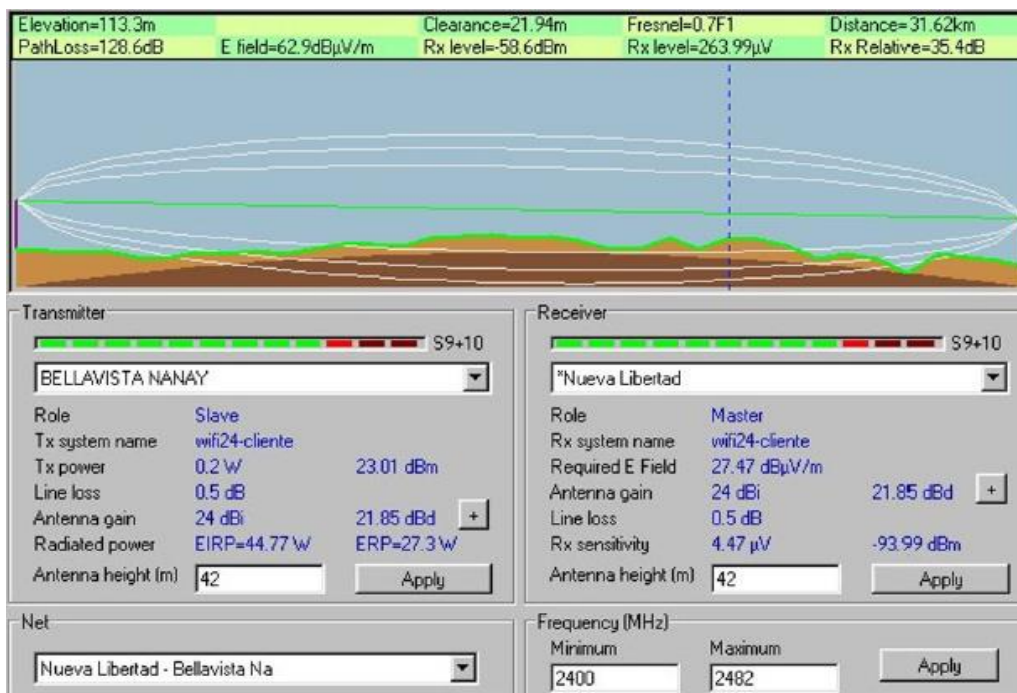
Radio mobile utiliza un paquete de herramientas que utilizaremos las cuales son:

- Radioenlaces
- Coberturas
- Mapas

#### **3.4.4.2 Radioenlaces**

Radio Mobile nos permite la obtención de perfiles de radio enlaces, en la cual podremos ver si existe visión directa entre las diferentes estaciones que propongamos y la cual reflejara el perfil de estos enlaces.



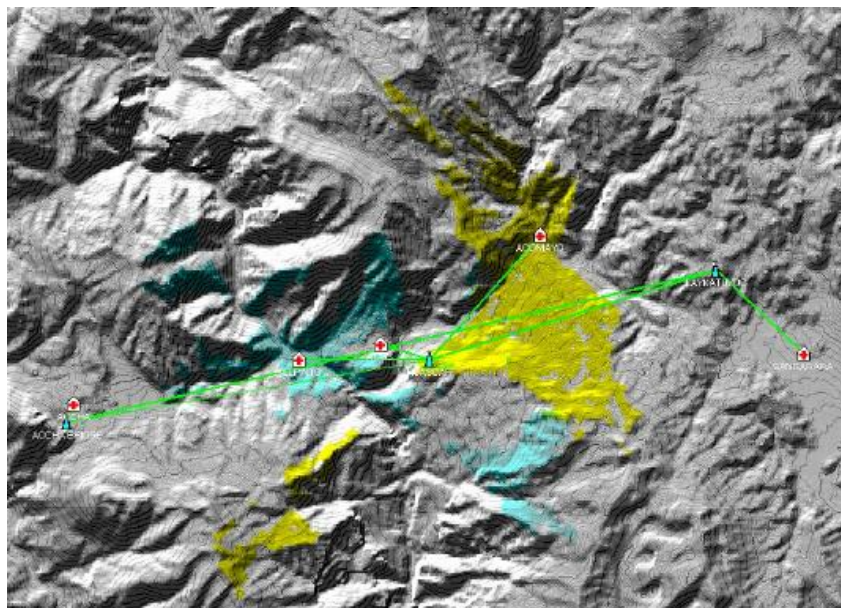


*Figura 53.* Característica de los enlaces Radio Mobile  
Tomado de (Araujo, 2011).

### 3.4.4.3 Coberturas

Con la herramienta de coberturas podremos ver la cobertura proporcionada por la estación base en cualquier punto de nuestra red, esta cobertura se reflejará en el mapa y nos dará una precisión en qué lugares llegará señal y en cuáles no. Para obtener esta cobertura necesitamos tener la ubicación geográfica de las diferentes estaciones bases y estaciones suscriptoras, cabe resaltar que esta cobertura depende de varios datos importantes como son:

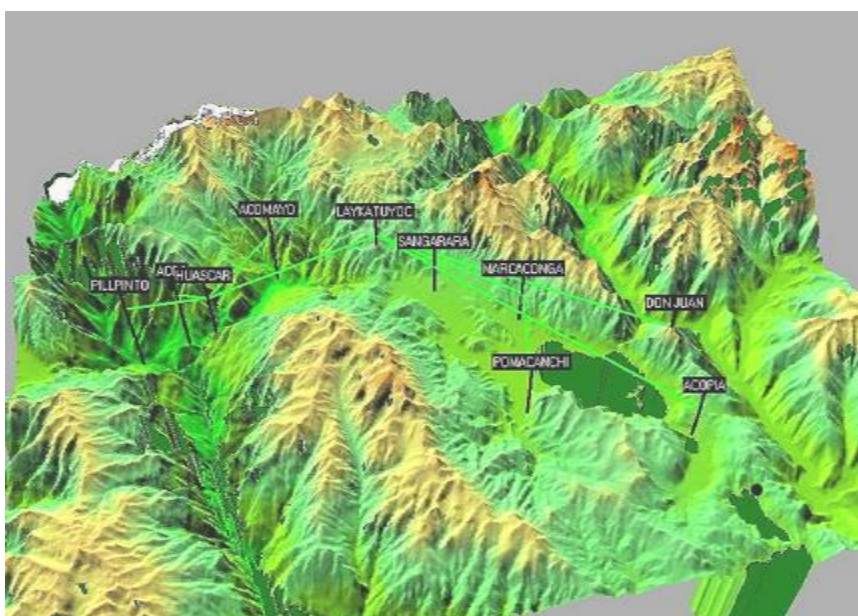
- Potencia de transmisión máxima.
- Ganancias de las antenas.
- Sensibilidad de los equipos



*Figura 54.* Área de cobertura de dos estaciones en Radio Mobile  
Tomado de (Araujo, 2011).

#### 3.4.4.4 Mapas

Para esta sección Radio Mobile descarga de internet los paquetes SRTM el cual provee de perfiles de altitud, el software reproduce mapas de elevaciones de acuerdo a los puntos geográficos seleccionados.



*Figura 55.* Enlaces Radio Mobile  
Tomado de (Araujo, 2011).

### 3.4.4.5 Puntos de cobertura

Conforme al levantamiento de información realizado en el capítulo dos a continuación se detallan los puntos de cobertura tomados en la visita a las parroquias del GAD Alausi.

Este estudio posee una solución de acuerdo a las parroquias de estudio, la elección final por esta solución depende de las autoridades del municipio del GAD Alausí las cuales administran los proyectos a implementarse en la zona y asignan los presupuestos y alcance para ello. El objetivo principal del GAD Alausí es dar acceso a internet a tres establecimientos primarios pertenecientes a las parroquias de Achupallas, Tixan y Huigra correspondientemente pertenecientes al Cantón Alausi. Esta solución comprende un enlace Wimax en la cual la parroquia Totoras asuma el papel de estación Base y tanto las parroquias Huigra y Tixan funcionen como estaciones clientes o suscriptoras en base a una topología Mesh.

- ACHUPALLAS

Tabla 18.

*Coordenadas Achupallas.*

| Tipo de Estación | EstaciónSuscriptora           |
|------------------|-------------------------------|
| Parroquia        | Totoras                       |
| Coordenadas      | 02°15'17,6"S<br>078°40'20.7"W |

- TIXAN

Tabla 19.

*Coordenadas Tixan.*

| Tipo de Estación | Estación Suscriptora          |
|------------------|-------------------------------|
| Parroquia        | Cocan                         |
| Coordenadas      | 02°09'02,5"S<br>078°43'00.6"W |

- HUIGRA

Tabla 20.

*Coordenadas Huigra.*

| <b>Tipo de Estación</b> | <b>Estación Base</b>          |
|-------------------------|-------------------------------|
| Parroquia               | Huigra                        |
| Coordenadas             | 02°17'16,8"S<br>078°58'53.5"W |

- REPETIDOR A

Tabla 21.

*Coordenadas Repetidor A.*

| <b>Tipo de Estación</b> | <b>Estación Repetidora</b>    |
|-------------------------|-------------------------------|
| Parroquia               | Huigra - Achupallas           |
| Coordenadas             | 02°17'31,0"S<br>078°52'46.0"W |

- REPETIDOR B

Tabla 22.

*Coordenadas Repetidor B.*

| <b>Tipo de Estación</b> | <b>Estación Repetidora</b>    |
|-------------------------|-------------------------------|
| Parroquia               | Huigra - Achupallas           |
| Coordenadas             | 02°16'12.0"S<br>078°47'29.0"W |

- REPETIDOR C

Tabla 23.

*Coordenadas Repetidor C.*

| <b>Tipo de Estación</b> | <b>Estación Repetidora</b>    |
|-------------------------|-------------------------------|
| Parroquia               | Huigra - Tixan                |
| Coordenadas             | 02°11'44.0"S<br>078°49'15.0"W |

- REPETIDOR D

Tabla 24.

*Coordenadas Repetidor D.*

| Tipo de Estación | Estación Repetidora |
|------------------|---------------------|
| Parroquia        | Tixan- Achupallas   |
| Coordenadas      | 02°12'02.0"S        |
|                  | 078°42'08.0"W       |

#### 3.4.4.6 Frecuencia de transmisión

Lo primero que tenemos que tomar en cuenta es la elección de la frecuencia a la cual vamos a transmitir, como pudimos ver en el apartado 1.4.3 la tecnología WiMAX operada con dos tipos de banda en el espectro radioeléctrico, la primera son las bandas libres y por ultimo las bandas con licencia.

- Banda con licencia (2,5GHz – 3,5 Ghz)
- Banda Libre que va desde los 3,5GHz

#### **Bandas con Licencia**

Este tipo de bandas requiere la adquisición del espectro radioeléctrico, este permiso puede variar de un país a otro y puede traer un costo final elevado. La prioridad que nos dan las bandas con licencia es conseguir mejor calidad de enlaces en zonas con características NLOS (enlaces sin visión directa).

#### **Bandas sin licencia**

El uso de las bandas sin licencia nos representa un menor costo ya que son bandas libres sin costo, estas frecuencias generalmente tienen mayor escalabilidad e interoperabilidad. Para este diseño de enlace se ha escogido las bandas libres a una frecuencia de 5,4 GHz.

## Simulación de enlaces Radio Mobile

- Enlace Huigra – Repetidor I

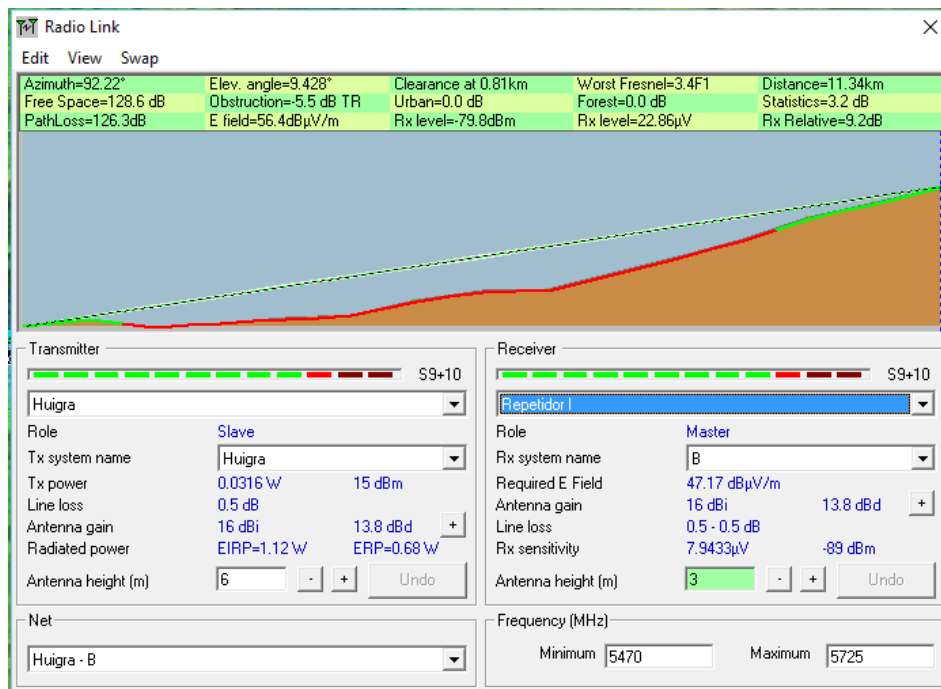


Figura 56. Enlace Huigra – Repetidor I

- Enlace Repetidor I – Repetidor II

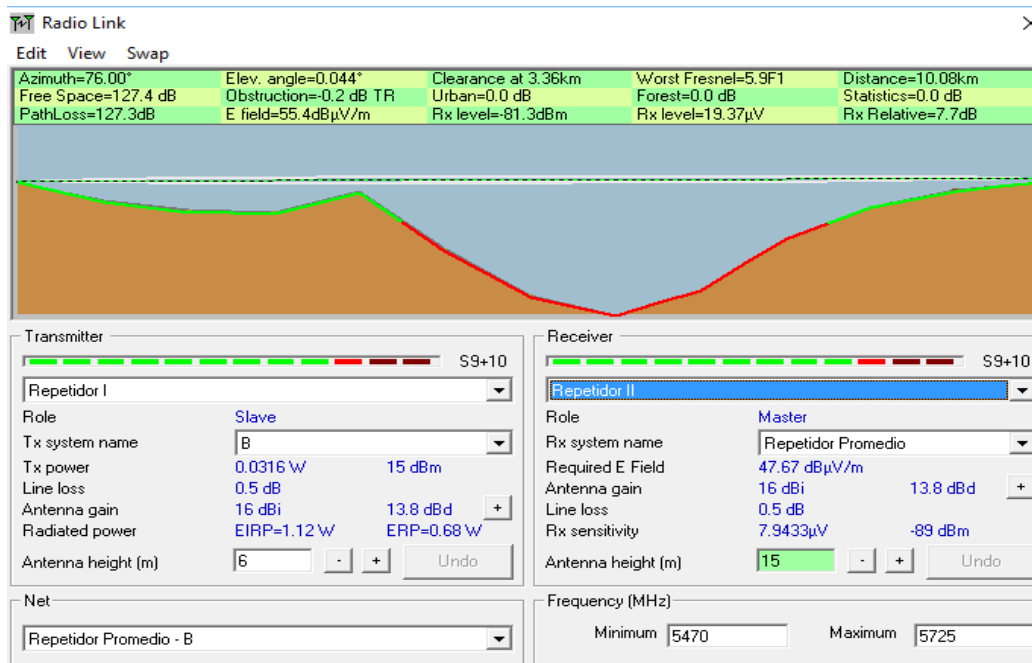


Figura 57. Enlace Repetidor I – Repetidor II

- Enlace Repetidor III – Repetidor II

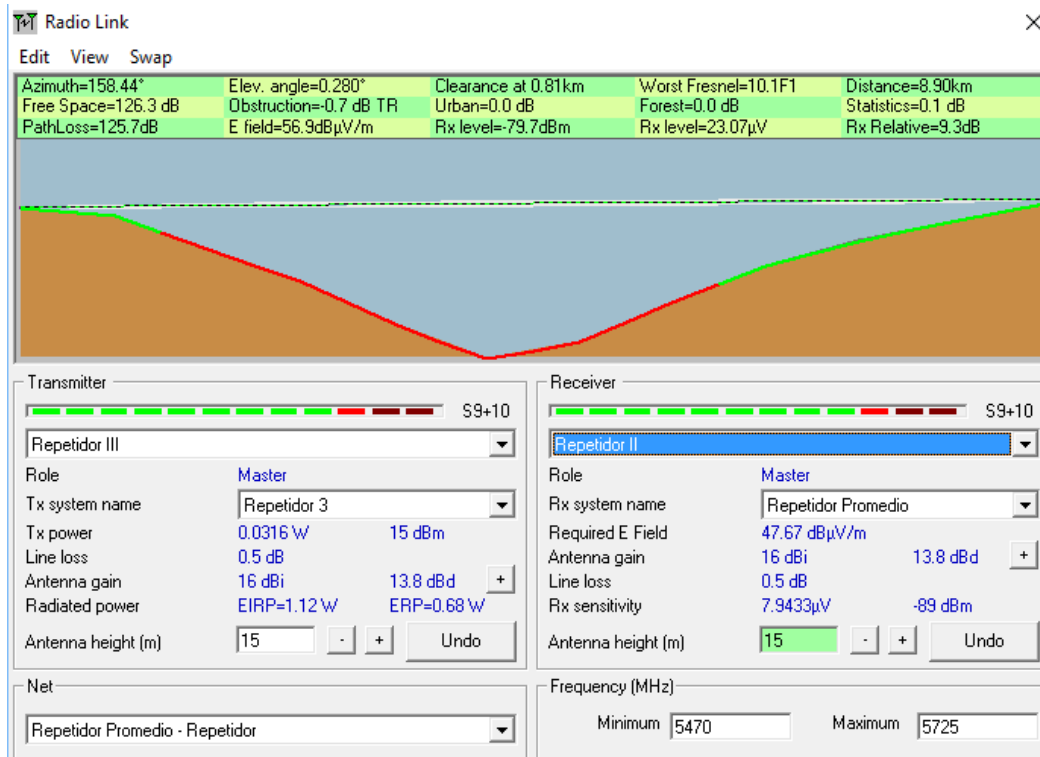


Figura 58. Enlace Repetidor III – Repetidor II

- Huigra – Repetidor III

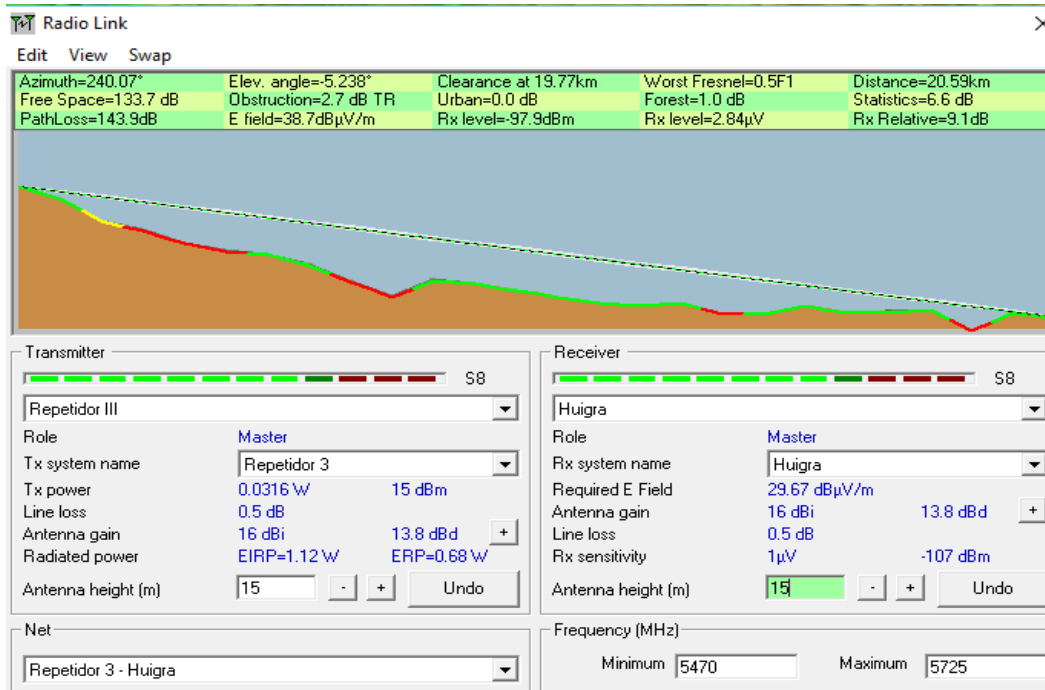


Figura 59. Enlace Huigra – Repetidor III

- Repetidor II – Repetidor IV

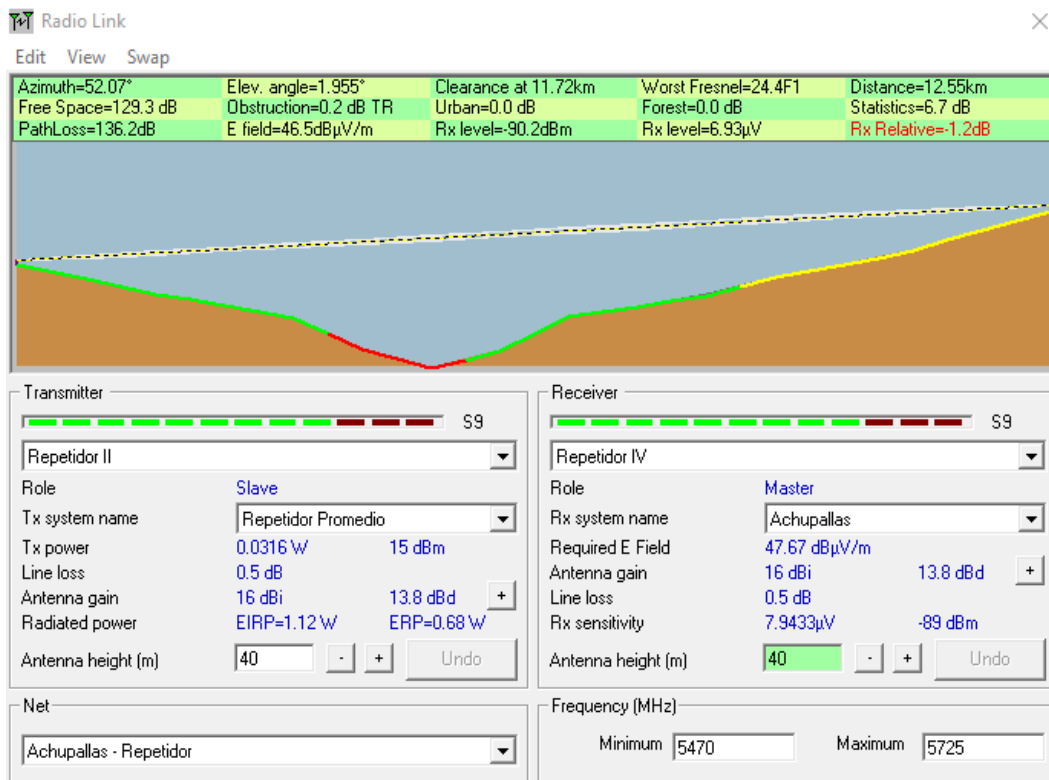


Figura 60. Enlace Repetidor II – Repetidor IV

- Repetidor II – Achupallas

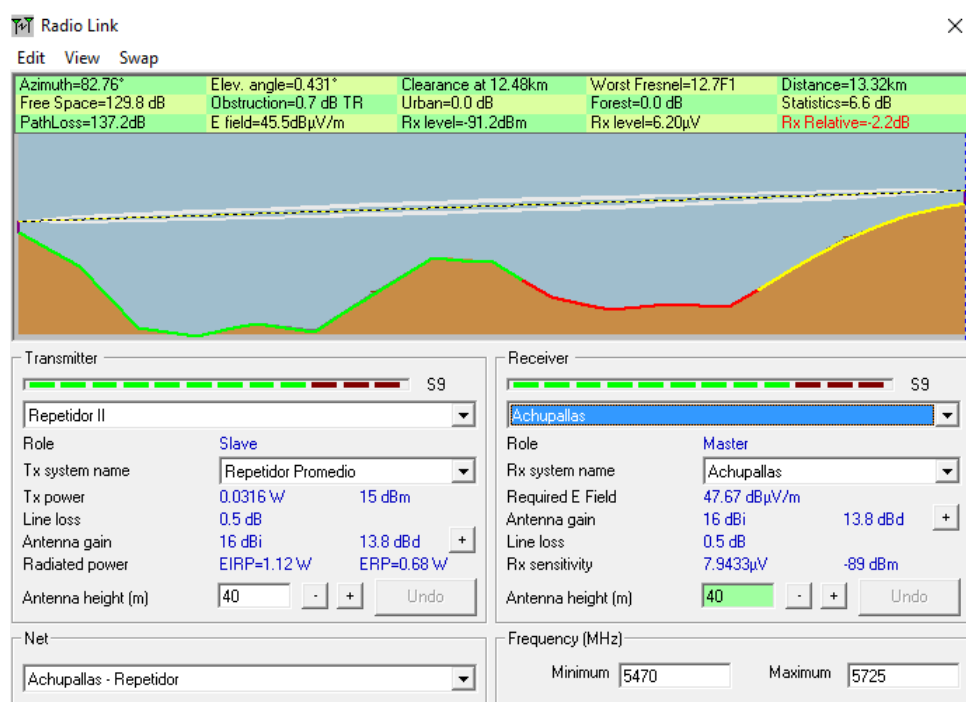


Figura 61. Enlace Repetidor II – Achupallas



- Repetidor IV – Tixan

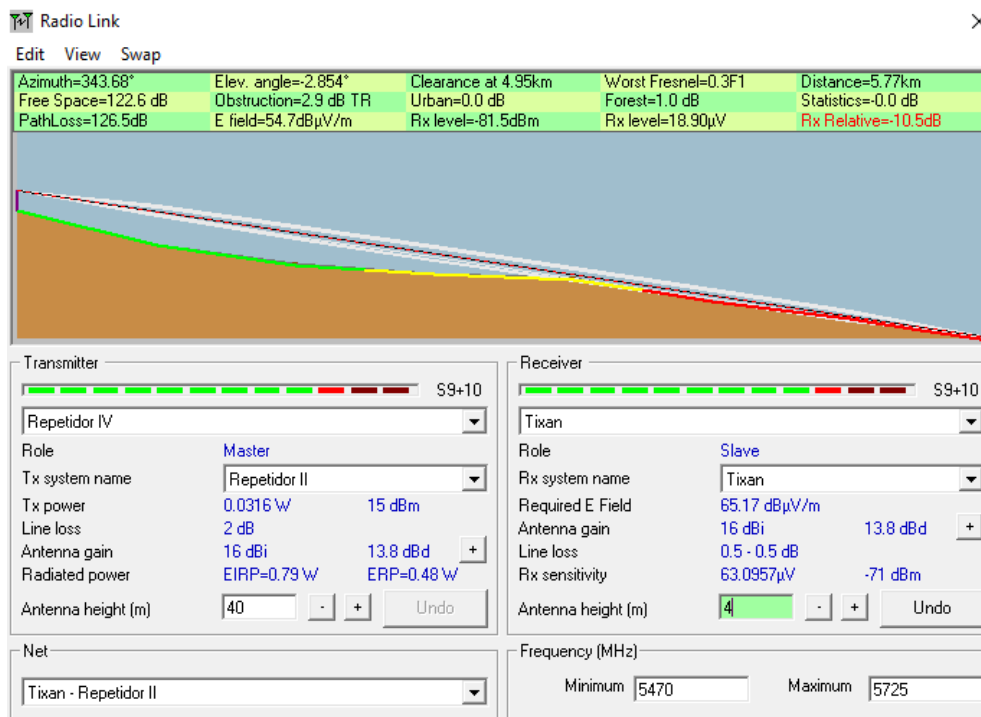


Figura 62. Enlace Repetidor IV – Tixán

- Radiación Antena Omdireccional

### Achupallas – Repetidor D

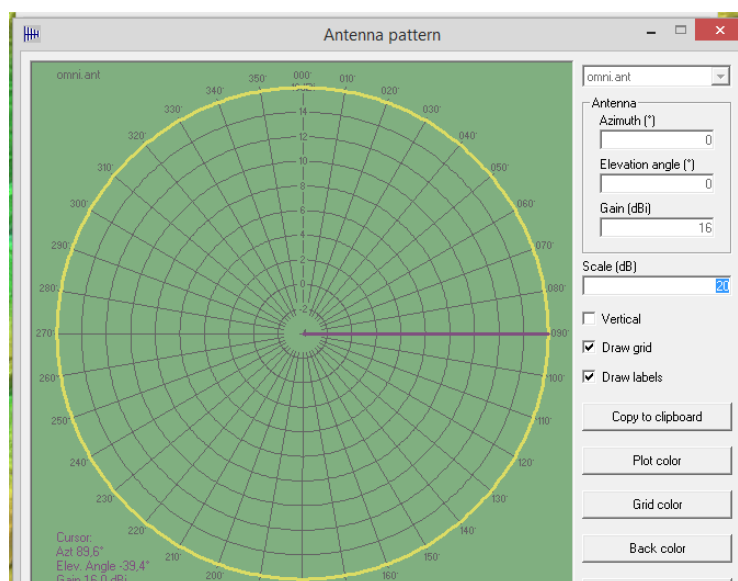


Figura 63. Enlace Repetidor IV – Tixán

De acuerdo al alcance del proyecto la metodología Top Down se ha tomado como guía y la Simulación de los enlaces el cual indicara la tecnología posible a aplicarse, por lo cual las fases finales de implementación y optimización no se aplican al actual proyecto.

## **4. CAPITULO IV. Análisis Económico**

### **4.1 Introducción**

En este capítulo se escogerá la mejor propuesta económica que se adapte a los requerimientos detectados en cuanto a la tecnología en el diseño de la solución realizado en el capítulo tres, que dará lugar a la propuesta económica de los equipos para el proyecto.

### **4.2 Costos de equipos e infraestructura (CAPEX)**

Antes de continuar debemos mencionar que el costo CAPEX es el costo que una empresa realizara en adquirir bienes de equipo y la cual generara beneficios para la misma, en otras palabras el CAPEX son los valores en el que una empresa adquiere bienes o servicios nuevos o a su vez son los valores que adquiere una empresa para generar beneficios. (Lorenzana, 2017).

De acuerdo a lo descrito en el capítulo 3, a continuación se presentan los precios de los equipos necesarios para la **alternativa 1**:

Tabla 25.

*Propuesta Económica Alternativa 1*

| Item                                 | Descripción   | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
|--------------------------------------|---|----------|----------------------|-------------------|
| <b>Obras Iniciales</b>               |   |          |                      |                   |
| 1                                    | Estudio de Obra Civil   | 7        | 470                  | 3290              |
| 2                                    | Limpieza del solar  | 2        | 350                  | 700               |
| 3                                    | Gastos de operacion Civil   | 1        | 210                  | 210               |
| 4                                    | Movilizacion de Instrumentos  | 1        | 3500                 | 3500              |
|                                      |   |          | Subtotal             | 7700              |
| <b>Estacion Parroquia Huigra</b>     |   |          |                      |                   |
| Item                                 | Descripcion   | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
| 1                                    | Torre ligera ventada 6 metros   | 1        | 425.56               | 425.56            |
| 2                                    | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                          | 1        | 180                  | 180               |
| 3                                    | Switch de 24 puertos  | 1        | 82.63                | 82.63             |
| 4                                    | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc. | 1        | 560.58               | 560.58            |
| 5                                    | Sistema de proteccion Electrica   | 1        | 220                  | 220               |
| 6                                    | Sistema de respaldo UPS   | 1        | 160.38               | 160.38            |
| 7                                    | Estacion cliente Albentia   | 1        | 895                  | 895               |
|                                      |   |          | Subtotal             | 2524.15           |
| <b>Estacion Parroquia Achupallas</b> |   |          |                      |                   |
| Item                                 | Descripcion   | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
| 1                                    | Torre ligera ventada 15 metros  | 1        | 425.56               | 425.56            |

| <b>2</b>                        | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros, cableado eléctrico y sistema de tierra | 1               | 2300                        | 2300                     |
|---------------------------------|--|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
| <b>3</b>                        | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                             | 1               | 180                         | 180                      |
| <b>4</b>                        | Switch de 24 puertos   | 1               | 82.63                       | 82.63                    |
| <b>5</b>                        | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc.    | 1               | 560.58                      | 560.58                   |
| <b>6</b>                        | Sistema de proteccion Electrica  | 1               | 220                         | 220                      |
| <b>7</b>                        | Sistema de respaldo UPS  | 1               | 160.38                      | 160.38                   |
| <b>8</b>                        | Estacion Base Albentia   | 1               | 1500                        | 1500                     |
|                                 |  |                 | Subtotal                    | 5429.15                  |
|                                 |  |                 |                             |                          |
|                                 |  |                 |                             |                          |
| <b>Estacion Parroquia Tixan</b> |  |                 |                             |                          |
| <b>Item</b>                     | <b>Descripcion</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Precio Unitario(USD)</b> | <b>Precio Total(USD)</b> |
| <b>1</b>                        | Torre ligera ventada 15 metros   | 1               | 425.56                      | 425.56                   |
| <b>2</b>                        | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros, cableado eléctrico y sistema de tierra | 1               | 2300                        | 2300                     |
| <b>3</b>                        | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                             | 1               | 180                         | 180                      |
| <b>4</b>                        | Switch de 24 puertos   | 1               | 82.63                       | 82.63                    |
| <b>5</b>                        | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc.    | 1               | 560.58                      | 560.58                   |
| <b>6</b>                        | Sistema de proteccion Electrica  | 1               | 220                         | 220                      |

| 7                             | Sistema de respaldo UPS  | 1        | 160.38               | 160.38            |
|-------------------------------|--|----------|----------------------|-------------------|
| 8                             | Estacion Base Albentia   | 1        | 1500                 | 1500              |
|                               |  |          | Subtotal             | 5429.15           |
|                               |  |          |                      |                   |
|                               |  |          |                      |                   |
| <b>Estaciones Repetidoras</b> |  |          |                      |                   |
| Item                          | Descripcion  | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
| 1                             | Torre ligera ventada 12 metros   | 4        | 672.58               | 2690.32           |
| 2                             | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros, cableado eléctrico y sistema de tierra | 4        | 2300                 | 9200              |
| 3                             | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                             | 4        | 180                  | 720               |
| 4                             | Switch de 24 puertos   | 4        | 82.63                | 330.52            |
| 5                             | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc.    | 4        | 560.58               | 2242.32           |
| 6                             | Sistema de proteccion Electrica  | 4        | 220                  | 880               |
| 7                             | Sistema de respaldo UPS  | 1        | 160.38               | 160.38            |
| 8                             | Estacion Repetidora Albentia   | 1        | 780                  | 780               |
|                               |  |          | Subtotal             | 17003.54          |
|                               |  |          | Total                | 38085.99          |

En los cuadros anteriores se da una alternativa en instrumentos wimax de la marca Albentia, para la segunda alternativa se dará una alternativa en la marca Vecina Networks como **alternativa 2:**

Tabla 26.

*Propuesta Económica Alternativa 2*

| Item                                 | Descripción   | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
|--------------------------------------|---|----------|----------------------|-------------------|
| <b>Obras Iniciales</b>               |   |          |                      |                   |
| 1                                    | Estudio de suelo y obras civiles  | 7        | 880                  | 6160              |
|                                      |   |          | Subtotal             | 6160              |
| <b>Estacion Parroquia Huigra</b>     |   |          |                      |                   |
| Item                                 | Descripcion   | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
| 1                                    | Torre autosoportada 8 metros  | 1        | 780.45               | 780.45            |
| 2                                    | Compartimentos de Rack  | 1        | 280                  | 280               |
| 3                                    | Switch de 24 puertos  | 1        | 150                  | 150               |
| 4                                    | Materiales varios, Cables etc.  | 1        | 624.25               | 624.25            |
| 5                                    | Sistema de respaldo UPS   | 1        | 160.38               | 160.38            |
| 6                                    | Sistema de Alimentacion Solar, ( paneles solares,baterias,controlador,terminales y cables | 1        | 1800                 | 1800              |
| 7                                    | Estacion cliente VistaMAX OSR5000   | 1        | 1100                 | 1100              |
|                                      |   |          | Subtotal             | 4895.08           |
| <b>Estacion Parroquia Achupallas</b> |   |          |                      |                   |
| Item                                 | Descripción   | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
| 1                                    | Torre ligera ventada 15 metros  | 1        | 550                  | 550               |
| 2                                    | Compartimentos de Rack  | 1        | 280                  | 280               |
| 3                                    | Switch de 24 puertos  | 1        | 150                  | 150               |
| 4                                    | Materiales varios, Cables etc.  | 1        | 624.25               | 624.25            |
| 5                                    | Estación Base VistaMAX® OBR5000   | 1        | 2300                 | 2300              |

|                                 |  |          | Subtotal             | 3904.25           |
|---------------------------------|--|----------|----------------------|-------------------|
|                                 |  |          |                      |                   |
| <b>Estacion Parroquia Tixan</b> |  |          |                      |                   |
| Item                            | Descripción  | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
| 1                               | Torre ligera ventada 15 metros   | 1        | 550                  | 550               |
| 2                               | Compartimentos de Rack   | 1        | 280                  | 280               |
| 3                               | Switch de 24 puertos   | 1        | 150                  | 150               |
| 4                               | Materiales varios, Cables etc.   | 1        | 624.25               | 624.25            |
| 5                               | Estacion Base VistaMAX® OBR5000  | 1        | 2300                 | 2300              |
|                                 |  |          | Subtotal             | 3904.25           |
|                                 |  |          |                      |                   |
| <b>Estaciones Repetidoras</b>   |  |          |                      |                   |
| Item                            | Descripción  | Cantidad | Precio Unitario(USD) | Precio Total(USD) |
| 1                               | Torre ligera ventada 12 metros   | 4        | 672.58               | 2690.32           |
| 2                               | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros, cableado eléctrico y sistema de tierra | 4        | 2300                 | 9200              |
| 3                               | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                             | 4        | 180                  | 720               |
| 4                               | Switch de 24 puertos   | 4        | 82.63                | 330.52            |
| 5                               | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc.    | 4        | 560.58               | 2242.32           |
| 6                               | Sistema de proteccion Eléctrica  | 4        | 220                  | 880               |
| 7                               | Sistema de respaldo UPS  | 1        | 160.38               | 160.38            |
| 8                               | Sistema de Alimentacion Solar, ( paneles                                       | 7        | 1800                 | 12600             |

|          |  |   |          |          |
|----------|--|---|----------|----------|
|          | solares,baterias,controlador,terminales y cables |   |          |          |
| <b>9</b> | Estacion Repetidora Albentia                     | 1 | 780      | 780      |
|          |  |   | Subtotal | 29603.54 |
|          |  |   | Total    | 48467.12 |

### 4.3 Operación y Mantenimiento (OPEX)

Para continuar con los costos de mantenimiento debemos mencionar que el costo OPEX es el costo constante para el funcionamiento de un equipo, negocio o sistema, en síntesis mencionamos que el costo OPEX es el capital que se gasta en el mantenimiento de equipos y gastos consumibles. (DÍAS, 2017).

A continuación se presentan los costos de mantenimiento del proyecto en la alternativa 1:

Tabla 27.

*Operación y mantenimiento Alternativa 1.*

| <b>Aplicacion</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Precio Unitario(USD )</b> | <b>Precio Total(USD )</b> |
|--|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Supervisor</b>  | 1               | 800                          | 800                       |
| <b>Consultor (Telecomunicaciones)</b>                        | 1               | 850                          | 850                       |
| <b>Personal tecnico de aplicaciones (telecomunicaciones)</b> | 5               | 500                          | 2500                      |
| <b>Guardias</b>  | 3               | 380                          | 1140                      |
|  |                 | Total                        | 5290                      |

También la alternativa 2 a propuesto sus costos de mantenimiento:



Tabla 28.

*Operación y mantenimiento Alternativa 2.*

| <b>Aplicacion</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Precio Unitario(USD )</b> | <b>Precio Total(USD )</b> |
|--|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Personal tecnico de aplicaciones (telecomunicaciones)</b> | 5               | 500                          | 2500                      |
|  |                 | Total                        | 2500                      |

Se tiene planificado por disposiciones del GAD de Alausi se realice 3 mantenimientos anuales, los cuales están determinados como el manejo de un especialista para las zonas rurales el cual se va a encargar de una revisión básica de equipos y funcionamiento del sistema en general. De igual manera por disposición de las autoridades del GAD se dispone utilizar un soporte técnico una vez al mes durante cada año.

Para la alternativa 1 se plantea lo siguiente:

Tabla 29.

*Propuestas Anuales mantenimiento 1.*

| <b>Aplicación</b>      | <b>Cantidad</b> | <b>Precio Unitario(USD )</b> | <b>Precio Total(USD )</b> |
|------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Mantenimiento</b>   | 3               | 170                          | 510                       |
| <b>Soporte Tecnico</b> | 12              | 120                          | 1440                      |
|                        |                 | Total                        | 1950                      |

Para la alternativa 2 se plantea lo siguiente:

Tabla 30.

*Propuestas Anuales mantenimiento 2.*

| <b>Aplicación</b>      | <b>Cantidad</b> | <b>Precio Unitario(USD )</b> | <b>Precio Total(USD )</b> |
|------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Mantenimiento</b>   | 3               | 120                          | 360                       |
| <b>Soporte Técnico</b> | 12              | 100                          | 1200                      |
|                        |                 | <b>Total</b>                 | <b>1560</b>               |

Después de comparar ambas alternativas, podemos establecer que la primera alternativa resulta rentable económicamente, sin embargo es conveniente mencionar que dependerá mucho del cliente final en este caso del GAD de Alausi la decisión final y su contribución al desarrollo de las zonas de estudio. Como punto final la decisión final la tomara el GAD en mención de acuerdo al presupuesto asignado dentro de su presupuesto anual asignado y su aplicación en los servicios que desean dar en el área de telecomunicaciones a sus parroquias.

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

El objetivo principal de este trabajo de tesis es realizar un estudio de factibilidad para un diseño de una red que permita dar acceso a tres escuelas del GAD Alausi. Para esto en primera instancia con el estudio de cada una de las tecnologías aplicables para zonas rurales y debido a la irregularidad de las diferentes parroquias se estudió y se decidió usar la tecnología Wimax como tecnología aplicativa todo esto dependiendo de la decisión final del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cantón Alausí.

Un aspecto importante en el desarrollo de la tesis fue la aplicación de redes Mesh en base a la tecnología WiMAX la cual ofrece una red robusta y con puntos de vista entre cada estación la cual favorece una red sin caídas y puntos de pérdida ya que si un nodo sufre daños la red no altera el funcionamiento de los demás nodos.

En cuanto a la metodología empleada para el diseño del enlace de la red para las parroquias del GAD Alausi podemos decir que tres de las cuatro etapas definieron aspectos fundamentales y secuenciales para crear bases sólidas que sustentan el enlace de red WiMAX, sin embargo fue de suma importancia la recolección de información de cada una de las escuelas ya que nos permitieron conocer la situación real a las comunidades de las cuales pertenecían.

Después de realizar el dimensionamiento total de ancho de banda parroquias del GAD Alausi, podemos decir que los puntos tomados como descargas web, navegación y videoconferencia fueron puntos básicos para los servicios a implementarse por parte del GAD Alausi en un futuro sin embargo esto dependerá del proveedor que se contrate y de lo que ofrezca, claramente está cubierto por los equipos escogidos en la propuesta.

El diseño de enlace de la red en base a la tecnología Wimax generara cambios en la estructura y planificación de los proyectos a futuro que implemente las autoridades del departamento de tecnologías de la información y comunicación (TICS) del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cantón Alausí, ya que con esta alternativa se ofrece una solución conveniente en aplicación y costos a dicho GAD.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda para futuros estudios y propuestas de enlaces dentro del GAD Alausi que las autoridades del departamento de Tics del GAD utilicen una metodología ya establecida como la Top-Down para que los estudios de los enlaces se fortalezcan y sistematicen para futuras implementaciones.

Se recomienda que las autoridades de Tics como su principal Ing. Jose Sislema hagan un estudio más avanzado de puntos de enlaces en la cual se obtenga localidades con puntos de vista ya que debido a la geografía del GAD hace que estos puntos sean difíciles de obtener y acceder.

Dentro de este trabajo de tesis siempre se desea que exista una mejora continua en el sistema de gestión del GAD Alausi en especial del departamento de Tics, por lo tanto se recomienda a las autoridades de Tics un proceso de optimización para el estudio de tecnologías rurales aplicables a todas las zonas rurales.

Otro punto a tomar en cuenta es la recomendación a las autoridades de Tics de gestionar por cada unidad educativa un sistema de cableado estructura básico, ya que según lo viste en el capítulo 2 de este trabajo de tesis se pueden observar muchas deficiencias en los laboratorios de las unidades educativas.

Otro aspecto importante va dirigido a futuras aplicaciones en las zonas rurales, los cuales en caso de ampliar el alcance de las redes de sus unidades educativas, se recomienda tomar tecnología como es Wimax ya que es la que

contiene más escalabilidad en sus canales y por ende se garantizara el crecimiento de futuras redes.

## REFERENCIAS

- Araujo, G., Camacho, L., Cesar Cordova, D., Cornejo, J., Pacheco, Y., & Paco, (2011). *Redes inalámbricas para zonas rurales*. Recuperado el 08 de agosto de 2016 de 2017 de <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe/download/publicaciones/Libro%20RlpZR%20da%20edicion.pdf>
- AyudaIT. (2017). *Como determinar/calcular el ancho de banda para un enlace*. Recuperado el 16 de septiembre de 2016 de <http://www.ayuda-it.com/2014/08/como-determinarcalcular-el-ancho-de.html>
- BBC. (2017). *Las conexiones de internet más rápidas y más lentas de América Latina*. Recuperado el 22 de agosto de 2016 de [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/08/150819\\_difusion\\_internet\\_america\\_latina\\_cepal\\_ac](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/08/150819_difusion_internet_america_latina_cepal_ac)
- Cisco. (2011). *Top-down network design*. Recuperado el 18 de diciembre de 2016 de <http://www.valleytalk.org/wp-content/uploads/2013/01/top-down-network-design-3rd-edition.pdf>
- DÍAS, C. (2017). *Qué es el CAPEX y por qué es importante para la pyme*. *Cinco Días*. Recuperado el 18 de diciembre de 2016 de [http://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/08/08/pyme/1470641270\\_253913.html](http://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/08/08/pyme/1470641270_253913.html)
- Ehas. (2017). *Radio VHF-HF @ Enlace Hispano Americano de Salud*. Recuperado el 19 de octubre de 2016 de <http://www.ahas.org/que-hacemos/investigacion-y-desarrollo/sistemas-vhf-hf/>
- Enriquez, A., Ortiz, J., & Ahmed, B. (2013). *Banda Ancha Inalambrica WIMAX*. Recuperado el 15 de agosto de 2016 de <http://omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/issue/view/12>
- Hundeboll, M., & Ledet-Pedersen, J. (2011). *Inter-Flow Network Coding for Wireless Mesh Networks*. Recuperado el 20 de marzo de 2016 de [https://downloads.open-mesh.org/batman/papers/batman-adv\\_network\\_coding.pdf](https://downloads.open-mesh.org/batman/papers/batman-adv_network_coding.pdf)

- INEC. (2016). *Parroquias GAD Alausi*. Recuperado el 16 de agosto de 2016 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Lorenzana, D. (2017). *¿En qué consiste el CAPEX y por qué es una magnitud tan importante para la pyme?*. *Pymesyautonomos.com*. Recuperado el 20 diciembre de 2016 de <https://www.pymesyautonomos.com/fiscalidad-y-contabilidad/en-que-consiste-el-capex-y-por-que-es-una-magnitud-tan-importante-para-la-pyme>
- Navarro, J. (2015). *Simulación de señales distribuidas en rof para redes wimax a través de la modulación ofdm y 64-qam* (masterado). universidad catolica de santiago de guayaquil. Recuperado el 11 de septiembre de 2016 de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4329/1/T-UCSG-POS-MTEL-48.pdf>
- Skype. (2017). *¿Cuánto ancho de banda necesita Skype?* Recuperado el 27 de septiembre de 2016 de <https://support.skype.com/es/faq/FA1417/cuanto-ancho-de-banda-necesita-skype>
- Tutorialspoint. (2017). *WiMAX and Wi-Fi Comparison*. Recuperado el 13 de octubre de 2016 de [https://www.tutorialspoint.com/wimax/wimax\\_wifi\\_comparison.htm](https://www.tutorialspoint.com/wimax/wimax_wifi_comparison.htm)
- Ufinet. (2017). *Servicios en Fibra Óptica - capacidad, conexión de datos, internet* Recuperado el 22 de octubre de 2016 de <http://www.ufinet.com/index.php/servicios/?lang=es>
- Website Goodies. (2017). *Website Speed Test*. Recuperado el 08 de septiembre de 2016 de <http://www.websitegoodies.com/tools/speedtest>
- Wispro. (2017). *Calculando el Porcentaje*. Recuperado el 16 febrero de 2017 de [http://doc.sequireisp.com/index.php?title=Guia\\_de\\_Indice\\_de\\_Simultaneidad](http://doc.sequireisp.com/index.php?title=Guia_de_Indice_de_Simultaneidad)
- WNDW. (2013). *Redes inalámbricas en los países en desarrollo*. Recuperado el 27 de agosto de 2016 de <http://wndw.net/pdf/wndw3-es/wndw3-es-ebook.pdf>

## **ANEXOS**



## ANEXO 1. Protocolos de enrutamiento Mesh - Batman

- Configuración básica de enrutamiento Mesh - Batman

/etc/config/network

```
config interface
    loopback
    option ifname
    lo option proto
    static option
    ipaddr
    127.0.0.1
    option
    netmask
    255.0.0.0
```

```
config interface
lan
    option bat
    ifname 0
    option bridg
    type e
    option dhc
    proto p
                F8:D1:11:24:54:
    option macaddr 5C
    option hostname villapompa
```

```
config interface ifaz_red_mesh
    option non
    proto e
    option mtu 1530
```

*config interface*

*wan*

*option eth*

*ifname 1*

*option dhc*

*proto p*

*config switch*

*eth0*

*option*

*enable\_vlan 1*

*config*

*switch\_vlan*

*option*

*device eth0*

*option*

*vlan 1*

*option*

*ports "0 1 2 3 4"*

/etc/config/wireless

```
config wifi-  
device      radio0  
    option  
    type      mac80211  
    option     f8:d1:11:24:54:  
    macaddr   5c  
    option  
    hwmode    11ng  
    option  
    htmode    HT20  
    list  
    ht_capab  SHORT-GI-40  
    list  
    ht_capab  TX-STBC  
    list  
    ht_capab  RX-STBC1  
    list  
    ht_capab  DSSS_CCK-40  
    option  
    channel   11
```

```
config wifi-  
iface  
    option  
    device    radio0  
    option     la  
    network   n  
    option  
    mode      ap  
    option  
    ssid      deltalibre.org.ar  
    option encryption none
```

```
config wifi-  
iface
```

```
option
device      radio0
option encryption psk2
option
network     lan
option
mode        ap
option      villapompa.w
ssid        pa
option
key         clave1234
```

```
config      wifi-
iface
```

```
option
device      radio0
option
network     ifaz_red_mesh
option
mode        adhoc
option
ssid        batmesh.0
option      02:5a:56:d6:f0:5
bssid       2
```

```
option encryption none
option mcast_rate 18000
```

/etc/init.d/inicio.sh

*ifconfig eth0 down*

*ifconfig eth0 hw ether  
f8:d1:11:24:54:82 ifconfig  
eth0 up*

*batctl if add wlan0-  
2 brctl addbr br-  
eth0 brctl addif br-  
eth0 eth0 ifconfig  
br-eth0 up batctl if  
add br-eth0*

*ebtables -t broute -A BROUTING -i eth0 -d 00:11:11:11:11:11 -j dnat --to-dst f8:d1:11:24:54:82 --dnat-  
target*

**ACCEPT**

- *Equipo Repetidor A*

/etc/config/network

*config interface  
loopback option  
ifname lo option  
proto static  
option ipaddr  
127.0.0.1 option  
netmask  
255.0.0.0*

*config interface*

*lan*

*option*

*ifname eth0*

*option typebridge*

*option*

*proto static*

*option 192.168.1.10*

*ipaddr 7*

*option netmask*

*255.255.255.0*

*config interface wan*

*option*

*ifname eth1*

*option*

*proto dhcp*

*config switch*

*eth0*

*option*

*enable\_vlan 1*

*config*

*switch\_vlan*

*option*

*device eth0*

*option vlan1*

*option*

*ports "0 1 2 3 4"*

*/etc/config/wireless*

*config wifi-*

*device radio0*

```
option
type mac80211
option
channel 1
option f8:d1:11:24:54
macaddr :82
option
hwmode 11ng
option
htmode HT20
list
ht_capab SHORT-GI-40
list
ht_capab TX-STBC
list
ht_capab RX-STBC1
list
ht_capab DSSS_CCK-
ht_capab 40
config wifi-
iface
option
device radio0
option
network lan
option
mode adhoc
option
ssid mesh2
option 02:06:05:04:03
bssid :02
option encryption none
option mcast_rate 18000
```

/etc/init.d/inicio.sh

*ifconfig eth0 down*

*ifconfig eth0 hw*

*ether*

*f8:d1:11:24:54:85*

*ifconfig eth0 up*

*ebtables -t broute -A BROUTING -p arp -i wlan0  
-j ACCEPT ebtables -t broute -A BROUTING -p  
ipv4 -i wlan0 -j ACCEPT ebtables -t broute -A  
BROUTING -p ipv6 -i wlan0 -j ACCEPT*

*ebtables -t broute -A BROUTING -i wlan0 -d f8:d1:11:24:54:82 -j dnat --to-dst 00:11:11:11:11:11 --  
dnat-target*

**ACCEPT**



## **ANEXO 2. EQUIPOS**

# AXS-CPE150-23

CPE EN BANDA 5GHz

Gran protección frente a interferencias

Bajo coste y fácil instalación

Ultra compacto y bajo consumo

100% interoperable 802.16-2012

Garantía de QoS

Capacidad neta 35Mbps

Antena integrada 23dBi

Home-Gateway



## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El terminal de usuario AXS-CPE150-23 ha sido diseñado por Albentia Systems para cubrir las necesidades de **despliegue en redes de acceso inalámbrico** en la banda libre de 5GHz.

Se trata de un CPE de uso residencial de **bajo coste y fácil instalación**, que permite al operador ofrecer **servicios equivalentes a los de las redes de acceso cableadas**. Basado en el estándar IEEE802.16-2012, es totalmente interoperable con equipos de otros fabricantes.

Con funcionalidad de Home-Gateway, ofrece una interfaz web de fácil configuración para el usuario final y permite ahorrar costes al eliminar la necesidad de un router doméstico.

## APLICACIONES

- Acceso a Internet
- Banda ancha rural
- Telefonía VoIP y Videoconferencia
- Líneas dedicadas para acceso corporativo
- Extensión de redes de fibra óptica
- IPTV
- Smart-metering



## Especificaciones técnicas

### PARÁMETROS RADIO

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Banda de trabajo          | 4900-5875MHz  |
| Salto de canal            | 1MHz  |
| Capacidad neta agregada   | 35Mbps  |
| Ancho de canal            | 10 / 7 / 5 / 3.5 / 1.75 MHz   |
| Eficiencia espectral neta | 3,5bps/Hz   |
| Sensibilidad BPSK         | -92dBm @ 10MHz<br>-99dBm @ 1.75MHz  |
| Sensibilidad 64QAM        | -75dBm @ 10MHz<br>-82dBm @ 1.75MHz  |
| Máx. potencia de Tx       | 23dBm   |
| Antena                    | 23dBi integrada   |
| Modulación                | OFDM de 256 portadoras  |
| Mod. subportadora         | Adaptativa BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM (7 niveles diferentes con combinación FEC) |
| FEC                       | Sí, Reed-Solomon concatenado con código convolucional                           |
| DFS                       | Sí  |
| Downlink/Uplink           | Desde 100/0 hasta 0/100   |
| Acceso al medio           | TDMA síncrono con implementación hardware                                       |
| Técnica duplexación       | TDD (Time Domain Duplexing)   |

### CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Control de QoS              | Colas independientes por servicio, 5 niveles de QoS (BE, nRTPS, eRTPS, RTPS, UGS)   |
| Diferenciación de servicios | Capa 2: Dirección MAC origen/destino, EtherType, etiqueta VLAN/PPPoE<br>Capa 3: DSCP ToS, dirección IP origen/destino, subred, protocolo<br>Capa 4: Puerto TCP o UDP origen/destino |
| Número máx. servicios       | Ilimitados  |

### NETWORKING Y SEGURIDAD

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Funcionalidad de red capa 2 | Bridging (IEEE 802.1) / cliente PPPoE                 |
| VLAN                        | 802.1q, 802.1p, soporte q-in-q, ilimitadas VLANs      |
| Funcionalidad de red capa 3 | Routing dinámico/estático, NAT, DHCP servidor/cliente |
| Cifrado                     | AES128/256  |
| Latencia                    | 5ms   |
| Certificados X.509          | Sí  |
| Interfaz de datos           | Ethernet 10/100 Base T                                |
| Tamaño máx. paquete         | 2048 bytes  |

### GESTIÓN

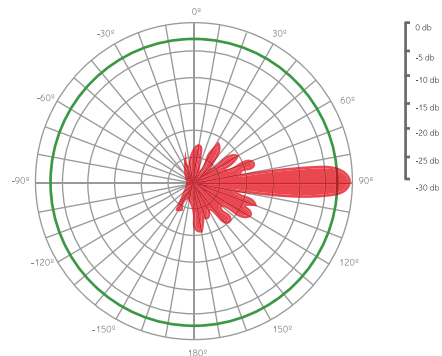
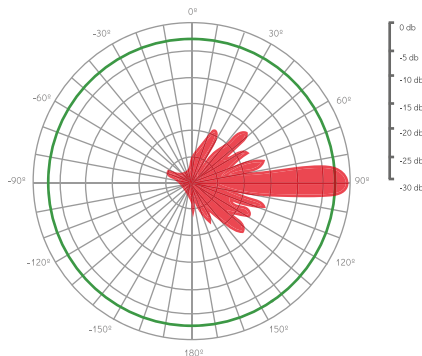
|          |   |
|----------|---|
| Local    | Puerto para ACC-HU, Serie                 |
| Remota   | Web, SSH, XML-RPL, SNMP v1, 2 y 3         |
| Avanzada | Soporte canal SMC, doble IP datos/gestión |

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Dimensiones                   | 370 x 335 x 100 mm (embalado)  |
| Peso                          | 2,80 kg  |
| Alimentador PoE (no incluido) | Entrada 110-240 VAC 50/60Hz<br>Salida 24VDC<br>(Opción entrada DC 10-24 VDC) |
| Consumo de potencia           | < 4.5 W  |
| Rango de temperatura          | De -30°C a +55°C<br>(ambiente, en operación)                                 |

### ESTÁNDARES

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Protocolo de acceso al medio radio | IEEE 802.16-2012   |
| Radio                              | ETSI EN 302 326-2  |
| Entorno                            | ODU: IP67 (protección), ETSI EN 60950-1: 2006 (seguridad), IDU: IEC 61000-4-2 (ESD), IEC 61000-4-5 (Surge) |



# AXS-BS-554

PICO-ESTACIÓN BASE EN BANDA 5GHz

100% interoperable 802.16-2012

QoS por CPE y servicio

Capacidad neta 35Mbps

Alta eficiencia espectral

Sincronismo TDD

Gran radio de cobertura LOS

Full-outdoor

Ultra compacta



## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

La nueva Pico-Estación Base AXS-BS-554 ha sido diseñada para dar **cobertura en redes de acceso** en la banda licenciada de 5GHz. Proporciona hasta 35Mbps netos por cada canal de 10MHz, o 140Mbps netos agrupando cuatro sectores, y ofrece una **QoS equivalente a las redes de cable (HFC)**.

Se trata de un equipo full-outdoor **muy compacto** y que **implementa potentes mecanismos de seguridad y protección frente a interferencias**. Además, es totalmente interoperable con equipos de otros fabricantes al cumplir con el **estándar IEEE802.16-2012**, lo que protege la inversión del operador garantizando la **mayor rentabilidad en redes de acceso inalámbricas** en la banda libre de 5GHz.

## APLICACIONES

- Acceso a Internet
- Banda ancha rural
- Telefonía VoIP y Videoconferencia
- Líneas dedicadas para acceso corporativo
- Extensión de redes de fibra óptica
- IPTV
- Smart-metering



## Especificaciones técnicas

### PARÁMETROS RADIO

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Banda de trabajo          | 5470-5725 MHz   |
| Salto de canal            | 1MHz  |
| Capacidad neta agregada   | 35Mbps  |
| Ancho de canal            | 10 / 7 / 3.5 / 1.75 MHz   |
| Eficiencia espectral neta | 3,5bps/Hz   |
| Sensibilidad BPSK         | -92dBm @ 10MHz<br>-99dBm @ 1.75MHz  |
| Sensibilidad 64QAM        | -74dBm @ 10MHz<br>-82dBm @ 1.75MHz  |
| Máx. potencia de Tx       | 26dBm   |
| Antena                    | Conector N para antena externa  |
| Modulación                | OFDM de 256 portadoras  |
| Mod. subportadora         | Adaptativa BPSK, QPSK, 16QAM y 64QAM (7 niveles diferentes con combinación FEC) |
| FEC                       | Sí, Reed-Solomon concatenado con código convolucional                           |
| DFS                       | Sí  |
| Downlink/Uplink           | Desde 90/10 hasta 15/85   |
| Acceso al medio           | TDMA síncrono con implementación hardware                                       |
| Técnica duplexación       | TDD (Time Domain Duplexing)   |
| Sincronismo TDD           | Sí, para más de un sector con unidad SCU  |

### CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Control de QoS              | Colas independientes por servicio, 5 niveles de QoS (BE, nRTPS, eRTPS, RTPS, UGS)   |
| Máx. CPEs por sector        | Ilimitados  |
| Diferenciación de servicios | Capa 2: Dirección MAC origen/destino, EtherType, etiqueta VLAN/PPPoE<br>Capa 3: DSCP ToS, dirección IP origen/destino, subred, protocolo<br>Capa 4: Puerto TCP o UDP origen/destino |
| Número máx. servicios       | Ilimitados  |

### NETWORKING Y SEGURIDAD

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Funcionalidad de red capa 2 | Bridging (IEEE 802.1), 802.1q, 802.1p, soporte q-in-q, ilimitadas VLANs |
| Funcionalidad de red capa 3 | Routing dinámico/estático, NAT, DHCP servidor/cliente                   |
| Cifrado                     | AES256  |
| Latencia                    | 5ms   |
| Certificados X.509          | Sí  |
| Interfaz de datos           | Ethernet 10/100 Base T  |
| Tamaño máx. paquete         | 2048 bytes  |

### GESTIÓN

|        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| Remota | Web, SSH, XML-RPL, SNMP v1, 2 y 3 |
| Local  | Serie                             |

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Dimensiones                   | 330 x 330 x 110 mm (embalado)  |
| Peso                          | 2,3 kg (herraje incluido)  |
| Alimentador PoE (no incluido) | Entrada 100-240 VAC 50/60Hz<br>Salida 56VDC<br>(Opción entrada DC 18-72 VDC) |
| Consumo de potencia           | < 18 W   |
| Rango de temperatura          | De -30°C a +55°C (ambiente, en operación)                                    |

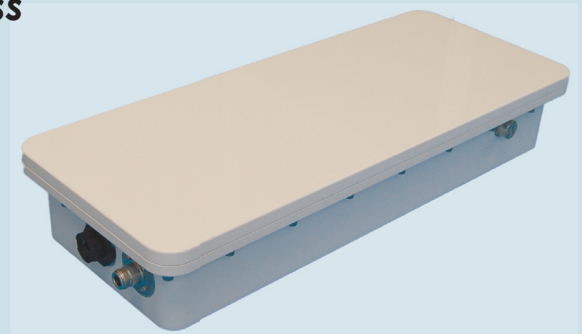
### ESTÁNDARES

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Protocolo de acceso al medio radio | IEEE 802.16-2012   |
| Radio                              | ETSI EN 302 326-2  |
| Entorno                            | ODU: IP67 (protección), ETSI EN 60950-1: 2006 (seguridad). IDU: IEC 61000-4-2 (ESD), IEC 61000-4-5 (Surge) |

The **VistaMAX OBR5000** is a WiMAX / IEEE 802.16-2004 outdoor base station. The OBR5000 is contained in a weatherproof, sealed housing with integrated 60 or 90 degree antennas to offer a single box solution for WiMAX applications in the 5.15 to 5.875 GHz band. External antennas can be accommodated with an optional N female connector. The OBR5000 offers a direct bridged 100BaseT Ethernet connection to the base station network. The only equipment inside the base station premises is an Ethernet switch with Power over Ethernet capability (Vecima Networks WES800) to supply power and provide Ethernet connectivity to the OBR5000.

### Supported Applications

- **Tiered Residential Internet Access**
- **Voice over IP**
- **Cellular Backhaul**
- **Enterprise Data Access**
- **Video Backhaul**
- **SCADA & Site Monitoring**



### Features

- 802.16-2004 OFDM Compliant PHY & MAC → Standards based radio
- Channel bandwidth of 10 MHz → Support high data rate & penetration
- Time Division Duplexing (TDD) → Maximum spectrum efficiency & lowest cost
- Fast adaptive modulation → Maximizes range & capacity
- Power over Ethernet → Convenient single cable connection
- Integrated GPS timing → Automatic base station synchronization
- Integrated multi-strike lightning protection → Reduced downtime and maintenance costs

## RF

|                            |   |
|----------------------------|---|
| RF Frequency               | 5150 to 5875 MHz  |
| Duplexing Mode             | TDD   |
| Maximum Rated Output Power | Up to +18 dBm* at external antenna connector (optional)<br>*Country and Band Specific |
| Spectral Mask Compliance   | Industry Canada RSS-210<br>FCC Part 15<br>ETSI EN 301 893                             |

## Network

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| LAN Interface                    | 10/100BaseT 802.3 Ethernet  |
| Bridged MAC Addresses Supported  | Up to 2048  |
| Management/Monitoring Interfaces | SNMP (WiMAX Forum MIBs + Vecima Networks extensions)<br>Built-in HTTPS web server<br>Telnet/SSH CLI<br>Syslog |

## Operational Parameters

|                      |  |
|----------------------|--|
| EMC/EMI              | Industry Canada RSS-210, ETSI EN 301 489-1 |
| Lightning Protection | Multi-strike protection built-in           |
| Power Supply         | 56 VDC Power over Ethernet                 |
| Power Consumption    | 45 W maximum                               |

## Mechanical

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Operating Temperature | -45°C to +55°C                                 |
| Physical              | 20" x 8" x 5" (50.8cm x 20cm x 12.7cm) maximum |
| Mounting              | Pole mount (2.5" to 4.5" diameter pole)        |
| Weight                | 20 lbs. (9 kg) maximum                         |

## Ordering Information

|           |   |
|-----------|---|
| OBR5000B+ | Base Station, WiMAX, 5150-5875MHz, No Antenna, ROHS |
|-----------|---|



### Vecima Networks Inc.

150 Cardinal Place Saskatoon, SK S7L 6H7  
☎(888) 292-8266 / (306) 955-7075  
☎(306) 955-9919  
✉sales@vecima.com

obr5000\_br\_r02

Copyright © Vecima Networks Inc. Vecima reserves the right to modify or discontinue any product or piece of literature at anytime without prior notice. All Trademarks are property of their respective owners. Compliance with export control laws: Various export control laws of Canada, the United States or other countries may restrict or prohibit the export to certain countries of products sold by Vecima. Vecima shall not be liable for anything arising from compliance, or efforts to comply, with export control laws.

The **VistaMAX OSR5000** is a WiMAX / IEEE 802.16-2004 outdoor subscriber station. The OSR5000 is contained in a weatherproof, sealed housing with integrated antenna to offer a single box solution for WiMAX applications in the 5.15 to 5.875 GHz band. External antennas can be accommodated with an optional N female connector. The OSR5000 offers a direct bridged 100BaseT Ethernet connection to the subscriber station network. The only equipment inside the subscriber premises is a midspan Power over Ethernet power injector (VPNCPE/POE) to supply power and provide Ethernet connectivity to the OSR5000.

### Supported Applications

- **Tiered Residential Internet Access**
- **Voice over IP**
- **Cellular Backhaul**
- **Enterprise Data Access**
- **Video Backhaul**
- **SCADA & Site Monitoring**



### Features

- 802.16-2004 OFDM Compliant PHY & MAC → Standards based radio
- Time Division Duplexing (TDD) → Maximum spectrum efficiency & lowest cost
- Fast adaptive modulation → Maximizes range & capacity
- Power over Ethernet → Convenient single cable connection
- Integrated lightning protection → Reduced downtime and maintenance costs
- Dual (Vertical / Horizontal) Polarization → Ability to change polarization without a service call (software selectable)



## Radio

|  |   |
|--|---|
| Product Operation                                    | LOS, NLOS Point-to-Multipoint Subscriber Unit                                       |
| RF Band  | 5.15 to 5.875 GHz <sup>1</sup>  |
| Channel Bandwidth                                    | 10 MHz  |
| Frequency Resolution                                 | 250 KHz steps   |
| Spectral Efficiency                                  | 5 bits/sec/Hz (64-QAM unencoded)  |
| Receive Sensitivity typical at BER <10 <sup>-6</sup> | Burst Type 10 MHz   |
|  | BPSK 1/2 -90  |
|  | QPSK 1/2 -88  |
|  | QPSK 3/4 -86  |
|  | 16-QAM 1/2 -83  |
|  | 16-QAM 3/4 -80  |
|  | 64-QAM 2/3 -75  |
|  | 64-QAM 3/4 -73  |
| Modulation   | OFDM (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM)   |
| Radio Access Method                                  | TDD   |
| RF Output Power                                      | +17 dBm max   |
| RF Output Dynamic Range                              | 30 dB   |
| Antenna  | Integrated 20dBi flat panel antenna (N-connector option for non-integrated antenna) |

<sup>1</sup> Not all channels approved for use in all areas

## Data Communications

|                      |  |
|----------------------|--|
| RF                   | IEEE 802.16-2004                             |
| Data                 | IEEE 802.3 CSMA/CD                           |
| VLAN support         | IEEE 802.1Q                                  |
| Error Control Coding | Concatenated Reed-Solomon Convolutional Code |
| Polarization         | Horizontal or Vertical                       |
| Throughput           | Up to 50 Mbps <sup>2</sup>                   |

<sup>2</sup> Raw data in BER test mode

## Management

|                            |   |
|----------------------------|---|
| LED Display                | Link / status / signal strength / power |
| Network Protocol           | TCP/IP                                  |
| Encryption Protocol        | DES-CBC, AES-CCM                        |
| Subscriber Unit monitoring | SNMP, Web-based GUI, Telnet, SSH        |
| Subscriber Unit management | Web-based GUI                           |
| Ethernet Connector         | 10/100Base-T (water tight RJ-45)        |

## Physical and Environmental

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Dimensions            | 10 <sup>3/8</sup> " x 8 <sup>5/8</sup> " x 2 <sup>1/4</sup> " (264mm x 219mm x 57mm) |
| Weight                | 3lbs (1.35kg)  |
| Operating Temperature | -45°C to +55°C   |
| Power requirement     | IEEE 802.3 (PoE) and Auxiliary PoE   |

## Standards and Regulations

CE/Industry Canada EN 302-502, EN301-489, EN55022, IP67

## Ordering Information

|               |  |
|---------------|--|
| OSR5000C/NIA+ | CPE, WiMAX, Outdoor, 5GHz, NoAnt, ROHS |
| OSR5000C/20+  | CPE, WiMAX, Outdoor, 5GHz, 20dBi, ROHS |



### Vecima Networks Inc.

150 Cardinal Place Saskatoon, SK S7L 6H7

☎ (888) 292-8266 / (306) 955-7075

📠 (306) 955-9919

✉ sales@vecima.com

osr5000\_bl\_r03\_sd

Copyright © Vecima Networks Inc. Vecima reserves the right to modify or discontinue any product or piece of literature at anytime without prior notice. All Trademarks are property of their respective owners. Compliance with export control laws: Various export control laws of Canada, the United States or other countries may restrict or prohibit the export to certain countries of products sold by Vecima. Vecima shall not be liable for anything arising from compliance, or efforts to comply, with export control laws.

# RTP-58

## Repetidor banda 5725-5875 MHz



**Extensión de cobertura a zonas NLOS**  
**Único repetidor WiMAX en banda libre**  
**Interoperable IEEE 802.16-2012**  
**Operación totalmente transparente**  
**Control automático de ganancia**  
**Estación suscriptora integrada**  
**Alimentación en AC y DC**

### Descripción del producto

Albentia Systems presenta la primera familia de Repetidores WiMAX del mercado capaz de operar en modo TDD en banda libre de 5Ghz. Estos repetidores permiten ampliar la cobertura de las redes 802.16-2012, sin necesidad de instalar en equipos de backhaul y estaciones base adicionales.

Son compatibles con cualquier equipo interoperable con el estándar IEEE 802.16-2012, y están disponibles para operar en la banda libre de 5725-5875 MHz (FCC).

La operación es totalmente transparente desde el lado de la Estación Base y de los CPEs gracias a la Estación Suscriptora incorporada en el Repetidor, que le permite unirse a la celda inalámbrica sin interferir en los mensajes entre la Estación Base y las Estaciones Suscriptoras conectadas. El Repetidor realiza la traslación en frecuencia para evitar interferencias y ecos y también proporciona diversidad de frecuencia.

### Aplicaciones

- **Proporciona cobertura en zonas de sombra**
- **Extensión del área de cobertura**
- **Amplificación bidireccional sin degradación apreciable en la modulación**
- **Estación suscriptora integrada**

# Especificaciones

## Radio

|   |  |                                |                              |
|---|--|--------------------------------|------------------------------|
| <b>Banda de frecuencia</b>                | 5725-5875 MHz (ETSI)   |                                |                              |
| <b>Modulación</b>                         | OFDM IEEE 802.16-2012 - 256 subportadoras, prefijo cíclico 1/4, 1/8, 1/16 ó 1/32 |                                |                              |
| <b>Ancho de banda de canal soportado</b>  | 1.75, 3.5, 7 y 10 MHz  |                                |                              |
| <b>Modulación adaptativa</b>              | BPSK, QPSK, 16QAM and 64QAM  |                                |                              |
| <b>Tasas de código FEC</b>                | 1/2, 2/3 y 3/4 Reed-Solomon concatenado y Viterbi                                |                                |                              |
| <b>Máxima potencia de salida</b>          | +26 dBm  |                                |                              |
| <b>Máxima ganancia del repetidor</b>      | 120 dB   |                                |                              |
| <b>Control de potencia de transmisión</b> | > 40 dB  |                                |                              |
| <b>Modo de duplexado</b>                  | TDD (Time Division Duplexing)  |                                |                              |
| <b>Degradación EVM</b>                    | < -30 dBc  |                                |                              |
| <b>Selección dinámica de frecuencia</b>   | Sí   |                                |                              |
| <b>Antena</b>                             | 2 Conectores N para antenas externas   |                                |                              |
| <b>Parámetros RF</b>                      | <b>Modulación</b>  | <b>Sensibilidad (1.75 MHz)</b> | <b>Sensibilidad (10 MHz)</b> |
|   | BPSK-1/2   | -97.5 dBm                      | -90 dBm                      |
|   | QPSK-1/2   | -94.5 dBm                      | -87 dBm                      |
|   | QPSK-3/4   | -92 dBm                        | -84.5 dBm                    |
|   | 16QAM-1/2  | -89 dBm                        | -81.5 dBm                    |
|   | 16QAM-3/4  | -85.5 dBm                      | -78 dBm                      |
|   | 64QAM-2/3  | -81.5 dBm                      | -74 dBm                      |
| 64QAM-3/4                                 | -79.5 dBm  | -72 dBm                        |                              |

## Tráfico y Throughput

|  |  |
|--|--|
| <b>Tasa de datos máxima en el aire</b> | 37.7 Mbps (64QAM-3/4, 10 MHz BW)   |
| <b>Soporte ARQ</b>                     | Sí, según estándar IEEE 802.16-20012 - Seleccionable para cada flujo de servicio |
| <b>Cifrado</b>                         | AES y 3DES   |

## Calidad de Servicio (QoS)

|                                    |   |   |
|------------------------------------|---|---|
| <b>Tipos de QoS soportados</b>     | UGS, RTPS, nRTPS y BE (estándar IEEE 802.16-2004) |   |
| <b>Diferenciación de servicios</b> | Capa-2  | Dirección MAC origen/destino, EtherType, VLAN tag                       |
|                                    | Capa-3  | Tipos de clasificadores: DSCP ToS, dirección IP origen/destino y subred |
|                                    | Capa-4  | Rango de puertos TCP, UDP origen/destino                                |

## Gestión y Aprovisionamiento

|   |                           |
|---|---------------------------|
| <b>Interfaces de gestión local</b>                            | Web, línea de comandos    |
| <b>Interfaces de gestión remota</b>                           | SNMP, XML-RPC             |
| <b>Aprovisionamiento local de usuarios y servicios</b>        | Base de datos local XML   |
| <b>Aprovisionamiento centralizado de usuarios y servicios</b> | AAA Radius, LDAP, XML-RPC |

## Funcionalidades de Red

|   |   |
|---|---|
| <b>Funcionalidades de red de Capa-2</b> | Bridging (IEEE 802.1), VLAN (IEEE 802.1q)             |
| <b>Funcionalidades de red de Capa-3</b> | Routing estático/dinámico, NAT, cliente/servidor DHCP |
| <b>CS soportados</b>                    | Ethernet, IPv4oEthernet, VLAN, IPv4 o VLAN            |
| <b>Modos de Networking</b>              | Modo bridge, enrutado IP                              |
| <b>Interfaz de datos</b>                | 10/100 Base-T Ethernet RJ45                           |

## Parámetros físicos, mecánicos y eléctricos

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Tamaño</b>                     | 395 x 265 x 95 mm  |
| <b>Peso de la Unidad exterior</b> | 3.2 kg   |
| <b>Alimentación</b>               | Estándar 802.3af (PoE) mediante conector RJ45, o 12VDC mediante DC input |
| <b>Consumo de potencia</b>        | <20 Vatios (Condiciones de máximo tráfico)                               |

## Cumplimiento de estándares

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>WiMAX</b>          | IEEE 802.16-2012  |
| <b>Radio</b>          | ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502                                |
| <b>Medioambiental</b> | ETSI EN 300 019-1-4 C4.1E (ODU), ETSI EN 300 019-1-3 C3.2 (IDU) |



Todos los productos de Albenia Systems están diseñados y fabricados en la UE

RPT-58 DATASHEET DE PRODUCTO

**albenia**  
systems

Albenia Systems S.A.  
C/ Margarita Salas, 22 - 28918 Leganés - Madrid (ESPAÑA)  
Tel.: +34 91 440 0213  
Fax: +34 91 327 4362  
E-mail: sales@albenia.com

www.albenia.com

5 GHz

5 GHz

5 GHz

5

**VistaMAX<sup>®</sup> 5 GHz  
WiMAX Solution**

5 GHz

5 GHz

5 GHz



**Expanding your broadband horizons**



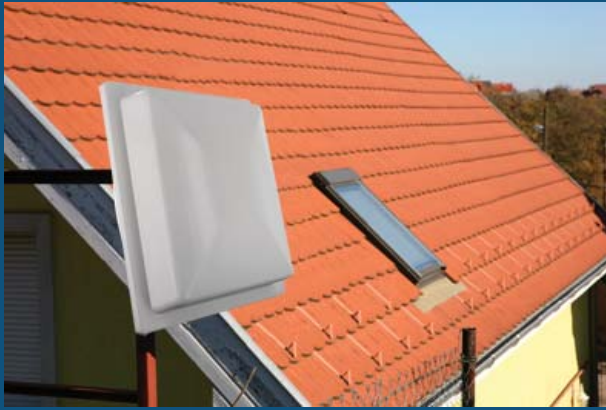
# VistaMAX® 5 GHz

## Last-Mile, Simplified

*A quick and simple wireless network*



Vecima enables premium last-mile broadband connectivity with its VistaMAX series of WiMAX base stations and customer premises equipment. Commercially deployed at 1.9, 3.5 and 3.65 GHz, VistaMAX is now available at 5 GHz. Find out more on how Vecima can help you lay the foundation for rapid deployment by visiting [www.vecima.com](http://www.vecima.com).



## Unlicensed Broadband Wireless

The VistaMAX 5 GHz System is suited for small companies, farms, suburbs and rural areas needing broadband access. Since it operates in the license-free spectrum, building a wireless network is quick and easy. VistaMAX features Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), providing high spectral efficiency, resiliency to RF interference, lower multi-path distortion and easily adapting to severe channel conditions without complex equalization.

## Supported Applications

- Tiered Residential Internet Access
- Voice over IP
- Cellular Backhaul
- Enterprise Data Access
- Video Backhaul
- SCADA & Site Monitoring

- ✓ **No spectrum cost**
- ✓ **No license required**
- ✓ **Easy to deploy**



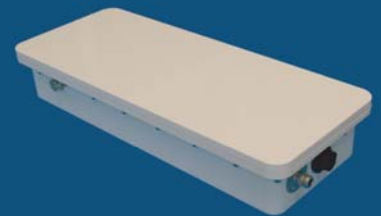
*OSR5000 Outdoor  
Subscriber Station*

“During our trials, we found the VistaMAX Solution to be both cost effective as well as providing us the functionality that our company required.”

Glenn James, GM  
McPherson Media  
Shepparton, Australia

## Key Features

- 802.16-2004 OFDM Compliant
- Time Division Duplexing (TDD)
- Fast Adaptive Modulation
- Power over Ethernet
- Integrated GPS Timing
- Integrated multi-strike lightning protection



*OBR5000  
Base Station*

*vistamax5\_fl\_r04*



## **ANEXO 3. PROFORMAS**

OFERTA LOCAL  
220LL-WIM1705-LO

PARA:

JHONNY MERA

17-May-17

220LL-WIM1705-LO

| ITEM | CODIGO | QTY | DESCRIPTION | DELIVERY | TOTAL \$ |
|------|--------|-----|-------------|----------|----------|
|------|--------|-----|-------------|----------|----------|

| Item            | Descripcion                  | Cantidad |
|-----------------|------------------------------|----------|
| Obras Iniciales |                              |          |
| 1               | Estudio de Obra Civil        | 7        |
| 2               | Limpieza del solar           | 2        |
| 3               | Gastos de operacion Civil    | 1        |
| 4               | Movilizacion de Instrumentos | 1        |

\$38.085,99

| Estacion Parroquia Huigra |   |          |
|---------------------------|---|----------|
| Item                      | Descripcion   | Cantidad |
| 1                         | Torre ligera ventada 6 metros   | 1        |
| 2                         | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                          | 1        |
| 3                         | Switch de 24 puertos  | 1        |
| 4                         | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc. | 1        |
| 5                         | Sistema de proteccion Electrica   | 1        |
| 6                         | Sistema de respaldo UPS   | 1        |
| 7                         | Estacion cliente Albentia   | 1        |

| Estacion Parroquia Achupallas |   |          |
|-------------------------------|---|----------|
| Item                          | Descripcion   | Cantidad |
| 1                             | Torre ligera ventada 15 metros  | 1        |
| 2                             | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros, cableado eléctrico y sistema de     | 1        |
| 3                             | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                          | 1        |
| 4                             | Switch de 24 puertos  | 1        |
| 5                             | Accesorios: cables electricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc. | 1        |
| 6                             | Sistema de proteccion Electrica   | 1        |
| 7                             | Sistema de respaldo UPS   | 1        |
| 8                             | Estacion Base Albentia  | 1        |



INCOPRO  
SOLUCIONES TELCOM

325

Fecha de Emision

14/05/2017

|                                      |   |                 |              |
|--------------------------------------|---|-----------------|--------------|
| <b>CEDULA</b>                        | 1720337938  | JHONNY MERA     |              |
| <b>DIRECCION:</b>                    | Conocoto  |                 |              |
| <b>CONCEPTO:</b>                     | Servicios e instalacion - Equipos Wimax   |                 |              |
| <b>DETALLE</b>                       |   |                 | <b>VALOR</b> |
| <b>Item</b>                          | <b>Descripcion</b>  | <b>Cantidad</b> |              |
| Obras Iniciales                      |   |                 |              |
| 1                                    | Estudio de suelo y obras civiles  | 7               |              |
| <b>Estacion Parroquia Huigra</b>     |   |                 |              |
| <b>Item</b>                          | <b>Descripcion</b>  | <b>Cantidad</b> |              |
| 1                                    | Torre autosoportada 8 metros  | 1               |              |
| 2                                    | Compartimentos de Rack  | 1               |              |
| 3                                    | Switch de 24 puertos  | 1               |              |
| 4                                    | Materiales varios, Cables etc.  | 1               |              |
| 5                                    | Sistema de respaldo UPS   | 1               |              |
| 6                                    | Sistema de Alimentacion Solar, ( paneles solares, baterias, controlador, terminales y | 1               |              |
| 7                                    | Estacion cliente VistaMAX OSR5000   | 1               |              |
| <b>Estacion Parroquia Achupallas</b> |   |                 |              |
| <b>Item</b>                          | <b>Descripcion</b>  | <b>Cantidad</b> |              |
| 1                                    | Torre ligera ventada 15 metros  | 1               |              |
| 2                                    | Compartimentos de Rack  | 1               |              |
| 3                                    | Switch de 24 puertos  | 1               |              |



|   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
| 4 | Materiales varios, Cables etc.  | 1 |
| 5 | Estacion Base VistaMAX® OBR5000 | 1 |

| Estacion Parroquia Tixan |                                 |          |
|--------------------------|---------------------------------|----------|
| Item                     | Descripcion                     | Cantidad |
| 1                        | Torre ligera ventada 15 metros  | 1        |
| 2                        | Compartimentos de Rack          | 1        |
| 3                        | Switch de 24 puertos            | 1        |
| 4                        | Materiales varios, Cables etc.  | 1        |
| 5                        | Estacion Base VistaMAX® OBR5000 | 1        |

| Estaciones Repetidoras |   |          |
|------------------------|---|----------|
| Item                   | Descripcion   | Cantidad |
| 1                      | Torre ligera ventada 12 metros  | 4        |
| 2                      | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros,<br>11 metros de altura, sistema de drenaje    | 4        |
| 3                      | Rack de piso (bandejas, ventiladores,<br>entre otros)                                 | 4        |
| 4                      | Switch de 24 puertos  | 4        |
| 5                      | Accesorios: cables eléctricos, cables<br>UTP, tubo corrugado, conectores, etc.        | 4        |
| 6                      | Sistema de proteccion Electrica   | 4        |
| 7                      | Sistema de respaldo UPS   | 1        |
| 8                      | Sistema de Alimentación Solar, (paneles<br>cables, baterías, controlador, terminales) | 7        |
| 9                      | Estacion Repetidora Albentia  | 1        |

SERVICIO MANTENIMIENTO ANUAL

| Aplicacion      | Cantidad | Precio Unitario(USD) |
|-----------------|----------|----------------------|
| Mantenimiento   | 3        | 120                  |
| Soporte Tecnico | 12       | 100                  |
|                 |          | Total                |

**COSTO DE MANTENIMIENTO**

| Aplicacion  | Cantidad | Precio Unitario(USD) |
|---|----------|----------------------|
| Personal tecnico de aplicaciones (telecomunicaciones) | 5        | 500                  |
|   |          | Total                |

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| SUBTOTAL    | <b>52527,12</b> |
| TOTAL + IVA | <b>59880,91</b> |

Av. Republica Del Salvador 498 y NN.UU.  
Edf. Suyana Torre Corporativa, Of. 324  
Telefax: (593-2) 333 3438, 333 2595, 333 3266  
E-mail: info@incoproza.ec  
Quito, Ecuador

**Dirección de nuestra empresa**







1 TELCOM 1

| Estacion Parroquia Tixan |   |          |
|--------------------------|---|----------|
| Item                     | Descripcion   | Cantidad |
| 1                        | Torre ligera ventada 15 metros  | 1        |
| 2                        | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros, cableado eléctrico y sistema de     | 1        |
| 3                        | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                          | 1        |
| 4                        | Switch de 24 puertos  | 1        |
| 5                        | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc. | 1        |
| 6                        | Sistema de proteccion Eléctrica   | 1        |
| 7                        | Sistema de respaldo UPS   | 1        |
| 8                        | Estacion Base Albetia   | 1        |

| Estaciones Repetidoras |  |          |
|------------------------|--|----------|
| Item                   | Descripcion  | Cantidad |
| 1                      | Torre ligera ventada 12 metros   | 4        |
| 2                      | Construcción de Caseta de 2 x 3 metros, cableado eléctrico y sistema de tierra | 4        |
|                        | Rack de piso (bandejas, ventiladores, entre otros)                             | 4        |
| 3                      | Switch de 24 puertos   | 4        |
| 4                      | Accesorios: cables eléctricos, cables UTP, tubo corrugado, conectores, etc.    | 4        |
| 5                      | Sistema de proteccion Eléctrica  | 4        |
| 6                      | Sistema de respaldo UPS  | 1        |
| 7                      | Estacion Repetidora Albetia  | 1        |

#### Costos de Mantenimiento

| Aplicacion                       | Cantidad | Precio Unitario(USD) |
|----------------------------------|----------|----------------------|
| Supervisor                       | 1        | 800                  |
| Consultor                        | 1        | 850                  |
| Personal tecnico de aplicaciones | 5        | 500                  |
| Guardias                         | 3        | 380                  |

#### Mantenimiento Anual

| Aplicacion      | Cantidad | Precio Unitario(USD) |
|-----------------|----------|----------------------|
| Mantenimiento   | 3        | 170                  |
| Soporte Técnico | 12       | 120                  |
|                 |          | <b>Total</b>         |

Garantía de equipos contra defectos de fabricación: 12 meses contados a partir del despacho.

SUBTOTAL \$ 45.325,99

IVA 12% \$5.439,12

**TOTAL \$50.765,11**

#### NOTE:

La orden de compra deberá estar dirigida a Casa Cable S.A.

Lugar de Entrega: Bodegas cliente Por Confirmar

