



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones”

TRABAJO DE GRADUACION

Título del proyecto:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TELEMETRÍA DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA Y SECADORES SOLARES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SECADOR SOLAR MULTIUSO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.

Autor:

Cristian Javier Rocha Jácome

Director:

Ing. Aníbal Llanga

Riobamba – Ecuador

AÑO 2013

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE TELEMETRÍA DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA Y SECADORES SOLARES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SECADOR SOLAR MULTIUSO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO** presentado por: **Cristian Javier Rocha Jácome** y dirigida por: **Ingeniero Aníbal Llanga**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Daniel Santillán

Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Aníbal Llanga

Miembro del Tribunal

Firma

Ing. Fabián Gunsha

Miembro del Tribunal

Firma

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: **Cristian Rocha** e **Ingeniero Aníbal Llanga**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

AGRADECIMIENTO

Cuando en la madurez que la vida nos proporciona por cada meta cumplida, reconocemos quienes fueron parte del éxito que alcanzamos, podemos decir que la virtud de ser humano ha sido redimida, mi gratitud a las Autoridades de la Institución y de la Facultad de Ingeniería, mi agradecimiento sincero a mi Director de tesis, gracias a cada uno de mis docentes y compañeros en el aula del saber, su apoyo e incondicional fortaleza constituyen la base de mi vida profesional, reitero mi gratitud a cada uno de quienes forjaron en mí el valor del conocimiento.

Cristian Javier Rocha Jácome.

DEDICATORIA

Cumplir con los deseos y objetivos que la vida nos permite discernir es saber reconocer con amor el esfuerzo, el sacrificio y el afecto que he recibido de quienes no solo me han dado la vida sino la oportunidad de ser un hombre de bien, un profesional que avanza en el camino del éxito, con todo mi amor este trabajo fruto del más caro esfuerzo para mis padres y mi hermana, la piedra angular de mi vida y de mi corazón.

Cristian Javier Rocha Jácome.

INDICE GENERAL.

INDICE DE TABLAS. -----	I
INDICE DE FIGURAS. -----	II
RESUMEN -----	1
SUMARY -----	3
INTRODUCCIÓN. -----	5
1. MARCO REFERENCIAL. -----	7
1.1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. -----	7
1.2. OBJETIVOS. -----	8
1.2.1. OBJETIVO GENERAL. -----	8
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. -----	8
1.3. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES. -----	9
1.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES. -----	9
1.5. JUSTIFICACIÓN. -----	10
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. -----	11
2.1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA. -----	11
2.1.1. DEFINICIÓN. -----	11
2.1.2. CLASIFICACIÓN. -----	11
2.1.3. INFORMACIÓN GENERAL. -----	12
2.1.4. CONEXIÓN TÍPICA DE LA CONSOLA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA. -	13
2.2. RED DE SENSORES INALÁMBRICOS DE NI. -----	15
2.2.1. DEFINICIÓN. -----	15
2.2.2. APLICACIONES POTENCIALES. -----	16
2.2.3. ARQUITECTURA. -----	17
2.2.4. GATEWAYS DE WSN. -----	18
2.2.4.1. GATEWAY PROGRAMABLE. -----	18
2.2.4.2. GATEWAY DE LA SERIE C. -----	19
2.2.4.3. GATEWAY ETHERNET 9791. -----	19
2.2.5. NODOS DE MEDIDA. -----	20
2.2.5.1. NODO DE MEDIDA DE ENTRADA ANALÓGICA NI WSN-3202. -----	20
2.2.5.2. NODO DE MEDIDA DE TERMOPARES NI WSN-3212. -----	21
2.2.5.3. NI WSN-3226 NODO DE COMBINACIÓN DE VOLTAJE/RTD. -----	21
2.2.5.4. NI WSN-3214 NODO DE TERMINACIÓN DE PUENTE/TENSIÓN. -----	22
2.2.5.5. NI WSN-3230 NODO SERIAL RS-232. -----	23
2.2.5.6. NI WSN-3231 NODO SERIAL RS-485. -----	23
2.2.6. SOFTWARE. -----	24
2.2.6.1. MÓDULO LABVIEW WSN. -----	24
2.2.6.2. MÓDULO LABVIEW REAL-TIME. -----	25
2.3. ESTÁNDAR IEEE 802.15.4. -----	26
2.3.1. DEFINICIÓN. -----	26
2.3.2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES. -----	27
2.3.2.3. TOPOLOGÍAS. -----	28
2.3.2.4. ESPECTRO QUE UTILIZA ZIGBEE. -----	28

2.3.2.5. TÉCNICAS DE MODULACIÓN. -----	29
2.3.2.5.1. MODULACIÓN OQPSK (OFFSET QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING). -----	29
2.3.2.5.2. MODULACIÓN BPSK (BINARY PHASE SHIFT KEYING). -----	29
2.3.2.6. TRAMA ZIGBEE. -----	30
2.3.2.7. ARQUITECTURA ZIGBEE. -----	30
2.3.2.8. SEGURIDAD ZIGBEE. -----	32
2.4. ENLACE MICROONDA. -----	32
2.4.1. ONDA ELECTROMAGNÉTICA. -----	32
2.4.2. ECUACIONES DE MAXWELL. -----	33
2.4.2.1. LEY DE GAUSS PARA MAGNETISMO. -----	34
2.4.2.2. LEY DE FARADAY. -----	34
2.4.2.3. LEY DE MAXWELL-AMPERE. -----	35
2.4.3. ECUACIÓN DE ONDA. -----	36
2.4.4. VECTOR DE POYNTING. -----	37
2.4.5. MODULACIÓN. -----	38
2.4.5.1. MODULACIÓN ANALÓGICA. -----	39
2.4.5.1.1. MODULACIÓN DE AMPLITUD (AM). -----	39
2.4.5.1.2. MODULACIÓN EN FRECUENCIA (FM). -----	39
2.4.5.1.3. MODULACIÓN DE FASE (PM). -----	40
2.4.5.2. MODULACIÓN DIGITAL. -----	41
2.4.5.2.1. ASK - MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE AMPLITUD. -----	41
2.4.5.2.2. FSK – MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE FRECUENCIAS. -----	42
2.4.5.2.3. PSK-MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE CORRIMIENTO DE FASE. -----	43
2.4.5.2.4. QAM - MODULACIÓN EN AMPLITUD Y CUADRATURA. -----	43
2.4.5.3. MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE PULSOS (PCM). -----	44
2.4.6. COMUNICACIÓN VÍA MICROONDA. -----	45
2.4.6.1. ENLACE FIJO TERRESTRE. -----	46
2.4.6.2. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO. -----	46
2.4.6.3. POLARIZACIÓN. -----	47
2.4.6.3.1. POLARIZACIÓN LINEAL. -----	48
2.4.6.3.2. POLARIZACIÓN CIRCULAR. -----	49
2.4.6.3.3. POLARIZACIÓN ELÍPTICA. -----	50
2.4.6.4. ANTENAS DE MICROONDA. -----	51
2.4.6.4.1. ASPECTOS GENERALES. -----	51
2.4.6.4.2. DIAGRAMAS DE RADIACIÓN. -----	54
2.4.6.4.3. PARÁMETROS FÍSICOS DE ANTENA. -----	55
2.4.6.4.4. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE ANTENA. -----	56
2.4.6.5. JERARQUÍAS DIGITALES. -----	56
2.4.6.5.1. PDH O JDP. -----	57
2.4.6.5.2. SDH O JDS. -----	58
2.4.7. CÓDIGOS DE LÍNEA. -----	59
2.4.7.1. CÓDIGO HDB3. -----	59
3. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS. -----	61
3.1. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA RED DE SENSORES. -----	61
3.1.1. REQUISITOS DE SOFTWARE. -----	61

3.1.1.1. LABVIEW. -----	62
3.1.1.2. VERSIONES SOPORTADAS. -----	62
3.1.2. INSTALACIÓN DE LOS DRIVERS. -----	63
3.1.3. EQUIPOS Y TOPOLOGÍA DE RED. -----	67
3.1.4. CONFIGURACIÓN DEL GATEWAY. -----	71
3.1.5. CONFIGURACIONES DE LOS NODOS. -----	74
3.1.6. SENSORES. -----	82
3.1.6.1. SENSORES DE TEMPERATURA. -----	82
3.1.6.2. SENSOR DE PRESENCIA. -----	84
3.1.7. ACTUADORES. -----	85
3.1.8. VISUALIZACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS DATOS. -----	87
3.8.2. MONITOREO DEL ESTADO DE LA RED. -----	89
3.2. DISEÑO DEL ENLACE DE DATOS POR MICROONDA. -----	90
3.2.1. COMPONENTES DE UN RADIO ENLACE. -----	90
3.2.2. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS. -----	92
3.2.2.1. INSPECCIÓN DEL LUGAR. -----	94
3.2.2.1.1. FACULTAD DE INGENIERÍA – UNACH. -----	95
3.2.2.1.2. SECTOR RURAL DE RIOBAMBA – SHUYO. -----	96
3.2.2.1.3. DATOS ADICIONALES. -----	97
3.2.2.2. INSPECCIÓN DE ACCESIBILIDAD. -----	98
3.2.2.3. INSPECCIÓN DE SERVICIOS. -----	98
3.2.2.4. SOLICITUD DE PERMISOS. -----	99
3.2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS. -----	99
3.2.3.1. SEGURIDAD Y NORMAS BÁSICAS. -----	99
3.2.3.2. ARQUITECTURA DEL RADIO. -----	101
3.2.3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. -----	102
3.2.4. CÁLCULO DEL RADIO ENLACE. -----	106
3.2.4.1. LONGITUD DEL TRAYECTO. -----	106
3.2.4.2. VERIFICACIÓN DE LÍNEA DE VISTA. -----	108
3.2.4.3. PRIMERA ZONA DE FRESNEL. -----	110
3.2.4.4. ATENUACIÓN POR PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE. -----	112
3.2.4.5. PÉRDIDA POR CABLE Y CONECTORES EN EL TRANSMISOR. -----	113
3.2.4.6. MARGEN DE DESVANECIMIENTO. -----	115
3.2.4.7. POTENCIA RECIBIDA. -----	116
3.2.4.8. ALTURA DE LAS ANTENAS. -----	118
3.2.4.9. PIRE (POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA). -----	118
3.2.4.10. PÉRDIDAS POR LLUVIA. -----	120
3.2.4.11. SOLUCIONES Y CORRECCIONES. -----	121
3.2.5. SIMULACIÓN. -----	122
3.2.6. CONCESIÓN DE FRECUENCIAS. -----	129
3.2.7. CONFIGURACIÓN DE LOS RADIOS DE MICROONDA (IDU). -----	134
3.2.7.1. CONFIGURACIÓN POR PUERTO ETHERNET DE IDU NUEVA. -----	134
3.2.7.2. BARRIDO DE TRÁFICO IP. -----	142
3.2.7.3. CONFIGURACIÓN DEL PUERTO LAN. -----	147
3.3. ADAPTACIÓN: ESTACIÓN METEOROLÓGICA – RADIO MICROONDA. -----	152

3.3.1. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS-232. -----	153
3.3.2. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN TCP/IP. -----	154
3.3.3. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN. -----	155
3.3.3.1. DESCRPCIÓN WIZ110SR. -----	156
3.3.3.2. CARACTERÍSTICAS. -----	157
3.3.3.4. SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN. -----	157
3.3.4. CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO. -----	158
3.3.4.1. CONEXIÓN SERIAL TRANSPARENTE. -----	158
3.3.4.2. CONEXIÓN VIA PUERTO COM VIRTUAL. -----	161
3.3.4.3. CONFIGURACIÓN DEL PUERTO VIRTUAL. -----	163
CONCLUSIONES. -----	165
RECOMENDACIONES. -----	168
BIBLIOGRAFÍA. -----	170
ANEXOS. -----	176

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1. Operacionalización de variables. -----	9
Tabla 2.1. Clasificación de estaciones meteorológicas. -----	12
Tabla 2.2. Modulación BPSK. -----	30
Tabla 2.3. Trama Zigbee. -----	30
Tabla 2.4. Espectro Radioeléctrico. -----	47
Tabla 2.5. Jerarquía PDH. -----	58
Tabla 2.6. Jerarquía SDH. -----	59
Tabla 3.1. Versiones de LABView y Drivers soportados. -----	63
Tabla 3.2. Sistemas Operativos Windows soportados. -----	63
Tabla 3.3. Resumen del NI WSN-3202. -----	69
Tabla 3.4. Coordenadas Geográficas UNACH. -----	92
Tabla 3.5. Coordenadas Geográficas Sector Rural. -----	93
Tabla 3.6. Datos generales UNACH. -----	95
Tabla 3.7. Datos Topográficos UNACH. -----	95
Tabla 3.8. Tipo de Infraestructura civil UNACH. -----	95
Tabla 3.9. Disponibilidad de energía UNACH. -----	95
Tabla 3.10 Conexiones a tierra UNACH. -----	96
Tabla 3.11. Datos generales Sector Rural. -----	96
Tabla 3.12. Datos Topográficos Sector Rural. -----	96
Tabla 3.13. Tipo de infraestructura civil Sector Rural. -----	96
Tabla 3.14. Disponibilidad de energía Sector Rural. -----	97
Tabla 3.15. Conexiones a tierra Sector Rural. -----	97
Tabla 3.16. Modulaciones y Capacidad de equipo de radio enlace. -----	102
Tabla 3.17. Potencia del transmisor. -----	103
Tabla 3.17. Sensibilidad del receptor. -----	103
Tabla 3.18. Sensibilidad del receptor. -----	104
Tabla 3.19. Consumo de energía. -----	104
Tabla 3.20. Ancho de banda del enlace. -----	109
Tabla 3.21. Pérdidas del conductor. -----	114
Tabla 3.22. Factor de rugosidad. -----	115
Tabla 3.23. Factor de probabilidad del peor mes. -----	115
Tabla 3.24. Tasa de lluvia. -----	120
Tabla 3.25. Azimut y elevación punto UNACH. -----	125
Tabla 3.26. Azimut y elevación Punto rural de Riobamba. -----	127
Tabla 3.27. Distancias recomendadas según la frecuencia. -----	131
Tabla 3.28. Coeficiente de valoración del espectro según la frecuencia. -----	131

INDICE DE FIGURAS.

Figura 2.1. Estación meteorológica. -----	13
Figura 2.2. Conexión Serial RS232 de la estación meteorológica. -----	15
Figura 2.3. Componentes de una WSN. -----	16
Figura 2.4. Arquitectura básica de un WSN -----	17
Figura 2.5. Gateway NI 9792. -----	18
Figura 2.6. Gateway NI 9795. -----	19
Figura 2.7. Gateway Ethernet 9791. -----	20
Figura 2.8. Nodo NI WSN-3202. -----	21
Figura 2.9. Nodo Figura 2.8. Nodo NI WSN-3212. -----	21
Figura 2.10. Nodo NI WSN-3226. -----	22
Figura 2.11. Nodo NI WSN-3214. -----	23
Figura 2.12. Nodo NI WSN-3230. -----	23
Figura 2.13. Nodo NI WSN-3231. -----	24
Figura 2.14. Módulo LABView WSN. -----	25
Figura 2.15. Módulo LABView Real Time. -----	26
Figura 2.16. Topologías del protocolo Zigbee. -----	28
Figura 2.17. Espectro para Zigbee. -----	29
Figura 2.18. Arquitectura Zigbee. -----	31
Figura 2.19. Onda Electromagnética. -----	33
Figura 2.20. Modulación AM. -----	39
Figura 2.21. Modulación FM. -----	40
Figura 2.22. Modulación PM. -----	41
Figura 2.23. Modulación ASK. -----	42
Figura 2.24. Modulación FSK. -----	43
Figura 2.25. Modulación PSK. -----	43
Figura 2.26. Modulación QAM. -----	44
Figura 2.27. Modulación PCM. -----	45
Figura 2.28. Comunicación por enlace de microonda. -----	45
Figura 2.29. Distribución del Espectro Radioeléctrico. -----	47
Figura 2.30. Polarización Lineal. -----	49
Figura 2.31. Polarización Circular. -----	50
Figura 2.32. Polarización Elíptica. -----	50
Figura 2.33. Aspectos generales de una antena. -----	51
Figura 2.34. Frente de Onda en una Antena. -----	53
Figura 2.35. Diagramas de Radiación. -----	55
Figura 2.36. Codificación HDB3. -----	60
Figura 3.1. LABView. -----	62
Figura 3.2. Link de descarga de los drivers. -----	64
Figura 3.3. Opciones de descarga de los drivers. -----	65
Figura 3.4. Ventana inicial de instalacion de drivers. -----	65
Figura 3.5. Ventana de instalación de los drivers. -----	66
Figura 3.6. Selección de la versión de LABView. -----	66
Figura 3.7. Características físicas del nodo NI WSN-3202. -----	67

Figura 3.8. Pines de conexión del nodo. -----	68
Figura 3.9. Esquema de conexiones del Nodo NI WSN-3202. -----	69
Figura 3.10. Gateway NI WSN-9791. -----	70
Figura 3.11. Nodos en topología malla. -----	71
Figura 3.12. Nodos en topología estrella. -----	71
Figura 3.13. Ícono de NI MAX para configuración de los nodos. -----	72
Figura 3.14. Reconocimiento del Gateway. -----	72
Figura 3.15. Asignación de dirección IP del Gateway. -----	73
Figura 3.16. Identificación de los nodos. -----	74
Figura 3.17. Reconocimiento de nodos mediante su número serial. -----	75
Figura 3.18. Visualización de los nodos. -----	76
Figura 3.19. Actualización de los estados de los nodos. -----	76
Figura 3.20. Inicio de LABView. -----	77
Figura 3.21. Crear Nuevo Proyecto. -----	77
Figura 3.22. Nuevo proyecto en blanco. -----	78
Figura 3.23. Inserción de tarjetas y dispositivos. -----	79
Figura 3.24. Reconocimiento del Gateway en el proyecto. -----	79
Figura 3.25. Instrumentos virtuales de los nodos. -----	80
Figura 3.26. Nuevo VI al proyecto. -----	81
Figura 3.27. Inicio VI en blanco. -----	81
Figura 3.28. LM-35. -----	83
Figura 3.29. Circuito Sensor de Temperatura. -----	83
Figura 3.30. Esquema de las placas del sensor de temperatura. -----	84
Figura 3.31. Sensor de Presencia. -----	85
Figura 3.32. Circuito Amplificador. -----	86
Figura 3.33. Circuito Actuador. -----	86
Figura 3.34. Esquema de las placas del actuador. -----	87
Figura 3.35. Diagrama de bloques programado del Nodo NI WSN-3202. -----	88
Figura 3.36. Interfaz de usuario del monitoreo y control. -----	89
Figura 3.37. Diagrama de bloques del estado del radio. -----	90
Figura 3.38. Información del estado del radio. -----	90
Figura 3.39. Componentes de un radio enlace. -----	91
Figura 3.40. Edificio de Ingeniería. -----	93
Figura 3.41. Sector Rural Riobamba. -----	93
Figura 3.42. Datos adicionales en Radio Mobile. -----	98
Figura 3.43. Banda elástica. -----	100
Figura 3.44. Señal de peligro de descargas electrostáticas. -----	100
Figura 3.45. Señal que indica emisión de láser. -----	100
Figura 3.46. Esquema de conexión del sistema de radio enlace. -----	101
Figura 3.47. Vista frontal real de la antena. -----	105
Figura 3.48. Vista trasera esquematizada de la antena. -----	106
Figura 3.49. Vista superior del enlace en Google Earth. -----	107
Figura 3.50. Longitud del trayecto en Google Earth. -----	107
Figura 3.51. Longitud del trayecto en Radio Mobile. -----	108
Figura 3.52. Línea de vista en Radio Mobile. -----	110

Figura 3.53. Zona de fresnel. -----	111
Figura 3.54. Altura de las antenas referente a la distancia. -----	118
Figura 3.55. Ingreso de coordenadas UNACH en Radio Mobile. -----	122
Figura 3.56. Ingreso de coordenadas Punto rural en Radio Mobile. -----	123
Figura 3.57. Ingreso de los datos del sistema. -----	123
Figura 3.58. Selección del tipo de topología del radio enlace. -----	124
Figura 3.59. Azimut y ángulo de elevación en UNACH. -----	125
Figura 3.60. Lóbulo de radiación de la antena en UNACH. -----	126
Figura 3.61. Azimut y ángulo de elevación Punto Rural. -----	126
Figura 3.62. Lóbulo de Radiación de la antena en Punto rural. -----	127
Figura 3.63. Simulación del radio enlace. -----	128
Figura 3.64. Perfil topográfico. -----	128
Figura 3.65. Distribución de potencia. -----	129
Figura 3.66. Resumen de la simulación. -----	129
Figura 3.67. Ícono del programa de configuración de la IDU. -----	134
Figura 3.68. Puertos Ethernet de configuración del radio. -----	135
Figura 3.69. Asignación de IP del computador. -----	135
Figura 3.70. Opciones de conexión para configuración. -----	136
Figura 3.71. Conexión usando LAN. -----	136
Figura 3.72. Conexión al radio. -----	137
Figura 3.73. Requerimientos de conexión. -----	137
Figura 3.74. Visualización de radios conectados. -----	138
Figura 3.75. Interfaz de configuración del radio. -----	138
Figura 3.76. Ingreso desde un Navegador. -----	139
Figura 3.77. Registro para inicio de sesión en el radio. -----	139
Figura 3.78. Configuración de IDU local. -----	140
Figura 3.79. Configuración genera IDU. -----	140
Figura 3.80. Selección de la frecuencia. -----	141
Figura 3.81. Configuración de la potencia de Tx. -----	141
Figura 3.82. Selección de la interfaz para captura de tráfico de red. -----	143
Figura 3.83. Inicio de la captura de tráfico. -----	143
Figura 3.84. Identificación del tráfico IP. -----	144
Figura 3.85. Reconocimiento de la dirección IP del radio. -----	144
Figura 3.86. Selección del host disponible para configuración. -----	145
Figura 3.87. Inicio de sesión de un radio usado. -----	145
Figura 3.88. Reconocimiento del radio usado. -----	146
Figura 3.89. Ingreso a los puertos de configuración. -----	146
Figura 3.90. Confirmación de los cambios. -----	147
Figura 3.91. Configuración remota. -----	148
Figura 3.92. Configuración a modo Switch. -----	149
Figura 3.93. Configuración Vlan. -----	149
Figura 3.94. Prioridad de Datos. -----	150
Figura 3.95. Configuración del lazo. -----	150
Figura 3.96. Habilidad del puerto Lan-1. -----	151
Figura 3.97. Habilidad del puerto interno para Lan-1. -----	151

Figura 3.98. Prioridad de datos en puertos internos. -----	152
Figura 3.99. Interfaz física serial RS232. -----	154
Figura 3.100. Puerto Ethernet. -----	155
Figura 3.101. F03913 RS232 RS485 serial to TCP/IP. -----	156
Figura 3.102. Intelligent Communication Converter -----	156
Figura 3.103. Conversor Serial RS232 a Ethernet WIZ110SR. -----	156
Figura 3.104. Vista superior del Wiz110SR. -----	157
Figura 3.105. Esquema 1 de conexión de la estación meteorológica. -----	159
Figura 3.106. Conexión equivalente al esquema 1. -----	159
Figura 3.107. Identificación del WizNet110S. -----	160
Figura 3.108. Configuración del WizNet110SR. -----	160
Figura 3.109. Relación de la configuración de los WIZ100SR. -----	161
Figura 3.110. Esquema 2 de conexión de la estación meteorológica. -----	162
Figura 3.111. Configuración del WIZ100SR para el esquema 2. -----	163
Figura 3.112. Creación de un puerto COM virtual. -----	163

RESUMEN

La Universidad Nacional de Chimborazo lleva desarrollando varios proyectos de investigación en los cuales existen algunos vacíos tanto de conocimientos como de recurso humano que impiden el cumplimiento eficaz de sus objetivos, una de las técnicas para poder proseguir adecuadamente es la intervención de estudiantes, que mediante sus proyectos de tesis apoyen y complementen dichas investigaciones.

El proyecto de investigación “Diseño de un secador solar multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba”, requiere apoyo en aspectos electrónicos. Serán ubicadas estaciones meteorológicas así como los secadores solares en diferentes sitios remotos los cuales son de difícil acceso, siendo, la recolección de los datos entregados por las mismas un problema, que involucra pérdida de tiempo, y de recursos tanto económico como humano.

El sistema que soluciona dicho problema consiste en el siguiente:

Mediante un enlace de datos por medio de radios de microonda se consigue comunicación entre el sitio remoto y la oficina de control, con las respectivas configuraciones de los equipos de microonda de acuerdo a los estudios realizados de factibilidad nombrando los parámetros más importantes la modulación, frecuencia, potencia direcciones de red.

La estación meteorológica deberá tener conexión con una PC, el sistema acopla adecuadamente a la estación meteorológica con una PC en la oficina de control por medio del enlace de datos, tomando muy en cuenta que las interfaces que manejan cada equipo son diferentes. Toda

la información de la estación meteorológica se muestra en tiempo real en la PC de la oficina de control.

Los secadores solaren deben estar constantemente monitoreados, esto mediante una red de sensores, debido a la ubicación de los mismo.

La integridad de estas estaciones deben ser precauteladas, su valor científico y económico son altos. Razón por la cual se tiene un enfoque de seguridad, que básicamente tiene características como acceso restringido, vigilancia constante de las mismas, activación y desactivación de puertas, pequeños actuadores como activación de alarmas, de iluminación; todo desde la oficina de control.

El software desarrollado en Labview especialmente para la recepción de la información, visualización de la misma y su respectivo almacenamiento, monitoreo, y la posibilidad de controlar los actuadores previamente mencionados, en tiempo real.

SUMMARY

The National University of Chimborazo has been developing several research projects in which there are some empty both knowledge and human resources that hinder the effective implementation of its objectives, one technique is to properly pursue the interventions students, who through their thesis projects, supports and complements these investigations.

The research Project “Diseño de un secador solar multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba”, requires support in electronic aspects. Weather stations and the solar dryer will be located at different remote sites which are difficult to access, being, the collection of data delivered by the same problem, which involves loss of time, and both economic and human resources.

The system that solves this problem is as follows:

Through a data link through microwave radios is achieved communication between the remote site and control office, with the respective configurations of microwave equipment according to feasibility studies, naming the most important parameters: modulation, frequency, power, network addresses.

The weather station must be connected to a PC, the system fits properly to the weather station with a PC in the office of control through data binding, taking into account that the interfaces that handle each team are different. All information from the weather station is displayed in real time on the PC of the control office.

The solar dryers must be constantly monitored, this by a network of sensors, due to the location of the same.

The integrity of these stations must be precauteladas, their scientific and economic value are high. Which is why you have a security approach, which basically has features such as restricted access, constant monitoring of the same, activation and deactivation of doors, small actuators as triggering alarms, lighting, image capture, everything from control office.

The software developed in Labview specially for the reception of the information, the visualization of it and its respective storage, monitoring, and the ability to control the aforementioned actuators, in real time.

INTRODUCCIÓN.

El sistema de telemetría que apoya al proyecto de investigación de los secadores solares constituye de dos etapas o partes.

La primera parte aporta a la etapa de investigación donde la estación meteorológica es el principio de investigación del sector, entregando información climática necesaria del lugar, la estación meteorológica posee un sistema de comunicaciones con un computador directamente pero al cual se lo acopla para que pueda ser conectado a través de un enlace de datos por microonda a un computador en la misma Universidad. Los protocolos de comunicaciones que manejan tanto las estaciones meteorológicas como el radio enlace son distintos pero acoplados así también como las interfaces que manejan. Se plantea dos soluciones funcionales. Así se consigue conectar de dos maneras la estación meteorológica con el computador a través del enlace de radio, la conexión transparente o directa y una conexión virtual.

La segunda parte se enfoca a la etapa de implementación de los secadores solares. De la misma manera los secadores solares serán ubicados el sitio de estudio en el cual tendrán una distribución con una separación no mayor a cien metros. A esta etapa se aplica una red de sensores inalámbricos conectados a través de un concentrador o también llamado Gateway, este Gateway permite conectividad con un computador para un posterior análisis de los datos, cada secador solar posee un radio o también conocido como nodo que recolecta información básica requerida que constituye tres valores de temperatura, y sensores que detecten y garanticen la integridad de los mismos.

La visualización de la información será en un computador por medio del desarrollo de una aplicación para este fin, indica información tanto de los sensores como del estado del mismo radio, con una interfaz didáctica.

El sistema de radios de los sensores permite un control de diferentes dispositivos desde la aplicación desarrollada, es decir tiene capacidad de telecontrol o telemando, enfocado a distintos actuadores que pueden ser considerados de utilidad como foco, ventiladores, alarmas, etc.

En la tesis se contempla el estudio completo de un enlace terrestre de radio para la comunicación de los puntos de propósito para el proyecto y su respectivo envío de datos. Los acoples entre cada subsistema y el enlace de datos como es la comunicaciones de la red de sensores con el computador a través del radio enlace así como la comunicación de la estación meteorológica.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto de investigación “Diseño de un secador solar multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba” siendo beneficiario, como parte de su desarrollo consiste en la colocación de estaciones meteorológicas en diferentes partes de la ciudad, tanto en sitios urbanos como rurales (remotos y sin acceso a internet). La recolección de dichos datos conllevan tiempo por su complejidad de acceso y distancia, estos datos serán actualizados cada vez que se acceda a la estación meteorológica, es decir, con poca frecuencia, sería casi imposible poseer una seguridad adecuada de dichas estaciones, y el control tendría que ser únicamente desde el mismo sitio en cuestión.

Las estaciones meteorológicas no cuentan con un sistema de telecomunicaciones que pueda enviar los datos recolectados de manera inmediata a una oficina de control (en este caso a la Universidad Nacional de Chimborazo). La integridad física de estas estaciones meteorológicas debe ser precautelada, evitar la manipulación de personas no autorizadas, el robo, etc., especialmente de aquellas las cuales tienen una ubicación remota.

Dependiendo de la cantidad de estaciones meteorológicas, el sistema deberá poseer cualidades de escalabilidad por ejemplo con un diseño de una red entre las estaciones meteorológicas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un prototipo de telemetría, de recolección de datos de las estaciones meteorológicas de ubicación remota y su respectivo envío de dicha información hacia una oficina de control (Universidad Nacional de Chimborazo – Campus Edison Riera), que brinde al mismo tiempo seguridad y un monitoreo constante, además de un monitoreo de los secadores solares.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un software para monitorear los datos enviados desde las estaciones meteorológicas y de los secadores solares en tiempo real.
- Implementar una red, con velocidades de transmisión y protocolos de comunicación óptimos para el sistema de telemetría.
- Mantener un restringido acceso a las estaciones meteorológicas.
- Implementar al sistema, seguridad física a instalaciones de las estaciones meteorológicas.
- Configurar los equipos de microonda de acuerdo a los estudios realizados de factibilidad del enlace de datos desde las estaciones meteorológicas hasta la Universidad Nacional de Chimborazo.
- Permitir escalabilidad al sistema.
- Monitorear las condiciones de los secadores solares su proceso de funcionamiento.

1.3. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Variable independiente:** Sistema de Telemetría.
- **Variable dependiente:** Monitoreo de las estaciones meteorológicas y los secadores solares de la Universidad Nacional de Chimborazo.

1.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Sistema de telemetría	Tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.	Distancia: larga o corta. Aplicabilidad: ambiental, industrial, deportiva, astronómica.	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace de datos • Software de HMI 	Observación – Guía de observación y de mantenimiento.
Estación Meteorológica y secadores solares de la Universidad Nacional de Chimborazo.	Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios <u>climáticos</u> .	<ul style="list-style-type: none"> • Secador solar Multiuso - UNACH 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones atmosféricas (humedad, presión, temperatura, velocidad de vientos, entre otros). 	Observación Recolección de datos-Sistema de Telemetría (Propiamente instrumento de recolección de estos datos)

Tabla 1.1. Operacionalización de variables.

1.5. JUSTIFICACIÓN.

La tecnología nos ha entregado facilidades especialmente en el área de las telecomunicaciones. De acuerdo a los requerimientos del proyecto de investigación, las estaciones meteorológicas serán ubicadas en diferentes sitios remotos así como los secadores solares, los cuales son de difícil acceso, siendo, la recolección de los datos entregados por los mismos un problema, que involucra pérdida de tiempo, y de recursos tanto económico como humano. La tesis propone solucionar este aspecto mediante el sistema de telecomunicación por enlaces microonda y un sistema de acople.

Obviamente la integridad de estas estaciones deben ser precauteladas, su valor científico y económico son altos, es por eso que la tesis propone un sistema de seguridad que garantice su acceso restringido y vigilancia de la misma, activación y desactivación de las puertas de acceso desde la oficina de control, avisos de alarmas; y todo monitoreado.

Este sistema permitiría que los datos fueran entregados en tiempo real de forma completamente automática, sin requerir de un operador para rescatar los datos. Esta característica permite solucionar el problema de tener que enviar a una persona al lugar de monitoreo, tener que capacitar a dicha persona en la obtención de datos, o peor aún, perder los datos. Estos problemas típicos generan pérdidas que superan muchas veces el costo económico de los equipos, sin contar con el costo científico que involucra las pérdidas de datos e información. La posibilidad de tener los datos en línea o directamente en la oficina de control permite una mejor gestión, administración facilitando el análisis posterior y mejorando el sistema completamente.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

2.1.1. DEFINICIÓN.

Una estación meteorológica es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico.

2.1.2. CLASIFICACIÓN.

A continuación se detalla una clasificación de las características más destacadas de una estación meteorológica, por parámetros y por aplicación:

NUEVA CLASIFICACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS POR PARAMETROS Y APLICACIÓN							
1º Orden	2º Orden	3º Orden	4º Orden	PARAMETROS	Agrometeorológica	Climatológica	Sinoptica
				Precipitación	☆	☆	☆
				Temperatura Máxima	☆	☆	☆
				Temperatura Mínima	☆	☆	☆
				Temperatura de Bulbo Seco	☆	☆	☆
				Temperatura de Bulbo Humedo	☆	☆	☆
				Humedad Relativa	☆	☆	☆
				Vientos	☆	☆	☆
				Radiación Solar	☆	☆	
				Insolación	☆	☆	
				Evaporación	☆	☆	
				Temperatura del Suelo a 5 cm de la superficie	☆	☆	
				Presión Atmosferica		☆	☆
				Temperatura superficial del tanque	☆		
				viento a 50 cm de superficie	☆		
				Temperatura del Suelo a 5, 10, 20, 30, 50 y 100 cm de Profundidad	☆		
NUEVA CLASIFICACION DE ESTACIONES HIDROLOGICAS POR PARAMETROS							
1º Orden	2º Orden	3º Orden	4º Orden	PARAMETROS			
				Cotas			
				Precipitacion			
				Caudal Liquido			
				Caudal Solido			
				Calidad del Agua			

Tabla 2.1. Clasificación de estaciones meteorológicas

2.1.3. INFORMACIÓN GENERAL.

Las estaciones meteorológicas instaladas y a instalar son el modelo “Davis Weather Monitor II”

Las estaciones meteorológicas Davis están construidas con tecnología punta.

Actualmente son utilizadas por miles de escuelas y universidades en todo el mundo. También se utilizan en agricultura, la industria, en investigación, y por individuos en sus hogares, en expediciones, rastreadores de tormentas y agencias gubernamentales.

Las estaciones Davis pueden utilizarse hasta alturas de 3,600 metros.

Muestra velocidad, dirección del viento, temperatura y sensación térmica. Le permite seguir la tendencia barométrica, junto con la humedad y la temperatura interior y exterior. La estación incluye anemómetro con 12 m de cable y sensor externo de temperatura con 7.5 m de cable. Los cables se conectan a la consola a través de la function box que viene con 2.4 m de cable. La consola incluye alimentador a 220 V.

Luz posterior en el display para una fácil visualización. La versión completa incluye colector de lluvia de 0,25 mm, medición de humedad exterior punto de rocío y lluvia diaria y acumulada.



Figura 2.1. Estación meteorológica.

2.1.4. CONEXIÓN TÍPICA DE LA CONSOLA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA.

1. Se toma nota de la presión barométrica, la precipitación total, y (si aplica) números de calibración.

Se debe desconectar la alimentación de la consola de la estación meteorológica para instalar el registrador de datos. Retirar la alimentación hará que los valores almacenados sean borrados. Es necesario el software “WeatherLink” para volver a entrar estos valores después de restaurar la alimentación de la consola.

2. Se retira la base de montaje de la consola.

3. Se Desconecta la alimentación de la consola, eliminando el adaptador de corriente y respaldo de batería.

No desconectar la alimentación antes de instalar el registrador de datos (data logger), esto puede causar daños en el registro de datos y/o consola.

4. Un pequeño interruptor cerca de los cables del registrador de datos controla la velocidad de transmisión. La configuración predeterminada es 2400 baudios. Si se desea ejecutar en 1200 baudios, se puede cambiar en

el establecimiento antes de conectar el registrador de datos de la consola.

5. A continuación se conecta el cable del registrador de datos corto a la toma del cable marcado

"WeatherLink" en la parte inferior de la consola de la estación meteorológica.

6. posteriormente hay que encender la consola volviendo a colocar el adaptador de corriente y escuchar que la consola emita pitidos.

La consola emitirá un pitido tres veces. La tercera señal sonora, que deberá ocurrir en 30 segundos, indica que el registrador de datos está funcionando correctamente.

Después de escuchar los tres pitidos, se debe volver a instalar la batería de respaldo.

7. Luego Colocar el registrador de datos dentro de la base de montaje.

8. Se vuelve a colocar la base de montaje de la estación meteorológica.

Mientras lo hace, guiar todos los cables a través de las ranuras de la base de montaje.

9. Localizar un puerto serie libre en el ordenador y conectar el adaptador negro

DB9 al puerto o usar el Cable USB a puerto serie para conectarse a una conexión Puerto USB.

10. Conectar el cable del registrador de datos para conector del adaptador DB9.

El cable que conecta el registrador de datos al ordenador es de 8 pies (2,4 m) de largo. Si es necesario colocar la consola de la estación de más de 8 pies de la computadora, se utiliza el cable de extensión de 40 '(12 m) de 4 conductores (# 7876-040).

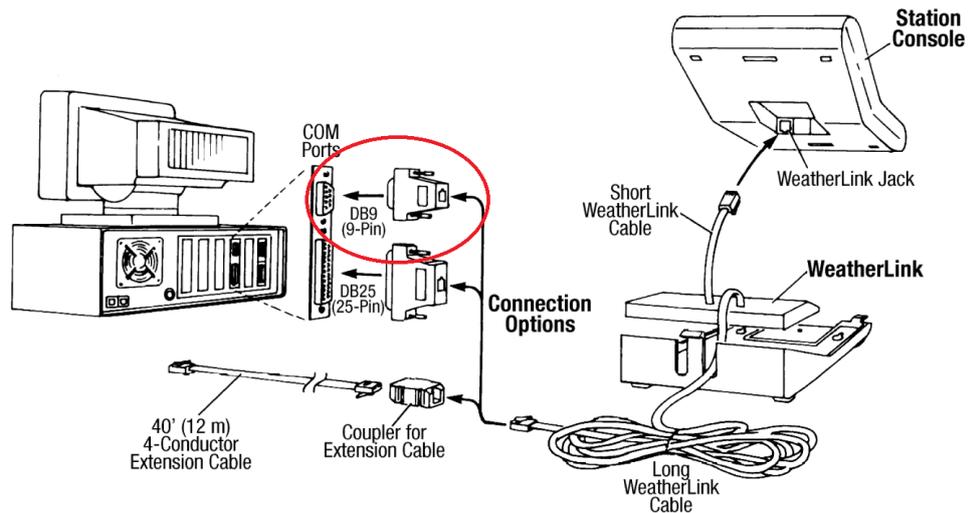


Figura 2.2. Conexión Serial RS232 de la estación meteorológica.

2.2. RED DE SENSORES INALÁMBRICOS DE NI.

2.2.1. DEFINICIÓN.

Una red de sensores inalámbricos (WSN – Wireless Sensor Network) es una red inalámbrica que consiste en dispositivos distribuidos espaciados autónomos utilizando sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales. Un sistema WSN incorpora un gateway que provee conectividad inalámbrica de regreso al mundo de cables y nodos distribuidos. El protocolo inalámbrico que seleccione depende en los requerimientos de la aplicación. Algunos de los estándares disponibles incluyen radios de 2.4 GHz basados en los estándares IEEE 802.15.4 o IEEE 802.11 (Wi-Fi) o radios propietarios, los cuales son regularmente de 900 Mhz.



Figura 2.3. Componentes de una WSN.

2.2.2. APLICACIONES POTENCIALES.

Ingenieros han creado aplicaciones WSN para diferentes áreas incluyendo cuidado de la salud, servicios básicos y monitoreo remoto. En el cuidado de la salud, los dispositivos inalámbricos vuelven menos invasivo el monitoreo a pacientes y posible el cuidado de la salud. Para servicios básicos como electricidad, alumbrado público y ayuntamientos de agua, los sensores inalámbricos ofrecen un método de bajo costo para un sistema de recolección de datos saludable que ayuden a reducir el uso de energía y mejor manejo de recursos. El monitoreo remoto cubre un amplio rango de aplicaciones donde los sistemas inalámbricos pueden complementar sistemas de cable reduciendo costos de cableado y permitiendo nuevos tipos de aplicaciones de medición. Aplicaciones de monitoreo remoto incluyen:

- Monitoreo ambiental de aire, agua y suelo
- Monitoreo estructural para edificios y puentes
- Monitoreo industrial de maquinas
- Monitoreo de procesos
- Seguimiento de activos

2.2.3. ARQUITECTURA.

Una red inalámbrica de sensores consiste en tres componentes principales: nodos, Gateways y software. Los nodos de medida distribuidos de forma espacial establecen interfaz con sensores para monitorear el equipo o su entorno. Los datos adquiridos son transmitidos de manera inalámbrica al Gateway, el cual puede operar independientemente o conectarse a un sistema principal donde se puede reunir, procesar, analizar y presentar datos de medida usando un software. Los ruteadores son un tipo especial de nodo de medida que se puede usar para ampliar la distancia y la fiabilidad de una WSN.

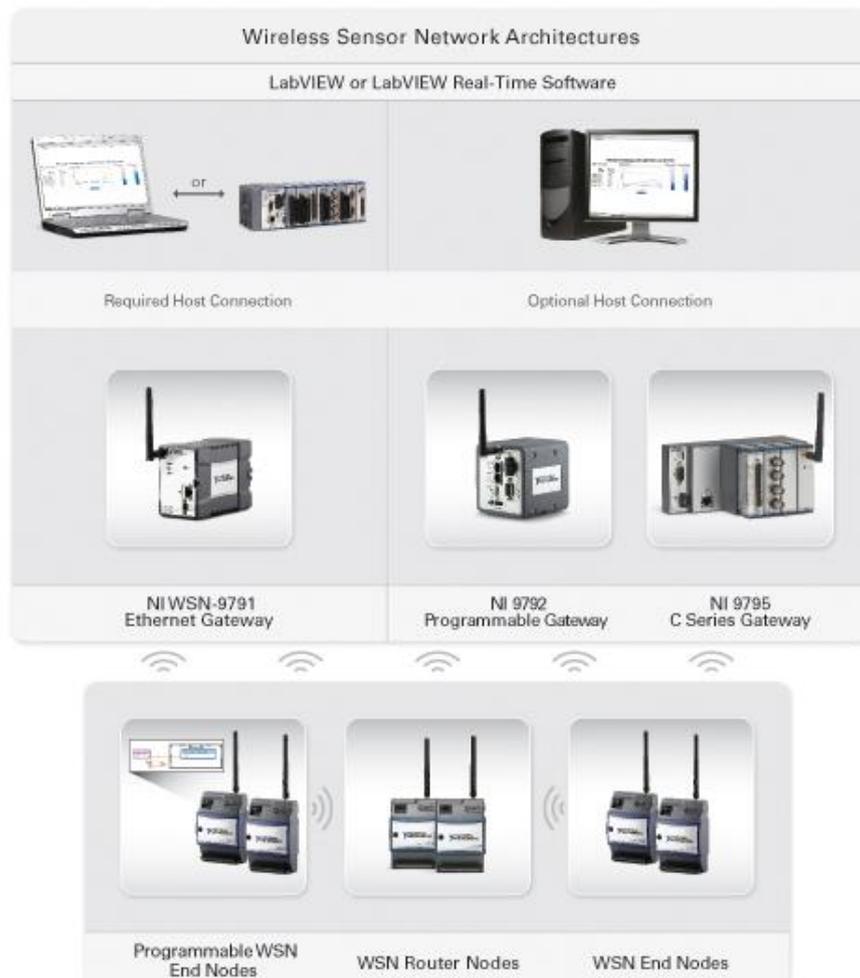


Figura 2.4. Arquitectura básica de un WSN-

2.2.4. GATEWAYS DE WSN.

En un sistema WSN, el Gateway actúa como el coordinador de red encargado de la autenticidad del nodo y almacenamiento de mensajes. El Gateway recolecta datos de medida desde nodos distribuidos y puentes a la red empresarial, donde se puede reunir, procesar, analizar y presentar sus datos de medida usando una variedad de software. En la WSN, puede usar múltiples Gateways, cada uno comunicándose en un canal inalámbrico diferente, el cual es seleccionable en software.

2.2.4.1. GATEWAY PROGRAMABLE.

El NI 9792 es un controlador LabVIEW Real-Time y es un gateway WSN, haciéndolo un producto ideal para registro de datos inalámbrico embebido. Con puertos Ethernet dobles, éste puede comunicarse con una variedad de dispositivos desde la aplicación LabVIEW Real-Time, como redes a nivel empresarial o módems celulares. Este controlador industrial de alto rendimiento tiene un procesador de 533 MHz, 2 GB de almacenamiento interno y un radio IEEE 802.15.4 de 2.4 GHz para comunicar con hasta 36 nodos de medidas NI WSN distribuidos (en una configuración de malla). Aprovecha el servidor Web integrado para tener acceso remoto a datos del sistema WSN.



Figura 2.5. Gateway NI 9792.

2.2.4.2. GATEWAY DE LA SERIE C.

El NI 9795 ofrece estrecha integración entre las plataformas NI WSN y CompactRIO. Este gateway de la Serie C se conecta a cualquier ranura disponible en un sistema CompactRIO, así se puede complementar sistemas de medida y control existentes con E/S inalámbrica. El gateway puede comunicarse con hasta 36 nodos de medida NI WSN distribuidas (en una configuración de malla), brindando datos de medida inalámbrica a la aplicación de LabVIEW Real-Time que se ejecuta en el sistema CompactRIO.



Figura 2.6. Gateway NI 9795.

2.2.4.3. GATEWAY ETHERNET 9791.

A diferencia del Gateway NI 9792 programable que opera de manera autónoma al ejecutar aplicaciones LabVIEW Real-Time desplegadas, el Gateway Ethernet NI WSN-9791 es un dispositivo que debe estar conectado a un sistema central. Este Gateway tiene un radio IEEE 802.15.4 de 2.4 GHz para adquirir datos de medida desde la red de sensores y un puerto Ethernet de 10/100 Mbit/s para proporcionar

conectividad flexible con un controlador principal Windows o LabVIEW Real-Time.



Figura 2.7. Gateway Ethernet 9791.

2.2.5. NODOS DE MEDIDA.

Los nodos de medida NI WSN tienen conectividad directa de sensor, comunicación confiable y clasificaciones industriales. Los dispositivos están alimentados con batería, ofreciendo una duración de hasta tres años con cuatro baterías AA y usted puede combinarlos con cubiertas al aire libre para despliegue al aire libre, a largo plazo. Con los nodos programables, usted puede utilizar el Módulo LabVIEW WSN para personalizar el comportamiento del nodo, agregando inteligencia para realizar análisis y control local.

2.2.5.1. NODO DE MEDIDA DE ENTRADA ANALÓGICA NI WSN-3202.

El nodo de medida NI WSN-3202 ofrece cuatro canales de entrada de analógica de ± 10 V rangos de entrada seleccionables con y cuatro canales digitales bidireccionales que pueden ser programados para detección de eventos o control local. El conector de terminal de tornillo de 18 posiciones brinda conectividad directa a sensores y ofrece una salida de potencia del sensor de 12 V y 20 mA que se puede usar para controlar los sensores que requieren potencia externa.



Figura 2.8. Nodo NI WSN-3202

2.2.5.2. NODO DE MEDIDA DE TERMOPARES NI WSN-3212.

El nodo de medida NI WSN-3212 proporciona cuatro canales de entrada de termopares de 24 bits y cuatro canales digitales bidireccionales que usted puede programar para detección de eventos o control local. El nodo soporta tipos de termopares J, K, R, S, T, N, B y E y también se puede usar cada canal de entrada de termopar como un canal de entrada analógica de ± 73 mV.



Figura 2.9. Nodo Figura 2.8. Nodo NI WSN-3212.

2.2.5.3. NI WSN-3226 NODO DE COMBINACIÓN DE VOLTAJE/RTD.

El nodo de medida NI WSN-3226 añade medidas basadas en resistencia, como detectores de resistencia de temperatura (RTDs) y potenciómetros, a la plataforma NI WSN. El WSN-3226 tiene cuatro canales de entrada analógica que pueden ser configurados por canal para

medidas de ± 10 V o medidas basadas en resistencia, así se puede combinar medidas de temperatura y voltaje en un solo dispositivo. El dispositivo también tiene dos canales digitales bidireccionales con rangos de voltaje industrial que se puede programar para detección de eventos o control local. El WSN-3226 tiene rechazo de ruido de 50/60 Hz y una salida de potencia del sensor de 12 V y 50 mA que se puede usar para controlar los sensores que requieren potencia externa.



Figura 2.10. Nodo NI WSN-3226

2.2.5.4. NI WSN-3214 NODO DE TERMINACIÓN DE PUENTE/TENSIÓN.

El nodo de terminación de puente/tensión NI WSN-3214, el cual brinda habilidades de adquisición de formas de onda a la línea de productos WSN, es ideal para aplicaciones inalámbricas de monitoreo de condición estructural. El nodo tiene cuatro canales analógicas que soportan terminación de cuarto, de medio y puente completo, así como dos canales de E/S digital para detección de eventos y control programático. Con el Módulo LabVIEW WSN, se puede procesar y analizar datos de tensión en el nodo para determinar o predecir la presencia de condiciones de falla. Entonces es posible escoger transmitir la forma de onda completa o solamente datos significativos analizados, lo cual reduce la cantidad de datos transmitidos de manera inalámbrica y por consiguiente prolongar la duración del nodo de medida WSN.



Figura 2.11. Nodo NI WSN-3214.

2.2.5.5. NI WSN-3230 NODO SERIAL RS-232.

El WSN-3230 tiene un puerto RS232 para comunicarse con instrumentos y sensores seriales. Este nodo programable funciona como una interfaz serial autónoma. Al usar el Módulo LabVIEW WSN, puede integrar algoritmos de consulta y análisis directamente en los nodos WSN para crear una interfaz remota y programable a una variedad de dispositivos seriales. El nodo también tiene dos canales de E/S digital para detección de eventos y control programático.



Figura 2.12. Nodo NI WSN-3230.

2.2.5.6. NI WSN-3231 NODO SERIAL RS-485.

El WSN-3231 tiene un puerto RS485 para comunicarse con sensores seriales, instrumentos y tarjetas de control. Este nodo

programable funciona como una interfaz serial autónoma. Al usar el Módulo LabVIEW WSN, puede integrar algoritmos de consulta y análisis directamente en los nodos WSN para crear una interfaz remota y programable a una variedad de dispositivos seriales. El nodo también tiene dos canales de E/S digital para detección de eventos y control programático.



Figura 2.13. Nodo NI WSN-3231.

2.2.6. SOFTWARE.

LabVIEW es un entorno de desarrollo gráfico con herramientas basadas en configuración y potentes habilidades de programación para desarrollar aplicaciones de medida, análisis y control con interfaces de usuario profesionales. Es posible usar LabVIEW y una variedad de módulos adicionales para configurar y programar la WSN para funciones como registro de datos, detección de eventos, alarmas, notificaciones de servicio de mensaje corto y visualización de datos de red basada en Web.

2.2.6.1. MÓDULO LABVIEW WSN.

El Módulo LabVIEW WSN ayuda a crear y desplegar aplicaciones embebidas a nodos de medida NI WSN programables usando el entorno

de desarrollo gráfico LabVIEW, no se requiere conocimiento de programación embebida. Se puede usar el Módulo LabVIEW WSN para:

- Aumentar la duración de la batería al optimizar el comportamiento de muestreo y transmisión del nodo.
- Realizar procesamiento preliminar de datos adquiridos antes de transmitirlos a un Gateway.
- Realizar umbral en nodo o análisis de datos que no están en uso.
- Responder a cambios de valor digital.
- Responder de manera programática para adquirir datos al adaptar velocidades de muestreo y transmisión o líneas digitales de disparo para encender o apagar dispositivos.
- Enviar y recibir mensajes desde el Gateway.
- Detectar y responder a cambios en el estado de la red.



Figura 2.14. Módulo LABView WSN-

2.2.6.2. MÓDULO LABVIEW REAL-TIME.

La tecnología en tiempo real ofrece rendimiento confiable y determinístico para sus aplicaciones de tiempo crítico. Utilice el Módulo de LabVIEW Real-Time para desarrollar y desplegar aplicaciones embebidas al gateway programable NI 9792.

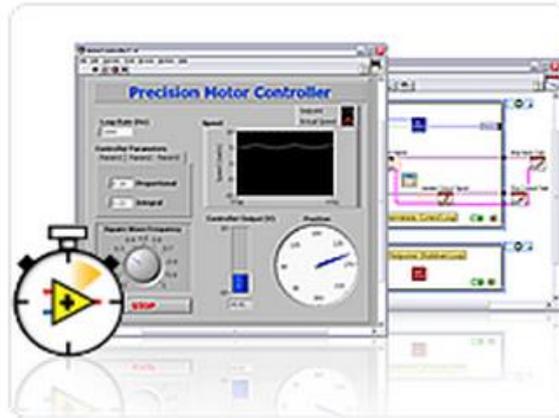


Figura 2.15. Módulo LABView Real Time.

2.3. ESTÁNDAR IEEE 802.15.4

2.3.1. DEFINICIÓN.

IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN). La actual revisión del estándar se aprobó en 2006. El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo.

2.3.2 ZIGBEE.

2.3.2.1 DEFINICIÓN.

Zigbee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la Zigbee Alliance. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante. Zigbee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

2.3.2.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

El nombre "Zigbee" se deriva de los patrones erráticos comunicativos que hacen muchas abejas entre las flores durante la recogida de polen. Esto es evocador de las redes invisibles de las conexiones existentes en un entorno totalmente inalámbrico.

Zigbee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales. Zigbee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domóticos.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de Bluetooth no utiliza FHSS (Frequency hopping), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles. El alcance depende de la potencia de emisión del dispositivo así como el tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos).

El alcance normal con antena dipolo en visión directa suele ser aproximadamente (tomando como ejemplo el caso de Max Stream, en la versión de 1mW de potencia) de 100m y en interiores de unos 30m.

La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256kbps. Por último decir que una red Zigbee la pueden formar, teóricamente, hasta 65535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos. La realidad es menor, siendo, de todas formas, de miles de equipos.

2.3.2.3. TOPOLOGÍAS.

El protocolo Zigbee permite tres topologías de red:

- Topología en estrella: el coordinador se sitúa en el centro.
- Topología en árbol: el coordinador será la raíz del árbol.
- Topología de malla: al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones.

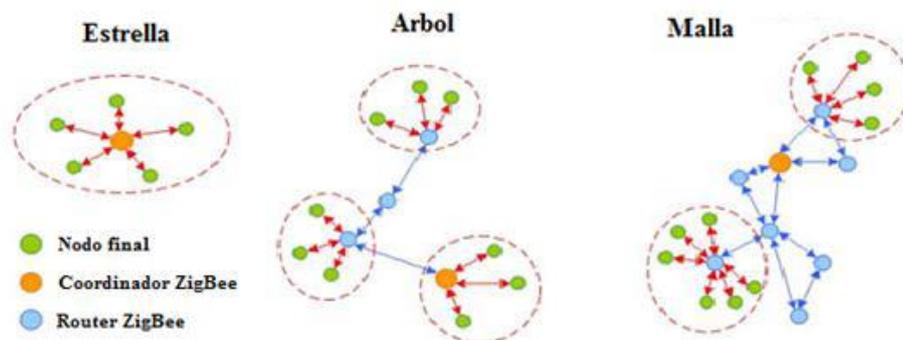


Figura 2.16. Topologías del protocolo Zigbee.

2.3.2.4. ESPECTRO QUE UTILIZA ZIGBEE.

Respecto al espectro Zigbee tenemos lo siguiente:

- Un canal entre 868MHz y 868.6MHz, Ch1.
- Diez canales entre 902.0MHz y 928.0MHz, Ch1 hasta Ch10.
- Dieciséis canales entre 2.4GHz y 2.4835GHz, Ch1 hasta Ch26.

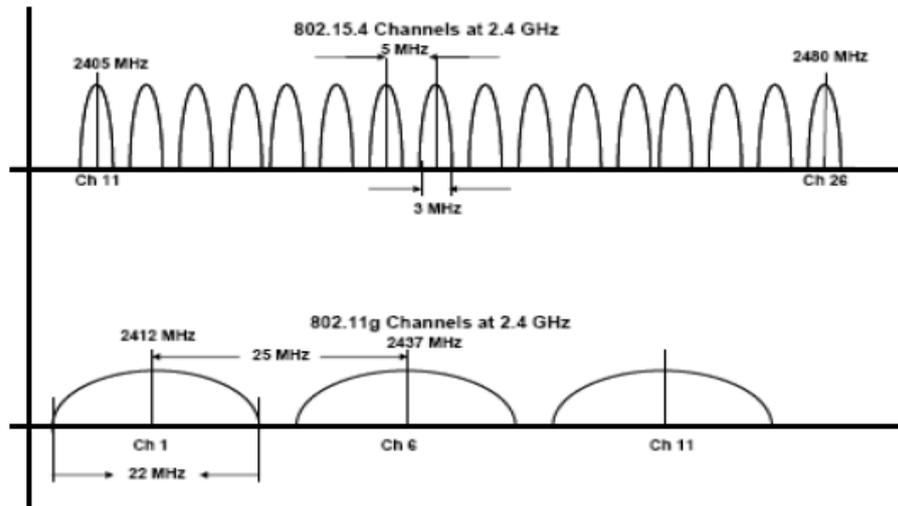


Figura 2.17. Espectro para Zigbee.

2.3.2.5. TÉCNICAS DE MODULACIÓN.

2.3.2.5.1. MODULACIÓN OQPSK (OFFSET QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING).

La modulación OQPSK consiste en realizar una transición de fase en cada intervalo de señalización de bits, por portadora en cuadratura.

2.3.2.5.2. MODULACIÓN BPSK (BINARY PHASE SHIFT KEYING).

En esta modulación se tiene como resultados posibles dos fases de salida para la portadora con una sola frecuencia. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase. (Ver tabla siguiente).

Banda de frecuencia (MHz)	Parametros de difusión		Parametros de datos		
	Tasa de chip (kchip/s)	Modulación	Tasa de bits (kb/s)	Velocidad de simbolo (ksymbol/s)	Simbolos
868-868.6	300	BPSK	20	20	BINARIO
902-928	600	BPSK	40	40	BINARIO
2400-2483.5	2000	O-QPSK	250	62.5	HEXADECIMA L

Tabla 2.2. Modulación BPSK.

2.3.2.6. TRAMA ZIGBEE.

Independientemente de la banda de frecuencia a la que se transmita, la trama procesada en la capa física es la siguiente:

Preambulo	Inicio de paquete	Longitud de campo	Carga útil de la capa física
4 bytes	1 bytes	1 bytes	2-127 bytes

Tabla 2.3. Trama Zigbee

2.3.2.7. ARQUITECTURA ZIGBEE.

Pila de protocolos IEEE 802.15.4

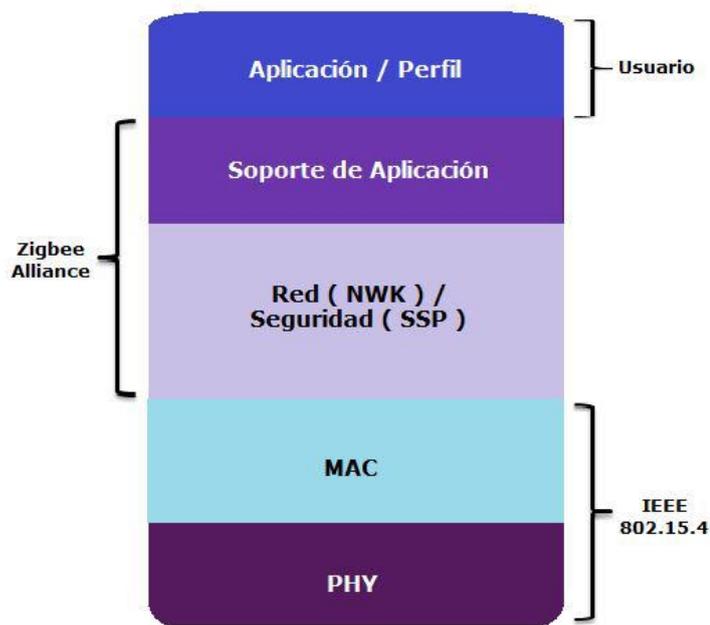


Figura 2.18. Arquitectura Zigbee.

La capa de más bajo nivel es la capa física (PHY), que en conjunto con la capa de acceso al medio (MAC), brindan los servicios de transmisión de datos por el aire, punto a punto. Estas dos capas están descritas en el estándar IEEE 802.15.4–2003.

La capa de red (NWK) tiene como objetivo principal permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer una interfaz adecuada para su uso por parte de la capa de aplicación. En esta capa se brindan los métodos necesarios para: iniciar la red, unirse a la red, enrutar paquetes dirigidos a otros nodos en la red, proporcionar los medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos. Es en esta capa en donde se implementan las distintas topologías de red que Zigbee soporta.

La siguiente capa es la de soporte a la aplicación que es el responsable de mantener el rol que el nodo juega en la red, filtrar paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos

de la red. La capa de Red y de soporte a la aplicación están definidas por la Zigbee Alliance.

En el nivel conceptual más alto se encuentra la capa de aplicación que no es otra cosa que la aplicación misma y de la que se encargan los fabricantes. Es en esta capa donde se encuentran los ZDO que se encargan de definir el papel del dispositivo en la red, si el actuará como coordinador, ruteador o dispositivo final; la subcapa APS y los objetos de aplicación definidos por cada uno de los fabricantes.

2.3.2.8. SEGURIDAD ZIGBEE.

La seguridad de las transmisiones y de los datos son puntos clave en la tecnología Zigbee. Zigbee utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad.

- **Control de accesos:** El dispositivo mantiene una lista de los dispositivos comprobados en la red.
- **Datos Encriptados:** Los cuales usan una encriptación con un código de 128 bits.
- **Integración de tramas:** Protegen los datos de ser modificados por otros.
- **Secuencias de refresco:** Comprueban que las tramas no han sido reemplazadas por otras. El controlador de red comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

2.4. ENLACE MICROONDA.

2.4.1. ONDA ELECTROMAGNÉTICA.

Onda electromagnética (O.E.M.). Es la perturbación simultánea de los campos eléctricos y magnéticos existentes en una misma región

(James C. Maxwell fue quien descubrió las ondas electromagnéticas). Consecuentemente existe una transferencia de energía en el tiempo y el espacio.

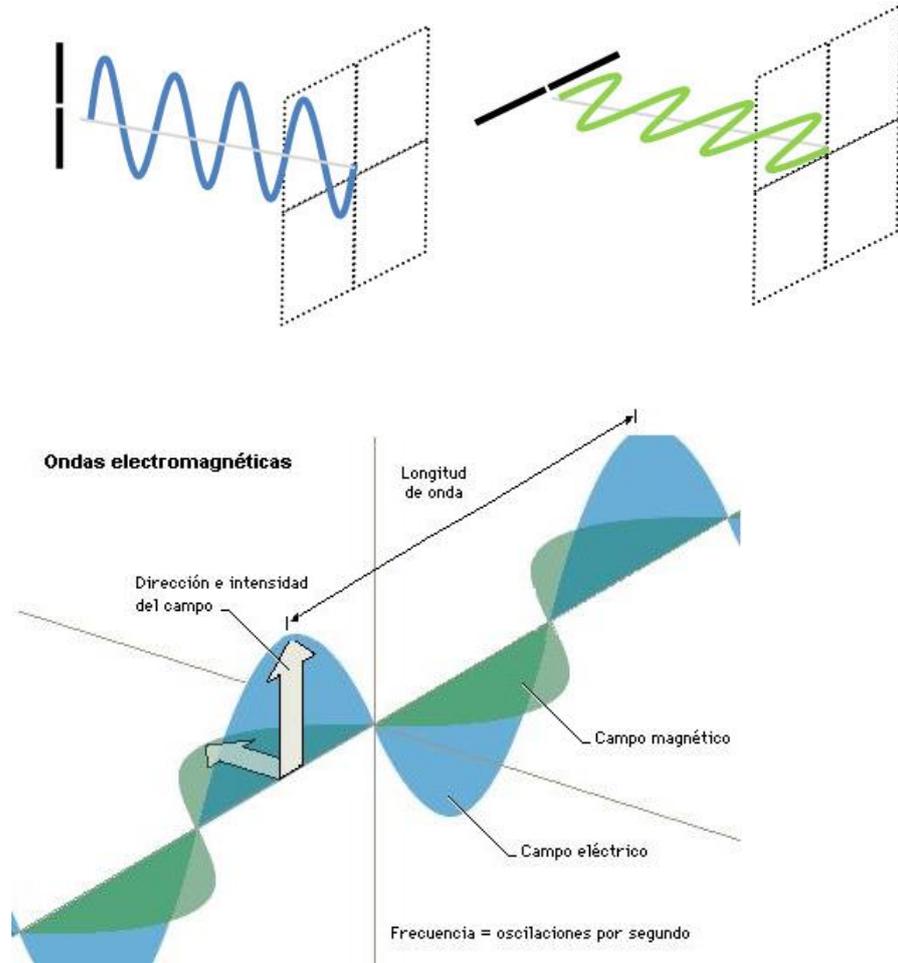


Figura 2.19. Onda Electromagnética.

2.4.2. ECUACIONES DE MAXWELL.

Todos los fenómenos electromagnéticos clásicos (no cuánticos) se pueden describir a partir de las ecuaciones de Maxwell.

Maxwell es considerado el padre de la teoría electromagnética. Sus célebres estudios condujeron al descubrimiento de las ondas electromagnéticas, las famosas 4 leyes de Maxwell, que rigen el electromagnetismo.

2.4.2.1. LEY DE GAUSS PARA MAGNETISMO.

Indica que la divergencia de un campo magnético es cero, las líneas de campo magnético siempre son continuas, los monopolos magnéticos no existen.

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

Donde:

$\nabla \cdot \vec{B}$ Densidad de campo magnético divergente.

2.4.2.2. LEY DE FARADAY.

Indica que un campo magnético variable, genera un campo eléctrico rotacional e induce un campo magnético variable de sentido opuesto.

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Donde:

$\nabla \times \vec{E}$ Campo eléctrico rotacional.

$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ Densidad de campo magnético.

2.4.2.3. LEY DE MAXWELL-AMPERE.

Dice que los campos magnéticos pueden ser generados de dos formas, la primera mediante corriente eléctrica la cual es la versión original de Ampere y la segunda mediante campos eléctricos cambiantes la cual es la aportación de Maxwell, la corrección de Maxwell a la ley de Ampere fue muy importante ya que con su conclusión dice que la ley propone a un campo eléctrico cambiante el cual podría producir un campo magnético y viceversa. Aun cuando no haya cargas eléctricas o corrientes presentes es posible que las ondas de los campos eléctrico y magnético puedan tener estabilidad, estas ondas son lo que llamamos radiación electromagnética, la velocidad calculada para la radiación electromagnética coincide con la velocidad de la luz, de esta manera Maxwell unifico los campos del electromagnetismo y la óptica.

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Donde:

$\nabla \times \vec{H}$ Campo magnético rotacional.

\vec{J} Densidad de corriente de conducción.

$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ Densidad de corriente de desplazamiento.

Generalmente las incógnitas son los campos vectoriales:

- E: campo eléctrico (V/m),
- D: campo de desplazamiento (C/m²),
- H: campo magnético(A/m) y

- B: campo de inducción magnética (T).

Estos campos conforman el campo electromagnético. Las dos ecuaciones del rotor (Faraday y Maxwell-Ampere) aseguran que hay una dependencia mutua entre campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo, de manera que en este caso ambos campos están interrelacionados.

El resultado de este proceso es una transmisión por el espacio de los campos eléctrico y magnético (o mejor dicho, del campo electromagnético). Se transmite energía, pero no materia.

La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas).

2.4.3. ECUACIÓN DE ONDA.

La onda plana uniforme representa una de las aplicaciones más sencillas de las ecuaciones de Maxwell, y sin embargo ilustra los principios que están detrás de la propagación de la energía.

Cuando las ondas viajan a través de un medio como: aire, agua, vacío, etc; se pueden incluir la aproximación de estas hacia un medio diferente al que inicialmente las propagó. Cuando este proceso puede llegar a ocurrir se presentan los fenómenos de reflexión y de refracción con incidencias normales u oblicuas a las fronteras de los medios involucrados, este comportamiento sucede en todo tipo de onda (luz, sonido, etc.).

A partir de las ecuaciones de Maxwell se obtienen las ecuaciones que representan la propagación de las ondas electromagnéticas viajando a través de medios disipativos, estas ecuaciones son:

$$-\nabla^2 \vec{E} + \mu_0 \mu_r \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \mu_r \epsilon_0 \epsilon_r \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

$$-\nabla^2 \vec{H} + \mu_0 \mu_r \sigma \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} + \mu_0 \mu_r \epsilon_0 \epsilon_r \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

En cambio, las ecuaciones que definen la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio libre son:

$$-\nabla^2 \vec{E} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

$$-\nabla^2 \vec{H} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

Donde los parámetros que definen las ecuaciones anteriores son:

\vec{E} Campo eléctrico.

\vec{H} Campo magnético.

μ_0 Permeabilidad del vacío.

ϵ_0 Permitividad del vacío.

μ_r Permeabilidad relativa del material.

ϵ_r Permitividad relativa del material.

2.4.4. VECTOR DE POYNTING.

Para que sea posible encontrar la potencia de una onda plana uniforme, es necesario ver un teorema de potencia para el campo electromagnético, conocido como el teorema de Poynting.

El vector de Poynting es un vector cuyo módulo representa la intensidad instantánea de energía electromagnética y cuya dirección y sentido son los de propagación de la onda electromagnética. El vector de Poynting puede definirse como el producto vectorial del campo eléctrico y la intensidad del campo magnético y se expresa mediante el símbolo: \vec{P}

La ecuación que define al vector de Poynting es:

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} = \frac{\epsilon_0^2}{\eta} \cos^2(\omega t - Bz)$$

2.4.5. MODULACIÓN.

Las diferentes fuentes de información (ondas electromagnéticas) por lo general no son adecuadas para la transmisión directa, para que puedan ser interpretadas y transmitidas, es necesario modificarlas a una forma más adecuada. Este proceso de modificación se conoce como modulación.

La modulación es un proceso que consiste en combinar una señal que representa información (señal moduladora, de baja frecuencia) con otra (señal portadora, de alta frecuencia). La señal obtenida (señal modulada), es susceptible a ser transmitida por un medio por el que no podía viajar en condiciones normales. En definitiva, la modulación permite la adaptación de una señal a un medio de transmisión, siendo una tecnología muy frecuente en telecomunicaciones.

Existen fundamentalmente dos tipos de modulación: analógica y digital.

En un instante dado, una onda se caracteriza por su frecuencia [Hertz], amplitud [Voltios] y fase [Grados]; por lo tanto, estos parámetros son los

únicos que se pueden variar con el fin de modificar a la señal original y cambiar sus características para que pueda ser transmitida.

2.4.5.1. MODULACIÓN ANALÓGICA.

Este tipo de modulaciones se realizan a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrico.

Esta emplea como portadora una señal sinusoidal de alta frecuencia. Las tres formas básicas de la modulación analógica se conocen como: modulación de amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM), modulación de fase (PM).

2.4.5.1.1. MODULACIÓN DE AMPLITUD (AM).

Es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante. Estas frecuencias que son lo suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente radiofrecuencias (RF).

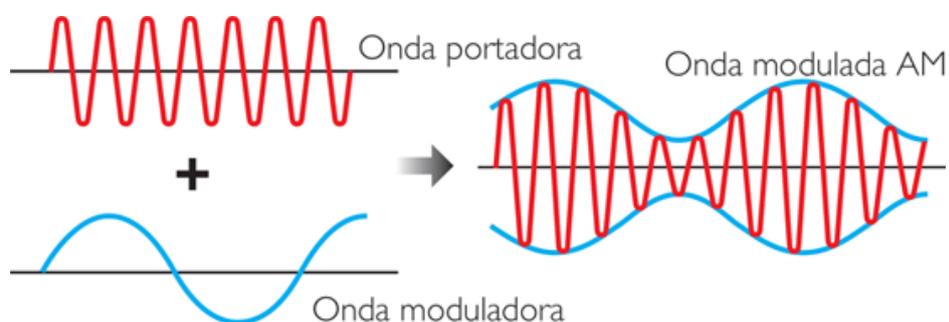


Figura 2.20. Modulación AM.

2.4.5.1.2. MODULACIÓN EN FRECUENCIA (FM).

Se considera modulación angular la que resulta de variar la frecuencia instantánea de la portadora con una función proporcional a la señal de modulación. En este tipo de modulación la potencia de la señal de salida no depende de la potencia de la señal de entrada, y la banda final de la señal modulada es mayor o igual que el doble de la frecuencia más alta de modulación

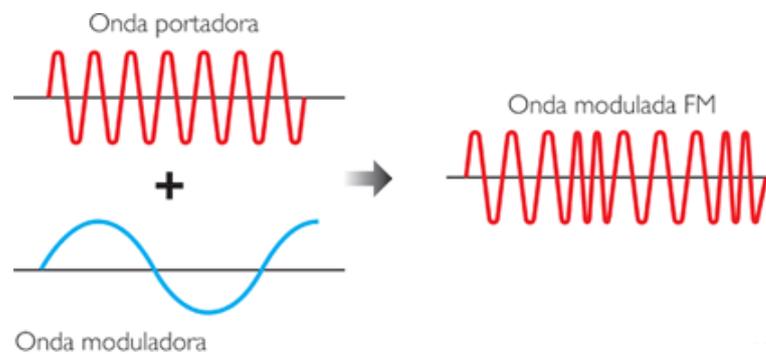


Figura 2.21. Modulación FM.

2.4.5.1.3. MODULACIÓN DE FASE (PM).

No hay diferencias entre los mecanismos de generación de la modulación de fase y de la frecuencia (FM). De hecho la única diferencia es que, en PM la fase de la onda modulada es proporcional a la amplitud de la señal de entrada y es FM, a la integral de la señal de entrada.

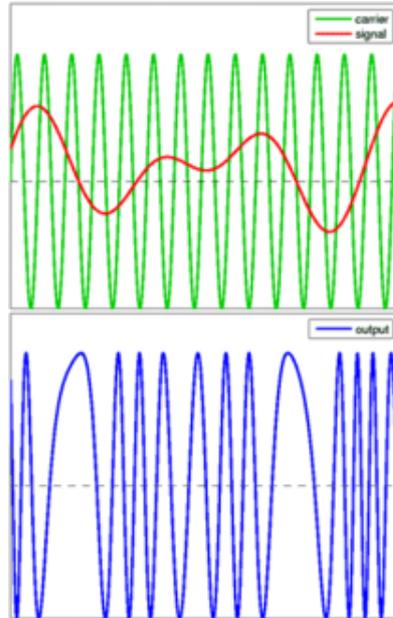


Figura 2.22. Modulación PM.

2.4.5.2. MODULACIÓN DIGITAL.

La función de una modulación digital es convertir los bits en señales adecuadas para su transmisión. Resulta ventajoso modular una señal portadora con la corriente digital de datos antes de la transmisión. Las tres formas básicas de la modulación digital son: conmutación de corrimiento de amplitud (ASK), conmutación de frecuencias (FSK), conmutación de corrimiento de fase (PSK), en amplitud y cuadratura (QAM).

La gran ventaja de las modulaciones digitales es que son más robustas frente al ruido, y además permiten regenerar la señal con mayor calidad que las modulaciones analógicas.

2.4.5.2.1. ASK - MODULACIÓN POR DESPLAZAMIENTO DE AMPLITUD.

Es una modulación de amplitud donde la señal moduladora (datos) es digital. Los dos valores binarios (0 y 1) se representan con dos amplitudes diferentes y es usual que una de las dos amplitudes sea cero;

es decir uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro dígito se representa mediante la ausencia de la señal portadora, en este caso la frecuencia y la fase se mantiene constante.

La modulación en ASK no es otra cosa que una variante de la modulación en AM que se adapta perfectamente a las condiciones de los sistemas digitales, además de que les permite trabajar sobre una sola frecuencia de transmisión en vez de tener que lidiar con pulsos cuadrados que contienen componentes en todas las frecuencias del espectro.

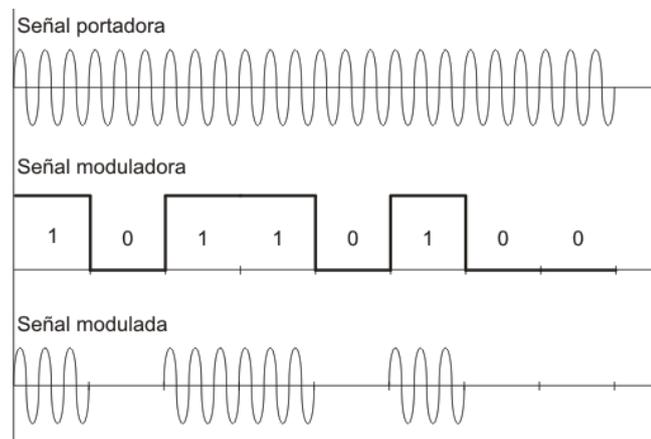


Figura 2.23. Modulación ASK.

2.4.5.2.2. FSK – MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE FRECUENCIAS.

En la modulación FSK la información se transmite en la frecuencia de la portadora, igual que en la modulación FM. Sin embargo, ahora el conjunto de valores que puede tomar dicha fase es finito. Por ejemplo, en la modulación BFSK (Binary FSK) la frecuencia solamente puede tomar dos valores. Si el bit a transmitir es un 0, se transmitirá una frecuencia. Si el bit a transmitir es un 1, se transmitirá otra diferente. El receptor conoce el bit transmitido midiendo en cada tiempo de bit la frecuencia recibida.

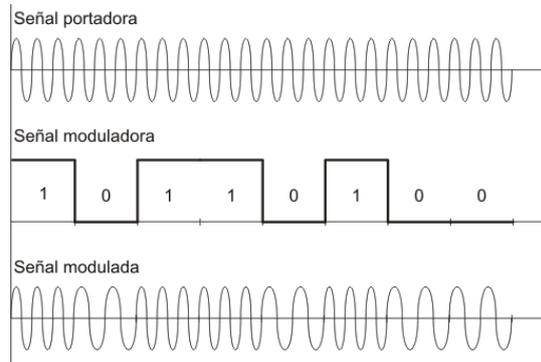


Figura 2.24. Modulación FSK.

2.4.5.2.3. PSK – MODULACIÓN POR CONMUTACIÓN DE CORRIMIENTO DE FASE.

Ahora la información viaja en la fase de la señal. Por ejemplo, en la modulación BPSK (Binary PSK) si el bit a transmitir es un 0, se transmite la portadora tal cual. Si el bit a transmitir es un 1, se invierte la fase de la portadora. El receptor sabe qué bit le ha llegado midiendo la fase de la portadora que llega. En función del número de fases diferentes que se pueda utilizar se obtendrán diferentes modulaciones: BPSK (dos fases, 0 y 180°), QPSK (cuatro fases, 0°, 90°, 180° y 270°), etc.

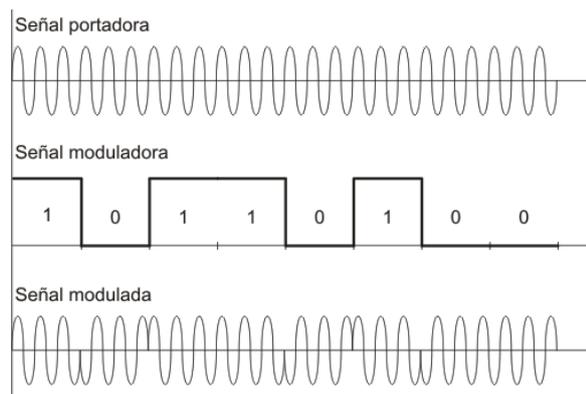


Figura 2.25. Modulación PSK.

2.4.5.2.4. QAM - MODULACIÓN EN AMPLITUD Y CUADRATURA.

Aquí la información viaja tanto en la amplitud como en la fase de la señal, pudiéndose obtener modulaciones con muchas más posibilidades. También hay diferentes tipos, en función del número de posibles señales que conforman la modulación: 4-QAM, con 4 posibles señales, 16-QAM con 16 posibles señales, etc.

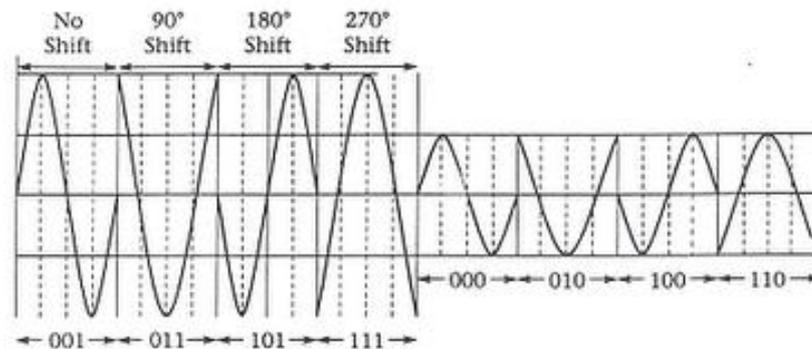


Figura 2.26. Modulación QAM.

2.4.5.3. MODULACIÓN POR CODIFICACIÓN DE PULSOS (PCM).

Es un método para convertir señales analógicas a señales digitales que se adquieren en un formato compatible con la transmisión digital. La transmisión digital de señales implica cuatro etapas:

- Conversión de las señales eléctricas analógicas en pulsos digitales.
- Codificación de estos pulsos en una secuencia apropiada para la transmisión.
- Transmisión sobre el medio digital.
- Conversión de nuevo a la forma analógica, en el extremo receptor.

Las señales de voz o cualquier otra señal analógica se convierten en una secuencia de dígitos binarios mediante el muestreo (Figura 1.6) de la forma de onda de señal a intervalos regulares. Cada instante de muestreo

se determina la amplitud de la forma de onda, de acuerdo con la magnitud se le asigna un valor numérico que se codifica en su forma binaria y se transmite sobre el medio de transporte. En el extremo receptor, la señal eléctrica original se reconstruye mediante la conversión de nuevo la forma analógica de la señal digitalizada que se recibe.

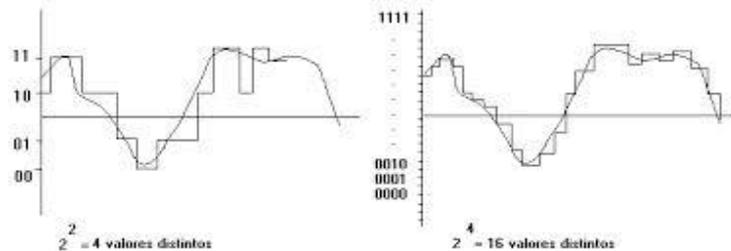


Figura 2.27. Modulación PCM.

2.4.6. COMUNICACIÓN VÍA MICROONDA.

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: el transmisor, el receptor y el canal aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

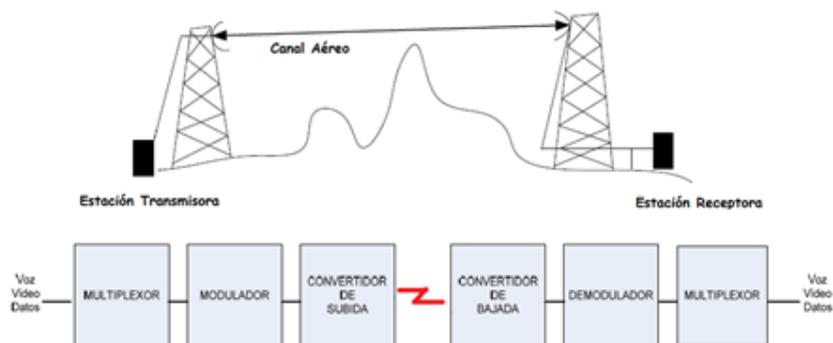


Figura 2.28. Comunicación por enlace de microonda.

2.4.6.1. ENLACE FIJO TERRESTRE.

Se denomina radio enlace fijo terrestre a cualquier interconexión por ondas electromagnéticas entre terminales de telecomunicaciones situados en puntos fijos sobre la superficie de la Tierra, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente utilizan las frecuencias entre los 800 MHz a 42 GHz.

Establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, debiendo transmitir dos portadoras moduladas: una para la transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de señales se denomina radio canal.

La energía electromagnética se distribuye en un rango de frecuencias llamado espectro radioeléctrico.

2.4.6.2. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.

El espectro radioeléctrico constituye un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas fijadas convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial.

A través del espectro radioeléctrico es posible brindar una variedad de servicios de telecomunicaciones que tienen una importancia creciente para el desarrollo social y económico de un país.

El espectro radioeléctrico es considerado por la Constitución de la República como un sector estratégico, por tanto, el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de este contexto, La legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible.

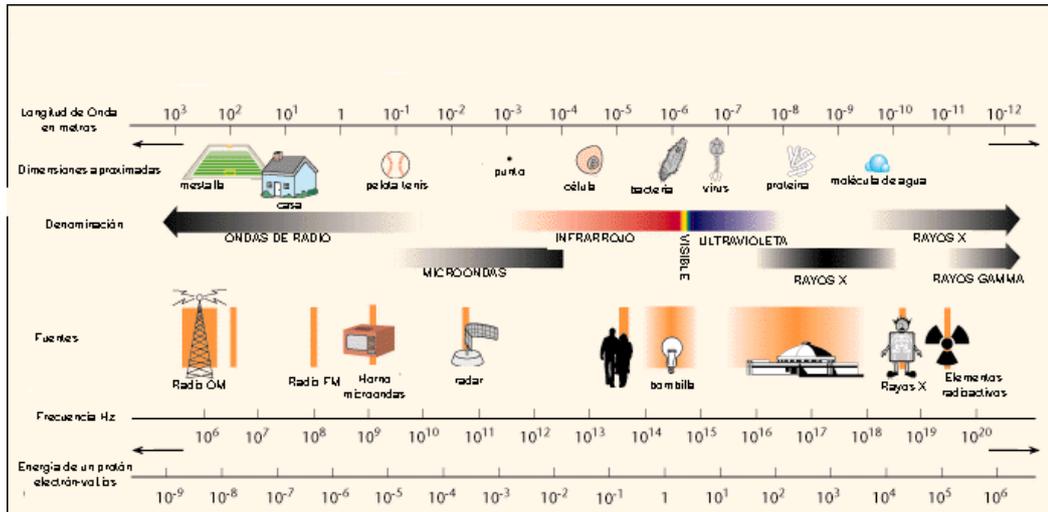


Figura 2.29. Distribución del Espectro Radioeléctrico.

Longitud de onda		Frecuencia		Siglas
Valores	Denominación	Valores	Denominación	
100km => 10km	ondas milimétricas	3 khz => 30 khz	frecuencias muy bajas	V.L.F.
10 km => 1 km	ondas kilométricas	30 khz => 300 khz	Frecuencias bajas	L.F.
1000 m => 100 m	ondas hectométricas	300 Khz => 3000 Khz	Frecuencias medias	M.F.
100 m => 10 m	ondas decamétricas	3 Mhz => 30 Mhz	Frecuencias altas	H.F.
10 m => 1 m	ondas métricas	30 Mhz => 300 Mhz	Frecuencias muy elevadas	V.H.F.
100 cm => 10 cm	Ondas decimétricas	300 Mhz => 3000 Mhz	Frecuencias ultra-elevadas	U.H.F
10 cm => 1 cm	Ondas centimétricas	3000 Mhz => 30000 Mhz	Frecuencias super-elevadas	S.H.F.

Tabla 2.4. Espectro Radioeléctrico.

2.4.6.3. POLARIZACIÓN.

La polarización de una onda es la figura geométrica determinada por el extremo del vector que representa al campo eléctrico en función del tiempo, en una posición dada. Para ondas con variación sinusoidal dicha figura es en general una elipse. Hay una serie de casos particulares. Si la figura trazada es una recta, la onda se denomina linealmente polarizada; si es un círculo, circularmente polarizada.

El sentido de giro del campo eléctrico, para una onda que se aleja del observador, determina si la onda está polarizada circularmente a derechas o a izquierdas. Si el sentido de giro coincide con las agujas del reloj, la polarización es circular a derechas. Si el sentido de giro es contrario a las agujas del reloj, la polarización es circular a izquierdas. El mismo convenio aplica a las ondas con polarización elíptica.

Se define la relación axial de una onda polarizada elípticamente, como la relación entre los ejes mayor y menor de la elipse de polarización. La relación axial toma valores comprendidos entre 1 e infinito.

Los campos se pueden representar en notación fasorial. Para determinar la variación temporal es suficiente con determinar el valor real de cada una de las componentes.

2.4.6.3.1. POLARIZACIÓN LINEAL.

En cualquier punto del espacio, el vector del campo eléctrico oscila arriba y abajo a lo largo de una línea vertical, y se dice que la onda está linealmente polarizada, es decir las variaciones del vector de campo eléctrico están contenidas una única dirección.

Se puede representar cada oscilación descomponiéndola en dos ejes X e Y. La polarización lineal se produce cuando ambas componentes están en

fase (con un ángulo de desfase nulo, cuando ambas componentes alcanzan sus máximos y mínimos simultáneamente) o en contrafase (con un ángulo de desfase de 180° , cuando cada una de las componentes alcanza sus máximos a la vez que la otra alcanza sus mínimos). La relación entre las amplitudes de ambas componentes determina la dirección de la oscilación, que es la dirección de la polarización lineal.

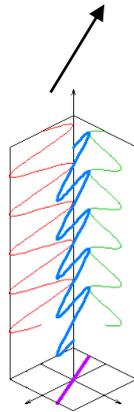


Figura 2.30. Polarización Lineal.

2.4.6.3.2. POLARIZACIÓN CIRCULAR.

Las dos componentes ortogonales tienen exactamente la misma amplitud y están desfasadas exactamente 90° . En este caso, una componente se anula cuando la otra componente alcanza su amplitud máxima o mínima. Existen dos relaciones posibles que satisfacen esta exigencia, de forma que la componente x puede estar 90° adelantada o retrasada respecto a la componente Y . El sentido (horario o anti horario) en el que gira el campo eléctrico depende de cuál de estas dos relaciones se dé. En este caso especial, la trayectoria trazada en el plano por la punta del vector de campo eléctrico tiene la forma de una circunferencia, por lo que en este caso se habla de polarización circular.

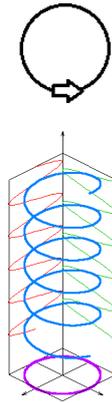


Figura 2.31. Polarización Circular.

2.4.6.3.3. POLARIZACIÓN ELÍPTICA.

Este tipo de polarización corresponde a cualquier otro caso diferente a los anteriores, es decir, las dos componentes tienen distintas amplitudes y el ángulo de desfase entre ellas es diferente a 0° y a 180° (no están en fase ni en contrafase).

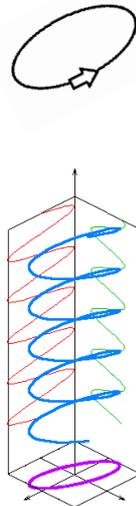


Figura 2.32. Polarización Elíptica.

2.4.6.4. ANTENAS DE MICROONDA.

Una antena es un dispositivo que actúa como transductor entre la propagación en el espacio libre y la propagación en la guía de onda. Durante la transmisión, la función de la antena es concentrar la energía radiada en un rayo apuntado en la dirección deseada, mientras que durante la recepción, su función es la de recoger la energía contenida en un rayo que incida sobre la misma y entregar dicha energía al receptor.

2.4.6.4.1. ASPECTOS GENERALES.

Una de las características más importantes de las microondas es la construcción del sistema de radiación. Como las longitudes de onda son de unos pocos centímetros (normalmente entre 6 mm y 10 cm), es fácil construir sistemas radiantes que sean grandes comparados con la longitud de onda, cosa que no es posible con longitudes de onda más largas o, lo que es lo mismo, con frecuencias más bajas.

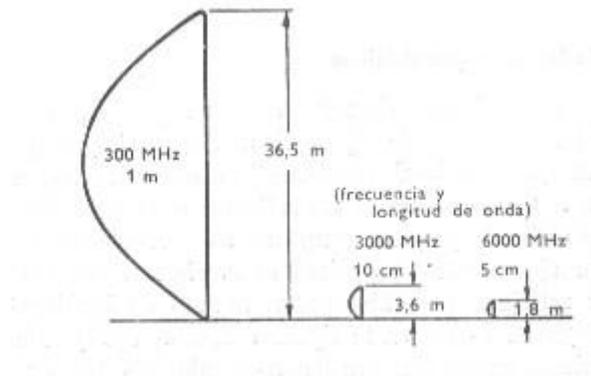


Figura 2.33. Aspectos generales de una antena.

Una medida de la habilidad de la antena para concentrar la energía en una dirección particular es la ganancia. Existen dos tipos de ganancia, la ganancia de directividad y la ganancia de potencia. La primera es conocida generalmente como directividad mientras que a la segunda se la llama directamente ganancia.

La directividad se define como:

$$G_D = \frac{\text{m\u00e1xima intensidad de radiaci\u00f3n}}{\text{intensidad de radiaci\u00f3n promedio}}$$

Donde la intensidad de radiación es la potencia radiada en la dirección por unidad de ángulo sólido.

La definición de directividad está basada principalmente en la forma del patrón de radiación. No tiene en cuenta las pérdidas que ocurren por calentamiento óhmico, calentamiento por RF o desadaptaciones de la antena. La ganancia incluye los efectos de pérdidas en la antena y, en general, toda otra pérdida que baje la eficiencia de la misma:

$$G = \frac{\text{m\u00e1xima intensidad de radiaci\u00f3n desde la antena}}{\text{intensidad de radiaci\u00f3n desde medio isotr\u00f3pico con misma entrada}}$$

La ganancia de directividad, que siempre es mayor que la ganancia de potencia, tiene importancia en lo que hace a cobertura, precisión y resolución, y está más relacionada con el ancho del haz que provee la antena. La diferencia entre ambas es muy pequeña y, en el caso de que no hubiera pérdidas, ambos valores serían iguales.

Otro parámetro útil relacionado con la ganancia es la apertura efectiva de recepción o área efectiva. La misma es una medida del área efectivamente presentada por la antena a la onda incidente. La ganancia G y el área efectiva A_e de una antena sin pérdidas están relacionadas por:

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi r_a A}{\lambda^2}$$

Donde λ es la longitud de onda, A es el área física de la antena y p_a es la eficiencia de apertura de la antena, la que se obtiene comparando la ganancia producida por la distribución particular de apertura de antena respecto de la ganancia producida por una distribución uniforme de apertura.

También es importante destacar parámetros tales como la polarización, es decir, la dirección del vector campo eléctrico, la existencia de lóbulos laterales, pequeños lóbulos a ambos lados del lóbulo central (y más importante) cuya existencia produce una reducción de energía en el rayo principal (aunque en algunas aplicaciones tales como el radar, los lóbulos laterales no son indeseables), y radiaciones espurias.

El componente básico de una antena parabólica lo constituye un reflector parabólico, muy a semejanza del reflector utilizado en las linternas para enfocar la luz de una pequeña lámpara en un haz de gran intensidad.

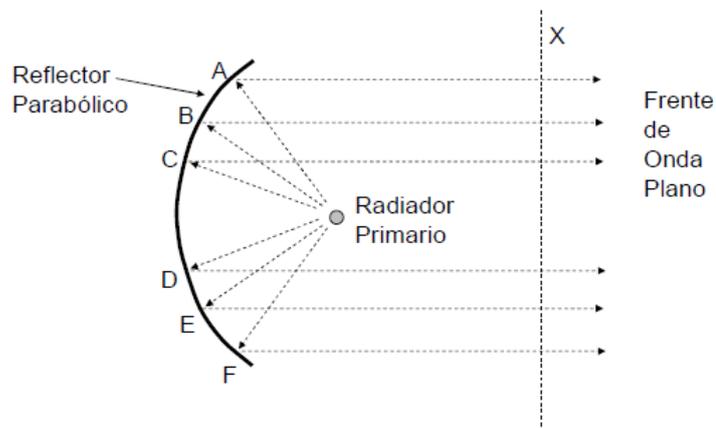


Figura 2.34. Frente de Onda en una Antena.

2.4.6.4.2. DIAGRAMAS DE RADIACIÓN.

Es la representación gráfica de las características de radiación de una antena, en función de la dirección (coordenadas en azimut y elevación). Lo más habitual es representar la densidad de potencia radiada, aunque también se pueden encontrar diagramas de polarización o de fase. Atendiendo al diagrama de radiación, podemos hacer una clasificación general de los tipos de antena y podemos definir la directividad de la antena (antena isotrópica, antena directiva, antena bidireccional, antena omnidireccional,...) Dentro de los diagramas de radiación podemos definir diagrama co-polar aquel que representa la radiación de la antena con la polaridad deseada y contra polar al diagrama de radiación con polaridad contraria a la que ya tiene.

Los parámetros más importantes del diagrama de radiación son:

- Dirección de apuntamiento: Es la de máxima radiación. Directividad y Ganancia.
- Lóbulo principal: Es el margen angular en torno a la dirección de máxima radiación.
- Lóbulos secundarios: Son el resto de máximos relativos, de valor inferior al principal.
- Ancho de haz: Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma un valor de 3dB por debajo del máximo. Es decir, la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad.
- Relación de lóbulo principal a secundario (SLL): Es el cociente en dB entre el valor máximo del lóbulo principal y el valor máximo del lóbulo secundario.

- Relación delante-atrás (FBR): Es el cociente en dB entre el valor de máxima radiación y el de la misma dirección y sentido opuesto.

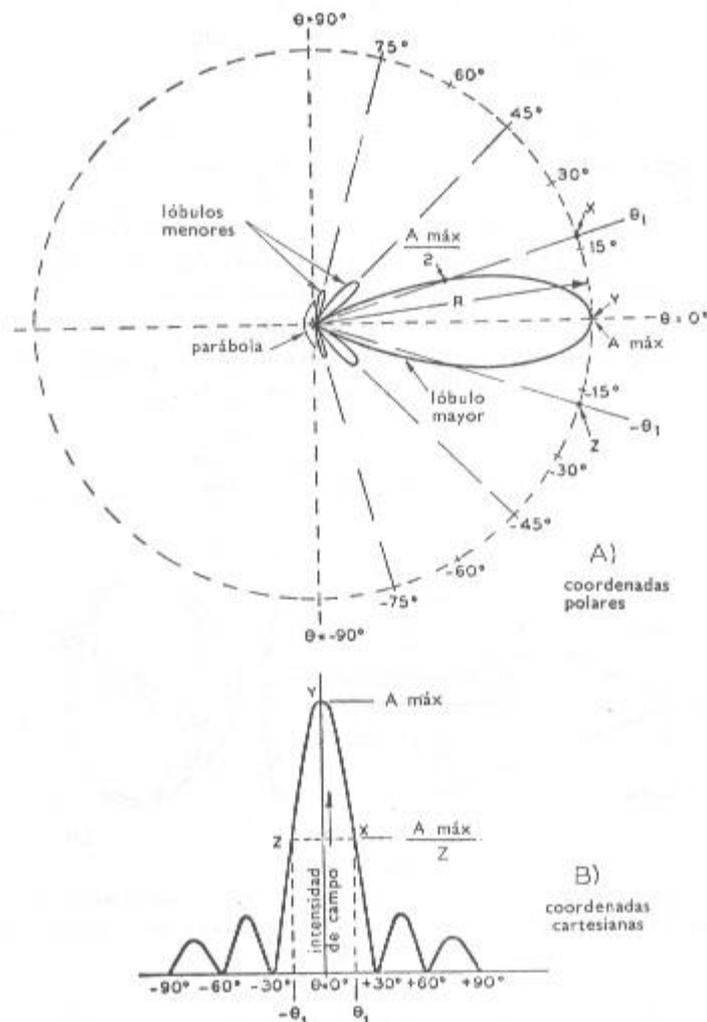


Figura 2.35. Diagramas de Radiación.

2.4.6.4.3. PARÁMETROS FÍSICOS DE ANTENA

- Tamaño (Diámetro)
- Peso
- Materiales con los que está construido
- Sobrevivencia / Carga al viento
- Torcedura y Oscilación (Twist & Sway)

- Montaje

2.4.6.4. PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE ANTENA

- Ganancia (dBi)
- Ancho de Haz (rad o grados)
- Patrón de Radiación
- Discriminación de Polarización Cruzada
- (XPD - dB)
- Relación Front to Back (F/B)
- Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)
- Pérdida de Retorno (RL - dB)

2.4.6.5. JERARQUÍAS DIGITALES.

Con la modulación de impulsos codificados o PCM (Pulse Code Modulation), que apareció en la primera década de los 60. PCM permite la utilización múltiple de una única línea por medio de la multiplexación por división en el tiempo o TDM (Time División Multiplexing), consistente en segregar muestras de cada señal en ranuras temporales que el receptor puede seleccionar mediante un reloj correctamente sincronizado con el transmisor.

Generalmente, las señales que son multiplexadas proceden de fuentes distintas, pudiendo haber ligeras diferencias entre la velocidad real de los distintos flujos de información debidas a variaciones en los tiempos de propagación, falta de sincronización entre las fuentes, etc. Este tipo de señales no sincronizadas reciben el nombre de plesiócronicas. La naturaleza plesiócrona de las señales requería de técnicas de relleno,

consistentes en la reserva de una capacidad de transmisión superior a la requerida, para eliminar la falta de sincronismo.

2.4.6.5.1. PDH (PLESICRONUS DIGITAL HIERARCHY) O JDP (JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA).

Es una tecnología basada en el transporte de canales digitales sobre un mismo enlace. Los canales a multiplexar denominados módulos de transporte o contenedores virtuales se unen formando tramas o módulos de nivel superior a velocidades estandarizadas.

Aparecido durante la década de los sesenta, durante los años 80 en que tuvo lugar la digitalización de las grandes redes públicas, los equipos PDH se instalaron masivamente por todo el mundo. No obstante, pronto se encontraron serias limitaciones como; La rigidez de las estructuras plesiócronicas de multiplexación hacían necesaria la demultiplexación sucesiva de todas las señales de jerarquía inferior para poder extraer un canal de 64 Kbps. La baja eficiencia de este proceso, suponía baja flexibilidad en la asignación del ancho de banda y una mayor lentitud en el procesamiento de las señales por parte de los equipos.

La información de gestión que puede transportarse en las tramas PDH es muy reducida, lo cual dificulta la supervisión, control y explotación del sistema. La falta de compatibilidad entre los distintos sistemas PDH y la adopción de estándares propietarios por parte de los fabricantes, dificultaba la interconexión entre redes de incluso un mismo operador. Los grandes avances del hardware y software, así como la entrada de la fibra óptica como medio de transmisión, no eran aprovechados por los sistemas PDH.

Nivel	Norteamérica		Europa		Japón	
	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación	Mbit/s	Denominación
1	1,544	(T1)	2,048	(E1)	1,544	(J1)
2	6,312	(T2)	8,448	(E2)	6,312	(J2)
3	44,736	(T3)	34,368	(E3)	32,064	(J3)
4	274,176	(T4)	139,264	(E4)	97,728	(J4)

Tabla 2.5. Jerarquía PDH.

2.4.6.5.2. SDH (SYNCHRONOUS DIGITAL HIERACHY) O JDS (JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA)

La Jerarquía Digital Sincrónica (SDH), es una red de transporte Digital de todo tipo de información el empleo de una transmisión digital sincrónica, además de ofrecer un gigantesco ancho de banda, simplifica los mecanismos de acceso del sistema de transporte a la vez que facilita las labores de mantenimiento y gestión de red. Surgió para resolver los inconvenientes de su antecesora, la Jerarquía Digital Plesiócrona ó PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) usada ampliamente en todas las redes de los operadores públicos durante muchos años. Uno de los problemas de la transmisión digital es la combinación de la información procedente de varios usuarios en una señal única. En este proceso solo hay que incluir los datos de cada usuario, si no que, además habrá que añadir la información que permita, por una parte identificar los instantes discretos en los que la información es válida y, por otra parte determinar a quien pertenece dicha información. En la Figura Nro 01 se muestra la estructura de una red Óptica de 10 GbE en Red de Transporte.

SONET y SDH son un conjunto de estándares para la transmisión o transporte de datos síncronos a través de redes de fibra óptica. SONET significa por sus siglas en inglés, Synchronous Optical NETWORK; SDH viene de Synchronous Digital Hierarchy. Aunque ambas tecnologías sirven para lo mismo, tienen pequeñas diferencias técnicas, de manera semejante

con el T1 y el E1. SONET, por su parte, es utilizada en Estados Unidos, Canadá, Corea, Taiwan y Hong Kong; mientras que SDH es utilizada en el resto del mundo. Los estándares de SONET están definidos por la ANSI (American National Standards Institute) y los SDH por la ITU-T (International Telecommunications Union). En la tabla 2 se muestra la equivalencia entre SDH y SONET en cuestión de velocidades o tasas de bits.

Nivel SONET	Nivel SDH	Tasa de línea (Mbit/s)
STS-1	-	51,84
STS-3	STM-1	155,52
STS-12	STM-4	622,08
STS-48	STM-16	2488,32
STS-192	STM-64	9953,28

Tabla 2.6. Jerarquía SDH.

2.4.7. CÓDIGOS DE LÍNEA.

Un código en línea (modulación en banda base) es un código utilizado en un sistema de comunicación para propósitos de transmisión. Los códigos en línea son frecuentemente usados para el transporte digital de datos.

Estos códigos consisten en representar la señal digital transportada respecto a su amplitud y respecto al tiempo. La señal está perfectamente sincronizada gracias a las propiedades específicas de la capa física. La representación de la onda se suele realizar mediante un número determinados impulsos que representan los 1s y los 0s digitales.

2.4.7.1. CÓDIGO HDB3.

La denominación HDB3 proviene del nombre en inglés High Density Bipolar-3 Zeros que puede traducirse como código de alta densidad bipolar de 3 ceros.

En el mismo un 1 se representa con polaridad alternada mientras que un 0 toma el valor 0. Este tipo de señal no tiene componente continua ni de bajas frecuencias pero presenta el inconveniente que cuando aparece una larga cadena de ceros se puede perder el sincronismo al no poder distinguir un bit de los adyacentes.

Para evitar esta situación este código establece que en las cadenas de 4 bits se reemplace el cuarto 0 por un bit denominado bit de violación el cual tiene el valor de un 1 lógico.

En las siguientes violaciones, cadenas de cuatro ceros, se reemplaza por una nueva secuencia en la cual hay dos posibilidades

000V

B00V

Donde V es el bit de violación y B es un bit denominado bit de relleno.

La letra B indica un pulso con distinto signo que el pulso anterior.

La letra V indica un pulso con el mismo signo que el pulso que le precede.

Para decidir cuál de las dos secuencias se debe utilizar se deben contar la cantidad de unos existentes entre la última violación y la actual. Si la cantidad es par se emplea la secuencia B00V y si es impar la secuencia 000V.

El primer pulso de violación lleva la misma polaridad del último 1 transmitido de forma de poder detectar que se trata de un bit de violación.

En la combinación B00V el bit de violación y el de relleno poseen la misma polaridad.

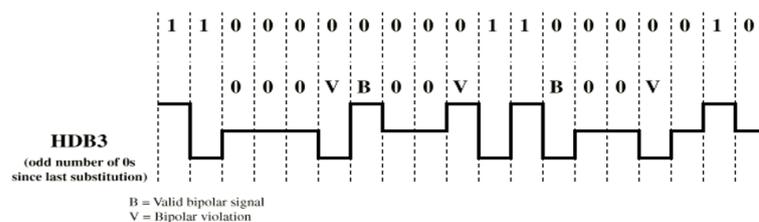


Figura 2.36. Codificación HDB3.

CAPÍTULO III

3. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS.

3.1. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA RED DE SENSORES.

3.1.1. REQUISITOS DE SOFTWARE.

Como software base y para funcionamiento de la red de sensores LabVIEW es el ideal para el sistema de medidas y control. Integra las herramientas necesarias para construir aplicaciones de medida y control a partir de conocimientos de electrónica y de redes, optimizando tiempo y recursos. El entorno de LabVIEW nos ayuda a resolver problemas.

LabVIEW es el entorno de desarrollo ideal para la tesis presentada, permitiendo nuevos descubrimiento y resultados rápidos y útiles. Combina la potencia del software LabVIEW con el hardware modular (Gateways y Nodos en este caso); teniendo la posibilidad de ser reconfigurable para resolver problemas tanto de escalabilidad como de complejidad.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora

está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux. La última versión es la 2012.

3.1.1.1. LABVIEW.

LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

En este caso, la versión utilizada será LabVIEW 2012.



Figura 3.1. LABView.

3.1.1.2. VERSIONES SOPORTADAS.

Siendo una plataforma universal de desarrollo, cabe adicionar información de las versiones tanto de LabVIEW, de sistemas operativos y de Drivers compatibles entre sí, facilitando un buen desarrollo de aplicaciones según los recursos disponibles.

La tabla mostrada a continuación detalla cada una de las versiones de los nodos y gateways con sus respectivas versiones de LabVIEW, módulos y drivers compatibles y requeridos.

Hardware	NI LabVIEW (32 bit)	NI LabVIEW Module (32 bit)	NI-WSN	Other NI Driver Requirements
Nodes				
NI WSN-3202	8.6.1 or later	WSN Module 8.6.1 or later	1.0.2 or later	-
***NI WSN-3212	8.6.1 or later	WSN Module 2010 or later	1.3.0 or later	-
***NI WSN-3226	8.6.1 or later	WSN Module 2010 or later	1.3.0 or later	-
NI WSN-3214	2011 or later	WSN Module 2011 or later	1.3.1 or later	-
NI WSN-3230	2011 or later	WSN Module 2011 or later	1.3.0 or later	-
NI WSN-3231	2011 or later	WSN Module 2011 or later	1.3.0 or later	-
Gateways				
NI WSN-9791	8.6.1 or later	-	1.0.2 or later	-
*NI 9792	2010 or later	2010 Real-Time Module or later	1.3.0 or later	-
**NI 9795	2011 or later	2011 Real-Time Module or later	1.3.0 or later	NI-RIO 4.0 or later

Tabla 3.1. Versiones de LABView y Drivers soportados.

Según el sistema operativo, la tabla siguiente muestra su compatibilidad con las versiones de LabVIEW, y drivers.

OS	NI-WSN	NI LabVIEW	NI LabVIEW WSN Module
Windows 7	Actual	Actual	Actual
Windows Vista	Actual	Actual	Actual
Windows XP (32 bit only)	Actual	Actual	Actual
Windows 2000 SP3	1.0.2	2009 SP1	2009 SP1

Tabla 3.2. Sistemas Operativos Windows soportados.

3.1.2. INSTALACIÓN DE LOS DRIVERS.

La red de sensores necesita de distintos drivers para poder tener la capacidad de que el computador, por medio del software LabVIEW los reconozca.

Los driver requeridos son los siguientes:

- LabVIEW Real-Time Module (requerido por NI 9792 and NI 9795).

- NI-RIO (Requerido para soporte de NI 9795).
- LabVIEW WSN Module (Opcional, permisos de LabVIEW para programación directa en los nodos).
- NI-WSN Driver.

Afortunadamente todo esto lo podemos encontrar en un solo instalador. Con la adquisición de los equipos de NI (gateways y nodos), como parte de la compra se adjunta un CD de instalación de los drivers; si éste no es el caso o siendo también que se requiera la última versión se lo descarga en la siguiente dirección:

<http://search.ni.com/nisearch/app/main/p/bot/no/ap/tech/lang/es/pg/1/sn/catnav:du,n8:1.11297,ssnav:sup/>

Donde se muestran todos los drivers disponibles para cada uno de los distintos recursos disponibles detallados anteriormente, se recomienda descargar la última versión 1.4



Figura 3.2. Link de descarga de los drivers.

Luego de hacer click, el navegador nos re-direccionará a la ventana de descarga, de la cual aparecerán dos opciones de descarga.

La opción 1 instalará los drivers mientras se descarga, es una descarga estable y goza de la característica de poder pausar la descarga.

La opción 2 descargará todo el archivo al computador directamente, necesita buena conexión a internet y la instalación se la realizará manualmente terminada la descarga.

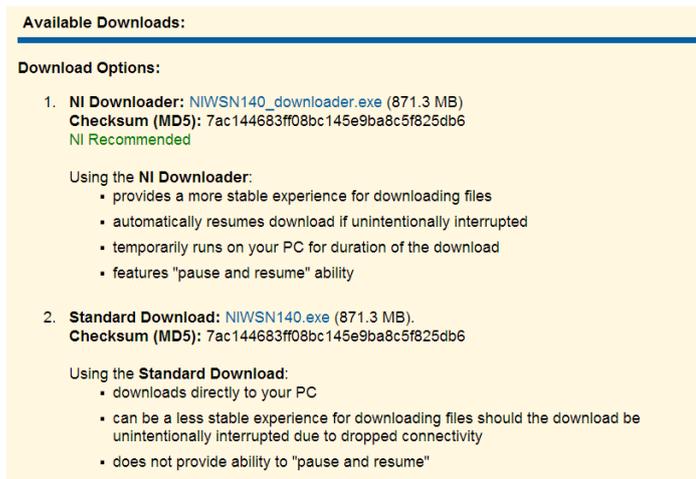


Figura 3.3. Opciones de descarga de los drivers.

En este caso la descarga se la realizó mediante la segunda opción, adjuntando a la tesis un CD con el instalador actualizado de los drivers necesarios.

Haciendo doble click en el instalador se despliega una ventana similar a la siguiente, en la cual se hará click en "Unzip" para copiar los archivos requeridos e iniciar con la instalación. Una vez hecho esto se hace click en Next.

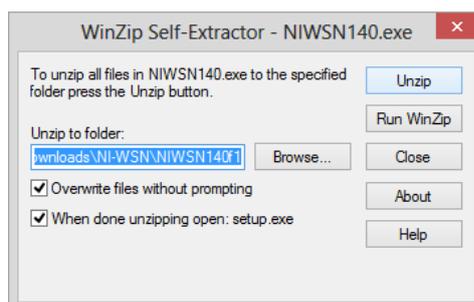


Figura 3.4. Ventana inicial de instalacion de drivers.



Figura 3.5. Ventana de instalación de los drivers.

Una vez hecho click en Next (Siguiente) para continuar con la instalación aparecerá una nueva ventana muy importante en la cual se deberá seleccionar la versión de LabVIEW que se encuentra actualmente instalada en la PC. Se recomienda seleccionar una sola versión, pues esto evitará conflictos y al mismo tiempo utilizará menos recursos del computador. En este caso se selecciona LabVIEW 2012, como se ha mencionado en instancias anteriores en este informe.

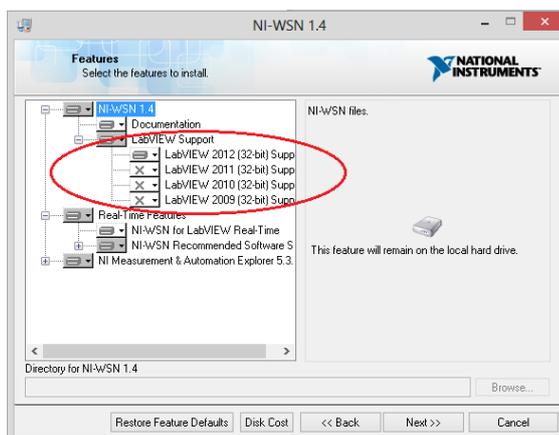


Figura 3.6. Selección de la versión de LABView.

Se concluye la instalación presionando next en las siguientes ventanas que aparecerán.

3.1.3. EQUIPOS Y TOPOLOGÍA DE RED.

Las estaciones meteorológicas requieren un sistema que le brinde tanto seguridad como la posibilidad de controlar a distancia (telemando) una variedad de actuadores útiles para las necesidades de las mismas. El nodo seleccionado para la red inalámbrica de sensores es el siguiente:

NI WSN-3202



Figura 3.7. Características físicas del nodo NI WSN-3202.

Este nodo consta de características adecuadas para ser explotadas a beneficio de la estación meteorológica para todos sus requerimientos.

Este dispositivo puede ser alimentado de distintas maneras adaptándose de estupenda manera a varios ambientes y recursos de energía. Como alimentación principal, puede utilizarse el conector de potencia el cual puede ser alimentado a partir de 9 Voltios hasta 30 Voltios, al mismo que se puede conectar baterías o adaptadores adecuados que suministren el voltaje requerido. Otra opción de alimentación es la utilización de 4 pilas AA colocadas justamente en el puerto para ese propósito.

El tiempo de duración de las baterías puede alcanzar hasta los 3 años dependiendo de su utilización, debido a que son radios de baja potencia; pero esto no quiere decir que tenga poco alcance, su alcance varía dependiendo de las características del lugar en el cual va a funcionar,

para lugares abiertos alcanza distancias de hasta cien metros y en interiores este se reduce a los 35 metros.

Tiene también un pin para alimentar a sensores que lo requieran, con un voltaje máximo de 12 Voltios y 20 mili-Amperios.

Posee 4 entradas analógicas con rangos de ± 10 , ± 5 , ± 2 , ± 0.5 Voltios configurables desde el software. Así mismo tiene 4 canales digitales que pueden ser dispuestos como entradas o salidas con un rango de 5-30 Voltios y una corriente máxima de 1 Amperio.

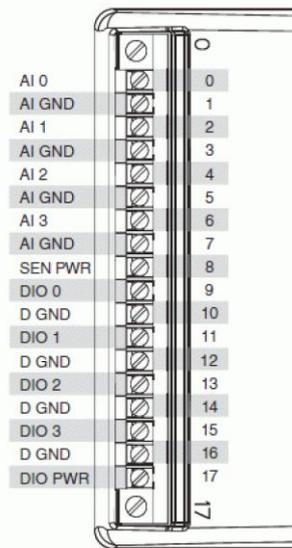


Figura 3.8. Pines de conexión del nodo.

Es recomendable utilizar un adaptador que alimente la entrada de 9 a 30 Voltios si se pretende utilizar gran parte y todos los pines del nodo, pues las exigencias de energía serán superiores reduciendo el tiempo de duración de las baterías AA, adicionalmente las 4 baterías AA no serán suficientes si se exige demasiado al nodo.

La tabla resume las características del nodo a ser utilizado.

Model	Signal Type(s)	Analog Input Channels	Resolution (bits)	Minimum Sample Interval (seconds)	Input Range(s)	DIO Channels	DIO Voltage Range (V)	Maximum DIO Sourcing (aggregate)	Additional Features
NI WSN-3202	Voltage	4	16	1	± 10 , ± 5 , ± 2 , ± 0.5 V	4 (sinking or sourcing)	5 to 30	1 A	12 V, 20 mA sensor power output

Tabla 3.3. Resumen del NI WSN-3202

La conexión de los sensores es directa hacia el nodo, el nodo recepta directamente las señales analógicas y las envía para ser procesadas. La imagen siguiente muestra un ejemplo de conexión de sensores:



Figura 3.9. Esquema de conexiones del Nodo NI WSN-3202.

Este nodo no podrá conectarse directamente con una PC, sino a través de un Gateway especial. Este dispositivo funcionará como concentrador de todos los nodos recibiendo los datos que estos envíen y a su vez se conecta con un computador para el análisis de los datos que cada nodo envíe; la comunicación será Full-Dúplex, pues al mismo tiempo el

computador enviará órdenes a distintos actuadores a través del Gateway y los nodos respectivamente.

El modelo de Gateway seleccionado es el NI WSN-9791.

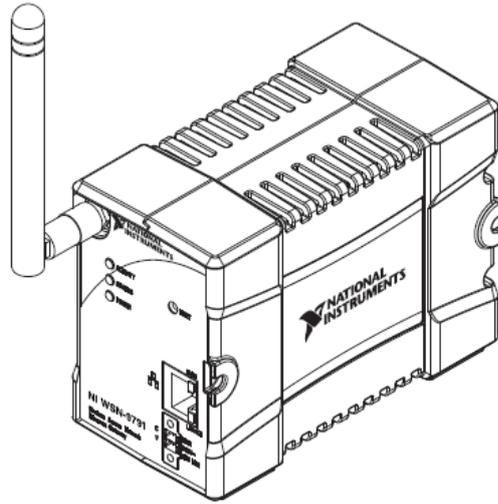


Figura 3.10. Gateway NI WSN-9791.

La característica principal por la cual se elige este Gateway es que cumple con lo suficiente para coordinar comunicación entre los nodos de medida NI WSN-3202 distribuidos y el controlador principal, a través de su radio IEEE 802.15.4 de 2.4 GHz. Posee también un puerto Ethernet de 10/100 Mbps para conectividad flexible con controladores principales Windows o LabVIEW Real-Time, en este caso con Windows por medio de LabVIEW.

Soporta la conexión de 36 nodos en topología malla.



Figura 3.11. Nodos en topología malla.

Y la conexión de 8 nodos en topología estrella.



Figura 3.12. Nodos en topología estrella.

3.1.4. CONFIGURACIÓN DEL GATEWAY.

El primer dispositivo a configurar es el Gateway, debido que a partir de este se configurarán los nodos necesarios para la topología. La configuración del Gateway se lo realiza a partir del NI MAX, que es parte del software de LabVIEW para administración de dispositivos.



Figura 3.13. Ícono de NI MAX para configuración de los nodos.

El Gateway debe ser energizado previamente y verificado que se encienda. Una vez encendido, se lo conecta al computador por medio de un cable Ethernet a los respectivos puertos tanto del computador como del Gateway. El software NI MAX escaneará dispositivos conectados y lo mostrará en la parte superior izquierda de la ventana como indica la siguiente imagen:

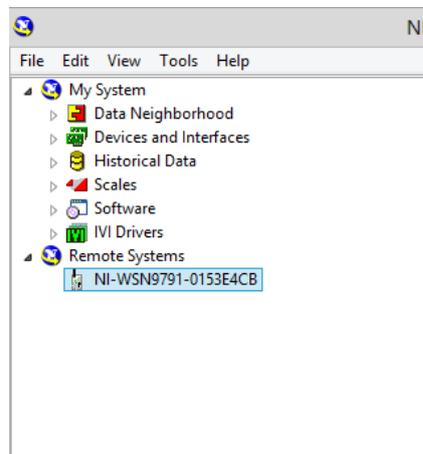


Figura 3.14. Reconocimiento del Gateway.

Al seleccionarse al gateway conectado aparece en la parte central la información básica como el tipo de conexión y la dirección MAC. También se despliega la configuración del dispositivo en la cual los parámetros más importantes para la configuración de la red son los siguientes:

- Selección del tipo de configuración de la dirección de red IP version 4, sea por medio de DHCP o direcciones estáticas.
- Dirección IPv4.
- Máscara de subred.
- Dirección Gateway (si va a ser transmitido por una WAN).
- Dirección del servidor DNS (si va a ser transmitido por una WAN).

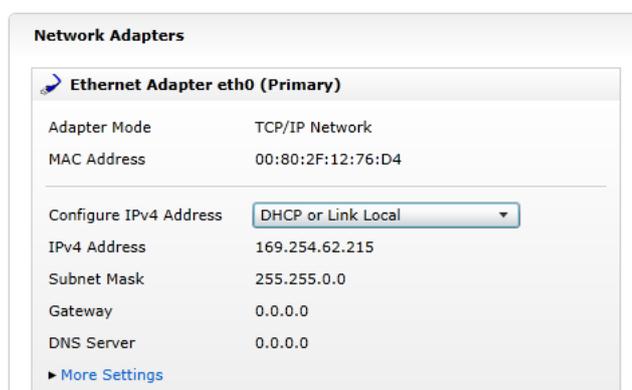


Figura 3.15. Asignación de dirección IP del Gateway.

En este caso los parámetros a configurar serán: la dirección IPv4 y la dirección de la máscara; con el propósito de crear una subred obviamente con direcciones privadas.

No serán necesarias direcciones de Gateways ni DNS debido a que este dispositivo será conectado al computador mediante un enlace de datos por medio de radios de microonda (que serán analizados posteriormente), y este enlace establecería una conexión directa. No requeriría seguridades adicionales en los datos como encriptaciones, estos gateways de NI funcionan bajo protocolo tanto inalámbrico como en su interfaz Ethernet, que permiten solamente que software destinado para su recepción será capaz de reconocer y analizar la información.

3.1.5. CONFIGURACIONES DE LOS NODOS.

El nodo propuesto es el NI WSN-3202, del cual sus características fueron detalladas anteriormente.

Una vez configurados los gateways, deben ser configurados los nodos. Los nodos, que pueden funcionar como routers en topologías de malla.

Para la configuración de los nodos, necesariamente debe estar configurado el Gateway, debido a que el nodo no tiene ninguna conexión alterna con la PC sino solo inalámbricamente a través de Gateway.

Para empezar la configuración del nodo, el Gateway NI WSN-9791 debe estar encendido y conectado con la PC y obviamente reconocido y configurado, como anterior mente fue explicado. Seleccionado el Gateway que va a ser utilizado, en la parte central aparece toda la información, dentro de la que consta la posibilidad de añadir un nuevo nodo, al seleccionar esta pestaña, inmediatamente surgirá la ventana de configuración del nodo.

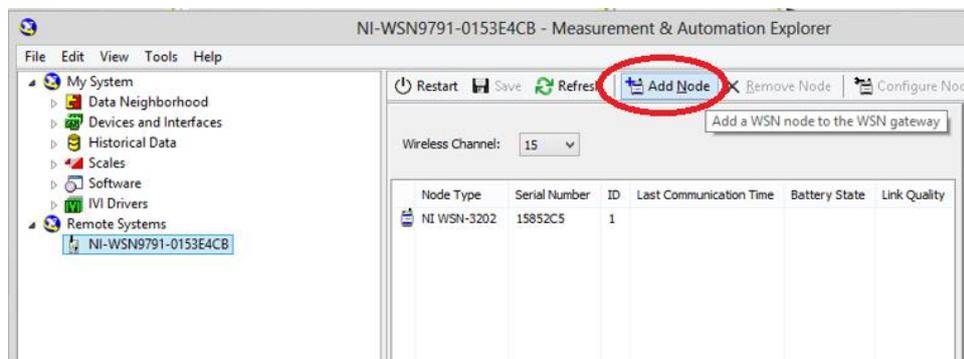


Figura 3.16. Identificación de los nodos.

La ventana que surge consta de 3 parámetros configurables de dicho nodo, siendo estos los siguientes:

Tipo de nodo – Aquí se selecciona cada uno de los diferentes modelos o tipos de los nodos, en este caso el nodo propuesto y seleccionado es el NI WSN-3202

Número de serie – Cada nodo tiene un número de serie único el cual se especifica en dos partes del dispositivo, en la parte frontal y la parte posterior.

Identificador – Este parámetro se refiere a un número único a nivel de la red (en el caso de que se conecten varios sensores) que especifica los nodos, y éste puede ir de 1 a 50; sirve diferenciar los nodos entre sí más fácilmente, sabiendo que el número de serie también es único a nivel general.

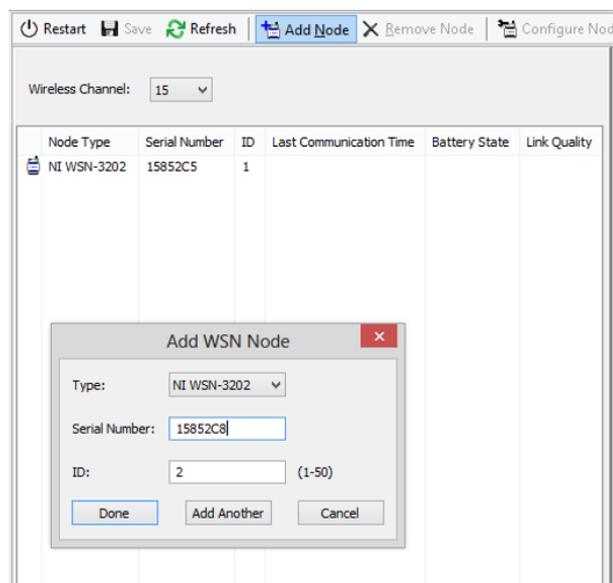


Figura 3.17. Reconocimiento de nodos mediante su número serial.

Haciendo click en el botón “Done” automáticamente el nodo es añadido al sistema para su utilización, se puede verificar si el proceso ha sido realizado correctamente en la pantalla de información en la que aparecerá el nuevo nodo.

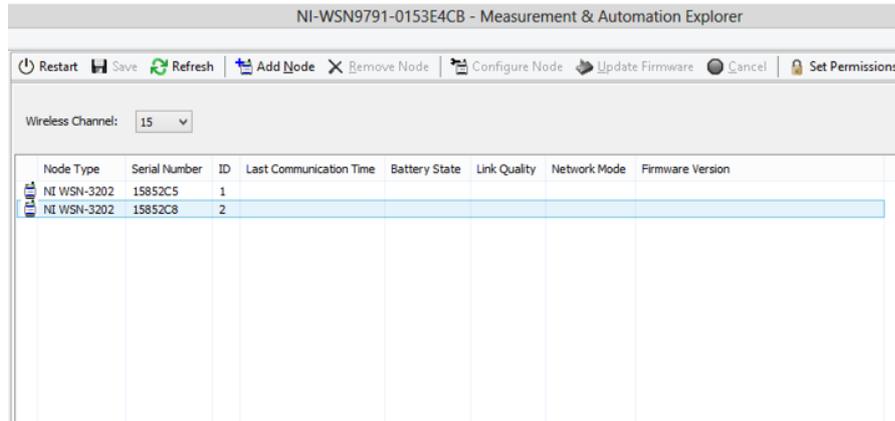


Figura 3.18. Visualización de los nodos.

El nodo es añadido correctamente, pero no identificado aún, debido a que no se muestran cada uno de sus detalles en la pantalla de información, es necesario pulsar en el botón “Refresh” para actualizar la información, deberá aparecer la información del nodo similar a la imagen mostrada a continuación.

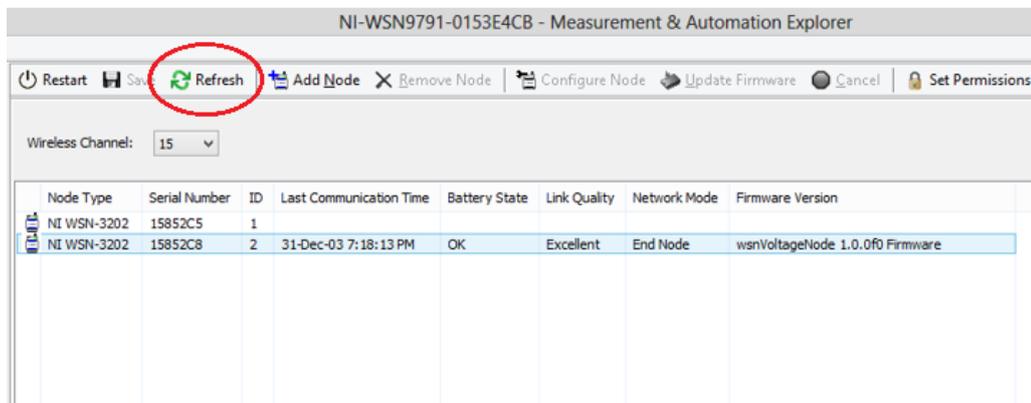


Figura 3.19. Actualización de los estados de los nodos.

Para verificar el funcionamiento tanto del Gateway como de los nodos y al mismo tiempo describir como éstos deben ser iniciados se describe una prueba sencilla.

Se inicia el software LabVIEW 2012, al abrir la aplicación es posible la selección de LabVIEW o, LabVIEW Robotics. La selección adecuada es LabVIEW.

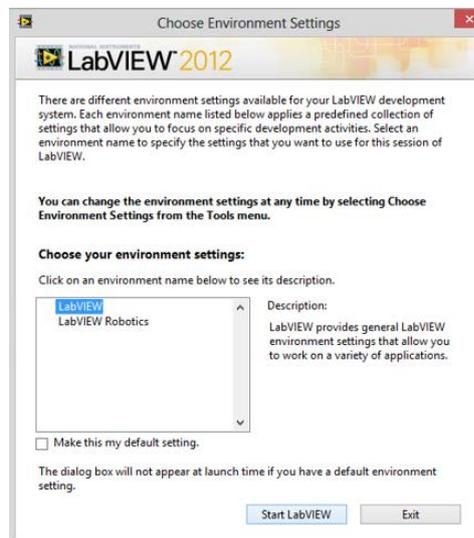


Figura 3.20. Inicio de LABView.

Seguidamente se debe pulsar Crear Proyecto (Create Project) con el objetivo de adecuar al proyecto para la utilización de hardware y dispositivos adicionales. Al iniciar solamente un nuevo VI (Virtual Instrument – Instrumento virtual) no es posible la utilización de los dispositivos pese a estar estos correctamente configurados.

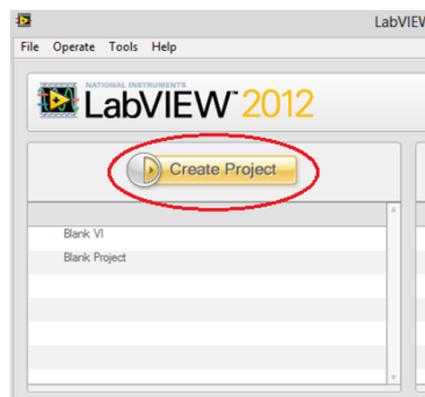


Figura 3.21. Crear Nuevo Proyecto.

Una nueva ventana aparece, en la cual se selecciona que se muestre todo. Del submenú con una gran variedad de posibilidades de iniciar el proyecto se debe seleccionar en este caso un nuevo proyecto. Posterior a esto pulsar finalizar.

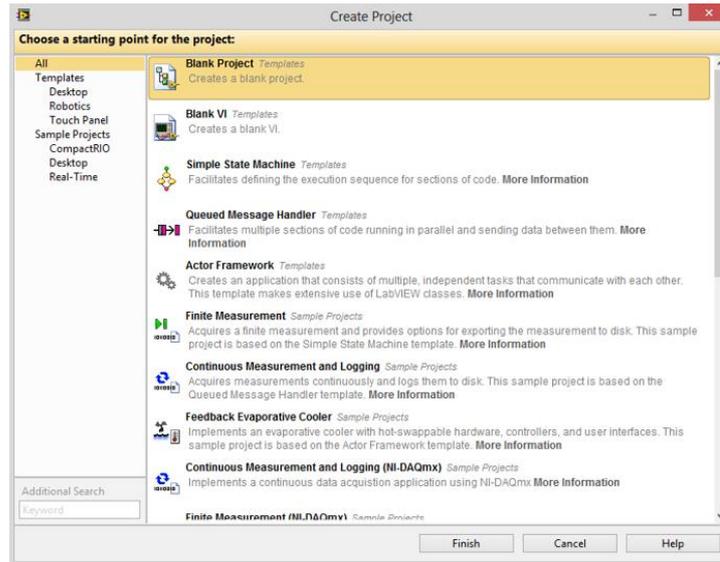


Figura 3.22. Nuevo proyecto en blanco.

Se inicia el nuevo proyecto con todas las características, dentro de las cuales nos permite la utilización de los nodos y los gateways, en este caso es adecuado identificar el Gateway que ha sido configurado; para ello hacer click derecho en el título del proyecto para desplegar su menú contextual en el cual se selecciona “Nuevo” (New) y la opción “Tarjetas y Dispositivos” (Targets and Devices)

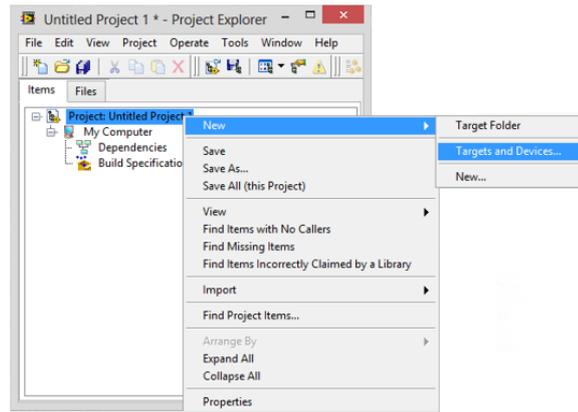


Figura 3.23. Inserción de tarjetas y dispositivos.

Muestra una nueva ventana que permite la elección de la forma con la que se va a reconocer el dispositivo. Existen dos formas: escanear las tarjetas y dispositivos existentes o por mediante la dirección IP especificar una tarjeta o dispositivo. Cualquiera de las dos opciones reconocerá a los dispositivos a su manera. Si es seleccionada la primera opción (por facilidad), la forma de encontrar los dispositivos es seleccionar la carpeta con el nombre “WSN Gateway” en la cual aparecerán los dispositivos que el sistema reconoce, obviamente el Gateway previamente configurado. Al marcarlo se presiona Ok.

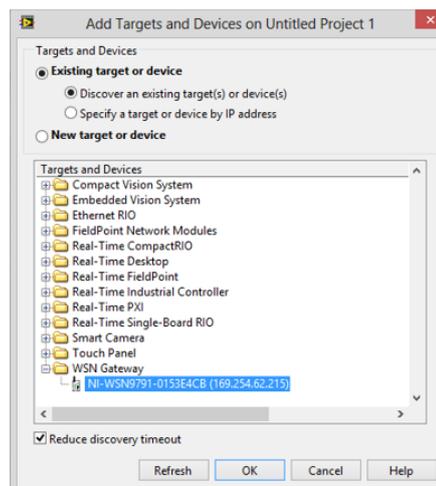


Figura 3.24. Reconocimiento del Gateway en el proyecto.

En la ventana principal del proyecto es posible observar a los dispositivos, para este proyecto el NI WSN-3202 con el número de serie 15825C8 y su ID 2. Todas las características como es el caso de las entradas analógicas y los canales digitales, cada uno de estos con la posibilidad de ser renombrados para reconocer de mejor manera la información.

Adicional a estos detalles el dispositivo puede mostrar información propia del estado, como información del estado de las baterías si es el caso de que esté siendo alimentado con baterías AA, o la conexión de potencia externa, como también la calidad de la señal entre el nodo y el Gateway, la configuración en malla si es que ese fuera el caso, y por último los instrumentos virtuales (VIs) desplegados.

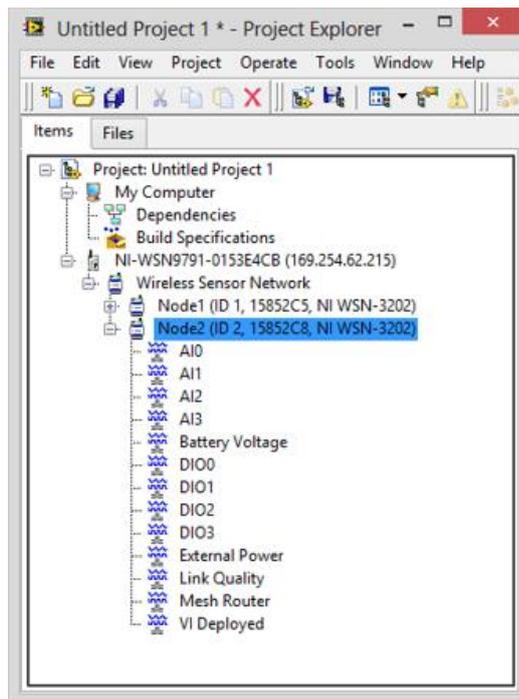


Figura 3.15. Instrumentos virtuales de los nodos.

Para iniciar con la programación es necesario un nuevo VI que permita la adecuada interfaz gráfica para programar. Para abrir una nueva VI que pertenezca al proyecto se debe hacer click derecho sobre el título del proyecto, seleccionar el submenú nuevo y a continuación nuevo otra vez.

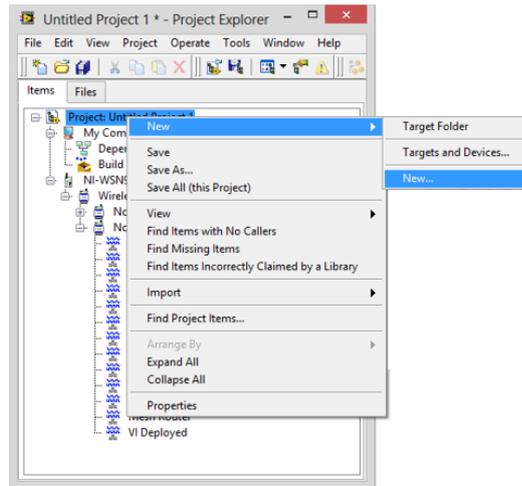


Figura 3.26. Nuevo VI al proyecto.

La imagen a continuación muestra que opción se debe seleccionar, en esta ocasión es un nuevo VI para prueba del nodo y Gateway.

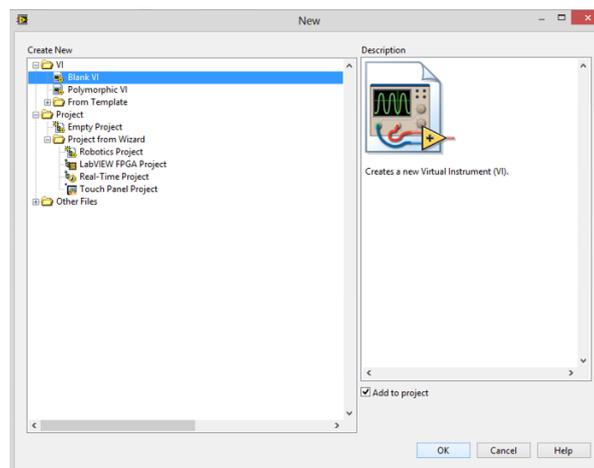


Figura 3.27. Inicio VI en blanco.

La forma de utilizar cada uno de los recursos que brinda el nodo es arrastrar el canal a la ventana de programación del VI, dependiendo de la utilidad, es aquí donde se pueden añadir indicadores que representan a cada uno de los pines del nodo y también visualizar los datos que los canales de entrada reciben.

3.1.6. SENSORES.

El monitoreo y control de los secadores solares, luego de haber culminado el proceso de investigación y se proceda a la implementación de estos en distintos lugares, será innecesario el uso de estaciones meteorológicas completas, aparte de que sería un desperdicio de recursos. En este proceso se pretende el uso de la red de sensores inalámbricos conjuntamente con sensores específicos básicos para este fin.

Cuando los secadores solares entren en funcionamiento será necesario un monitoreo constante de aquellos parámetros fundamentales que se deben conocer. Dentro de estos, y según los requerimientos del proyecto beneficiario de la tesis, los requerimientos importantes son tres sensores de temperatura distribuidas en diferentes partes del secador como temperatura ambiente, temperatura interna, temperatura del producto; se ha colocado de igual manera un sensor de presencia que detectará si alguien sin autorización se encuentra demasiado cerca, es decir con alcance de manipulación no autorizada de los secadores solares. Los secadores solares tendrán una ubicación óptima para la utilización de la red de sensores inalámbricos, es decir las distancias entre ellos no superarán los 100 metros al aire libre.

3.1.6.1. SENSORES DE TEMPERATURA.

El dato de la temperatura es un dato primordial en el monitoreo de los secadores solares en el proceso de implementación. El rango de temperatura que debe ser medido no supera los 150º centígrados, margen que maneja el dispositivo que se va a usar para el diseño de este sensor, siendo este el LM35.

El diseño de la placa se lo realiza en el programa ARES, que facilitan un práctico enrutamiento de las pistas (ANEXO 16).

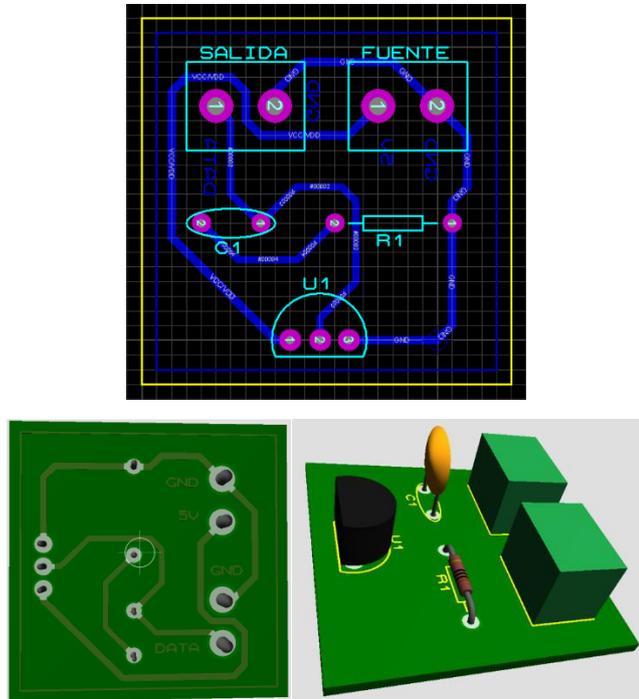


Figura 3.30. Esquema de las placas del sensor de temperatura.

3.1.6.2. SENSOR DE PRESENCIA.

Cuidar la integridad física de las estaciones meteorológicas, y más aún de los secadores solares en su proceso de funcionamiento ameritan la colocación de un dispositivo de presencia adecuadamente calibrado que detecte la proximidad de personal no autorizado y alerte de ello a la oficina de monitoreo ubicado en la Universidad Nacional de Chimborazo. Este sensor tiene dos tipos de calibraciones, uno es el tiempo de respuesta siendo este no muy importante pues no varía con un máximo de pocos segundos; el otro es la calibración de la sensibilidad de detección, de este depende el nivel de proximidad que se desee detectar. El dispositivo se alimenta con 5 voltios DC y su salida corresponde a la descripción de su funcionamiento con 0 voltios dc un nivel digital bajo

cuando no detecte presencia, y con 3.5 voltios dc como un nivel alto de voltaje cuando detecte presencia.



Figura 3.31. Sensor de Presencia.

3.1.7. ACTUADORES.

El modelo de radio NI WSN-3202 posee 4 canales digitales que pueden ser configurados como entradas y salidas, en este caso serán configurados como salidas y tendrán el funcionamiento de actuadores. El diseño del circuito es enfocado a un diseño general de actuador, el cual conmutará cualquier señal deseada con un máximo de 240 voltios en corriente alterna y 30 Voltios en corriente directa al ser activados en el computador a nivel de software.

Luego de las pruebas respectivas se logró detectar que el nivel máximo de salida de los canales digitales de radio rodea los 100 mili voltios, por lo que es necesario que esta señal sea amplificada. Para que el nivel de 100 m

V corresponda a un nivel digital alto debe ser amplificada con una ganancia de 50 ($100\text{mV} * 50 = 5\text{V}$), se ha utilizado un amplificador operacional 741 configurado de manera no inversora con ganancia de 50, esto se consigue con las resistencias en si diseño ($56\text{K}/1\text{K}=56$) que resulta una ganancia de 56, esta puede ser considerada adecuada un nivel digital en alto, tomando en cuenta que en ocasiones el nivel de salida del radio llega a tener 80 mili voltios en su salida para representar un nivel alto.

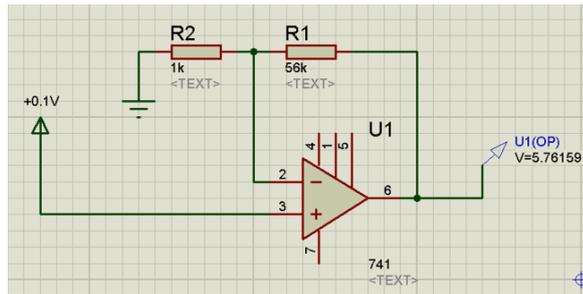


Figura 3.32. Circuito Amplificador.

Como fue mencionado anteriormente, este actuador será general, es decir se podrá controlar cualquier tipo de dispositivo o conmutar cualquier señal. El funcionamiento básico está definido por un relé activado con una señal de 5 voltios, esta señal es entregada por una configuración en corte y saturación por medio de un transistor 2N3904 dependiente de la salida del radio NI WSN-3202.

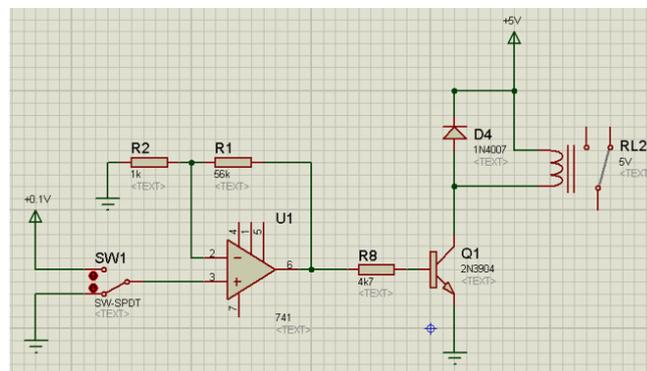


Figura 3.33. Circuito Actuador.

El diseño de la placa es hecho de la misma manera en ARES, procurando conseguir el mejor diseño y optimización de espacio (ANEXO 17).

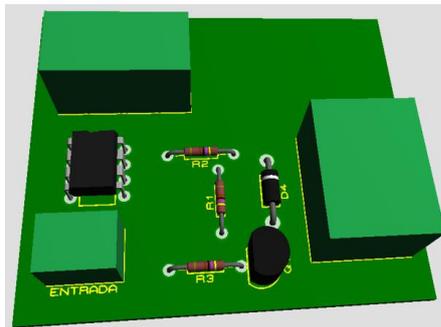
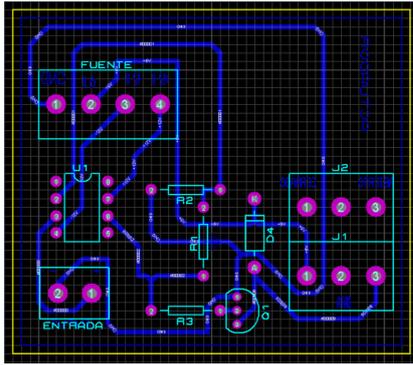


Figura 3.34. Esquema de las placas del actuador.

3.1.8. VISUALIZACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS DATOS.

La obtención de los datos directamente en la oficina de control es uno de los objetivos primordiales del proyecto, pues el enfoque central, incluso el tema de la tesis trata de esto. La telemetría es la visualización de datos en tiempo real de fenómenos influyentes en un punto lejano. Las diferentes mediciones de temperatura en los secadores solares son visualizadas en tiempo real en las mismas instalaciones de la universidad. El software que ha sido utilizado es LABView, este permite una interfaz bastante interactiva con el usuario siendo una herramienta poderosa de programación, visualización y operación de los datos.

El sensor de temperatura entrega un voltaje relativo a la temperatura en la que se encuentra con una relación de 100 a 1, es decir con su máximo voltaje de 1.5 voltios representa una temperatura de 150º centígrados, es por eso que al dato analógico ingresado se lo multiplica por cien para que represente el dato real de temperatura. Se han colocado dos indicadores

donde se puedan visualizar tanto de forma numérica como de forma didáctica.

El dato del detector de presencia es comparado con un valor mayor a 3, mencionado anteriormente este sensor entrega 3.5 voltios al detectar proximidad, esto encenderá un led virtual q indique la activación de dicho sensor.

Cada actuador ocupará un canal digital del radio, simplemente a cada interfaz digital se coloca un control booleano que active o desactive cualquier dispositivo considerado necesario.

El diagrama de bloques que representa a las funciones anteriores se encuentra ilustrado en la siguiente imagen, esta imagen corresponde a la programación de un solo nodo o radio NI WSN-3202, recalcando que una red puede contener hasta 36 nodos en topología malla.

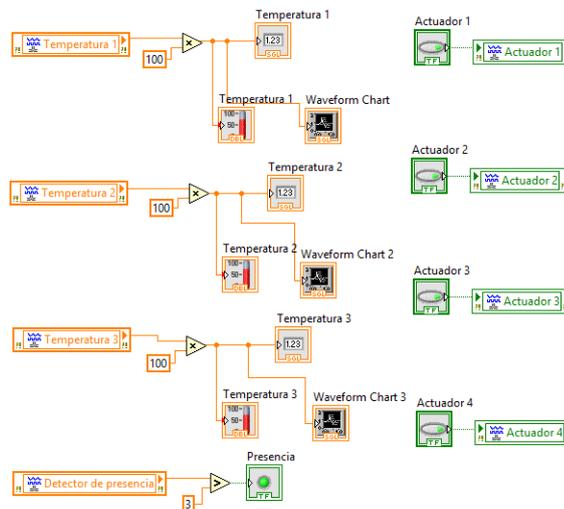


Figura 3.35. Diagrama de bloques programado del Nodo NI WSN-3202.

La interfaz ampliamente visual e interactiva correspondiente al diagrama de bloques anterior, representa la interfaz de dos nodos en red, donde se puede observar tanto los indicadores numéricos y didácticos de temperatura, al led de control de proximidad y a los botones actuadores.

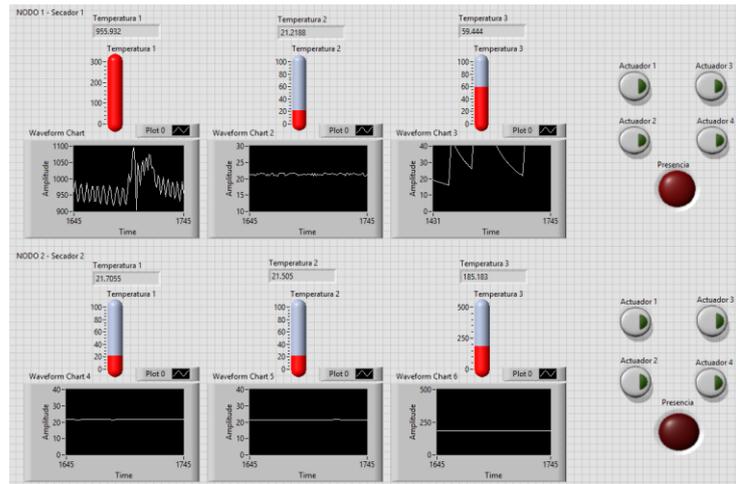


Figura 3.36. Interfaz de usuario del monitoreo y control.

3.8.2. MONITOREO DEL ESTADO DE LA RED.

El correcto funcionamiento del sistema depende de un correcto funcionamiento de la red de sensores, razón por la cual el monitoreo del estado de la red es un factor importante que garantiza la información.

Como parte del diagrama de bloques de programación existen variables de estado del radio y de la red. Dentro de estos está el nivel de voltaje de la batería si es el caso que los radios son alimentados con cuatro baterías AA. Otra variable es la información de la conexión del radio a una fuente de alimentación externa como mínima de 9 voltios y máxima de 30 voltios, la salida de esta es booleana, es decir simplemente indica si está o no conectado a dicha fuente. La calidad de señal recibida del radio en niveles de porcentaje es una variable muy importante, indica tanto la proximidad del radio hacia el concentrador Gateway y entre radios, e informa si uno de estos tiene fallas en su conexión inalámbrica si fuese el caso de una pérdida de la señal, o recepción muy débil por nuevas obstrucciones o mal funcionamiento del equipo.

Este diagrama de bloques corresponde a un solo nodo, es decir la información entregada es por cada radio, y si existiese alguna falla, se identificaría inmediatamente el nodo afectado.

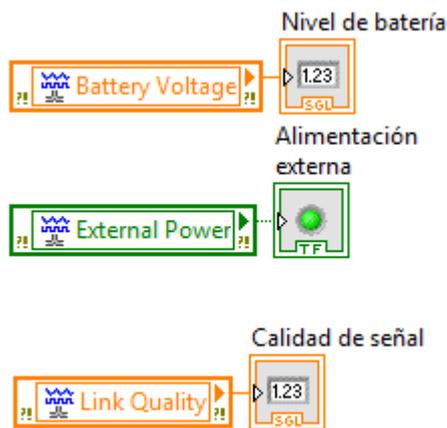


Figura 3.37. Diagrama de bloques del estado del radio.

La siguiente imagen nos muestra la interfaz visual que corresponde al diagrama de bloques en el cual nos entrega la información del estado de la red y del funcionamiento de los radios.

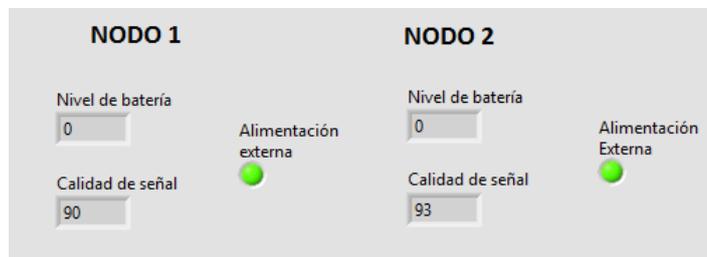


Figura 3.38. Información del estado del radio.

3.2. DISEÑO DEL ENLACE DE DATOS POR MICROONDA.

3.2.1. COMPONENTES DE UN RADIO ENLACE.

Como una de las características de este radio enlace es la explotación del canal como consecuencia de las necesidades del proyecto, esta es una comunicación full-duplex. Esta forma de explotación del canal en los enlaces microonda como en cualquier comunicación inalámbrica requiere de un transmisor y un receptor en cada punto de la comunicación, en el caso de medios de transmisión

guiados, existe un cable para la transmisión y uno para la recepción. En comunicaciones inalámbricas se diferencian por su frecuencia de operación. Es decir utiliza una frecuencia para transmitir y una para recibir por cada estación terminal.

La siguiente imagen detallará lo explicado:

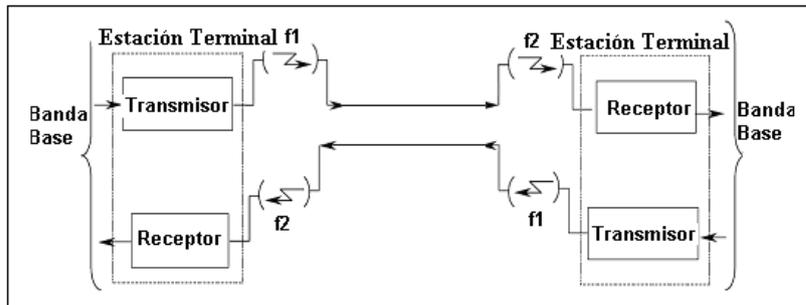


Figura 3.39. Componentes de un radio enlace.

Donde:

f1: Frecuencia de Operación del punto 1 (Estación Terminal 1).

f2: Frecuencia de Operación del punto 2 (Estación Terminal 2).

Este sistema incluye dos estaciones terminales, equivalentes a la estación de control y a la estación meteorológica. En la estación terminal 1 que para explicación puede ser considerada como estación transmisora en un análisis unidireccional (simplex) se genera una señal portadora de microondas, que se modula por la señal de información (denominada banda base), esta señal resultante es amplificada en algunos vatios dando como resultado final la señal lista para ser transmitida, el dispositivo o radio encargado de este proceso es conocido como IDU, el cual debe ser ubicado en un sitio especial y protegido de condiciones ambientales como lluvia, toda esta sección es conocida como la sección Activa obviamente por el requerimiento de energía para su funcionamiento.

La señal modulada es transmitida por un conductor (cable coaxial o guía de onda) hacia el subsistema de radiación. La onda la recibe un

dispositivo encargado de adaptar a sus características finales, este dispositivo es llamado ODU, su ubicación es en el exterior junto a la antena. Con la señal entregada por la ODU se alimenta una antena direccional para que sea irradiada a la estación receptora; esta segunda sección se la conoce como sección pasiva. La señal de microondas en esta estación es amplificada, demodulada, y de esta manera se recupera la señal en banda base.

Este proceso se repite de manera recíproca convirtiéndolo en una comunicación Full-Duplex como ha sido mencionado antes.

3.2.2. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS.

En este punto se procede a realizar un estudio de factibilidad operativa, para la elección de los dos puntos de comunicación del radio enlace. Debe ser tomando en cuenta la seguridad del lugar y la accesibilidad al mismo. Los puntos posibles de ubicación del radio enlace son:

La Universidad Nacional de Chimborazo específicamente en la Facultad de Ingeniería, donde será implementada la oficina de control del sistema de telemetría.

Las coordenadas geográficas de este punto son:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO				
LATITUD	1º	39'	6''	SUR
LONGITUD	78º	38'	30.05''	OESTE

Tabla 3.4. Coordenadas geográficas UNACH.



Figura 3.40. Edificio de Ingeniería.

Y el otro lugar de ubicación en un sector rural de las afueras de la ciudad de Riobamba para esta ocasión fue elegido un barrio rural llamado Shuyo ubicado en la vía a la parroquia de Yaruquíes, la idea es encontrar un sector libre de la contaminación típica de la ciudad pero que posea servicios básicos que faciliten el desarrollo del proyecto.

SHUYO – SECTOR RURAL DE RIOBAMBA				
LATITUD	1º	41'	12.67"	SUR
LONGITUD	78º	39'	51.83"	OESTE

Tabla 3.5. Coordenadas Geográficas Sector Rural.



Figura 3.41. Sector Rural Riobamba.

La determinación de los puntos abarca una serie de procesos, y esto incluye:

- Inspección del lugar.
- Inspección de accesibilidad.
- Inspección de servicios.
- Solicitud de permisos.

3.2.2.1. INSPECCIÓN DEL LUGAR.

Esta parte de la determinación de los puntos es muy importante, especialmente en el aspecto técnico. Es aquí donde se especificará tanto los recursos disponibles en el sitio así como los que se necesitarán. Hablando en un ambiente más profesional, a este proceso se lo conoce como TSS que consiste en una visita técnica al sitio por parte de ingenieros, donde se detallarán aspectos como: datos generales, datos topográficos, propuesta de enlace, disponibilidad de infraestructura, propuesta de equipos, disponibilidad y requerimientos de energía, conexiones a tierra, respaldos fotográficos, y observaciones y comentarios adicionales.

Para esta ocasión se tomarán en cuenta los parámetros más relevantes que deben ser considerados, las instalaciones de los equipos serán en lugares específicos y no en estaciones base de telefonía celular, en los cuales las exigencias son mayores.

El análisis es individual por cada sitio, y la información será muy importante para el diseño del radio enlace.

3.2.2.1.1. FACULTAD DE INGENIERÍA – UNACH.

Datos generales:

Nombre del Sitio	UNACH	Código del sitio	1
Dirección	Avda. Antonio José de Sucre, Km. 1.5 Vía a Guano	Ciudad y Provincia	Riobamba – Chimborazo
Inspeccionado por		Fecha de la visita	

Tabla 3.6. Datos generales UNACH.

Datos topográficos:

Latitud	1° 39' 6" SUR
Longitud	78° 38' 30.05" OESTE
Altura sobre el nivel del mar	2754 m.
Altura antena - piso	19 m.

Tabla 3.7. Datos Topográficos UNACH.

Tipos de cuarto para los equipos:

Shelter	X
Mampostería	
Exterior – aire libre	

Tabla 3.8. Tipo de Infraestructura civil UNACH.

Disponibilidad de energía:

Si	X
No	

Tabla 3.9. Disponibilidad de energía UNACH.

Se requiere rectificadores de energía pues es una nueva instalación.

Conexiones a tierra.

Existente	X
Nueva instalación.	

Tabla 3.10 Conexiones a tierra UNACH.

3.2.2.1.2. SECTOR RURAL DE RIOBAMBA – SHUYO.

Datos generales:

Nombre del Sitio	Shuyo	Código del sitio	2
Dirección		Ciudad y Provincia	Riobamba – Chimborazo
Inspeccionado por		Fecha de la visita	

Tabla 3.11. Datos generales Sector Rural.

Datos topográficos:

Latitud	1º 41' 12.67" SUR
Longitud	78º 39' 51.83" OESTE
Altura sobre el nivel del mar	2773 m
Altura antena - piso	8 m.

Tabla 3.12. Datos Topográficos Sector Rural.

Tipos de cuarto para los equipos:

Shelter	X
Mampostería	
Exterior – aire libre	

Tabla 3.13. Tipo de infraestructura civil Sector Rural.

Disponibilidad de energía:

Si	X
No	

Tabla 3.14. Disponibilidad de energía Sector Rural.

Se requiere rectificadores de energía pues es una nueva instalación.

Conexiones a tierra.

Existente	
Nueva instalación.	X

Tabla 3.15. Conexiones a tierra Sector Rural.

3.2.2.1.3. DATOS ADICIONALES.

Esta sección se detalla información adicional específica de la zona como pueden ser elevaciones pequeñas, edificaciones existentes o en potencia, vegetación existente y en potencia; también puede identificarse una amplia gama de información sobre la superficie del terreno y seleccionar el punto estratégicos para la instalación de los equipos.

También se puede incluir información de las frecuencias que están siendo ocupadas en ese sitio con el propósito de evitar interferencias. Para determinar esta información que constituye parte de la factibilidad del enlace, a este proceso se lo conoce como estudio de interferencias (espectrometría), basándose en información sobre las características de enlaces cercanos, diagrama de las antenas, capacidad (ancho de banda), potencia, área de cobertura, entre otros. Basándose en registros, la banda de 15 GHz no ha sido ocupada en ninguno de los dos sitios.

En Radio Mobile:

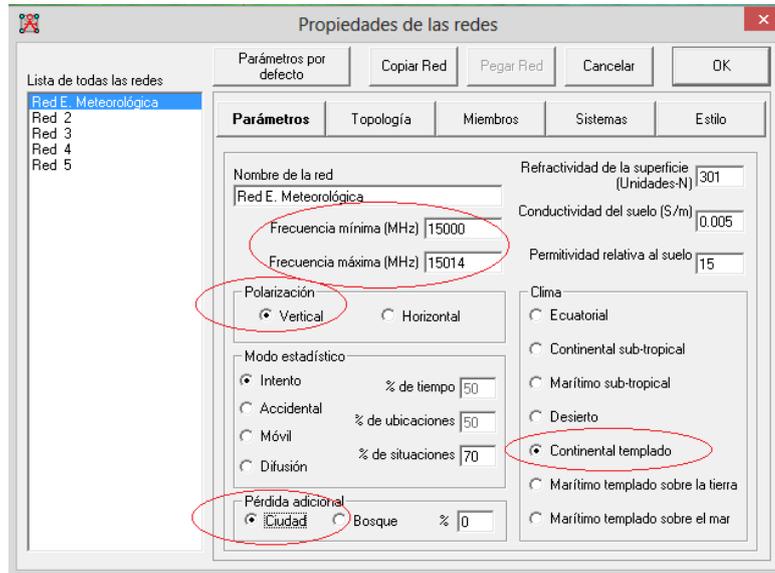


Figura 3.42. Datos adicionales en Radio Mobile.

3.2.2.2. INSPECCIÓN DE ACCESIBILIDAD.

La Universidad Nacional de Chimborazo, ubicado en la ciudad de Riobamba dispone de completa accesibilidad. Posee acceso vial de buenas condiciones.

El sector rural de Riobamba, específicamente el Shuyo posee acceso vial de igual manera, pese a que sus vías son sin asfalto no impide un fácil acceso al sitio.

3.2.2.3. INSPECCIÓN DE SERVICIOS.

Uno de los aspectos que determinan la factibilidad técnica del enlace y también factibilidad económica es el acceso al servicio indispensable para las instalaciones de los equipos que es la energía eléctrica, en ambos sitios existe este servicio. Detallando los servicios que poseen ambos sitios es agua y energía eléctrica.

3.2.2.4. SOLICITUD DE PERMISOS.

La solicitud de permisos de instalación aplica en el caso de que los equipos van a ser instalados en lugares públicos. Estos permisos van dirigidos a la municipalidad en el cual principalmente se detalla la construcción de infraestructura, es decir permisos de construcción.

No se debe confundir a estos permisos con las concesiones de frecuencias.

3.2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.

Los equipos seleccionados son de la empresa italiana SIAE Microelettronica, la cual es una empresa reconocida por ser líder en la elaboración de radios de microonda y soluciones de redes inalámbricas. El modelo específico es el ALC plus 32E1 + Ethernet.

3.2.3.1. SEGURIDAD Y NORMAS BÁSICAS.

El manejo de equipos electrónicos obliga a tener normas de seguridad que deben ser cuidadosamente cumplidas. Estas normas sirven para precautelar a las personas que manipulen a los equipos como también la integridad de estos equipos.

La manipulación de equipos electrónicos de telecomunicaciones especialmente mientras estos se encuentran activos requiere un especial cuidado. El cuerpo de todo ser viviente produce ruido que puede alterar el funcionamiento adecuado de los equipos, es por eso que es recomendable la utilización de bandas elásticas especiales en forma de pulsera con un cordón conectado a tierra que reduzca el efecto.

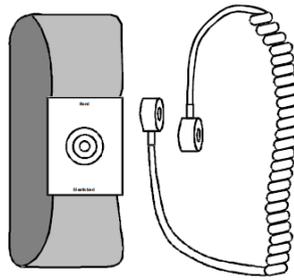


Figura 3.43. Banda elástica.

Los equipos pueden ser capaces de producir descargas electroestáticas que pueden afectar. Se debe tomar en cuenta que por normativas y estándares internacionales, estos peligros deben estar especificados en el equipo, la imagen que se muestra a continuación indica que el dispositivo es propenso a producir este tipo de peligro, y recomienda cautela en su manipulación.

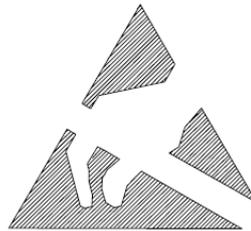


Figura 3.44. Señal de peligro de descargas electroestáticas.

Existen unidades con diodos laser para conexiones de fibra óptica. La siguiente imagen indica que la unidad los posee y se debe evitar la exposición directa de la vista a dichos dispositivos.

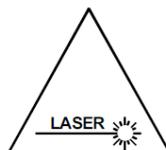


Figura 3.45. Señal que indica emisión de láser.

3.2.3.2. ARQUITECTURA DEL RADIO.

El equipo de radio consiste de dos unidades separadas funcionalmente y físicamente:

- IDU (Indoor Unit) – Contiene interfaces de canales de voz E1, los modem de los puertos Ethernet y las unidades controladoras, interfaces Ethernet, puertos de alimentación y puertos conectores para cable coaxial.
- ODU (Outdoor Unit) – Convierte las señales de frecuencia intermedia IF a señales de radio frecuencia RF en un sentido, y viceversa en sentido contrario.
- Antena – Dispositivo pasivo encargado de irradiar la señal.

Las unidades IDU y ODU están interconectadas vía cable coaxial.

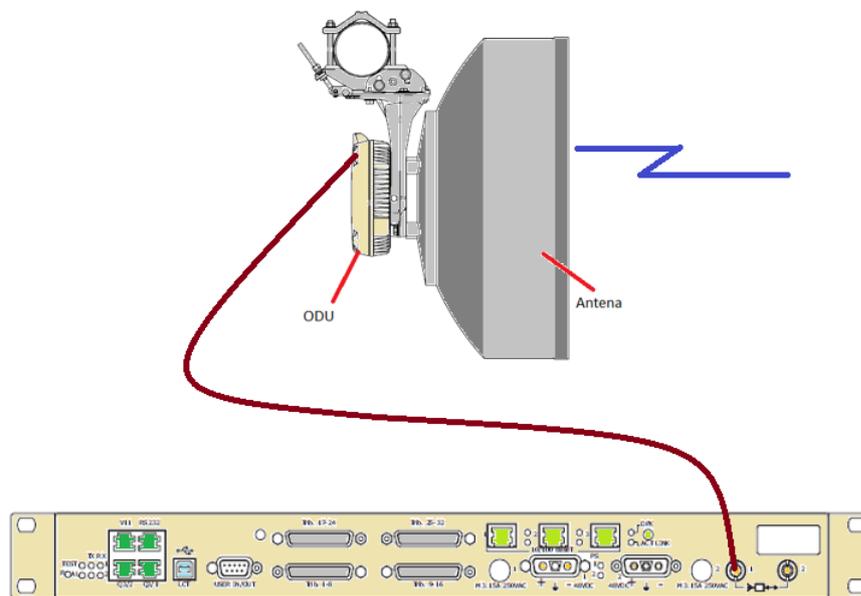


Figura 3.46. Esquema de conexión del sistema de radio enlace.

3.2.3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Cada equipo tiene especificadas bandas de frecuencias en las cuales opera. El equipo seleccionado trabaja en la banda de 15 GHz. El rango de esta banda se encuentra entre 14,4 a 15,35 GHz.

La disposición de los canales dentro de esta banda está definido por la norma ITU-R Rec F.636, la cual especifica los anchos de banda por cada canal en la banda de 15 GHz. La IDU ya tiene programada esta canalización dentro de su sistema.

El modelo de radio ALC plus 32E1 + Ethernet tiene grandes capacidades de transmisión, es por eso que es utilizado en telefonía celular. Puede transmitir 2/4/5/8/10/16/20/32 E1 o también conocidos como canales de voz; también dispone de 3 canales Ethernet 10/100BaseT y con una velocidad de transmisión máxima de 105 Mbps.

RS232 PPP para la supervisión del funcionamiento del dispositivo (usando en telefonía celular).

Permite configuraciones en la antena de hot stand-by y 1 antena 1+0 o 1+1, diversidad de frecuencia en 1 antena cross polar o dos antenas separadas 1+1.

Trabaja con distintas modulaciones que pueden ser configuradas y seleccionadas, dentro de las posibilidades de modulación encontramos 4QAM/16QAM/32QAM. Cada modulación por el mismo hecho de que se diferencian en la capacidad de transmisión, varía también el ancho de banda de cada canal. La siguiente tabla muestra estas variaciones.

Modulación	Capacidad					
	4 Mbit/s	8 Mbit/s	16 Mbit/s	32 Mbit/s	64 Mbit/s	105 Mbit/s
4QAM	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	-	-
16QAM	-	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	-
32QAM (ALC Plus)	-	-	-	-	-	28 MHz

Tabla 3.16. Modulaciones y Capacidad de equipo de radio enlace.

La demodulación es coherente respectivamente a la modulación con la que se ha configurado.

La potencia de transmisión es dependiente de la banda en la que el radio opera y de la modulación a la cual es configurado. Recordando que el radio trabajará en la banda de 15 GHz. La tolerancia es del ± 1 dB.

GHz	Potencia de salida 4QAM	Potencia de salida 16QAM	Potencia de salida 32QAM
7	+27/30 dBm	+22/26 dBm	+20/n.a. dBm
8	+27/30 dBm	+22/26 dBm	+20/n.a. dBm
11	+25/29 dBm	+20/25 dBm	-
13	+25/29 dBm	+20/25 dBm	+20/n.a. dBm
15	+25/28 dBm	+20/24 dBm	+20/n.a. dBm
18	+20/24 dBm	+15/20 dBm	+15/20 dBm
23	+20/23 dBm	+15/19 dBm	+15/19 dBm
25	+20/23 dBm	+15/19 dBm	+15/19 dBm
28	+19/22 dBm	+14/18 dBm	+14/18 dBm
32	+17/20 dBm	+13/16 dBm	+13/16 dBm
38	+17/20 dBm	+13/16 dBm	+13/16 dBm

Tabla 3.17. Potencia del transmisor.

El parámetro del umbral de recepción de la antena para configuraciones 1+0 varía también según la modulación y la frecuencia de operación, así como la capacidad de transmisión explotada de la radio. En la siguiente tabla se especifican los umbrales resaltando la banda de 15 GHz utilizada en este enlace.

Frec.	4QAM				16QAM			
	2x2		4x2		2x2		4x2	
	10^{-6}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-3}
7	-91	-93	-88	-90	-	-	-84	-86
8	-91	-93	-88	-90	-	-	-84	-85
11	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
13	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
15	-90,5	-92,5	-87,5	-89,5	-	-	-83,5	-85,5
18	-90	-92	-87	-89	-	-	-84	-86
23	-90	-92	-87	-89	-	-	-83	-85
25	-89,5	-91,5	-86,5	-88,5	-	-	-82,5	-84,5
28	-89	-91	-86	-88	-	-	-82	-84
38	-88	-90	-85	-88	-	-	-81	-83

Tabla 3.17. Sensibilidad del receptor.

GHz	4QAM				16QAM						32QAM	
	8x2		16x2		8x2		16x2		32x2		100	
	10 ⁻⁶	10 ⁻³										
7	-85	-87	-82	-84	-81	-83	-78	-80	-75	-77	-72	-74
8	-85	-87	-82	-84	-81	-83	-78	-80	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	-84,5	-86,5	-81,5	-83,5	-80,5	-82,5	-77,5	-79,5	-74,5	-76,5	-71,5	-73,5
13	-84,5	-86,5	-81,5	-83,5	-80,5	-82,5	-77,5	-79,5	-74,5	-76,5	-71,5	-73,5
15	-84,5	-86,5	-81,5	-83,5	-80,5	-82,5	-77,5	-79,5	-74,5	-76,5	-71,5	-73,5
18	-84	-86	-81	-83	-80	-82	-77	-79	-74	-76	-71	-73
23	-84	-86	-81	-83	-80	-82	-77	-79	-73	-75	-70	-72
25	-83,5	-85,5	-80,5	-82,5	-79,5	-81,5	-76,5	-78,5	-72,5	-74,5	-69,5	-71,5
28	-83	-85	-80	-82	-79	-81	-76	-78	-72	-74	-69	-71
32	-82	-84	-80	-81	-78	-80	-75	-77	-72	-74	-69	-71
38	-82	-84	-80	-81	-78	-80	-75	-77	-71	-73	-68	-70

Tabla 3.18. Sensibilidad del receptor.

El consumo de potencia depende de la configuración de la antena y de la frecuencia de operación. En el caso del proyecto, el radio será alimentado con -48 Vdc, según el rango especificado en el equipo como muestra en la tabla:

Configuración	Consumo de potencia garantizada (IDU) $f \leq 15$ GHz -40,8 a -57,6 V _{dc}	Consumo de potencia garantizada (IDU) $f > 15$ GHz -40,8 a -57,6 V _{dc}
1+0	≤ 32 W/34 W	≤ 25 W/34 W
1+1	≤ 52 W/62 W	≤ 40 W/62 W

Tabla 3.19. Consumo de energía.

La corriente máxima de consumo del radio es 1 amperio, esto cuando opera a su máxima capacidad.

El código de línea que utiliza el radio es el HDB3.

Tiene un Jitter aceptado por la norma CCITT Rec. G.742/G.823.

La Interfaz Ethernet, muy importante pues es la que se la utilizará en el proyecto, es de tipo LAN, pues una vez realizado el enlace sus puertos deberán estar configurados en una misma red para que exista conectividad. Utiliza el conector RJ-45. La conexión al puerto LAN es de forma directa con un cable par trenzado CAT5, el radio es configurable para que funcione como una conexión directa o cruzada. Y el protocolo

que utiliza es el TCP/IP sobre IPoverOSI que corresponde al protocolo IP basado en el modelo OSI.

De igual manera posee canales de transmisión adicionales conocidos como interfaz de canales de servicios. Son útiles para transmisiones de datos asincrónicos/sincrónicos de baja velocidad V.28, dentro de los que consta el más importante y de gran utilidad a la Interfaz de datos RS232.

Existen tres maneras diferentes de configurar el radio, es decir a través de tres interfaces distintas. A éstas interfaces se las conoce como Interfaz de Gestión de Red. La primera es la interfaz RJ-45 que es de tipo LAN y se lo conecta a través de cable Ethernet par trenzado 802.3 10BaseT/100BaseT, la segunda opción es una interfaz USB LCT versión USB 1.1, y la última opción es una Interfaz RS232 adaptable a diferentes tasas de transmisión.

La antena de microondas para este sistema es una de denominación HP (High Performance – Alto Rendimiento). La característica principal de una antena es su ganancia, en este proyecto la antena utilizada es una de 0,6 metros de diámetro, suficiente para alcanzar la distancia requerida. La ganancia a 15 GHz de esta antena corresponde las siguientes ganancias: 36.3 como ganancia mínima, 36.6 como ganancia media, y 36.9 como máximo (ANEXO 1).



Figura 3.47. Vista frontal real de la antena.

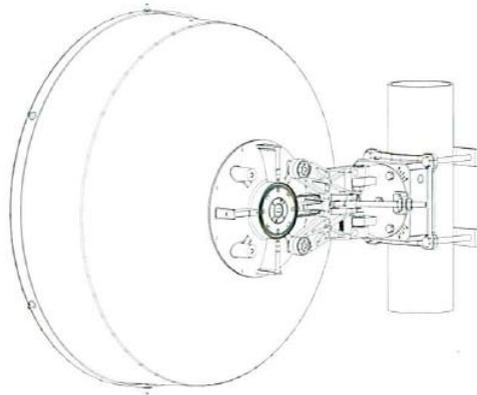


Figura 3.48. Vista trasera esquematizada de la antena.

3.2.4. CÁLCULO DEL RADIO ENLACE.

Una vez ubicado los puntos se procede al inicio de los cálculos para el diseño del radio enlace, los cuales de manera general son el estudio del perfil topográfico, pérdidas del enlace, y todos los factores que influyen en el diseño de un radio enlace de microondas.

El uso de un software de simulación de radio enlaces es una herramienta necesaria en el diseño, servirá de respaldo de los cálculos y resultados obtenidos. Para este proyecto es utilizado Radio Mobile, este es un programa de simulación de propagación de uso libre para predecir la pérdida básica en sistema de radiocomunicaciones: radio enlaces móviles, radiodifusión, entre otros. El programa está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model: Modelo de Terreno Irregular) de Longley y Rice y es válido para la gama de frecuencias de 20 MHz a 20 GHz.

3.2.4.1. LONGITUD DEL TRAYECTO.

En este caso se ocupará el software Google Earth para determinar la distancia, y el dato será respaldado por Radio Mobile.

Según Google Earth, la distancia entre los dos puntos (UNACH – Sector rural) es de 4.63 Km.

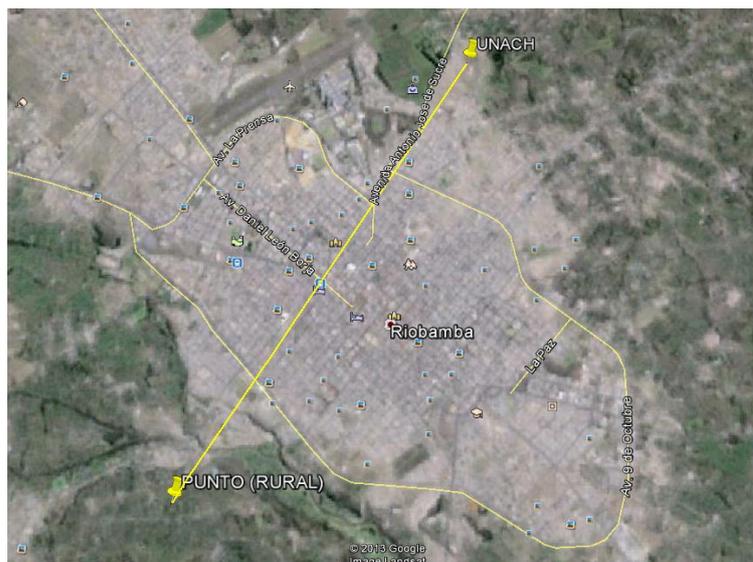


Figura 3.49. Vista superior del enlace en Google Earth.

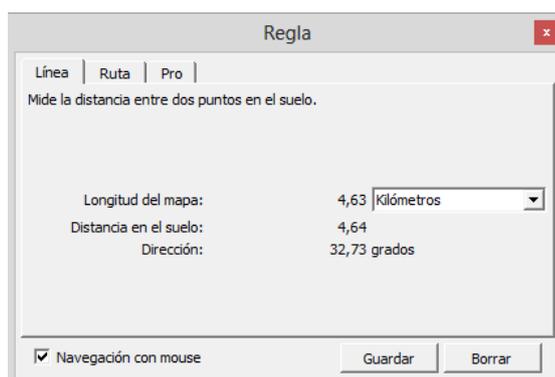


Figura 3.50. Longitud del trayecto en Google Earth.

De igual manera es posible determinar la distancia utilizando Radio Mobile, los resultados entregados por este es que la distancia entre los dos puntos corresponde a 4,63 Km.



Figura 3.51. Longitud del trayecto en Radio Mobile.

3.2.4.2. VERIFICACIÓN DE LÍNEA DE VISTA.

La verificación de línea de vista es sencillamente el hecho de comprobar parte de la factibilidad del enlace, se comprueba de que los lóbulos principales de cada antena puedan apuntarse entre sí en la misma dirección y sin ningún tipo de interrupción en su haz.

Consecuentemente la alineación de las antenas del radio enlace se realiza en azimut y elevación, para conseguir mayor recepción posible de la señal. Existen varios métodos bastante modernos y eficientes para alinear antenas.

Según la Recomendación ITU-R Rec F.636 en la distribución homogénea de frecuencias, recomienda una separación de 14 MHz entre cada canal, pero dentro de las recomendaciones también existe otra distribución con una separación de 28 MHz. De todos modos solamente se usará un canal, por lo que se puede descartar este detalle.

El ancho de banda del canal si es un parámetro de importancia. El valor escogido viene dado de las posibilidades del radio, especificadas en el manual de usuario y explicadas anteriormente.

Si se configura una modulación de 16QAM y una capacidad de 32Mbps, el ancho de banda respectivo es de 14MHz.

El radio permite polarización horizontal y vertical. Existen diferentes razones por las cuales escoger cada una de ellas. En el caso de atravesar por lugares reflectivos (lagos, mares, hielo, nieve) es recomendable una polarización horizontal, si se pretende atravesar lugares lluviosos, con neblina. La polarización también es aplicable en el caso de la existencia de frecuencias cercanas en operación en el mismo punto evitaría interferencia si la polarización que se escoja sea diferente a la que esté en funcionamiento conjuntamente con la frecuencia mencionada. En este caso la elección es irrelevante, de todas maneras se especifica una polarización vertical.

Modulación	Capacidad					
	4 Mbit/s	8 Mbit/s	16 Mbit/s	32 Mbit/s	64 Mbit/s	105 Mbit/s
4QAM	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	-	-
16QAM	-	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz	-
32QAM (ALC Plus)	-	-	-	-	-	28 MHz

Tabla 3.20. Ancho de banda del enlace.

Con los datos suficientes, se procede con la debida simulación en Radio Mobile.

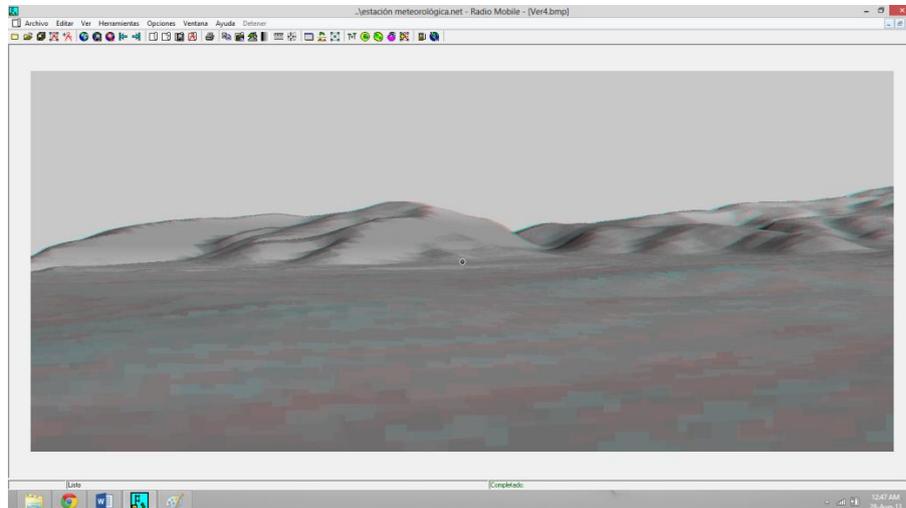


Figura 3.52. Línea de vista en Radio Mobile.

Se puede deducir que si existe línea de vista, la imagen desplegada por el software utiliza los datos de elevación de los mapas para crear una imagen que representa la posible línea de vista desde UNACH hasta el punto rural de Riobamba.

3.2.4.3. PRIMERA ZONA DE FRESNEL.

La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre dos antenas. La obstrucción máxima permisible en un radio enlace para considerar que no hay obstrucción es el 60% de la primera zona de Fresnel.

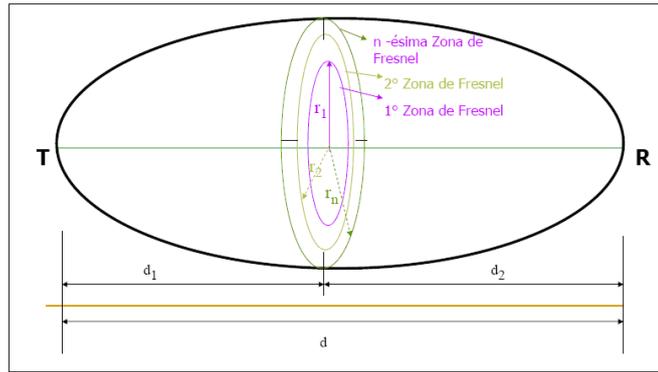


Figura 3.53. Zona de fresnel.

Debido a que no existe ningún obstáculo que interfiera con la línea de vista, se toma como referencia un punto cualquiera del mismo.

$$r = 17,31 \times \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{f \times D}}$$

Donde:

r: radio de Fresnel (metros).

d1 y d2: distancias (metros).

f: frecuencia transmitida (MHz).

D: distancia total (metros).

$$r = 17.31 * \sqrt{\frac{1540 * 3100}{15000 * 4640}}$$

$$r = 4.53 \text{ m.}$$

Este valor nos indica que la primera zona de Fresnel tiene un radio de 4.53 metros, por lo tanto se puede apreciar que el rayo directo está lo suficientemente despejado pudiendo considerar mucho mayor del 60 % de la zona de Fresnel, asegurando la calidad del enlace.

3.2.4.4. ATENUACIÓN POR PROPAGACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE.

Las pérdidas de trayectoria de espacio libre se definen como las pérdidas sufridas por una onda electromagnética conforme se propaga en una línea recta a través del vacío sin ninguna absorción o reflexión de energía de los objetos cercanos.

Existen diferentes fórmulas para calcular estas pérdidas, en esta ocasión se analizarán tres de ellas.

La primera ecuación corresponde a la siguiente:

$$L_p = 20 \log \frac{4fD\pi}{c}$$

Donde:

Lp: pérdida de trayectoria de espacio libre. (dB)

D: distancia. (mt)

f: frecuencia. (Hz)

c: velocidad de la luz en el espacio libre (3 x 10⁸ m/s).

$$L_p = 20 \log \frac{4 * 15000000000 * 4640 * \pi}{3 * 10^8}$$
$$L_p = 129,29 \text{ dB}$$

La segunda ecuación es:

$$L_p(\text{dB}) = 92,4 + 20 \log f(\text{GHz}) + 20 \log d(\text{Km})$$

Donde:

f = Frecuencia de operación del enlace en GHz.

d = Distancia total del enlace en Kilómetros.

$$L_p = 92,4 + 20 \log(15) + 20 \log(4,64)$$

$$L_p = 129,25 \text{ dB}$$

La tercera ecuación es:

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d$$

Donde:

f: frecuencia en MHz.

d: distancia Kilómetros.

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log(15000) + 20 \log(4,64)$$

$$L_{bf} = 129,25 \text{ dB}$$

Las pérdidas por propagación en el espacio libre son de aproximadamente 129,26 dB, este valor de está dentro de los valores aceptables por atenuación del espacio libre, lo que da a entender que existen pérdidas aceptables en el enlace.

3.2.4.5. PÉRDIDA POR CABLE Y CONECTORES EN EL TRANSMISOR.

El cable coaxial a usar en el diseño es de tipo Celflex CUH ¼ (RG-8), como lo especifica el manual de usuario del equipo. La atenuación de este cable es de 97.2 dB por cada 100 metros al trabajar a frecuencias de 15 GHz – 16 GHz, esto quiere decir que la atenuación rodea los 0,972 dB/metro. Tal como lo especifica la hoja de información del cable (ANEXO 2).

Frequency MHz	Attenuation dB/100 m	Attenuation dB/100 ft.	Average Power kW
0.5	0.401	0.122	5.50
1	0.568	0.173	5.50
1.5	0.696	0.212	5.50
2	0.804	0.245	5.50
10	1.81	0.550	3.66
20	2.56	0.781	2.58
30	3.15	0.960	2.10
50	4.08	1.24	1.62
88	5.45	1.66	1.21
100	5.82	1.77	1.14
108	6.06	1.85	1.09
150	7.17	2.19	0.922
174	7.75	2.36	0.854
200	8.33	2.54	0.794
300	10.3	3.13	0.643
400	12.0	3.65	0.553
450	12.7	3.88	0.519
500	13.5	4.10	0.491
512	13.6	4.15	0.485
600	14.8	4.52	0.446
700	16.1	4.91	0.411
800	17.3	5.27	0.382
824	17.6	5.35	0.376
894	18.4	5.60	0.360
900	18.4	5.62	0.359
925	18.7	5.70	0.354
960	19.1	5.81	0.347
1000	19.5	5.94	0.339
1250	22.0	6.71	0.300
1500	24.3	7.41	0.272
1700	26.1	7.94	0.254
1800	26.9	8.20	0.246
2000	28.5	8.69	0.232
2100	29.3	8.93	0.226
2200	30.1	9.17	0.220
2400	31.6	9.62	0.209
3000	35.8	10.9	0.185
3500	39.1	11.9	0.169
4000	42.2	12.9	0.157
5000	48.0	14.6	0.138
6000	53.4	16.3	0.124
7000	58.6	17.9	0.113
8000	63.4	19.3	0.104
9000	68.1	20.8	0.097
10000	72.6	22.1	0.091
12000	81.2	24.8	0.081
14000	85.4	27.2	0.074
16000	97.2	29.6	0.068
18000	104.7	31.9	0.063
20000	112	34.2	0.059
20400	113	34.6	0.058

Tabla 3.21. Pérdidas del conductor.

Aproximadamente son 5 metros de recorrido t tomando en cuenta la atenuación por los conductores que es de 0.3 dB, las pérdidas por cable y conductores es de 5 dB en un sentido; siendo tomados en cuenta solo un punto de la transmisión, este valor se duplica al referirse al sistema completo, en otras palabras, pérdidas por cables y conectores en el transmisor más las pérdidas por cables y conectores en el receptor. Esto da como resultado una atenuación de cables y conductores aproximado de 10 dB.

3.2.4.6. MARGEN DE DESVANECIMIENTO.

El margen de desvanecimiento es un factor incluido en la ecuación de ganancia del sistema que considera las características no ideales y menos predecibles de la propagación de ondas de radio tal como la propagación de múltiples trayectorias, sensibilidad a superficie rocosa, condiciones climatológicas, objetivos de confiabilidad; y es válido para una distancia máxima de 400 Km. El M se calcula como:

$$M = 30 \log D + 10 \log(6 ABf) - 10 \log(1 - r) - 70$$

Donde:

M: margen de desvanecimiento (dB).

D: es la distancia entre las antenas Tx y Rx (Km).

f: es la frecuencia del enlace de microondas (GHz).

r: es el objetivo de confiabilidad del enlace.

A: es el factor de rugosidad de la trayectoria:

4,00	Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
3,00	Sembrados densos; pastizales; arenales
2,00	Bosques (la propagación va por encima)
1,00	Terreno normal
0,25	Terreno rocoso (muy) desparejo

Tabla 3.22. Factor de rugosidad.

B: es el factor para convertir la probabilidad del peor de los meses en probabilidad anual:

1,000	Área marina o condiciones de peor mes
0,500	Prevalen áreas calientes y húmedas
0,250	Áreas mediterráneas de clima normal
0,125	Áreas montañosas de clima seco y fresco

Tabla 3.23. Factor de probabilidad del peor mes.

Para el cálculo del margen de desvanecimiento es necesario tener conocimiento de las características del terreno y del clima en la cual se va diseñar el radio enlace de microondas.

El proyecto ha requerido un factor de confiabilidad del 99,99%. A continuación se especifican los datos necesarios para este cálculo:

$f = 15$ Ghz (Frecuencia de operación del enlace).

$d = 4,64$ Km. (Distancia total del enlace).

$R = 0,9999$ (confiabilidad del enlace).

$A = 1,00$ (factor de rugosidad de la trayectoria)

$B = 0,125$ (factor para convertir la probabilidad del peor de los meses en probabilidad anual).

$$M = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - r) - 70$$

$$M = 30 \log(4,64) + 10 \log(6 * 1 * 0,125 * 15) - 10 \log(1 - 0,9999) - 70$$

$$M = 0,507 \text{ dB}$$

3.2.4.7. POTENCIA RECIBIDA.

Conocida también como Balance de Energía. Es la potencia a la entrada del receptor sin obstrucciones y suponiendo que no existe desvanecimiento, expresada en dBm, viene dada por:

$$P_r(\text{dB}) = P_T + G_T + G_R - L_P - L_F - L_b$$

Donde:

G_T : ganancia de la antena transmisora (dBi).

G_R : ganancia de la antena receptora (dBi).

L_p : pérdidas de trayectoria de espacio libre (dB).

Lf: pérdidas del alimentador de guías de ondas entre la red de distribución y su antena respectiva (dB).

Lb: pérdidas totales de acoplamiento en los circuladores, filtros y red de distribución entre la salida de un transmisor o la entrada de un receptor y su alimentador de guías de ondas respectivo (dB).

Pt: potencia salida (dBm).

Para este cálculo es necesario conocer los siguientes datos, para luego hacer la sustitución de los mismos en la ecuación.

Gt = 39,6 dBi.

Gr = 39,6 dBi.

Lp = 129,26 dB.

Lf = 9,72 dB.

Lb = 0,28 dB.

Pt = 20 dBm.

Sustituyendo los datos obtenidos en los cálculos anteriores y en hojas de información respectivos, en la ecuación anterior, se obtiene el valor de la potencia que se está recibiendo en el receptor:

$$P_r(dB) = P_T + G_T + G_R - L_P - L_F - L_b$$

$$P_r(dB) = 20 + 39,6 + 39,6 - 129,26 - 9,72 - 0,28$$

$$P_r(dB) = -40,06$$

La potencia de recepción calculada indica que el enlace de microondas está recibiendo suficiente potencia desde el transmisor, se puede considerar un correcto dimensionamiento del enlace ya que la

sensibilidad de recepción de este sistema es de -73 dB cuando está trabajando en la banda de los 15 GHz.

3.2.4.8. ALTURA DE LAS ANTENAS.

Esto se refiere a la distancia desde el piso hacia la antena. Para distancias mayores de 10 Kilómetros, se debe tomar en cuenta el radio de curvatura de la tierra para garantizar que haya línea de vista entre las antenas del transmisor y receptor, pero como es evidente no es necesario para este enlace debido a que solo tiene una distancia de 4,64 Km. La altura de la antena en la Universidad Nacional de Chimborazo es de 20 metros considerando el edificio de Ingeniería y el mástil construido sobre él, y en el punto rural de Riobamba la altura es de 10 metros considerando la posibilidad de realizarlo con el objetivo de garantizar el enlace.

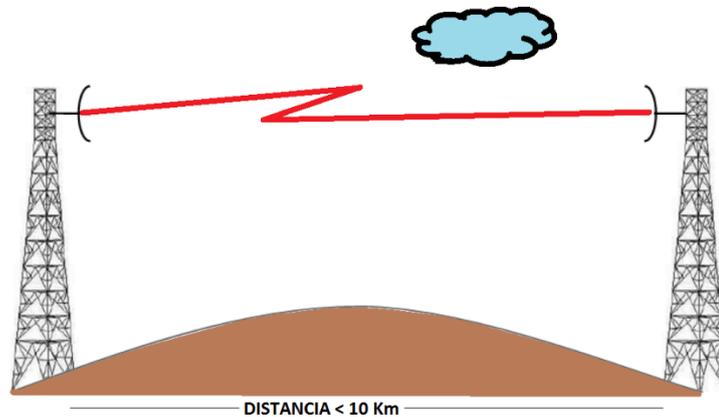


Figura 3.54. Altura de las antenas referente a la distancia.

3.2.4.9. PIRE (POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA).

El PIRE es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica (es decir, aquella que distribuye la potencia exactamente igual en todas direcciones) para producir la densidad de

potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una antena. El PIRE tiene en cuenta las pérdidas de la línea de transmisión y en los conectores e incluye la ganancia de la antena. El PIRE se expresa habitualmente en [decibelios] respecto a una potencia de referencia emitida por una potencia de señal equivalente. El PIRE permite comparar emisores diferentes independientemente de su tipo, tamaño o forma.

$$PIRE = P_T - L_c + G_a$$

Donde:

PT: Potencia del transmisor (dBm).

Gt: Ganancia del transmisor (dBi).

Sustituyendo los datos en la ecuación anterior, se obtiene el valor de PIRE en dBm:

$$PIRE (dBm) = 20 + 39,6$$

$$PIRE (dBm) = 59,6$$

Aunque también es común utilizar dBW, dBm utiliza una referencia de 1 mW y dBW utiliza una referencia de 1 W.

$$dBm = 10 \log \left(\frac{\text{potencia}}{1 \text{ mW}} \right)$$

$$dBW = 10 \log \left(\frac{\text{potencia}}{1 \text{ W}} \right)$$

3.2.4.10. PÉRDIDAS POR LLUVIA.

Para frecuencias mayores a 10 GHz, existen otros factores que afectan la propagación de las señales de microondas, como la absorción por Gases y Vapor de Agua, la atenuación por Lluvia y la atenuación por vegetación entre otras.

Considerando una tasa de distribución de lluvia R, se puede calcular la atenuación específica.

$$A_{lluvia} = aR^b$$

Donde:

Alluvia: atenuación por lluvias (dB/Km).

$$a = \begin{cases} 4,21 \times 10^{-5} f^{2,42} & 2.9 \text{ GHz} \leq f \leq 54 \text{ GHz} \\ 4,09 \times 10^{-2} f^{0,699} & 54 \text{ GHz} \leq f \leq 180 \text{ GHz} \end{cases}$$

$$b = \begin{cases} 1,41 f^{-0,0799} & 8,5 \text{ GHz} \leq f \leq 25 \text{ GHz} \\ 2,63 f^{-0,272} & 25 \text{ GHz} \leq f \leq 164 \text{ GHz} \end{cases}$$

R: es la tasa de lluvia de la región (mm/h). La tasa de lluvia se clasifica en:

Clase	Intensidad media en una hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	$> 2 \text{ y } \leq 15$
Fuertes	$> 15 \text{ y } \leq 30$
Muy fuertes	$>30 \text{ y } \leq 60$
Torrenciales	>60

Tabla 3.24. Tasa de lluvia.

Se considera a Riobamba una ciudad con lluvias moderadas y se toma un valor promedio de 8.

Entonces reemplazando los valores en la ecuación se obtiene:

$$A_{lluvia} = (4.21 * 10^{-5} * 15^{2,42}) * 8^{1.41*15^{-0,0799}}$$

$$A_{lluvia} = 0,04 \text{ dB}$$

Es una atenuación insignificante para el sistema.

3.2.4.11. SOLUCIONES Y CORRECCIONES.

De no cumplirse con los requerimientos de diseño, es decir al no satisfacer las necesidades planteadas para el enlace, ya sea que no se cumpla con la calidad deseada del enlace o con las especificaciones del ITU-R y/o ITU-T, se pueden intentar varias soluciones, o corregir de cierta manera parámetros que ayuden a satisfacer dichos requerimientos.

A continuación se citan algunas posibles:

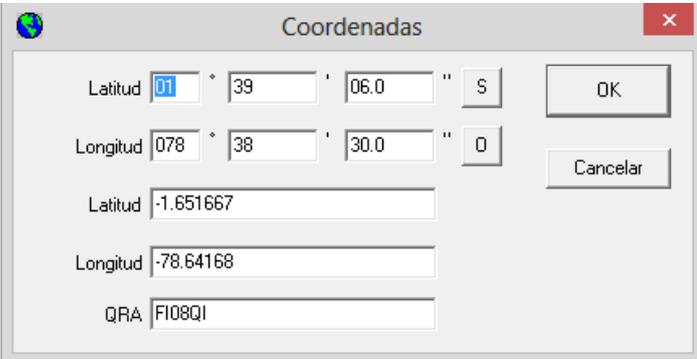
- Incluir un sistema de diversidad (de frecuencia o de espacio comúnmente).
- Elevar la altura de las antenas.
- Aumentar la potencia en la transmisión.
- Colocar repetidores pasivos adicionales.
- Colocar repetidores activos.
- Sustituir el equipo receptor por otro de mejores características.
- Colocar antenas de mayor ganancia.
- Cambiar ubicaciones de los terminales (puntos de referencia).

La solución a escoger, generalmente depende de criterios exclusivos del diseñador, que pueden ser por aspectos económicos o de condiciones geográficas. Sin embargo, lo más común es incluir un sistema de diversidad y/o aumentar la altura de las antenas, pero si los equipos aún no han sido adquiridos, pueden cambiarse las características de los equipos considerados en el diseño del enlace. Habitualmente se escoge como última opción el cambio de ubicación de los puntos de los terminales. De todas maneras, el diseño de radio enlaces, como todo diseño, es un proceso insistente y ordenado, por lo tanto al variar las condiciones de los problemas buscando cumplir con los requerimientos de diseño, se debe retomar el procedimiento en el lugar en que se realizó el cambio.

3.2.5. SIMULACIÓN.

La simulación consiste en la representación del sistema de enlace microonda por medio de un software, el cual solicitará como parámetros de ingreso a los datos calculados anteriormente.

Se inicia con el ingreso de los puntos, tanto para UNACH como el punto rural de referencia.



Latitud	01	°	39	'	06.0	"	S	OK
Longitud	078	°	38	'	30.0	"	O	
Latitud	-1.651667							Cancelar
Longitud	-78.64168							
QRA	FI08QI							

Figura 3.55. Ingreso de coordenadas UNACH en Radio Mobile.

The 'Coordenadas' dialog box contains the following fields and values:

- Latitud: 01 ° 41 ' 12.1 " S
- Longitud: 078 ° 39 ' 52.7 " O
- Latitud (decimal): -1.686692
- Longitud (decimal): -78.66463
- QRA: FI08QH

Figura 3.56. Ingreso de coordenadas Punto rural en Radio Mobile.

Los datos del sistema corresponde tanto a la a información de equipos como de los datos calculados, estos especifican a los parámetros más importantes para la simulación.

The 'Propiedades de las redes' dialog box shows the following configuration for the selected system 'Enlaces-Punto a Punto':

- Nombre del sistema: Enlaces-Punto a Punto
- Potencia del Transmisor (Watt): 0.1 (dBm) 20
- Umbral del receptor (µV): 50.1187 (dBm) -73
- Pérdida de la línea (dB): 9.72 (Cable+cavidades+conectores)
- Tipo de antena: GD58-22-VPOL.ant (Ver)
- Ganancia de antena (dBi): 39.6 (dBd) 37.45
- Altura de antena (m): 1 (Sobre el suelo)
- Pérdida adicional cable (dB/m): 0.28 (Si la altura de la antena difiere)

Figura 3.57. Ingreso de los datos del sistema.

Se puede observar en la altura de la antena se coloca 1 metro y en pérdidas adicionales 0.28 dB/m, esto se debe a que las pérdidas adicionales calculadas anteriormente totales dan 0.28 dB y para precisar esta información en el software se lo puede realizar ajustando los parámetros de esa manera.

Este proyecto requiere únicamente de un enlace directo entre dos punto, se escoge como topología a una red de datos Master/Eslavo.

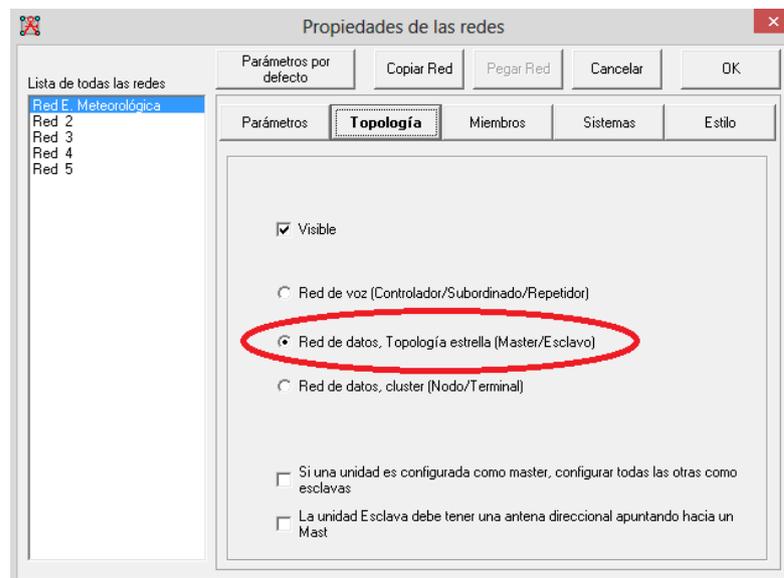


Figura 3.58. Selección del tipo de topología del radio enlace.

Al colocar los dos puntos con las respectivas coordenadas el software calcula automáticamente datos adicionales muy útiles, como son el azimut y el ángulo de elevación. Para el caso del punto colocado en UNACH se lo configura como Máster, con dirección hacia el punto rural de referencia.

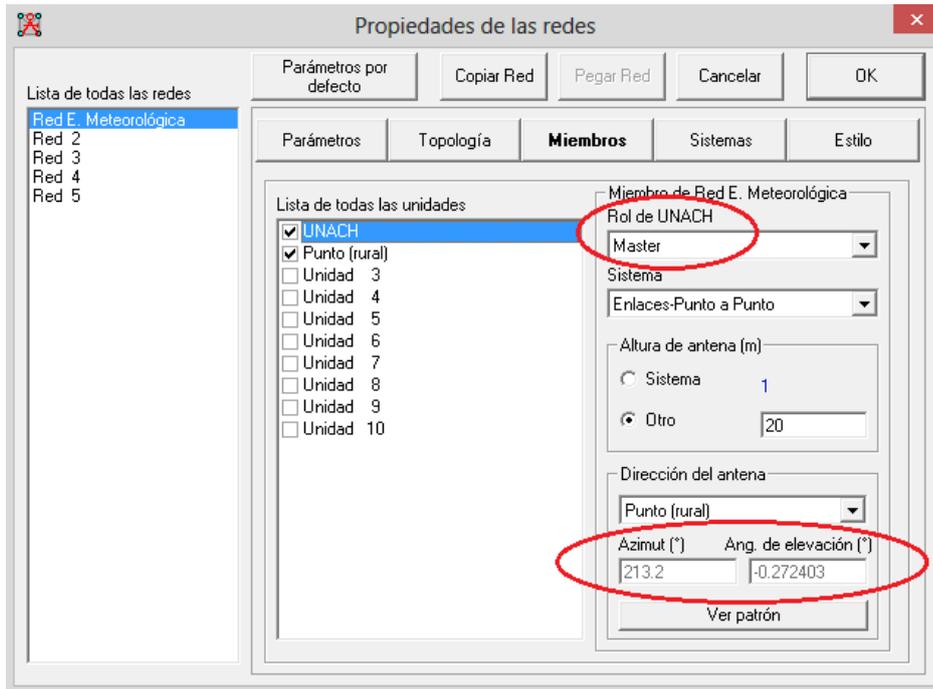


Figura 3.59. Azimut y ángulo de elevación en UNACH.

UNACH	
Azimut	213.2°
Elevación	-0,272403°

Tabla 3.25. Azimut y elevación punto UNACH.

El patrón de radiación de la antena ubicada en UNACH es el siguiente (diagrama de radiación horizontal):

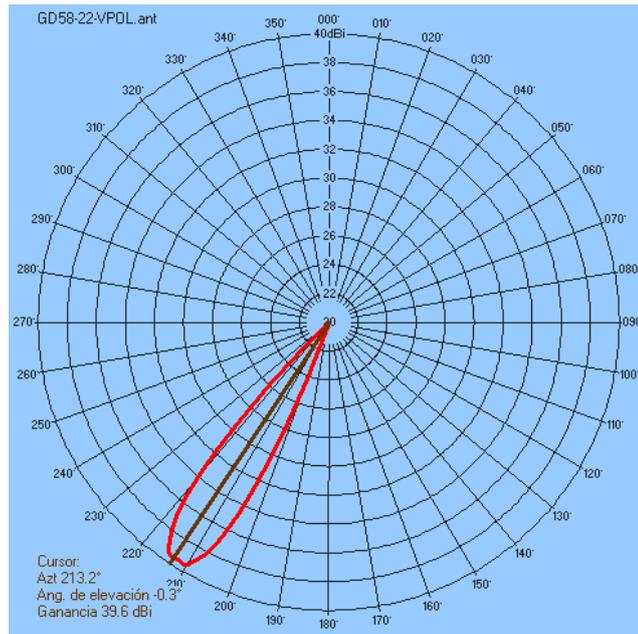


Figura 3.60. Lóbulo de radiación de la antena en UNACH.

El punto rural de referencia se lo configura como Esclavo, con dirección hacia UNACH.

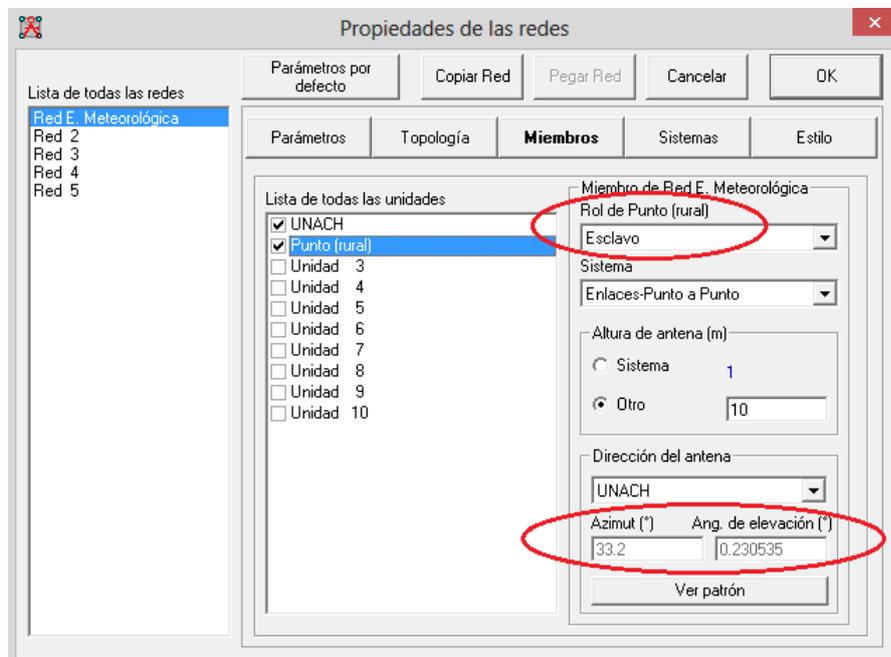


Figura 3.61. Azimut y ángulo de elevación Punto Rural.

Punto rural de Riobamba	
Azimet	33,2º
Elevación	0,230535º

Tabla 3.26. Azimut y elevación Punto rural de Riobamba.

El patrón de radiación de la antena ubicada en el punto rural es el siguiente (patrón de radiación horizontal):

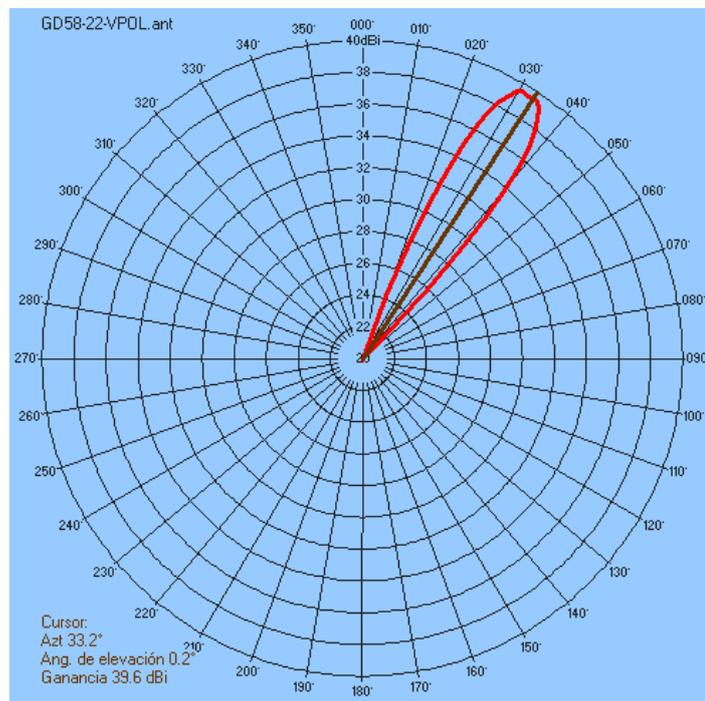


Figura 3.62. Lóbulo de Radiación de la antena en Punto rural.

Una vez se hayan puesto todos los parámetros necesarios se aceptan presionando el botón OK. La simulación dará los resultados respectivos.



Figura 3.63. Simulación del radio enlace.

El perfil topográfico que muestra el software confirma toda la información calculada como perfil topográfico, zonas de Fresnel, distancia, pérdidas, campo eléctrico, nivel de recepción tanto en dBm como en uVoltios,

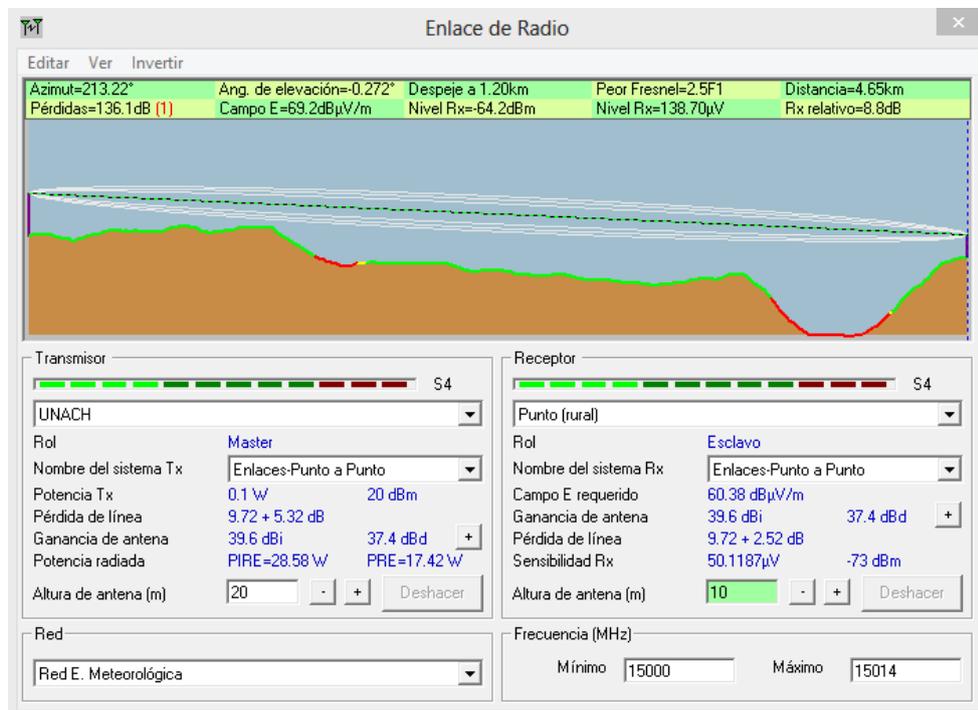


Figura 3.64. Perfil topográfico.

La distribución de la potencia lo indica la siguiente imagen:

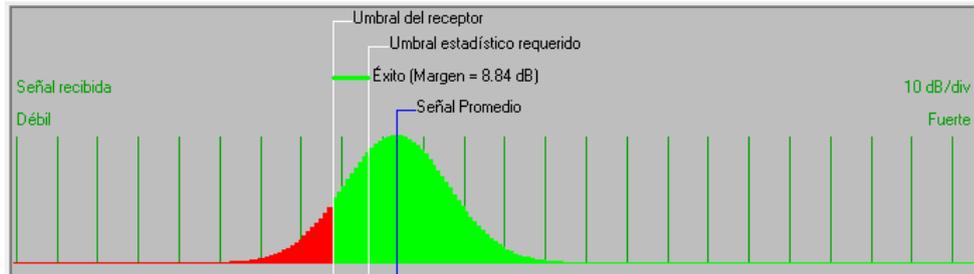


Figura 3.65. Distribución de potencia.

De igual manera el software nos muestra un resumen del enlace de microondas:

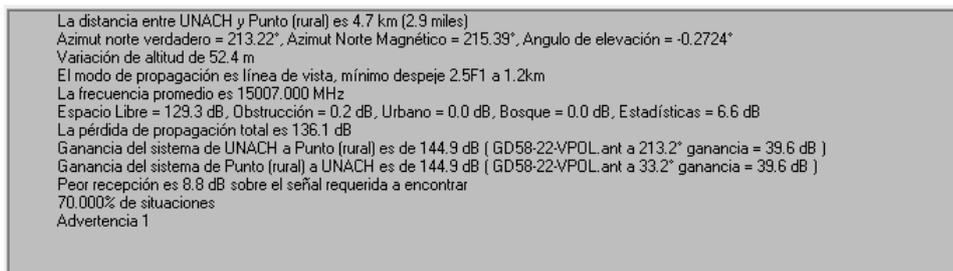


Figura 3.66. Resumen de la simulación.

3.2.6. CONCESIÓN DE FRECUENCIAS.

La utilización del espectro radio eléctrico, siendo este un recurso limitado, es regulado por el estado. Es por esto que su utilización conlleva una serie de procesos legales a seguir. Las personas naturales o jurídicas (Representantes de empresas o compañías) deben cumplir una serie de requisitos para poder obtener dichas concesiones.

El servicio que va a brindar esta parte del proyecto está conocido como Servicio Fijo Enlaces Punto-Punto según la CONATEL.

Las frecuencias con las que trabaja el radio es la banda de los 15GHz, de igual manera de acuerdo al “Plan Nacional de Distribución de Frecuencias

Ecuador 2012 – DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO”, éste determina la utilización del espectro dentro de determinadas bandas de frecuencias. Dentro de la distribución, la banda de 15GHz (14,4GHz – 15,4GHz) puede ser utilizado para servicio fijo de enlaces punto a punto (ANEXO 3).

Según el “Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico” Del Servicio Fijo. Enlaces Punto-Punto y Punto-Multipunto (No Multiacceso) establece en el artículo 9 citado textualmente a continuación:

Artículo 9.- La tarifa por uso de frecuencias para el Servicio Fijo, enlace punto-punto, se calculará en base de la distancia (D) en kilómetros entre las estaciones fijas y la anchura de banda (A) utilizada, de acuerdo con la Ecuación:

$$T(US\$) = K_a * \alpha_3 * \beta_3 * A * (D)^2$$

Donde:

T (US\$) = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América, por frecuencia asignada.

Ka = Factor de ajuste por inflación.

α_3 = Coeficiente de valoración del espectro del Servicio Fijo para enlaces punto- punto.

β_3 = Coeficiente de corrección para el Sistema Fijo, enlace punto – punto.

A = Anchura de banda de la frecuencia asignada, en MHz.

D = Distancia en kilómetros entre las estaciones fijas.

La Ecuación se aplica a cada frecuencia del enlace y por enlace. Si una estación fija opera con más de una frecuencia en la misma dirección, la tarifa resultante será la suma de las tarifas individuales calculadas por cada frecuencia de transmisión y recepción.

De acuerdo al rango de frecuencias correspondiente y cuando el caso lo amerite, para fines del cálculo de tarifas, se usarán los valores de distancia máxima y mínima aplicable contemplados en la siguiente tabla:

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Distancia máxima aplicable, Km.	Distancia mínima aplicable, Km.
0 GHz <f<= 1 GHz	70	30
1 GHz <f<= 5 GHz	50	15
5 GHz <f<= 10 GHz	30	12
10 GHz <f<= 15 GHz	25	9
15 GHz <f<= 20 GHz	20	8
20 GHz <f<= 25 GHz	15	6
f > 25 GHz	10	5

Tabla 3.27. Distancias recomendadas según la frecuencia.

En este caso se puede notar la frecuencia mínima es mayor a la establecida en el reglamento, esto no es un impedimento de utilización, pues son referencias para cálculos de tarifas, simplemente este enlace no amerita estas referencias sino la distancia propia establecida.

El Coeficiente de valoración del espectro α_3 a aplicarse para el Servicio Fijo, enlaces punto-punto para las distintas bandas se muestra en la siguiente tabla:

Rango de frecuencias; f (frecuencia de operación)	Coeficiente de valoración del espectro α_3
0 GHz <f<= 1 GHz	0.0815313
1 GHz <f<= 5 GHz	0.0323876
5 GHz <f<= 10 GHz	0.0237509
10 GHz <f<= 15 GHz	0.0215917
15 GHz <f<= 20 GHz	0.0194325
20 GHz <f<= 25 GHz	0.0183529
f > 25 GHz	0.0172734

Tabla 3.28. Coeficiente de valoración del espectro según la frecuencia.

Para el caso de enlaces punto-multipunto (No Multiacceso), éstos pagarán una tarifa como enlaces punto-punto individuales.

La concesión de frecuencia necesita información muy importante dentro de esta se encuentra: información legal e información financiera del solicitante sea éste una persona natural o jurídica, información técnica sistema elaborado en el formulario disponible suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones (ANEXO 4).

Uno de los aspectos de gran importancia en el ámbito de la electrónica es el Estudio Técnico del Sistema suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, elaborado en los formularios disponibles. A continuación se detalla los formularios requeridos para este proyecto.

Formulario RC-1A (Formulario para Información Legal).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de concesión, autorización temporal de frecuencias, renovación o modificación técnica o legal del contrato de concesión. En este formulario se debe registrar toda la información legal del solicitante y el responsable técnico (ANEXO 5).

Formulario RC-1B (Formulario para Información Legal Modulación Digital de Banda Ancha).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de registro, modificación técnica o legal de un sistema de Modulación Digital de Banda Ancha. En este formulario se debe registrar toda la información legal del solicitante y el responsable técnico, así como la declaración de aceptación de interferencias en las bandas de operación (ANEXO 6).

Formulario RC-2A, (Formulario para Información de la Estructura del Sistema de Radiocomunicaciones).- En este formulario se deben registrar todos los datos del tipo de estructura utilizada, su ubicación así como el tipo de alimentación y protecciones (ANEXO 7).

Formulario RC-3A (Formulario para Información de Antenas).- Incluye todas las especificaciones de la antena (ANEXO 8).

Formulario RC-3B, (Formulario para patrones de radiación de antenas).- Incluye el formato para graficar los patrones de radiación de antenas, así como también las tablas donde se debe especificar los valores de ganancia (dB) para cada radial tanto en el plano horizontal como en el vertical (ANEXO 9).

Formulario RC-4A (Formulario para Información de Equipamiento).- Incluye todas las especificaciones de los equipos a utilizarse, debe utilizarse siempre y cuando se incluya un equipo nuevo en una concesión, renovación o modificación, no es necesario cuando se opere con equipos previamente registrados en la SNT (ANEXO 10).

Formulario RC-5A (Formulario para Servicios Fijo y Móvil Terrestre).- Incluye todas las especificaciones correspondientes a las características de operación de los servicios Fijo y Móvil Terrestre, en lo que se refiere a rango de frecuencias y modo de operación, así como número de estaciones con las que se operará y las especificaciones de todas las estaciones (ANEXO 11).

Formulario RC-6A (Formulario para Servicio Fijo Terrestre).- Incluye todas las especificaciones correspondientes a las características de operación del Servicio Fijo Terrestre en lo referente a la operación de enlaces punto-punto, características de estaciones fijas, perfil topográfico, esquema del sistema y gráfica del perfil topográfico (ANEXO 12).

Formulario RC-13A (Formulario para Cálculos de Propagación).- Incluye todas las especificaciones para los cálculos de propagación, perfiles topográficos y esquema del circuito (ANEXO 13).

Formulario RC-14A (Formulario para Esquema del Sistema de Radiocomunicaciones).- En este formulario se debe presentar un esquema de la topología del sistema de radiocomunicaciones en su totalidad (ANEXO 14).

Formulario RC-15A (RNI-T1) (Formulario para Estudio Técnico de Emisiones de RNI).-En este formulario se debe presentar el cálculo de la distancia de seguridad para la Radiaciones No Ionizantes (ANEXO 15).

3.2.7. CONFIGURACIÓN DE LOS RADIOS DE MICROONDA (IDU).

La configuración de los radios de microonda consiste en el proceso de conectar la IDU a un computador con el objetivo de colocar sus parámetros de funcionamiento previamente definidos y calculados. La IDU permite varios tipos de conexiones para su configuración donde se destacan la conexión por medio de cable Ethernet y la conexión directa por cable serial o USB. El requerimiento principal de para la configuración es el software “Subnetwork Craft Terminal” que acompaña a la adquisición de los equipos, su instalación es muy sencilla. Una vez instalado, el programa debe ser iniciado.

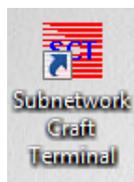
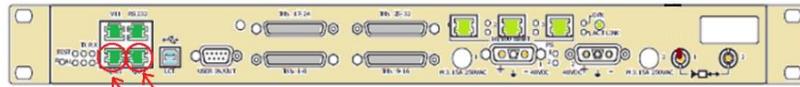


Figura 3.67. Ícono del programa de configuración de la IDU.

3.2.7.1. CONFIGURACIÓN POR PUERTO ETHERNET DE IDU NUEVA.

A continuación se detallará el proceso de configuración por conexión Ethernet.

Una vez encendida la IDU al ser alimentada con -48 V de corriente continua se conecta por medio de cable Ethernet la IDU con la PC, los puertos de la IDU para configuración son dos, ubicados donde indica la siguiente figura:



**Puertos de configuración
por cable ethernet.**

Figura 3.68. Puertos Ethernet de configuración del radio.

El computador debe encontrarse en la misma red que el radio para conseguir un acceso a su interfaz de configuración, este radio por defecto viene con una dirección IPv4 1.0.0.1 y máscara 255.255.255.0 (1.0.0.1 /24). Por esa razón se coloca la dirección 1.0.0.2/24 en la PC.

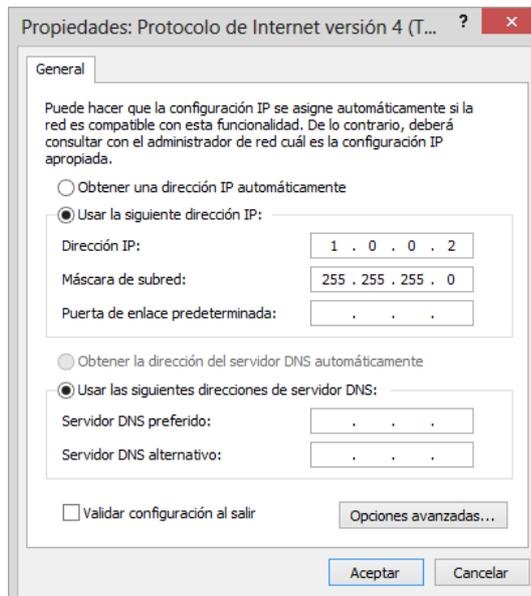


Figura 3.69. Asignación de IP del computador.

Al ejecutar el programa “Subnetwork Craft Terminal” se desplegará la ventana que tiene como interfaz, de la cual se puede distinguir la barra de herramientas, indispensable para la configuración, se pulsa el botón “Option” para comenzar la configuración.

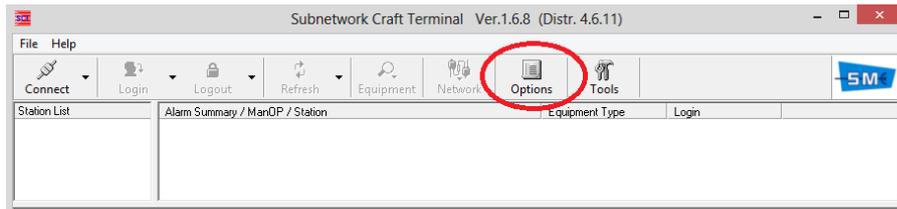


Figura 3.70. Opciones de conexión para configuración.

Se despliega una ventana donde es necesario especificar el tipo de conexión que se va a utilizar entre el radio y la PC, en este caso se selecciona la tercera opción “Connect using local area network”, y pulsar el botón Settings, de la q se despliega una nueva ventana de selección de la IP del computador que va a ser conectado, en esta ocasión la única establecida.

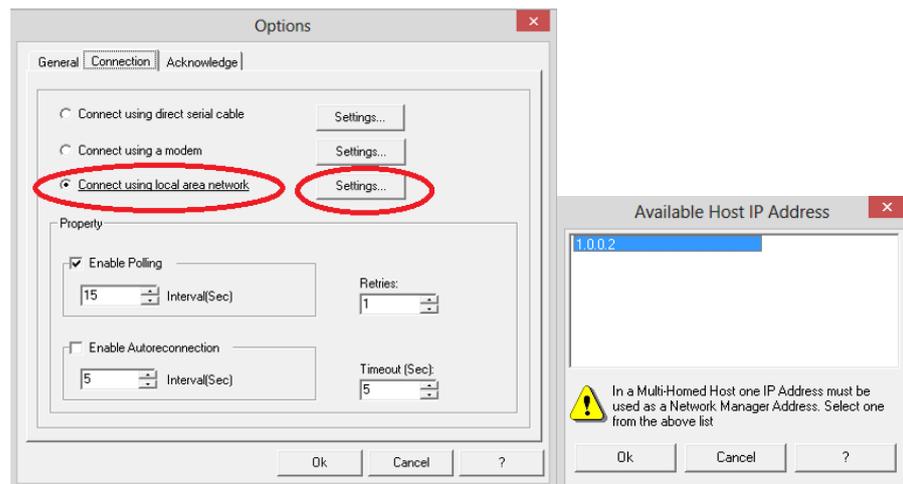


Figura 3.71. Conexión usando LAN.

Aceptar todos los cambios en las opciones de conexión para cerrar las ventanas. Una vez definidos aquellos parámetros se procede a presionar el botón “Connect” para comenzar la conexión con la IDU.

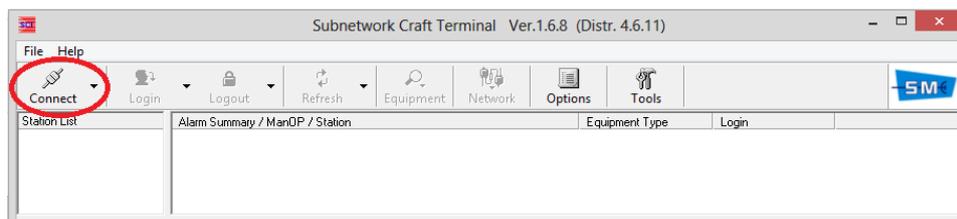


Figura 3.72. Conexión al radio.

Se desplegará una nueva ventana de identificación para conexión, ésta solicita parámetros como la dirección IP, el nombre de usuario el cual su campo será llenado como “SYSTEM”, la contraseña del equipo que por el caso de ser nuevo tiene por defecto “siaemicr”. Estos 3 parámetros son suficientes para comenzar la configuración. Se aceptan los cambios al presionar el botón “Ok”

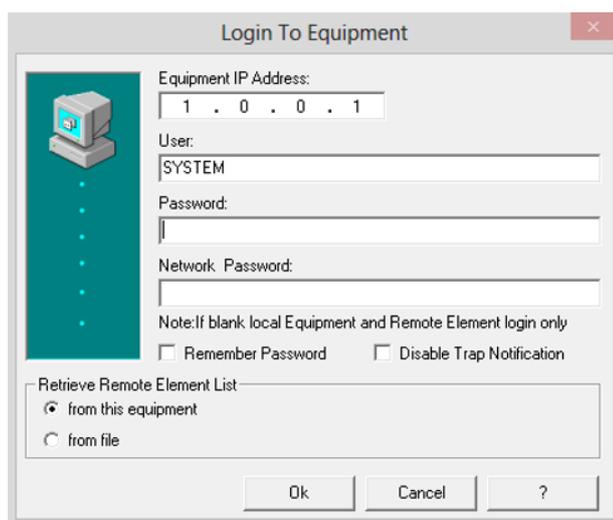


Figura 3.73. Requerimientos de conexión.

El radio se conectará automáticamente con el computador, y en la pantalla de interfaz inicial aparecerá las características del radio, como el nombre del equipo, el tipo de equipo. Se puede detallar que la solamente existe un equipo de configuración.

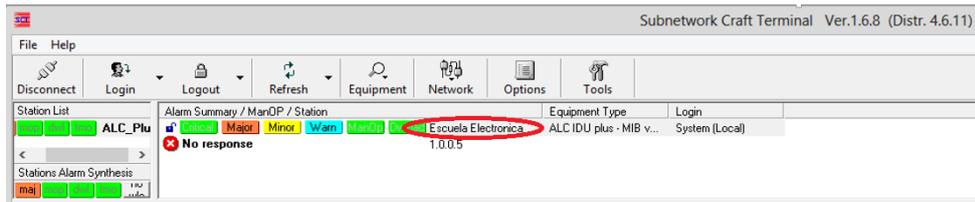


Figura 3.74. Visualización de radios conectados.

Eso quiere decir que el radio ya está conectado a través del cable Ethernet. Puede ser configurado directamente desde este software como interfaz o hacer doble clic en el nombre del radio, esta acción abrirá una ventana del navegador Internet Explorer con una interfaz de configuración más interactiva.

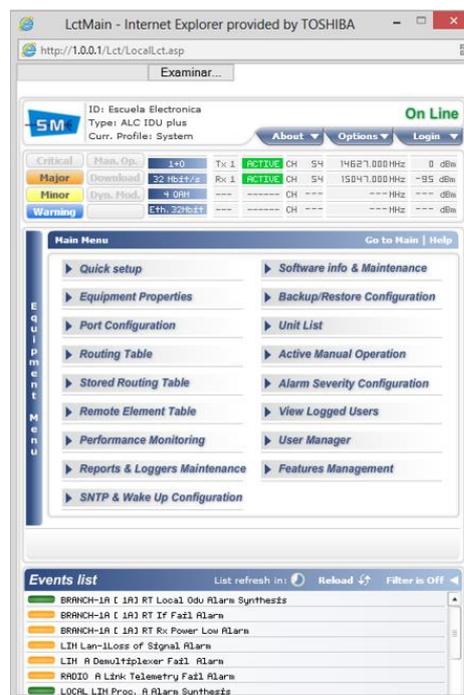


Figura 3.75. Interfaz de configuración del radio.

La segunda opción, siendo esta más directa es usar un navegador (en este caso Google Chrome debido a que abre interfaz para configuración remota). Como es conocida la dirección IP del radio IDU, se ingresa directamente al navegador para abrir su interfaz, es decir se coloca 1.0.0.1 como si fuera una dirección.

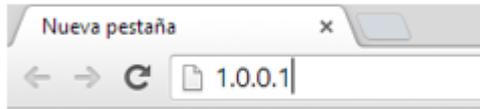


Figura 3.76. Ingreso desde un Navegador.

Enseguida cargará una página de registro similar a la conexión anterior pero directamente en el navegador. Como usuario de igual manera se deberá ingresar “SYSTEM” y como contraseña “siaemicr”. Posteriormente se hace clic en Login.



Figura 3.77. Registro para inicio de sesión en el radio.

Se abrirá una nueva ventana de navegador con la interfaz de configuración. En el caso de que no se abra dicha ventana, se deberá configurar el navegador para que permita una ventana emergente de la dirección IP del radio IDU. El lado derecho será para la configuración remota de la IDU ubicada en el otro punto del enlace, es decir permite la posibilidad de configuración de ambos radios desde un mismo punto, en esta ocasión el radio remoto está desconectado.

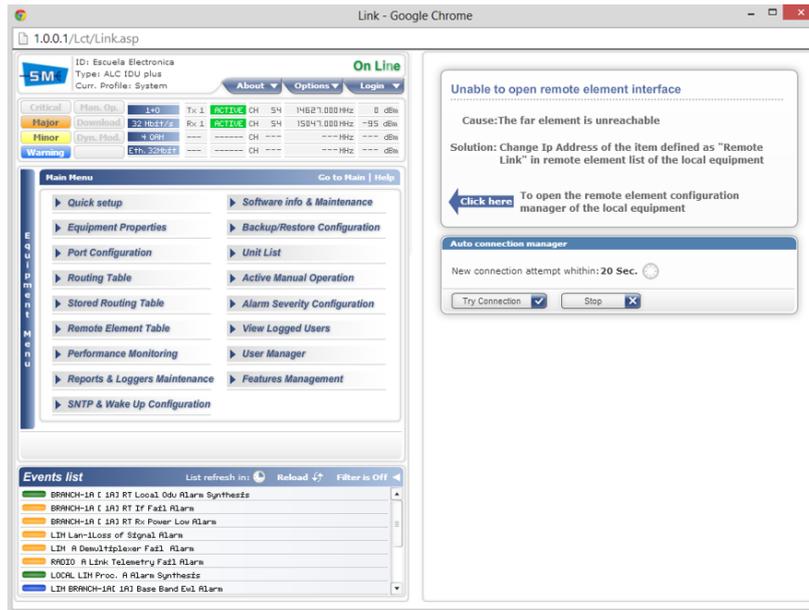


Figura 3.78. Configuración de IDU local.

La configuración básica del radio corresponde la frecuencia, potencia, modulación y potencia, que se lo hará independientemente en cada radio hasta que estos se encuentren en red. Una vez configurados estos permiten un acceso remoto mediante un solo sitio.

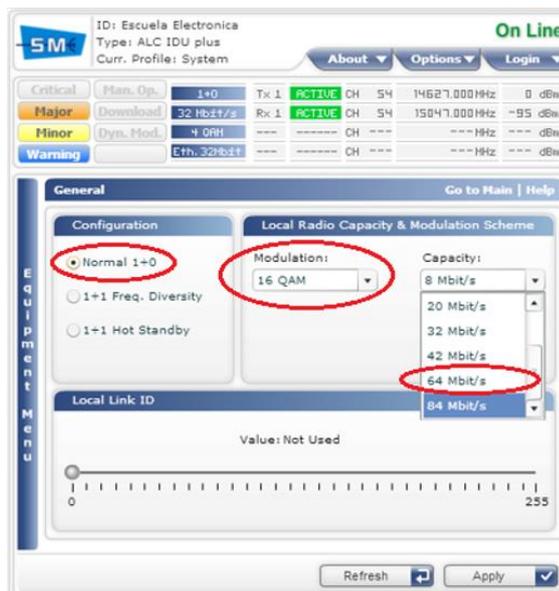


Figura 3.79. Configuración genera IDU.

Para el proyecto utilizaremos una modulación de 16QAM, una capacidad de 64 Mbps, una configuración de 1+0 que significa un solo transmisor. La potencia se configurará en la pestaña Radio – Branch, donde se colocará la frecuencia, se elegirá el primer canal de la banda de 15 GHz que corresponde al canal 54.



Figura 3.80. Selección de la frecuencia.

Así mismo se configurará una potencia adecuada en la misma pestaña.

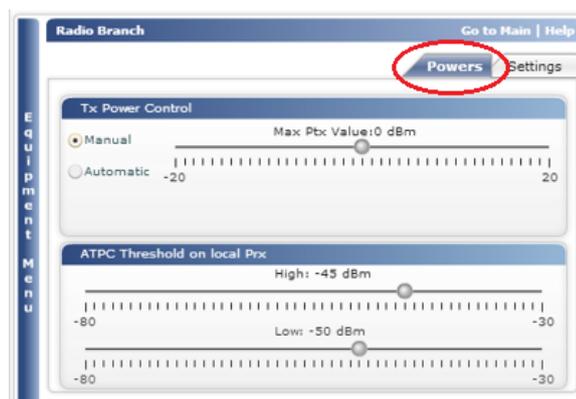


Figura 3.81. Configuración de la potencia de Tx.

3.2.7.2. BARRIDO DE TRÁFICO IP.

El segundo radio es una IDU previamente configurada que había estado en servicio en un sistema de telefonía celular. El problema con este radio es que su IP es desconocida, razón por la cual no se tiene acceso a la configuración del mismo. La solución a dar a este problema es un barrido del tráfico IP generado en el puerto Ethernet del computador al conectar al radio, con el fin de identificar todos los dispositivos que generen tráfico y al mismo tiempo sus direcciones IP.

Para conseguir este propósito se ha valido de un software llamado "Wireshark Network Analyzer". Este software libre y de código abierto es un analizador de protocolos utilizado para realizar análisis y solucionar problemas en redes de comunicaciones, para desarrollo de software y protocolos, y como una herramienta didáctica para educación. Cuenta con todas las características estándar de un analizador de protocolos de forma únicamente hueca.

La funcionalidad que provee es similar a la de tcpdump, pero añade una interfaz gráfica y muchas opciones de organización y filtrado de información. Así, permite ver todo el tráfico que pasa a través de una red (usualmente una red Ethernet, aunque es compatible con algunas otras) estableciendo la configuración en modo promiscuo.

Permite examinar datos de una red viva o de un archivo de captura salvado en disco. Se puede analizar la información capturada, a través de los detalles y sumarios por cada paquete. Wireshark incluye un completo lenguaje para filtrar lo que queremos ver y la habilidad de mostrar el flujo reconstruido de una sesión de TCP.

Una vez iniciado el software se procede a realizar un barrido de la interfaz Ethernet a la cual se le ha conectado el radio, para eso se hace un clic en el botón “Capture” seguido del submenú “Interfaces”.

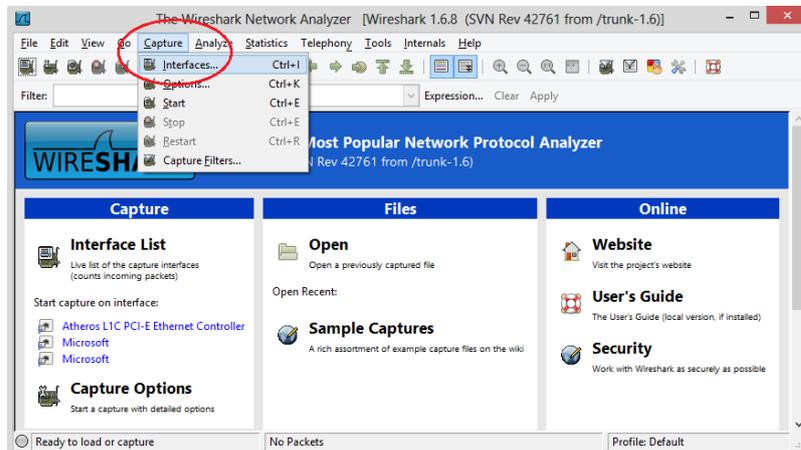


Figura 3.82. Selección de la interfaz para captura de tráfico de red.

Al desplegarse una ventana se debe seleccionar la interfaz a la cual se desea realizar el barrido de tráfico, en este caso la interfaz Ethernet del computador se llama “Atheros L1C PCI-E Ethernet Controller”

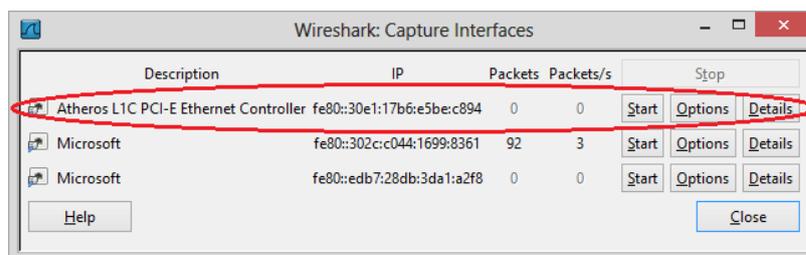


Figura 3.83. Inicio de la captura de tráfico.

Iniciará la lectura de direcciones IP que contiene el tráfico en el puerto, se mostrará en su interfaz todas las direcciones encontradas, como se ve en la imagen, marcado con celeste en el parámetro “Source” que significa fuente o recurso del cual se genera el tráfico aparece el nombre del radio Siae-Mic_01:e3:3d que envía un mensaje de Broadcast, la información que busca es un destino 192.21.1.16 enviado desde la dirección

138.21.1.26; eso quiere decir que el radio ha sido configurado con un computador con una dirección IP 138.21.1.16 y la dirección del radio es la 138.21.1.26; se acostumbra a manejar máscaras /24, es decir 255.255.255.0.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	1.0.0.5	224.0.0.251	MDNS	530	Standard query response SRV, cache flush 0 0
2	20.501010	1.0.0.5	1.0.0.255	NBNS	92	Name query NB WPAD<00>
3	21.251759	1.0.0.5	1.0.0.255	NBNS	92	Name query NB WPAD<00>
4	22.003000	1.0.0.5	1.0.0.255	NBNS	92	Name query NB WPAD<00>
5	58.384508	1.0.0.5	224.0.0.251	MDNS	217	Standard query PTR _ni-logos._tcp.local, "QM"
6	59.513027	fe80::30e1:17b6:e5b:ff02::1	ff02::1	ICMPv6	94	Echo (ping) request id=0x0a90, seq=1
7	59.513054	1.0.0.5	224.0.0.1	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=2704/3687
8	59.514647	Siae-Mic_01:e3:3d	Broadcast	ARP	60	who has 138.21.1.16? Tell 138.21.1.26
9	63.998321	1.0.0.5	224.0.0.251	MDNS	530	Standard query response SRV, cache flush 0 0
10	147.651126	1.0.0.5	1.0.0.255	NBNS	92	Name query NB WPAD<00>
11	148.400784	1.0.0.5	1.0.0.255	NBNS	92	Name query NB WPAD<00>
12	149.151317	1.0.0.5	1.0.0.255	NBNS	92	Name query NB WPAD<00>

Figura 3.84. Identificación del tráfico IP.

Al hacer doble clic en dicha parte correspondiente al radio de microonda se despliega una nueva ventana que indica toda la información respecto al radio, dentro de las que más interesa y aquí lo detalla es la dirección IP del radio y la dirección IP de la tarjeta la cual configuró el radio.

```

8 59.514647 Siae-Mic_01:e3:3d Broadcast ARP 60 Who has 138.21.1.16? Tell 138.21.1.26
  Ethernet II, Src: Siae-Mic_01:e3:3d (00:b0:ac:01:e3:3d), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  Source: Siae-Mic_01:e3:3d (00:b0:ac:01:e3:3d)
    Type: ARP (0x0806)
    Trailer: 0077016c01bc818401d60016010405dc0206
  Address Resolution Protocol (request)
    Hardware type: Ethernet (1)
    Protocol type: IP (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: request (1)
    [Is gratuitous: False]
    Sender MAC address: Siae-Mic_01:e3:3d (00:b0:ac:01:e3:3d)
    Sender IP address: 138.21.1.26 (138.21.1.26)
    Target MAC address: IfmElect_00:43:01 (00:02:01:00:43:01)
    Target IP address: 138.21.1.16 (138.21.1.16)
  
```

Figura 3.85. Reconocimiento de la dirección IP del radio.

Lo primero a realizar es colocar la dirección 138.21.1.16 /24 en la tarjeta de red Ethernet del computador, para poder acceder al radio. Luego se ejecuta el software de configuración de la IDU de igual manera que en la

configuración anterior. Obviamente para este caso se selecciona conexión mediante la red por la dirección nueva del computador.

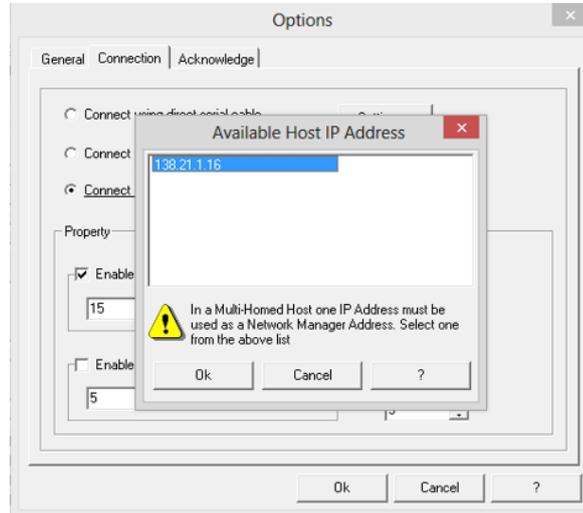


Figura 3.86. Selección del host disponible para configuración.

Se ingresa al radio con la dirección encontrada y de la misma forma con la contraseña "siaemicr".

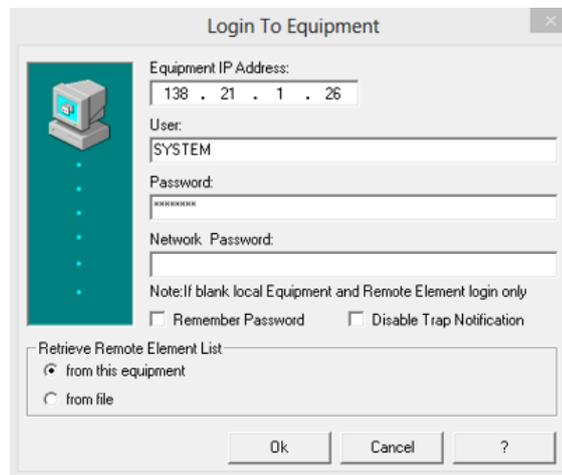


Figura 3.87. Inicio de sesión de un radio usado.

Como se habría mencionado anteriormente, este radio fue previamente configurado para servicios de telefonía, por eso aparece con nombre y

con dirección IP e incluso con una configuración de enlace, que en este momento consta como inaccesible.

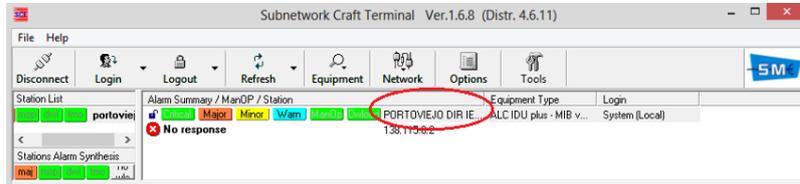


Figura 3.88. Reconocimiento del radio usado.

Lo primero por hacer es configurar una nueva dirección IP para que se encuentre en red conjuntamente con la otra IDU perteneciente a este enlace. Se presiona clic derecho sobre el radio y se direcciona en el submenú a “Communication Setup” y a “Port Configuration”.

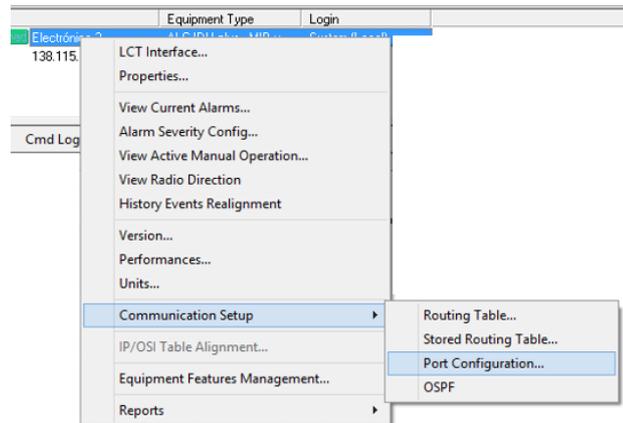


Figura 3.89. Ingreso a los puertos de configuración.

La dirección escogida para este radio es la 1.0.0.3 con máscara 255.255.255.0 para que se coloque en la misma red que la otra IDU, por cada cambio se presiona en el botón “Set Values” seguido de la confirmación de los cambios. Esto se lo hace tal como lo indica la siguiente imagen:

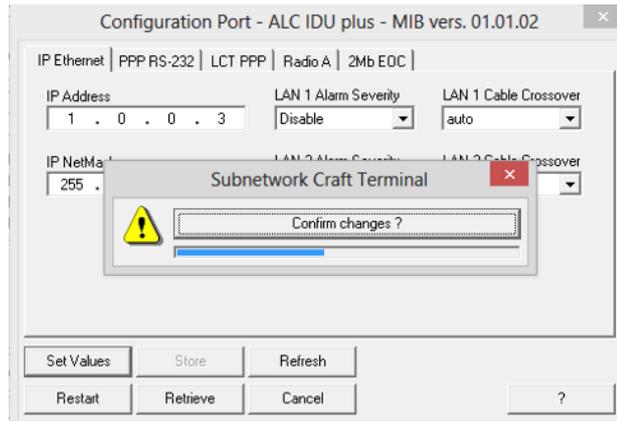


Figura 3.90. Confirmación de los cambios.

Obviamente el radio se desconectará una vez confirmados los cambios, se deberá ingresar de nuevo utilizando las nuevas direcciones IP, es decir la 1.0.0.3 para el radio y una que pertenezca a la misma red

3.2.7.3. CONFIGURACIÓN DEL PUERTO LAN.

Una vez que los radios se encuentran en la misma red se pueden encontrar siempre y cuando estén correctamente instalados, tanto en azimut como en ángulo de elevación, también dependerá de la configuración básica como es de la potencia, frecuencia, modulación y capacidad estén de correctamente parametrizados.

Es recomendable que toda configuración se la realice primero en el equipo remoto con el fin de no perder conectividad.

Ingresando en un solo lado se puede conseguir acceso a la configuración de ambas IDU.

Se procede a activar los puertos en una configuración LAN, es decir que el sistema de microonda funcione como un dispositivo Switch. El proceso es el siguiente:

Como tamaño máximo de paquete se coloca en 1522.

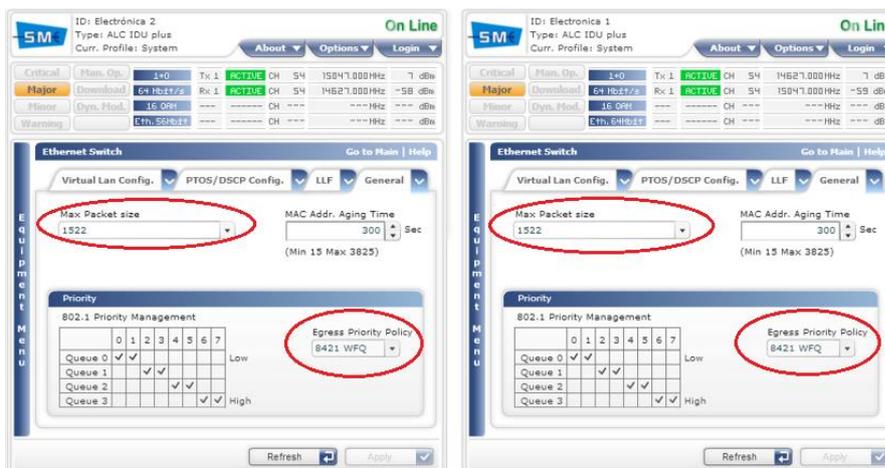


Figura 3.91. Configuración remota.

Posteriormente hay que dirigirse a la pestaña de Lan-1 en la que activaremos al puerto uno (de los tres que posee) de la microonda que funcione como Switch en una red LAN. Como capacidad de transmisión del puerto se selecciona “Full Rate” equivalente a la máxima capacidad del equipo según las configuraciones anteriores, una explotación del canal de “Full-Duplex” con una velocidad de transmisión de 100M; de la misma manera se selecciona MDI (NIC) para que el enlace actúe como cable directo, es una de las características, dispositivos nuevos tienen esa selección automática, es decir reciben la conexión de cables directos y cruzados, pero en un enlace de datos por microonda este parámetro debe ser definido.

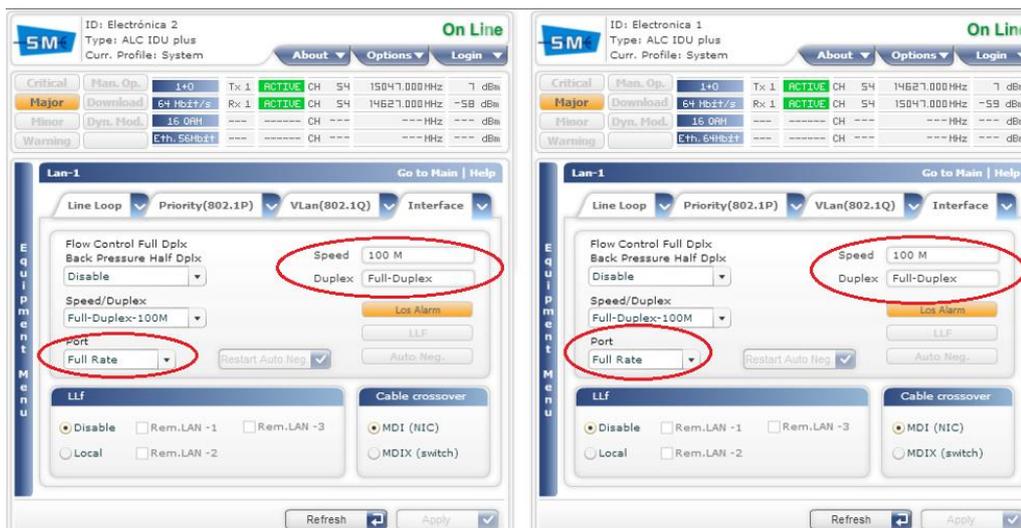


Figura 3.92. Configuración a modo Switch.

En la segunda sub-pestaña de la configuración Lan-1 llamada Vlan(802.1Q) se debe activar el puerto interno del radio, mientras que Lan-2 y Lan-3 deberán ser desactivados, es decir se permitirá una conexión LAN solamente entre los puertos Ethernet número uno de ambos radio.

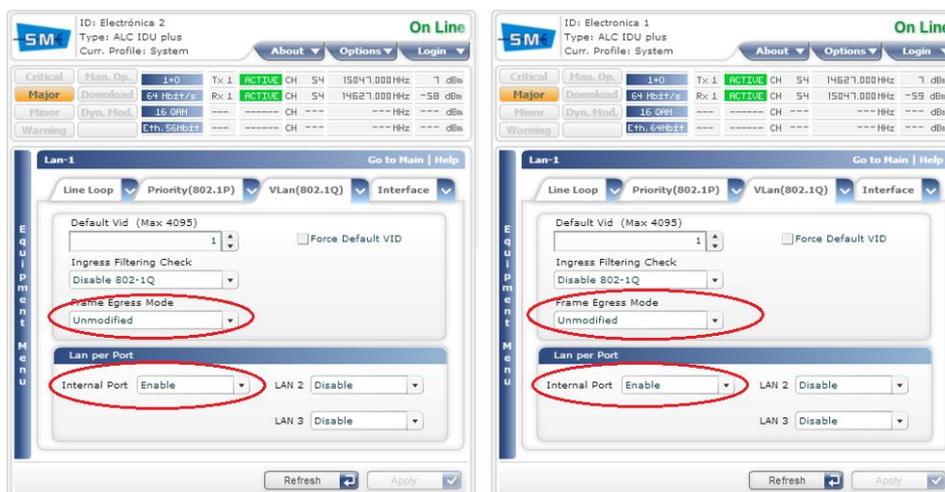


Figura 3.93. Configuración Vlan.

En la siguiente sub-pestaña llamada "Priority (802.1P)" se definirá la prioridad de los paquetes. Se elegirá IptOS, estos son mecanismo de

priorización de paquetes. La especificación original de IPv4 indica que debe considerarse un campo de 3 bits que indica la prioridad (precedente), con otros tres bits indicando el servicio deseado y dejando los últimos dos bits en cero (por estar reservados). Los bits que indican el tipo de servicio son (en orden): minimizar latencia, maximizar el throughput y maximizar la confiabilidad. Un host puede prender cualquier combinación de estos bits y los routers pueden usarlo como guía para determinar el próximo salto.

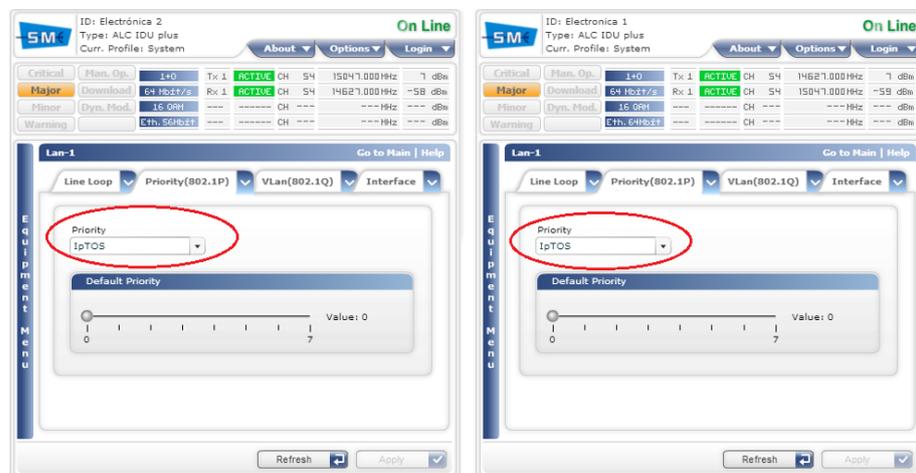


Figura 3.94. Prioridad de Datos.

El lazo de configuración especifica que el radio se va a comunicar con otro dispositivo, deberá ser seleccionado de la siguiente manera:

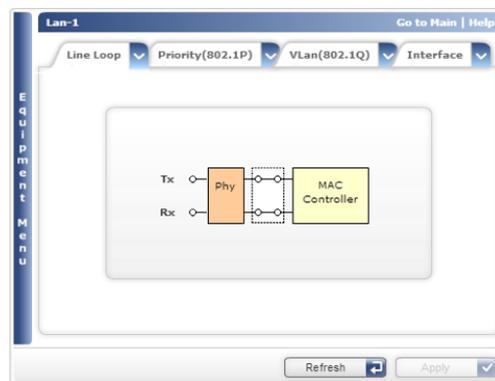


Figura 3.95. Configuración del lazo.

Finalmente en la pestaña de configuración del puerto interno (Internal Port), se selecciona la sub-pestaña Interface donde simplemente deberá ser activado el puerto interno.

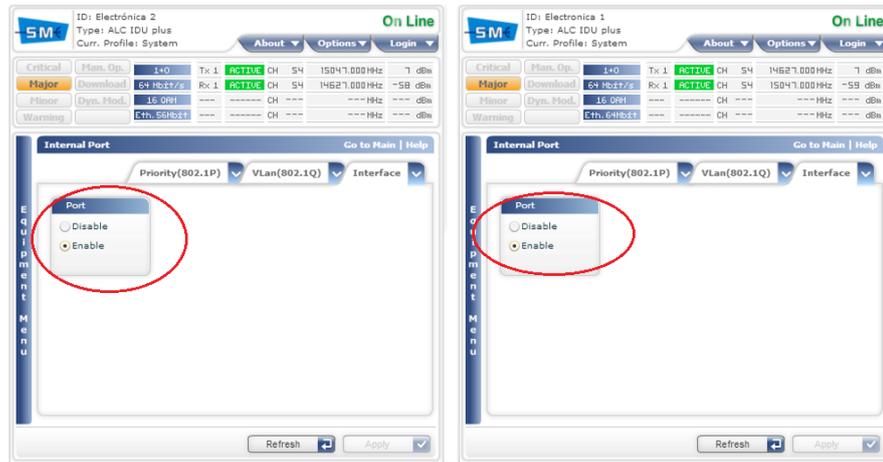


Figura 3.96. Habilitación del puerto Lan-1

Se debe proseguir con la siguiente sub-pestaña donde se activará el puerto 1 para su funcionamiento como LAN

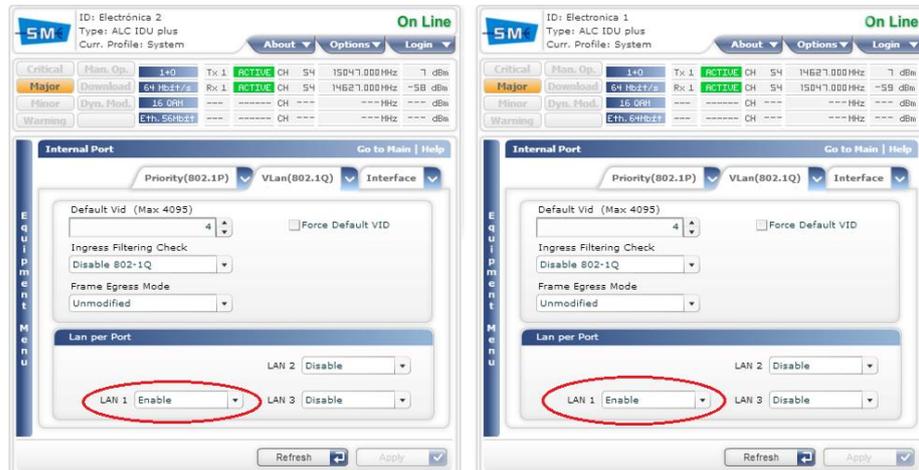


Figura 3.97. Habilitación del puerto interno para Lan-1.

Por último, y de la misma manera como fue configurado la prioridad del puerto Lan-1 se deberá elegir a IpTOS en la sub-pestaña "Priority (802.1P).

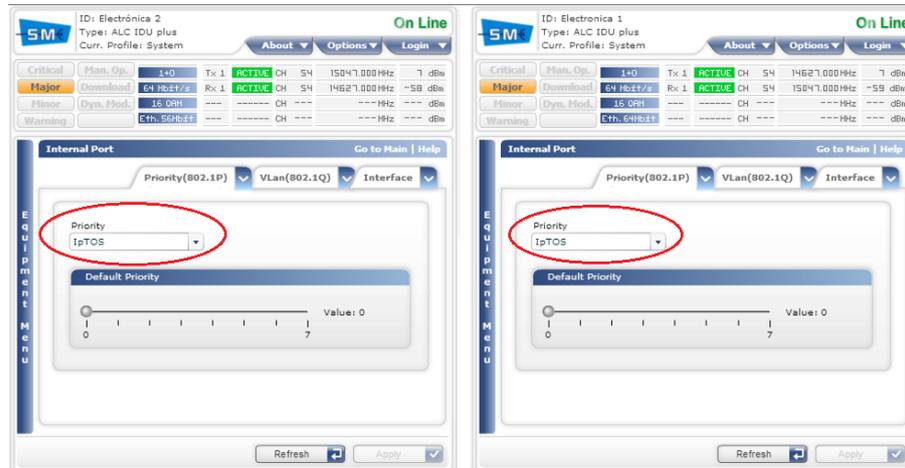


Figura 3.98. Prioridad de datos en puertos internos.

Terminado este proceso, los puertos de cada IDU deberán tener comunicación entre sí a la medida de conectarse a un dispositivo switch, pero únicamente el puerto uno de cada radio. El proceso se repetirá por cada puerto que se desee configurar con la diferencia que se seleccionará Lan-2 y Lan-3 conforme se amplíen los requerimientos. Para este proyecto se activarán dos puertos en cada radio, uno para la conectividad de la estación meteorológica con el computador a través del enlace de datos y el segundo puerto para que conecte a la red de sensores inalámbricos con un computador por medio del mismo enlace de datos.

3.3. ADAPTACIÓN: ESTACIÓN METEOROLÓGICA – RADIO MICROONDA.

Uno de los propósitos principales de este proyecto es conseguir comunicación entre la estación meteorológica y una oficina de control con conexión a un computador, lograr una adaptación entre los dos diferentes protocolos de comunicación que utiliza cada uno, siendo estos diferentes. Las estaciones meteorológicas poseen un sistema de comunicación directa con un computador, la idea central es permitir esta misma conectividad a larga distancia por medio de un enlace de datos por

microonda. La microonda no tiene la misma interfaz con la que la estación meteorológica se conecta a un computador.

La estación meteorológica posee una interfaz física DB-9 con un protocolo de comunicación RS-232 con el cual tiene conectividad directa con computadores que posean este puerto de comunicación. El enlace de datos, específicamente el radio de microonda (IDU) permite dentro de sus diferentes opciones, una conectividad LAN entre sus puertos de ambos radios, es decir puede actuar como dispositivo switch, es ésta la configuración que se pretende usar, consecuentemente posee una interfaz física de puerto Ethernet con un protocolo de comunicación TCP/IP.

3.3.1. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS-232.

El protocolo RS-232 es una norma o estándar mundial que rige los parámetros de uno de los modos de comunicación serial. Por medio de este protocolo se estandarizan las velocidades de transferencia de datos, la forma de control que utiliza dicha transferencia, los niveles de voltajes utilizados, el tipo de cable permitido, las distancias entre equipos, los conectores, etc.

Además de las líneas de transmisión (Tx) y recepción (Rx), las comunicaciones seriales poseen otras líneas de control de flujo (Handshake), donde su uso es opcional dependiendo del dispositivo a conectar.

A nivel de software, la configuración principal que se debe dar a una conexión a través de puertos seriales. RS-232 es básicamente la selección de la velocidad en baudios (1200, 2400, 4800, etc.), la verificación de datos o paridad (paridad par o paridad impar o sin paridad), los bits de parada luego de cada dato (1 ó 2), y la cantidad de bits por dato (7 ó 8), que se utiliza para cada símbolo o carácter enviado.

La Norma RS-232 fue definida para conectar un ordenador a un modem. Además de transmitirse los datos de una forma serie asíncrona son necesarias una serie de señales adicionales, que se definen en la norma. Las tensiones empleadas están comprendidas entre +15/-15 voltios. Puerta serial full dúplex para comunicación punto a punto a una distancia no superior a 30 metros.

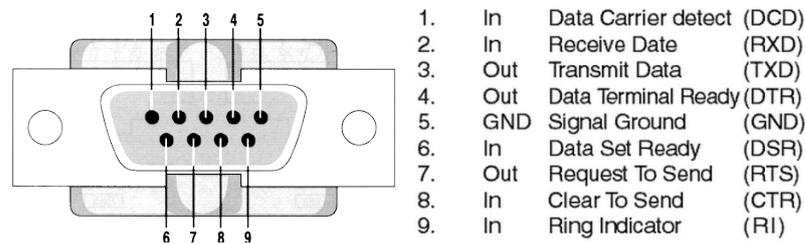


Figura 3.99. Interfaz física serial RS232.

3.3.2. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN TCP/IP.

TCP/IP es el nombre de un protocolo de conexión de redes. Un protocolo es un conjunto de reglas a las que se tiene que atener todas las compañías y productos de software con el fin de que todos sus productos sean compatibles entre ellos. Estas reglas aseguran que una máquina que ejecuta la versión TCP/IP de Digital Equipment pueda hablar con un PC que ejecuta TCP/IP.

El nombre TCP/IP proviene de dos de los protocolos más importantes de la familia de protocolos Internet, el Transmission Control Protocol (TCP) y el Internet Protocol (IP).

TCP/IP está diseñado para ser un componente de una red, principalmente la parte del software. Todas las partes del protocolo de la familia TCP/IP tienen unas tareas asignadas como enviar correo electrónico, proporcionar un servicio de acceso remoto, transferir ficheros, asignar

rutas a los mensajes o gestionar caídas de la red, y como el caso específico de este proyecto la administración de dispositivos.



Figura 3.100. Puerto Ethernet.

3.3.3. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.

Actualmente existen en el mercado dispositivos conocidos como transceptores. Un transceptor tiene una amplia definición, básicamente es un dispositivo receptor – transmisor que recibe una señal y la transmite cambiando sus parámetros físicos. Generalmente se aplica a dispositivos electromagnéticos pero también existen de tipo acústico e incluso mecánicos, por ejemplo un transceptor electro acústico que convierte las ondas de sonido en ondas electromagnéticas o viceversa.

En el mundo de los ordenadores, y más precisamente en las Redes y Telecomunicaciones, este término está ligado a un dispositivo que se encarga de realizar funciones de Recepción de una comunicación más específico de un protocolo de comunicación, contando con un Circuito Eléctrico que permite un procesamiento para también realizar la Transmisión de esta información en un diseño, formato o protocolo de comunicación distinto.

A continuación se plantean tres propuestas de las cuales se ha analizado la que ha criterio del diseñador se considere la mejor.

Figura 3.101. F03913 RS232 RS485 serial to TCP/IP Ethernet server module converter:



Figura 3.102. TCP/IP Ethernet to Serial RS232 RS485 de Intelligent Communication Converter:



Figura 3. 103. Conversor Serial RS232 a Ethernet WIZ110SR.



3.3.3.1. DESCRPCIÓN WIZ110SR.

El módulo WizNet110SR basado en el chip W5100 funciona como un Gateway que convierte desde el protocolo RS-232 al protocolo TCP/IP

y viceversa. Permite entre otras cosas dar conectividad Ethernet a los equipos que no lo poseen, pero sin lugar a dudas el mayor uso que se le da es por medio de la creación de puertos COM virtuales.

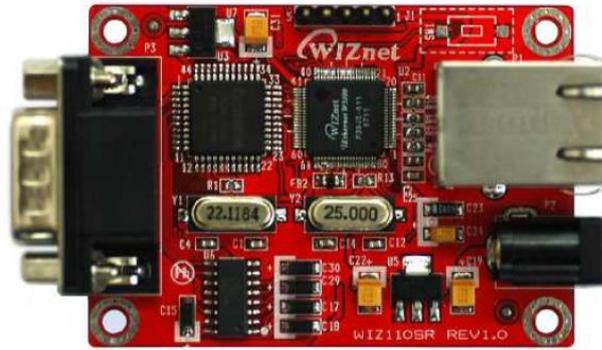


Figura 3.104. Vista superior del WIZ110SR.

3.3.3.2. CARACTERÍSTICAS.

Entre las características principales de WizNet se tienen:

- Módulo todo incluido para RS-232 y Ethernet.
- Simple y rápida implementación de la red.
- Disponibilidad de firmware para varios dispositivos seriales.
- Fácil y poderoso programa de.
- Interfaz Ethernet 10/100 Mbps, Interfaz Serial Max 230Kbps.
- Compatible con RoHS.

3.3.3.4. SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN.

El dispositivo posee un programa que permite configurar el módulo por medio del puerto Ethernet. Esta aplicación viene con todo lo necesario para poder modificar los parámetros de red, velocidad de transmisión del puerto serial y opciones en general.

El software se encuentra disponible en:

http://www.olimex.cl/soft/WizNet/WIZ1x0SR_CfgTool_v21.zip

3.3.4. CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO.

Se plantean dos formas distintas de conexión y configuración, dependiendo de las necesidades y recurso del proyecto. La primera utiliza dos dispositivos WizNet110S con el objetivo de crear una conexión serial transparente, es decir una equivalente a una conexión directa del dispositivo con el computador; la segunda opción es la utilización de un solo dispositivo y la creación de un puerto COM virtual.

Ambas opciones son prácticas, pues la idea central es lograr la transmisión de información con protocolo RS-232 de manera serial por medio del enlace de microondas que admite una comunicación con protocolo TCP/IP.

3.3.4.1. CONEXIÓN SERIAL TRANSPARENTE.

Para crear esta conexión necesitamos 2 conversores conectados a la red, uno en el PC y el otro en la estación meteorológica. Estos actuarán simplemente como interfaces entre el sistema de radio enlace de microondas y el computador que recibirá la información. Es decir será un equivalente a conectar la estación meteorológica directamente con el computador.

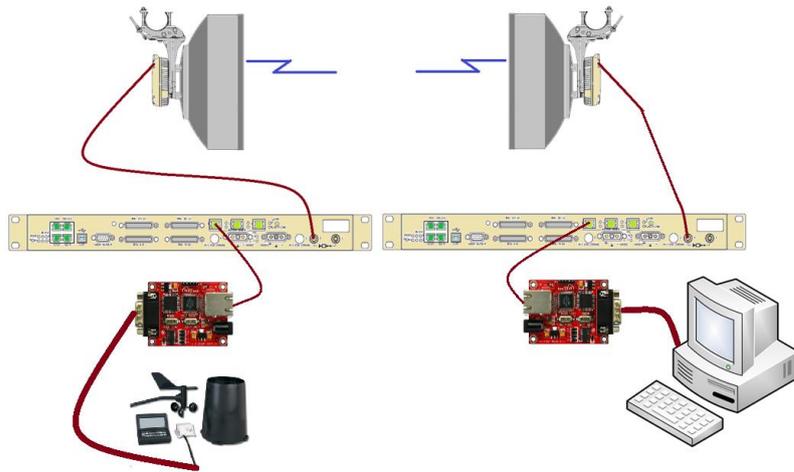


Figura 3.105. Esquema 1 de conexión de la estación meteorológica.

Esta configuración es equivalente a la siguiente:

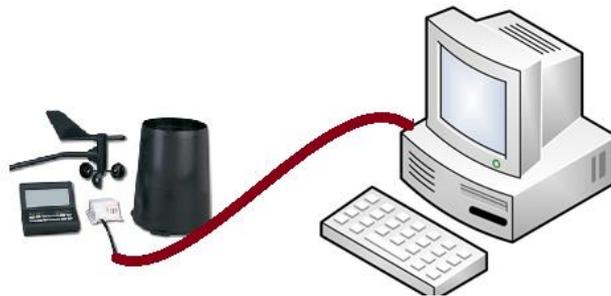


Figura 3.106. Conexión equivalente al esquema 1.

La utilidad de este tipo de conexión es que podemos tener el equipo serial a la distancia que la red de área local lo permita. El enlace de datos por microonda será equivalente a una red LAN, su configuración permitirá esta conectividad, es decir la distancia dependerá únicamente de la capacidad del radio.

Se deben conectar los dos equipos a la red de área local y alimentarlos con fuente de 5 voltios, luego se ejecuta el programa de configuración del módulo desde cualquier computador que este dentro de la misma red.

Deben aparecer dos equipos en la ventana de configuración (board list) después de hacer clic en el botón “search”.

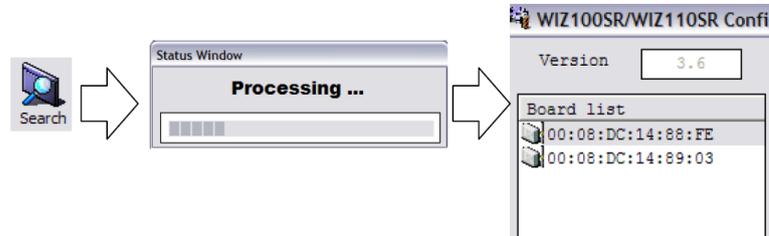


Figura 3.107. Identificación del WizNet110SR.

Los equipos deben configurarse en modo “Mixed” para que ambos funciones como servidor y cliente a la vez, la topología así lo requiere, pues estará actuando en ambas direcciones de comunicación.

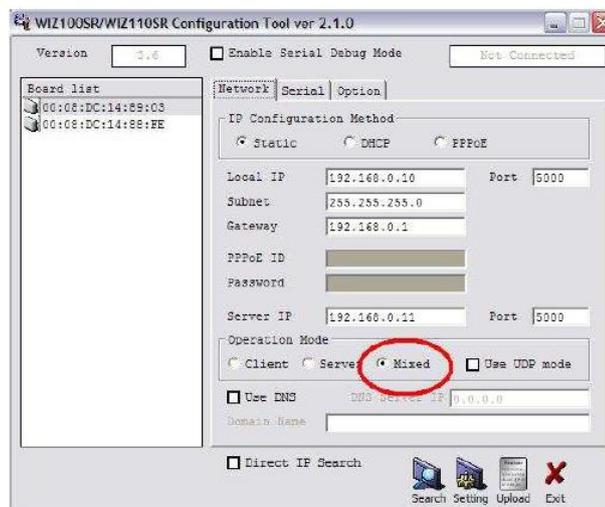


Figura 3.108. Configuración del WizNet110SR.

La configuración de los equipos para que funciones de manera adecuada a los requerimientos de este proyecto en la topología corresponde a la asignación adecuada de direcciones IP para colocarlos dentro de una red. Es importante que la IP asignada como server al equipo 1 sea la IP de servidor asignada al equipo 2 y viceversa según lo detallado en el

diagrama superior, así los equipos se comunicarán y el puerto serie conectado al WIZ100SR 1 se replicará en el WIZ100SR 2.

Todo lo que entra por el puerto serie de un equipo saldrá por el puerto serie del otro y viceversa.

La configuración que se ocupará en este caso es la siguiente:

WIZ100SR 1	WIZ100SR 2
IP Configuration Method <input checked="" type="radio"/> Static <input type="radio"/> DHCP <input type="radio"/> PPPoE	
Local IP: 192.168.0.10	Local IP: 192.168.0.11
Subnet: 255.255.255.0	Subnet: 255.255.255.0
Gateway: 192.168.0.1	Gateway: 192.168.0.1
PPPoE ID: []	PPPoE ID: []
Password: []	Password: []
Server IP: 192.168.0.11	Server IP: 192.168.0.10
Port: 5000	Port: 5000
Operation Mode <input type="radio"/> Client <input type="radio"/> Server <input checked="" type="radio"/> Mixed <input type="checkbox"/> Use UDP mode	

Figura 3.109. Relación de la configuración de los WIZ100SR.

3.3.4.2. CONEXIÓN VIA PUERTO COM VIRTUAL.

Esta conexión se utiliza para conectar un equipo serial a través de la red. Tiene la misma funcionalidad que la conexión anterior, pero ocupando un solo Módulo. Para crear esta conexión es necesario solamente un programa que cree puertos COM virtuales los cuales deberán ser asignado a la IP del dispositivo.

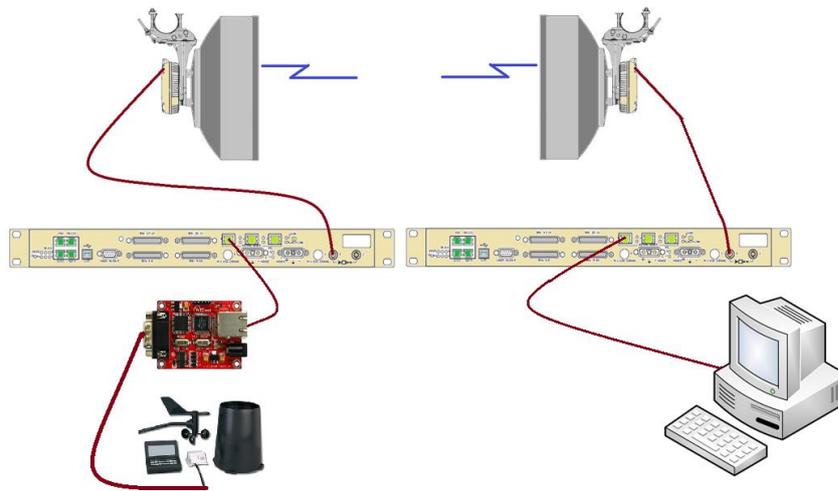


Figura 3.110. Esquema 2 de conexión de la estación meteorológica.

A diferencia de la conexión anterior, el equipo debe estar configurado como servidor "Server", para la cual se debe de hacer clic en la opción correspondiente.

La información que se utilizará será la dirección IP y la máscara de subred. La máscara indicará las direcciones IP que se encuentren dentro de la misma subred. El módulo WIZ110SR necesita tener una dirección IP tal que sea reconocida como una subred. Por esta razón tiene que tener el mismo IP que el PC pero sólo hasta los 255 indicados en la máscara. En este caso la dirección IP del PC es 192.168.1.140 y la máscara es 255.255.255.0 por lo tanto el módulo debe tener una dirección IP del estilo 192.168.1.X.

Se ha elegido la dirección IP 192.168.1.10 con la misma máscara 255.255.255.0 y el Gateway igual a 192.168.1.1 usando el puerto 5000. Para la dirección del Server IP se selecciona 192.168.1.10 con el mismo puerto 5000.

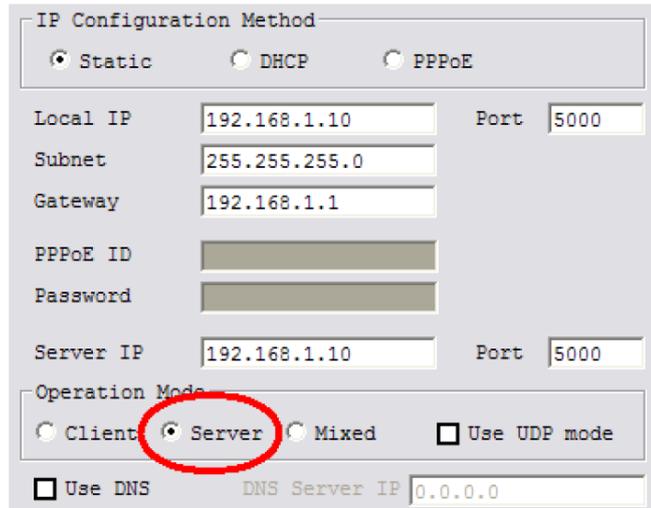


Figura 3.111. Configuración del WIZ100SR para el esquema 2.

3.3.4.3. CONFIGURACIÓN DEL PUERTO VIRTUAL.

Para poder crear un puerto virtual, se ha ocupado el programa WIZ VSP que se puede conseguir de la página de WIZNET.

<http://wiz-vsp.software.informer.com/1.6/>

Una vez instalado el programa, la configuración se la realiza en la siguiente ventana:

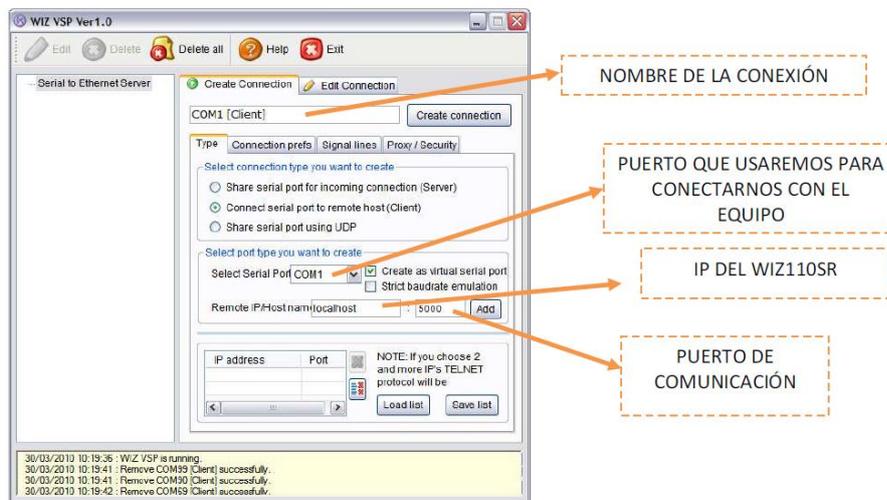


Figura 3.112. Creación de un puerto COM virtual.

Una vez configurados todos estos parámetros, se hace clic en “Create connection”, y se crea un puerto COM en el computador que está direccionado al WIZ110SR.

CONCLUSIONES.

El aporte científico de la tesis colabora con el precedente desarrollo del proyecto de investigación “Diseño de un secador solar multiuso bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba”, a cargo de la Universidad Nacional de Chimborazo; alegando efectivamente a las demandas y requerimientos de dicho proyecto.

El correcto acople entre los distintos bloques de procedimientos pertenecientes a la tesis ha requerido del conocimiento de la variedad de sistemas de comunicaciones debido a las disímiles formas de comunicación de cada uno, en los que contempla diferentes protocolos, diferentes interfaces.

Empleado el prototipo de telemetría fue posible la obtención de los datos requeridos como la temperatura, la detección de presencia; resultando datos confiables.

LABView ofrece la facilidad del desarrollo de aplicaciones interactivas, proporciona la HMI adecuada para el proyecto, en esta no solamente se visualiza la información enviada en tiempo real, sino también desde la misma HMI se consigue el telemando de distintos actuadores como iluminación, ventilación, puertas de seguridad, etc.

La red de sensores inalámbricos (WSN) funciona básicamente de manera análoga a una red LAN, su administración está a cargo de un computador. Requieren asignaciones de direcciones IP a los Gateways, los Nodos también conocidos como routers por su funcionalidad encaminan los datos hasta el computador directamente en conexión al Gateway o

creando rutas posibles y disponibles en topologías de malla siendo el ejemplo más claro.

La red de sensores inalámbricos permite gran escalabilidad, su fácil adaptación a nuevas ampliaciones de red fácilmente configurable le permite convertirse en un sistema poderoso y confiable de comunicaciones de sensores para el monitoreo inclusive a nivel industrial.

Los nodos permiten una conexión directa con sensores, ya que poseen puertos analógicos de entrada, y puertos para canales digitales de entrada y salida.

La administración de los puertos correspondientes a los canales digitales maneja niveles de voltaje bajos, por lo que fue requerido circuitos amplificadores para conseguir valores estándares.

El protocolo Zigbee es un estándar de comunicaciones inalámbricas de amplia aplicabilidad en el campo industrial y de control. Concurriendo una característica importante el bajo consumo de energía, alargando el tiempo de las baterías si ese fuera el caso del método de alimentación del dispositivo.

La determinación de las alturas en un enlace de radio es dependiente de la zona de Fresnel, es decir en la implementación de un radio enlace no es suficiente con que exista línea de vista directa, como se conoce la zona de fresnel determina cómo se produce una apertura del haz especialmente a causa de obstáculos no necesariamente directos a la línea de vista pero que de igual manera producen atenuación.

El sistema no puede ser probado en su totalidad porque no existe la disponibilidad de las estaciones meteorológicas ni los secadores solares por el momento, pero el prototipo es fácilmente adaptable. Este prototipo se encuentra instalado dentro de la Universidad, el radio enlace está hecho entre el edificio de Industrial en el cual se encuentra la red de sensores inalámbricos y el edificio de Ingeniería (bloque A) donde se representará la oficina de control.

RECOMENDACIONES.

La ubicación de los nodos de la red de sensores debe estar acorde al ambiente en el cual van a funcionar. En ambientes abiertos (al aire libre o sin bloqueos de líneas de vista) la distancia entre los nodos o los nodos con el Gateway no debe ser superior a 100 metros, en ambientes cerrados la distancia máxima se reduce y deben ser ubicados máximo a 35 metros para que permita comunicación.

Si existe disponibilidad de energía, los nodos preferentemente deben ser alimentados con energía externa y no con baterías; así se garantiza un mejor funcionamiento especialmente cuando se pretende explotar al máximo tanto los canales analógicos como digitales. Las baterías conllevan a que el nodo tenga un margen de error mayor en la recolección de los datos.

Para la implementación del radio enlace se deben utilizar las herramientas adecuadas tanto de seguridad como de aspectos técnicos. El apuntamiento de los lóbulos principales de las antenas debe ser lo más preciso posible para que pueda arrancar una comunicación.

Una vez se haya logrado la comunicación de los radios de microonda, y se pretenda realizar configuraciones tanto del sitio local como del sitio remoto, los cambios deben hacerse primero en el radio del sitio remoto y luego en el radio local, con el fin de no perder comunicación entre ellos. Si se diera el caso de que la configuración se realiza primero en el radio local y se pierda la comunicación, la única manera de levantar la comunicación es configurando ambos radios localmente, es decir se tendrá q ir hacia el otro punto a configurarlo.

Al realizar un estudio del sitio donde van a ser instalados las antenas microondas, se deben tomar muy en cuenta construcciones en potencia, por ejemplo la construcción de un edificio que en los siguientes años va a impedir que exista línea de vista, así también vegetación que pueda crecer y ocasionar el mismo problema.

Los equipos a utilizar para la implementación de esta tesis deberán ser exactamente los mismos para que el funcionamiento sea acorde al estudio realizado. Al momento de utilizar otros dispositivos en cualquier etapa del proyecto deberá ser estudiado adicionalmente para que pueda acoplarse a este sistema.

Se puede dar el caso de que los driver se los dispositivos utilizados en este proyecto sean actualizados, pero si al funcionamiento de este sistema no se le adiciona cambios, es preferible trabajar con los drivers detallados en este proyecto, éstos han sido probados para el desarrollo del mismo.

BIBLIOGRAFÍA.

LIBROS:

- 1) Francisco M. Archundia Papacetzzi. Wireless Personal Area Network (WPAN) & Home Networking.
- 2) Lars Berlemann, Stefan Mangold, Bernhard H. Walke. IEEE 802, Wireless Systems Protocols, Multi-hop
- 3) Mesh-Relaying, Performance and Spectrum Coexistence (2007, Editorial Jhon Wiley & Sons)
- 4) Davis Instruments, "Getting Started Guide" for Weather Monitor II, producto #7862
- 5) MUÑOZ Rodríguez, Davis, "Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal", Mexico, 2004.
- 6) GASCÓN Gonzales, Alberto, "ZIGBEE Y EL ESTÁNDAR IEEE 802.15.4", Universidad Pontificia Comillas – ICAI, Comunicaciones Industriales Avanzadas. Curso 2009-2010.
- 7) Sadot Alexandres Fernández, José A. Rodríguez Mondéjar. Comunicaciones Industriales Avanzadas.
- 8) FRAILE Mora, Jesús; "Electromagnetismo y Circuitos Eléctricos"; Tercera Edición; Diciembre 1995

- 9) FERNÁNDEZ Juan C; “Electromagnetismo”; Departamento de Física – Facultad de Ingeniería

- 10) Universidad de Buenos Aires; 2004.

- 11) ALBARRÁN Valdéz Mauricio, DE LA ROSA Ortiz Jesús, LEZAMA Sandoval Juan Carlos; “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN ENLACE DEDICADO DE MICROONDAS ENTRE LA RADIO BASES DE OMETEPEC, GUERRERO Y PINOTEPAN NACIONAL, OAXACA”; ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA UNIDAD ZACATENCO; México.

- 12) LÓPEZ Marcial; “Antenas para Microondas (Microwave Antennas)”; UNI – FIEE; Lima – PERÚ; 2010.

- 13) “Diseño de Radio Enlaces”; Universidad Fermín Toro; Venezuela.

- 14) Manual de Usuario; SIAE Microelectronica; AL Sistemas de Radio PDH; Volumen 1/1.

- 15) IEEE Std. 100 The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms, 7ma edición, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 2000, [ISBN 0-7381-2601-2](#), página 391.

- 16) Recomendaciones ITU-R BS.561-2, Definitions of radiation in LF, MF and HF broadcasting bands.

- 17) Plan Nacional de Distribución de Frecuencias Ecuador 2012 – DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DEL ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO; CONATEL.

- 18) Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico; CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES - Secretaría Nacional de Telecomunicaciones; Quito –Ecuador.
- 19) INSTRUCTIVO FORMULARIOS DE CONCESION DE FRECUENCIAS; Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.
- 20) THOMPSON Christopher; “Guía de uso del WizNet110SR”; Ingeniería MCI LTDA.; Abril 2010.

PAGINAS WEB.

- 1) <http://www.ni.com/wsn/esa/>
- 2) <http://www.ni.com/wsn/setup/esa/>
- 3) http://zone.ni.com/wv/app/play_doc/p/id/wv-1596/width/800/height/640/autostart/y/popup/y
- 4) Robert Berger, Introduction to Wireless Sensor Networks, 2009.
- 5) <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>
- 6) http://www.cartex.es/ESTACIONES_DAVIS.pdf
- 7) MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA – SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA – La Paz Bolivia. Encontrado en:

- [http://www.senamhi.gob.bo/sige/listado_estaciones_municipios/Clasificacion de estaciones meteorologicas e hidrologicas%20.pdf](http://www.senamhi.gob.bo/sige/listado_estaciones_municipios/Clasificacion_de_estaciones_meteorologicas_e_hidrologicas%20.pdf)
- 8) <http://www.monografias.com/trabajos61/zigbee-estandar-domotico-inmotica/zigbee-estandar-domotico-inmotica2.shtml>
- 9) <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/>
- 10) <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/fijo-y-movil-terrestre-regulacion-vigente/>
- 11) <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/formularios-fijo-movil-terrestre/>
- 12) http://www.ecured.cu/index.php/Ondas_electromagn%C3%A9ticas
- 13) http://www.ecured.cu/index.php/Comunicaci%C3%B3n_v%C3%ADa_microondas
- 14) http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_de_fase
- 15) http://www.ecured.cu/index.php/Modulaci%C3%B3n_ASK
- 16) <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/espectro-radioelectrico/>
- 17) http://es.wikipedia.org/wiki/Polarizaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica
- 18) <http://rosavillanueva117.blogspot.com/2010/06/multicanalizacion-y-la-tecnologia-sdh.html>

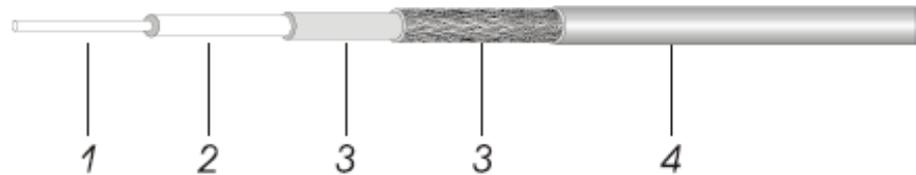
- 19) <http://www.oocities.org/es/charlieattoum/redes/trabajo1.html>
- 20) <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
- 21) <http://sine.ni.com/psp/app/doc/p/id/psp-918/lang/es>
- 22) http://www.on4sh.be/atv/13cm-pa/coax_kabel/cellflex.pdf
- 23) <http://comunicaciones.firebirds.com.ar/repositorio/herramientas/desvanecimiento.html>
- 24) http://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_Isotr%C3%B3pica_Radiada_Equivalente
- 25) <http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia>
- 26) <http://www.wiznet.co.kr>
- 27) http://www.olimex.cl/pdf/WizNet/WIZ110SR_User_Manual_V2.0.pdf
- 28) <http://juandeg.tripod.com/rs232.htm>
- 29) <http://protocolotcpip.galeon.com/>
- 30) <http://www.mastermagazine.info/termino/6937.php#ixzz2e89b7UOx>
- 31) http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digos_en_l%C3%A9nea

SEMINARIO WEB.

- 1) <https://ni.adobeconnect.com/a56821929/p44033042/?launcher=false&fcsContent=true&pbMode=normal>

ANEXOS.

RG-8 Equivalent Low Loss Cable - CCA



Construction Specification

	Material	Diameter(mm)
1. Inner Conductor	Copper Clad Aluminum	2.74
2. Dielectric	Physical Foam Polyethylene	7.24
3. Outer Conductor	Bonded Aluminum Foil + Tinned Copper Braid	8.13
4. Jacket	Black PVC or Polyethylene	10.29

Electrical Characteristics

Max Useable Frequency (GHz)	> 3.3
Capacitance (pF/m)	78.4
Impedance (ohms)	50
Velocity (%)	85
Shielding Effectiveness (dB)	> 90
DC Breakdown Voltage (volts)	≥ 1000
Peak Power Rating (kW)	> 1
DC Resistance – center conductor plus shield at 20°C (ohms)	< 10.5
VSWR ≤ (Return loss ≥ dB)	
5 - 3000 MHz	1.20 (20)
100 - 500 MHz	1.10 (26)
800 - 1000 MHz	1.10 (26)
1700 - 2000 MHz	1.15 (23)
2000 - 2400 MHz	1.15 (23)

Mechanical and Environmental Characteristics

Min. Bend Radius (mm)	51
Storage Temp. (°C)	-40 to +85
Installation Temp. (°C)	-40 to +85
Operating Temp. (°C)	-33 to +85

Attenuation and Avg. Power (20°C)

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100m)	Avg. Power (kW)
140	≤ 5.0	1.28
330	≤ 8.0	0.72
900	≤ 13.0	0.50
1800	≤ 21.0	0.34
2500	≤ 24.0	0.29

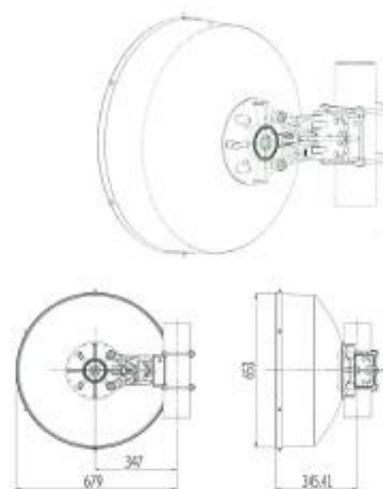
High Performance Low Profile Antenna THP 06

Diameter 0.6 m



Mechanical characteristics

Diameter	0.6 m	
Standard colour	RAL 7035	
Pole	75 + 115 mm	
Elevation - fine regulation	± 20°	
Azimuth - fine regulation	± 10°	
Shroud	Low profile	
Radome	Rigid plastic	
Net weight including pole mount	11 kg	
Dimensions including pole mount	Height	≈50 mm
	Width	≈50 mm
	Depth	430 mm



Frequency GHz	Type	RPE	Polar.	Gain dBi min in the band			R.L. dB	VSWR	HPBW	Isolation dB	XPD dB	RPE ETSI 307 013	Flange IEC Type
				Low	Mid	Top							
7.125-8.5	THP 06-071SWB	RPE	Single	30.0	30.6	31.2	18.0	1.29	4.8	-	30	Class 3	PDR 84
			Dual	29.8	30.4	31.0	19.1	1.25	4.8	35			
10.0-11.7	THP 06-100SWB	RPE	Single	33.9	34.4	35.0	18.0	1.29	3.4	-	32	Class 3	PDR 100
			Dual	33.7	34.2	34.8	19.1	1.25	3.4	35			
12.7-13.25	THP 06-127S	RPE	Single	35.3	35.6	35.9	19.1	1.25	2.7	-	30	Class 3	PDR 120
			Dual	35.1	35.4	35.7	20.8	1.2	2.7	35			
14.4-15.35	THP 06-144S	RPE	Single	36.5	36.6	36.9	19.1	1.25	2.4	-	30	Class 3	PBR 140
			Dual	36.1	36.4	36.7	20.8	1.2	2.4	35			
17.3-19.7	THP 06-173SWB	RPE	Single	38.5	38.9	39.3	19.1	1.25	2.0	-	30	Class 3	PBR 220
			Dual	38.5	38.7	39.1	20.8	1.2	2.0	35			
23.2-23.6	THP 06-212S	RPE	Single	40.1	40.5	40.9	19.1	1.25	1.7	-	30	Class 3	PBR 220
			Dual	39.8	40.2	40.6	20.8	1.2	1.7	35			
24.5-26.5	THP 06-245S	RPE	Single	41.0	41.3	41.6	19.1	1.25	1.4	-	30	Class 3	PBR 220
			Dual	40.7	41.0	41.3	20.8	1.2	1.4	35			
27.5-29.5	THP 06-275S	RPE	Single	42.5	42.6	42.9	18.0	1.29	1.2	-	30	Class 2	PBR 320
			Dual	42.0	42.3	42.6	19.1	1.25	1.2	35			
37.0-40.0	THP 06-370S	RPE H	Single	44.5	44.5	44.8	19.1	1.25	1	-	30	Class 2 H	PBR 320
		RPE Y	Dual	43.9	44.2	44.5	20.8	1.2	1	35	Class 3 V		

14,4 – 15,4 GHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda GHz	Banda GHz	Rango GHz Nota EQA (resumen): Servicio (Sistema/Uso)
14,4 - 14,47 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.484A 5.506 5.506B MÓVIL salvo móvil aeronáutico Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.506A Investigación espacial (espacio-Tierra) 5.504A	14,4 - 14,47 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.504A	14,4-14,47 EQA.50: FJO; FJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
14,47 - 14,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.484A 5.506 5.506B MÓVIL salvo móvil aeronáutico Móvil por satélite (Tierra-espacio) 5.504B 5.506A Radioastronomía 5.149 5.504A	14,47 - 14,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.149 5.504A	14,47-14,5 EQA.50: FJO; FJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
14,5 - 14,8 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.510 MÓVIL Investigación espacial	14,5 - 14,8 FIJO	14,5-14,8 EQA.50: FJO
14,8 - 15,35 FIJO MÓVIL Investigación espacial 5.339	14,8 - 15,35 FIJO	14,8-15,35 EQA.50: FJO
15,35 - 15,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340	15,35 - 15,4 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340	

		Cód. IT-ACL-01 Versión: 01	
CONCESIÓN - SERVICIO FIJO Y MÓVIL TERRESTRE (Sistemas privados y de Explotación):			
Información legal:		P.N.	P.J.
1	Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando: nombres y apellidos completos (en caso de personas jurídicas del representante legal), dirección domiciliaria y el tipo de servicio que requiere.	SI	SI
2	Copia a color de la Cédula de Ciudadanía, Identidad o Pasaporte (en caso de personas jurídicas del representante legal)	SI	SI
3	Copia a color del Certificado de votación del ultimo proceso electoral (en caso de personas jurídicas del representante legal)	SI	SI
4	Copia certificada o protocolizada del Registro Único de Contribuyentes (R.U.C)	SI	SI
5	Original de la Fe de presentación de la solicitud presentada al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas de antecedentes personales para el otorgamiento del certificado de idoneidad, exceptuando Instituciones Estatales.	SI	SI
6	Copia certificada o protocolizada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas, debidamente inscrita.	NO	SI
7	Copia certificada o protocolizada del nombramiento del Representante Legal debidamente inscrito	NO	SI
8	Original del Certificado actualizado del cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso, a excepción de las instituciones estatales.	NO	SI
9	Copia certificada o protocolizada del (los) contrato(s) de arrendamiento del terreno o Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, esto es en caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras.	SI	SI
10	Original del AVAL de la autoridad del transporte competente del Permiso de Operación, en el caso de Compañías, o Cooperativas de transporte	NO	SI
Información financiera:			
11	Original del Certificado de Obligaciones económicas de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.	SI	SI
12	Original del Certificado de no adeudar a la Superintendencia de Telecomunicaciones.	SI	SI
Información técnica:			
13	Estudio técnico del sistema, elaborado en el formulario disponible en la página Web del CONATEL, suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones (Adjuntar registro SENESCYT). La información técnica y operativa solicitada en el formulario, estándares y detalle que la SENATEL determine como necesarios para cada servicio al que aplicare el solicitante	SI	SI
14	Otros documentos que la SENATEL requiera, con la debida justificación.		
NOTA: Estos requisitos deben ser presentados de manera: vigente, legible y en el orden establecido.			

	FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL				RC - 1A Elab.: DGER Versión: 02
					1) Cod.Cont.:
SOLICITUD:					
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	()	<u>CONCESION</u>	<u>RENOVACION</u>	<u>MODIFICACION</u>	<u>FRECUENCIAS TEMPORALES</u>
3) TIPO DE USO DE FRECUENCIAS:	()	<u>USO-PB/V</u>	<u>USO-CDM</u>	<u>USO-EXP</u>	<u>USO-RES</u> <u>USO-SQC</u>
4) TIPO DE SISTEMA:	()	<u>PRIVADO</u>	<u>EXPLOTACION</u>		
5) SERVICIO:	()	<u>FM-RDV</u>	<u>FM-SB</u>	<u>FM-RA</u>	<u>F-ER</u> <u>FMS-F8</u> <u>FMS-MS</u> <u>FM-TR</u>
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:					
6) PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL					
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:			Ci:
7) CARGO:					
PERSONA JURIDICA					
8) NOMBRE DE LA EMPRESA:					
9) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:					RUC:
10) DIRECCION					
PROVINCIA:	CIUDAD:	DIRECCION:			
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:		
11) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva					
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:			LIC. PROF.:
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:		
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):			FECHA:	_____	
			FIRMA		
12) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación					
NOMBRE:			FECHA:	_____	
			FIRMA		
13) OBSERVACIONES:					
14) PARA USO DE LA SNT					
SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ()	CONSTITUCIÓN DE LA CIA. ()	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ()	CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ()		
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ()	FE PRESENTACION CC.FF.AA. ()	CERT. NO ADEUDAR SNT ()	CERT. NO ADEUDAR SUPTEL ()		

	FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL (SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)		RC - 1B Elab.: DGGER Versión: 02
			1) No. Registro:
SOLICITUD:			
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	()	REGISTRO	RENOVACION MODIFICACION
3) TIPO DE SISTEMA:	()	PRIVADO	EXPLOTACION
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:			
4) PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	CI:
5) CARGO:			
PERSONA JURIDICA			
6) NOMBRE DE LA EMPRESA:			
7) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:			RUC:
8) DIRECCION			
PROVINCIA:	CIUDAD:	DIRECCION:	
e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
9) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:
e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No):		FECHA:	_____
			FIRMA
10) CERTIFICACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA			
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación			
Declaro que:			
1. En caso de que el presente sistema cause interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas interferencias, o en su defecto retirarme de la banda. 2. Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados ecusen al presente sistema.			
NOMBRE:		FECHA:	_____
			FIRMA
11) OBSERVACIONES:			

		FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES			RC – 2A Elab.: DGER Versión: 02	
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES						
2) ESTRUCTURA 1						
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:						
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.		UBICACION GEOGRAFICA (WG884)		
				LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
4) PROTECCIONES ELÉCTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:						
PUESTA A TIERRA		SI ()	NO ()	PARARRAYOS		SI () NO ()
OTROS (Describe):						
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:						
LINEA COMERCIAL ()		GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()		EXISTE RESPALDO SI () NO ()
TIPO DE RESPALDO						
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()		UPS ()		OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:						
2) ESTRUCTURA 2						
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:						
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.		UBICACION GEOGRAFICA (WG884)		
				LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
4) PROTECCIONES ELÉCTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:						
PUESTA A TIERRA		SI ()	NO ()	PARARRAYOS		SI () NO ()
OTROS (Describe):						
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:						
LINEA COMERCIAL ()		GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()		EXISTE RESPALDO SI () NO ()
TIPO DE RESPALDO						
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()		UPS ()		OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:						
2) ESTRUCTURA 3						
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:				ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:						
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.		UBICACION GEOGRAFICA (WG884)		
				LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
4) PROTECCIONES ELÉCTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:						
PUESTA A TIERRA		SI ()	NO ()	PARARRAYOS		SI () NO ()
OTROS (Describe):						
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:						
LINEA COMERCIAL ()		GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()		EXISTE RESPALDO SI () NO ()
TIPO DE RESPALDO						
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()		UPS ()		OTRO: _____
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:						

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS	RC - 3A Elab.: DGGER Version: 02 1) Cod. Cont:
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS		
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS		
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 3	ANTENA 4
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS		
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 5	ANTENA 6
CODIGO DE ANTENA:		
MARCA:		
MODELO:		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):		
TIPO:		
IMPEDANCIA (ohmios):		
POLARIZACION:		
GANANCIA (dBd):		
DIÁMETRO (m):		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):		
ANGULO DE ELEVACION (°):		
ALTURA BASE-ANTENA (m):		
NOTA: Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.		



FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS

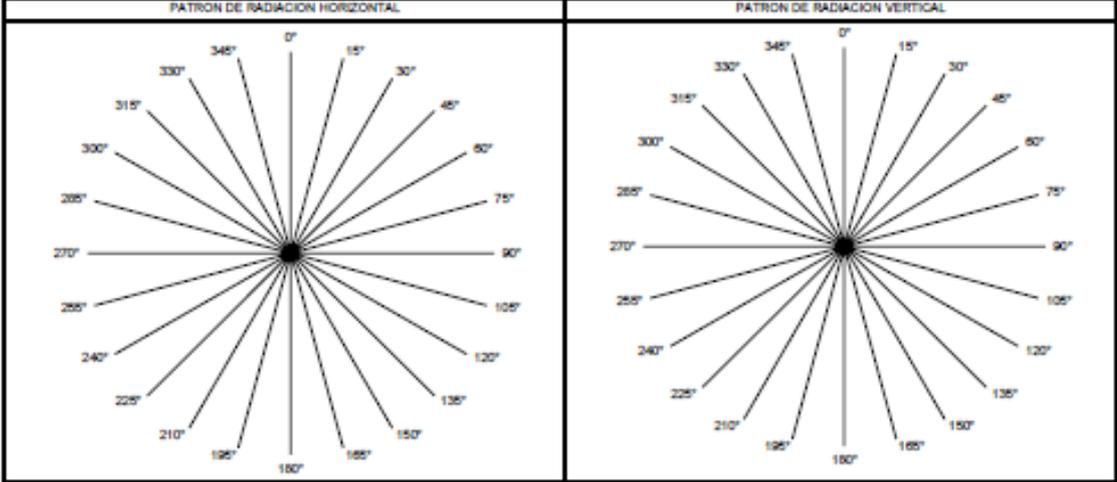
RC - 3B
Elab.: DGGER
Versión: 01
1) Cod. Cont:

2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:	MODELO:	TIPO:
--------	---------	-------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																									
HORIZONTAL																									
VERTICAL																									

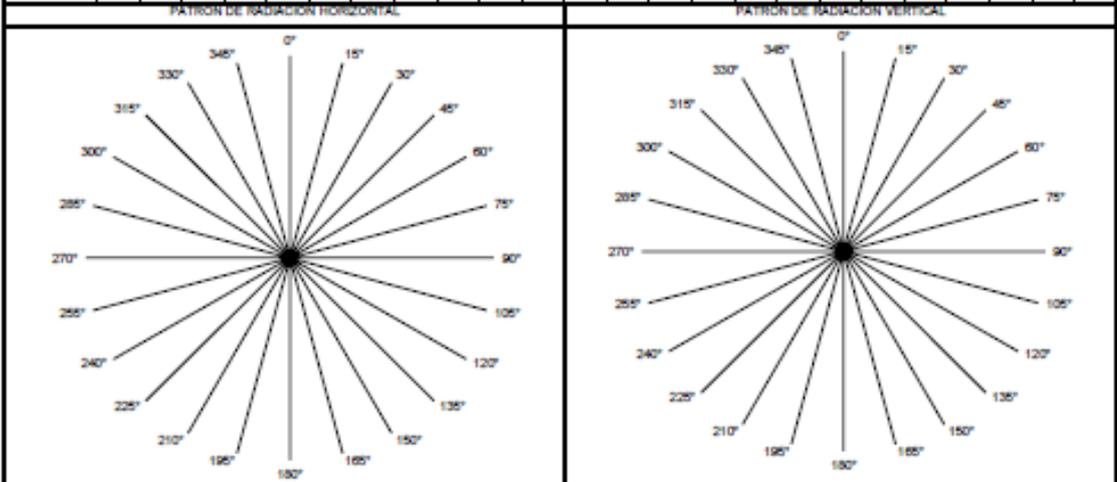


2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA

MARCA:	MODELO:	TIPO:
--------	---------	-------

Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																									
HORIZONTAL																									
VERTICAL																									



	FORMULARIO PARA INFORMACION DE EQUIPAMIENTO			RC - 4A Elab.: DGGER Versión: 02
				1) Cod. Cont:
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA (kHz):				
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS				
TIPO DE ESTACION:				
CODIGO DEL EQUIPO:				
MARCA:				
MODELO:				
ANCHURA DE BANDA (kHz) o (MHz):				
SEPARACION ENTRE Tx Y Rx (MHz):				
TIPO DE MODULACION:				
VELOCIDAD DE TRANSMISION (Kbps):				
POTENCIA DE SALIDA (Watts):				
RANGO DE OPERACION (MHz):				
SENSIBILIDAD (μ V) o (dBm):				
MAXIMA DESVIACION DE FRECUENCIA:				

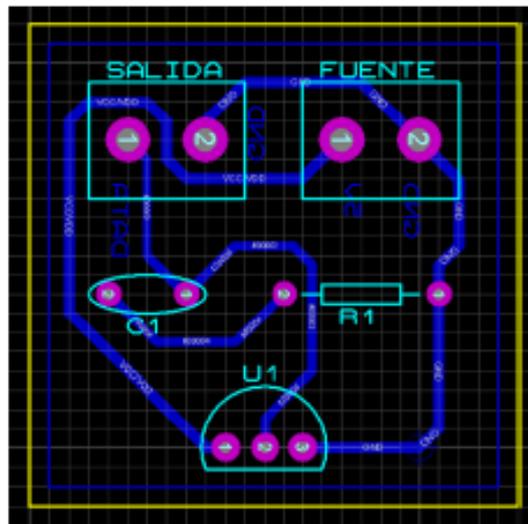
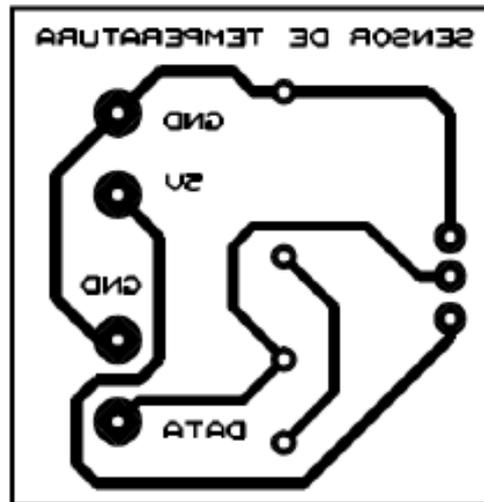
	FORMULARIO PARA SERVICIOS FIJO Y MOVIL TERRESTRE (SISTEMAS DE RADIOS DE DOS VIAS)				RC - 6A Elab.: DGGER Versión: 01						
	1) Cod. Cont:										
2) CARACTERISTICAS DE OPERACION POR CIRCUITO											
No. CIRCUITO	BANDA DE FRECUENCIAS: ()		RANGO EN LA BANDA REQUERIDA:		No. DE FRECUENCIAS POR CIRCUITO:						
3) REGION A OPERAR											
PROVINCIA(S):				CIUDAD(ES):							
4) MODO DE OPERACION: <u>SIMPLEX</u> <u>SEMIDUPLEX</u> <u>FULLDUPLEX</u> ()				5) HORARIO DE OPERACION:							
6) POTENCIA DE SALIDA (Watts):		7) ANCHURA DE BANDA (KHz):		8) CLASE DE EMISION:							
9) NUMERO DE ESTACIONES											
No. DE ESTACIONES REPETIDORAS:	No. DE ESTACIONES FIJAS:	No. DE ESTACIONES MOVILES:	No. DE ESTACIONES PORTATILES:	No. TOTAL DE ESTACIONES:							
10) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES REPETIDORAS											
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA (S) ASOCIADA(S)		ALTURA EFECTIVA DE ANTENA (m)	EQUIPO UTILIZADO					
11) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS											
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA (S) ASOCIADA(S)	EQUIPO UTILIZADO		
12) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES MOVILES											
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO
13) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES PORTATILES											
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO	INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	EQUIPO UTILIZADO

	FORMULARIO PARA EL SERVICIO FIJO TERRESTRE (ENLACES PUNTO-PUNTO)		RC - 6A Elab.: DGGER Versión: 01										
			1) Cod. Cont:										
2) CARACTERISTICAS DE OPERACION POR ENLACE													
No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS: ()	RANGO EN LA BANDA REQUERIDA:	No. DE FRECUENCIAS POR ENLACE:										
3) MODO DE OPERACION SIMPLEX SEMIDUPLEX FULLDUPLEX ()		4) ANCHURA DE BANDA:	5) CLASE DE EMISION:	6) POTENCIA DE OPERACION (Watts):									
7) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO	AC. (A,M,I,E)	ESTRUCTURA ASOCIADA:	ANTENA(S) ASOCIADA(S):	EQUIPO UTILIZADO:									
8) CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ENLACE													
DISTANCIA DEL ENLACE (Km):		MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB):	CONFIABILIDAD (%):										
9) PERFIL TOPOGRAFICO													
DISTANCIA (Km)	D	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m):													
<small>Donde D = Distancia entre las estaciones fijas del enlace.</small>													
10) GRAFICO DEL PERFIL TOPOGRAFICO:													
11) ESQUEMA DEL SISTEMA:													

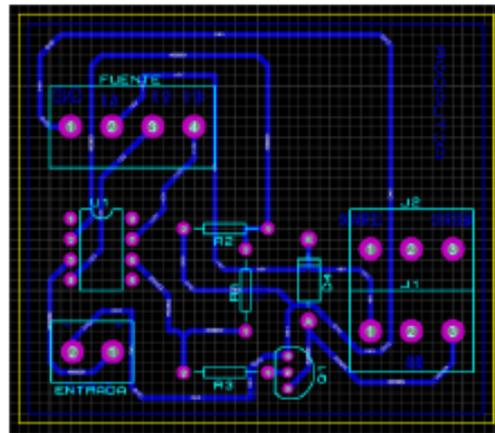
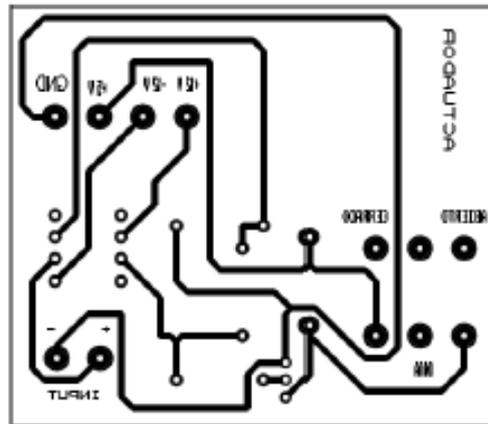
	FORMULARIO PARA CALCULOS DE PROPAGACION												RC- 13A Elab.: DGGER Versión: 01
	1) Cod. Cont:												
2) No. CIRCUITO/RADIOBASE:													
3) PERFILES TOPOGRAFICOS ALTURA s.n.m. (m)													
RADIALES DISTANCIA (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
5													
10													
15													
20													
25													
30													
35													
40													
45													
50													
55													
60													
65													
70													
NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Deben presentarse los gráficos de cada perfil.													
4) AREA DE COBERTURA NIVEL DE CAMPO ELECTRICO (dBμV/m)													
RADIALES DISTANCIA (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
5													
10													
15													
20													
25													
30													
35													
40													
45													
50													
55													
60													
65													
70													
NOTA: La escala de distancia de esta tabla puede ser modificada de acuerdo al radio de cobertura. Debe presentarse el diagrama de cobertura en una copia de un mapa cartográfico de escala adecuada.													
5) RADIO DE COBERTURA DISTANCIA (Km)													
RADIALES CAMPO ELECTRICO $E = 38.5 \text{ dB}\mu\text{V} / \text{m}$	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
6) ESQUEMA DEL CIRCUITO													

	<u>FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES</u>	RC-14A Elab.: DGGER Versión: 01
1) ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA		1) Cod. Cont.:
<p><small>Nota: En este formulario se debe graficar la topología del sistema de radiocomunicaciones, cuando este consta de dos o más circuitos enlazados entre sí, en enlaces con más de un salto o en caso de un sistema punto-multipunto.</small></p>		

	FORMULARIO PARA ESTUDIO TECNICO DE EMISIONES DE RNI (CALCULO DE LA DISTANCIA DE SEGURIDAD)			RC-15A RNI-T1
1) USUARIO :				
NOMBRE DE LA EMPRESA: _____				
DIRECCIÓN: _____				
2) UBICACIÓN DEL SITIO :				
PROVINCIA:	CIUDAD / CANTON:	LOCALIDAD:	LATITUD (°) (') (")	LONGITUD (°) (') (")
3) S_{lim} A CONSIDERAR (VER ARTICULO 5 DEL REGLAMENTO) :				
FRECUENCIAS (MHz)		S _{lim} OCUPACIONAL (W/m ²)	S _{lim} POBLACIONAL (W/m ²)	
4) CALCULO DE R² :				
Altura h (m):		$R = \sqrt{X^2 + (h - d)^2}$		
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R (m)		
2 m				
5 m				
10 m				
20 m				
50 m				
5) CALCULO DEL PIRE :				
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO (W)		GANACIA MAXIMA DE LA ANTENA	VALOR DE PIRE (W)	
6) CALCULO DEL S_{lim} TEORICO :				
$S_{lim} = PIRE / (\pi \cdot R^2)$				
DISTANCIA		VALOR DE $(\pi \cdot R^2)$	VALOR DE S _{lim} (W/m ²)	
2 m				
5 m				
10 m				
20 m				
50 m				
7) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
DIRECCION:		FECHA:	_____	
			FIRMA	
8) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
NOMBRE:		FECHA:	_____	
			FIRMA	



- 2 Borneras de 2 pines
- 1 capacitor de 100 nF
- 1 resistencia de 100 ohmios
- 1 LM35



- 1 bornera de 4 pines.
- 1 bornera de 2 pines
- 1 amplificador 741.
- 1 resistencia de 56 Kilo-ohmios.
- 1 resistencia de 1 Kilo-ohmios.
- 1 resistencia de 4,7 Kilo-ohmios.
- 1 diodo 1N4007.
- 1 relé de 5 Voltios.
- 1 transistor 2N3904.