



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**TEMA:**

**“ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COMUNICACIONES VIA  
RADIO, CASO PRÁCTICO LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE  
LA EIS”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa obtención del título de:**

**INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**PRESENTADO POR:**

Ana María Campos Cabezas

César Fabián Garzón Zabala

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2011**

En el presente trabajo se ha plasmado los conocimientos adquiridos durante la carrera, queremos agradecer a nuestros maestros en especial a los Ingenieros: Marco Viteri y Marcelo Donoso, Director y Miembro de Tesis de Grado, quienes han sabido guiarnos para poder alcanzar los objetivos propuestos.

Queremos también agradecer a la ESPOCH, donde compartimos momentos inolvidables y recuerdos que permanecerán siempre en nosotros.

Dedico la presente tesis a los seres que más amo en este mundo: mis padres Francisco y Guillermina, mi esposo Diego Torres, mis hermanos, Evelin y Hernán, y mi sobrina Camilita, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida me depara un futuro mejor.

***Ana María Campos Cabezas.***

A Dios y a la Virgen Santísima por mi vida, por mi familia y por brindarme la oportunidad de llegar a culminar esta meta, a mis Padres Héctor y Lucy por su infinito amor, confianza y ejemplo de superación, a mis Hermanos Klever, Luis y Adriana por haberme apoyado en cada momento de mi vida, a mi Enamorada por su amor y apoyo incondicional durante todos estos años tan importantes para mí.

***César Fabián Garzón Zabala.***

## FIRMAS RESPONSABLES

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Iván Menes <b>DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Raúl Rosero <b>DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA EN SISTEMAS</b>	.....	.....
Ing. Marco Viteri B. <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. Marcelo Donoso <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Tlgo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
<b>NOTA DE LA TESIS:</b>	.....	

Nosotros Ana María Campos Cabezas y César Fabián Garzón Zabala, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

**FIRMAS:**

-----

Ana María Campos Cabezas

-----

César Fabián Garzón Zabala

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>AC</b>	Corriente Alterna
<b>ASCII</b>	American Estándar Code for Information Interchange
<b>BD</b>	Base de Datos
<b>BIT</b>	Binary Digit
<b>COM</b>	Component Object Model
<b>CPU</b>	Central Process Unit
<b>DC</b>	Corriente Directa
<b>DTE</b>	Data Terminal Equipment
<b>ESPOCH</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<b>FIFO</b>	First In First Out
<b>HOMERF</b>	Home Radio Frequency
<b>IL</b>	Lista de Instrucciones
<b>I/O</b>	Input/Output
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>IEEE</b>	Instituto de ingenieros Eléctricos y Electrónicos
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LC</b>	Link Controller
<b>OSI</b>	Open System Interconnection
<b>PC</b>	Computador Personal
<b>PIN</b>	Personal Identification Number
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>SRS</b>	Software Requirements Specifications
<b>TCP</b>	Protocolo de Control de Transmisión
<b>VI</b>	Virtual Instrument
<b>WAP</b>	Wireless Applications Protocol
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network
<b>WPAN</b>	Wireless Personal Area Network
<b>WWW</b>	World Wide Web

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
FIRMAS RESPONSABLES	
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	
INDICE DE ABREVIATURAS	
INDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
<b>CAPÍTULO I</b>	
MARCO REFERENCIAL.....	16
1.1 Introducción.....	16
1.2 Antecedentes.....	17
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	17
1.2.2. Formulación del Problema.....	19
1.2.3. Sistematización del Problema.....	19
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Justificación Teórica.....	19
1.3.2. Justificación Aplicativa.....	22
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.2. Objetivos Específicos.....	22
1.5. Hipótesis.....	23
<b>CAPÍTULO II</b>	
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Introducción a las Comunicaciones Inalámbricas.....	24
2.2. Términos y Definiciones de las Comunicaciones Inalámbricas.....	26
2.3. Elementos a tener en cuenta en las Comunicaciones Inalámbricas.....	35
2.3.1. La atmósfera.....	35
2.3.2. Propagación.....	36
2.3.3. Desvanecimiento (Fading).....	36

2.3.4.	Perdidas en la trayectoria por el espacio libre.....	37
2.3.5.	Efectos atmosféricos.....	38
2.3.6.	Radiación solar.....	38
2.3.7.	Interferencia terrestre.....	38
2.3.8.	Difracción .....	38
2.4.	Tipos de Comunicaciones Inalámbricas .....	39
2.4.1.	Generalidades .....	39
2.4.2.	Características generales de las Comunicaciones Inalámbricas.....	41
2.4.3.	Tipos de comunicaciones inalámbricas según el rango de frecuencias ..	42
2.5.	Ventajas de las Comunicaciones Inalámbricas.....	52
2.6.	Desventajas de las Comunicaciones Inalámbricas .....	54
<b>CAPITULO III</b>		
	COMUNICACIÓN VIA RADIO .....	57
3.1.	Introducción .....	57
3.2.	Términos y Definiciones .....	58
3.2.1.	Términos Generales.....	58
3.2.2.	Soluciones de la transmisión de datos vía radio .....	60
3.2.3.	Transmisión vía radio.....	61
3.2.4.	Comunicación vía radio .....	61
3.2.5.	Ondas de radio .....	63
3.2.6.	Diferencias entre las ondas de radio y las microondas .....	64
3.3.	Atribución de Bandas de frecuencias.....	65
3.3.1.	Nomenclatura de las bandas de frecuencias y longitudes de onda .....	65
3.3.2.	Regiones y zonas.....	66
3.4.	Planificación inicial del Radioenlace .....	68
3.5.	Elección de los emplazamientos .....	69
3.6.	Medios de transmisión inalámbricos .....	71
3.6.1.	Antenas .....	71
3.6.2.	Características de las antenas.....	71
3.6.3.	Tipos de Antenas para Radio Enlaces .....	74
3.7.	Ventajas de un Radio Enlace.....	79
3.8.	Desventajas de un Radio Enlace .....	79
3.9.	Componentes de un radio enlace .....	79

3.10.	Datos técnicos para comunicación vía radio .....	80
3.11.	Protocolos utilizados .....	80
CAPITULO IV		
	DESARROLLO DE LA RED DE COMUNICACIONES VÍA RADIO.....	82
4.1.	Introducción .....	82
4.2.	Ingeniería de la Información .....	83
4.2.1.	Definición del Ámbito .....	83
4.2.2.	Planificación y Análisis de Riesgos .....	87
4.2.3.	Especificación de Requerimientos Software (SRS) .....	88
4.3.	Análisis Orientado a Objetos .....	95
4.3.1.	Definición de Casos de Uso esenciales en formato expandido.....	95
4.3.2.	Definición y refinamiento de los Diagramas de Caso de Uso .....	102
4.3.3.	Glosario de Términos.....	104
4.3.4.	Representación de Diagramas de Secuencia .....	106
4.3.5.	Definición de contratos de operación .....	110
4.3.6.	Diagrama de Estados .....	115
4.3.7.	Diagrama de Calles.....	117
4.4.	Diseño Orientado a Objetos.....	120
4.4.1.	Definición de Casos de Uso reales.....	120
4.4.2.	Representación de Casos de Uso reales.....	127
4.4.3.	Definición de Diagramas de Interacción. ....	129
4.4.4.	Especificación de la arquitectura del Sistema. ....	132
4.5.	Fase de Implementación.....	133
4.5.1.	Configuración de los equipos de Radio para la comunicación del PC con el Módulo de la Envasadora Automática.....	133
4.5.2.	Programa Ladder de la Envasadora Automática. ....	149
4.5.3.	Monitoreo de la Red de Comunicaciones Vía Radio en Lokout. ....	152
4.5.4.	Conexión de Lookout con el Módulo de la Envasadora Automática. ....	155
4.5.5.	Pruebas de Conexión de la Red de Comunicaciones Vía Radio en Lookout. ....	157
4.6.	Comprobación de la Hipótesis.....	158

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**RESUMEN**

**SUMMARY**

**GLOSARIO DE TERMINOS**

**BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

**ANEXOS**

## INDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Instalación del Hardware .....	21
Figura II.2. Onda Sinusoidal .....	43
Figura III.3. Transmisión vía Radio.....	61
Figura III.4. Sistema de Radio General.....	63
Figura III.5. Mapa de Regiones .....	66
Figura III.6. Tipos de Antenas .....	74
Figura III.7. Antena Direccional .....	75
Figura III.8. Antena Omnidireccional .....	76
Figura III.9. Antena Sectorial .....	77
Figura IV.10. Arquitectura del Sistema de Monitoreo.....	92
Figura IV.11. CU: Cableado Eléctrico .....	102
Figura IV.12. CU: Programación del módulo .....	102
Figura IV.13. CU: Configuración del módulo .....	103
Figura IV.14. CU: Desarrollo de Interfaces .....	103
Figura IV.15. CU: Desarrollo de Interfaces .....	104
Figura IV.16. DS: Cableado Eléctrico .....	106
Figura IV.17. DS: Programación del Módulo .....	107
Figura IV.18. DS: Configuración del Módulo.....	107
Figura IV.19. DS: Interfaces del Módulo .....	108
Figura IV.20. DS: Monitoreo de Red.....	109
Figura IV.21. DE: Cableado Eléctrico. ....	115
Figura IV.22. DE: Programación del Módulo. ....	115
Figura IV.23. DE: Configuración.....	116
Figura IV.24. DE: Desarrollo de Interfaces. ....	116
Figura IV.25. DE: Monitoreo de Red.....	117
Figura IV.26. DC: Cableado Eléctrico .....	118
Figura IV.27. DC: Programación .....	118
Figura IV.28. DC: Configuración del módulo .....	119
Figura IV.29. DC: Desarrollo de Interfaces .....	119
Figura IV.30. DC: Monitoreo de la red .....	120
Figura IV.31. CU: Cableado Eléctrico .....	127
Figura IV.32. CU: Programación del Modulo. ....	127
Figura IV.33. CU: Configuración del Modulo. ....	128

Figura IV.34. CU: Desarrollo de Interfaces. ....	128
Figura IV.35. CU: Monitoreo de Red. ....	129
Figura IV.36. DC: Cableado Eléctrico. ....	130
Figura IV.37. DC: Programación del Modulo. ....	130
Figura IV.38. DC: Configuración del Modulo. ....	131
Figura IV.39. DC: Desarrollo de Interfaces. ....	131
Figura IV.40. DC: Monitoreo de Red. ....	132
Figura IV.41. Diagrama de Componentes. ....	132
Figura IV.42. Diagrama de Despliegue. ....	133
Figura IV.43. Configuración de Red. ....	134
Figura IV.44. Protocolo de Internet. ....	134
Figura IV.45. Propiedades de Protocolo. ....	135
Figura IV.46. Deshabilitar Proxy. ....	136
Figura IV.47. Configuración de red. ....	136
Figura IV.48. Configuración de radios. ....	137
Figura IV.49. Inicio de Sesión. ....	138
Figura IV.50. Información General. ....	138
Figura IV.51. Conexiones de Red. ....	139
Figura IV.52. Estadística de Datos. ....	140
Figura IV.53. Configuración Básica. ....	140
Figura IV.54. Configuración WAN/LAN. ....	141
Figura IV.55. Configuración Radio. ....	142
Figura IV.56. Conexión para Internet. ....	142
Figura IV.57. Configuración Firewall. ....	143
Figura IV.58. Servidor Virtual. ....	144
Figura IV.59. Modo de Operación. ....	144
Figura IV.60. Configuración de Ventanas Virtuales. ....	145
Figura IV.61. Agregar Puntos de Acceso. ....	146
Figura IV.62. Cambiar nombre de Usuario y Contraseña. ....	147
Figura IV.63. Administración Remota. ....	147
Figura IV.64. Restaurar Configuraciones. ....	148
Figura IV.65. Reiniciar Radio. ....	148
Figura IV.66. Diagrama Grafcet. ....	149
Figura IV.67. Diagrama Ladder. ....	152

Figura IV.68. Ventana de Inicio. ....	153
Figura IV.69. Ventana de Menús de Usuario.....	154
Figura IV.70. Ventana Panel de Control. ....	154
Figura IV.71. Ventana de Información. ....	155
Figura IV.72. Ventana para crear Modbus de Conexión. ....	155
Figura IV.73. Ventana para guardar Modbus.....	156
Figura IV.74. Ventana para escoger puerto de comunicación. ....	156
Figura IV.75. Ventana de Pruebas de Conexión.....	157

## INDICE DE TABLAS

Tabla III.I. Banda de Frecuencias.....	66
Tabla IV.II. Categorización de riesgos.....	87
Tabla IV.III. Especificaciones técnicas de Equipo de Control.....	90
Tabla IV.IV. Requisito funcional Conexión con el Módulo.....	93
Tabla IV.V. Requisito funcional Operaciones de control.....	93
Tabla IV.VI. Caso de Uso Cableado Eléctrico.....	96
Tabla IV.VII. Caso de Uso Programación del Módulo.....	97
Tabla IV.VIII. Caso de Uso Configuración del Módulo.....	98
Tabla IV.IX. Caso de Uso Desarrollo del Monitoreo del Módulo.....	99
Tabla IV.X. Caso de Uso Monitoreo de la Red.....	101
Tabla IV.XI. Glosario de Términos.....	104
Tabla IV.XII. Contrato de Operación. Cableado Eléctrico.....	110
Tabla IV.XIII. Contrato de Operación. Programación del Módulo.....	111
Tabla IV.XIV. Contrato de Operación. Configuración del Módulo.....	112
Tabla IV.XV. Contrato de Operación. Desarrollo del Monitoreo.....	113
Tabla IV.XVI. Contrato de Operación. Monitoreo de la Red.....	114
Tabla IV.XVII. Caso de Uso Real. Cableado Eléctrico.....	120
Tabla IV.XVIII. Caso de Uso Programación del Módulo.....	122
Tabla IV.XIX. Caso de Uso Configuración del Módulo.....	123
Tabla IV.XX. Caso de Uso Desarrollo del Monitoreo del Módulo.....	125
Tabla IV.XXI. Caso de Uso Monitoreo de la Red.....	126

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 Introducción**

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos.

Este trabajo de Investigación es una recopilación de los diferentes sistemas de comunicación inalámbrica más utilizados actualmente en la industria, para esta investigación se estudiará más a fondo el sistema de comunicación Vía Radio, ya que permitirá diseñar e implementar una red de comunicaciones vía radio, la misma que será desarrollada en el Laboratorio de Automatización Industrial de la EIS, según los objetivos planteados.

## **1.2 Antecedentes**

### **1.2.1 Planteamiento del Problema**

Tanto en el pasado como en la actualidad las comunicaciones han tenido limitaciones de gran trascendencia, entre las principales se puede mencionar la distancia y la accesibilidad a los emisores-receptores, estos problemas han ocasionado la demora y por consiguiente pérdida de recursos de las empresas e instituciones que tienen oficinas o sucursales remotas en donde es casi imposible acceder mediante tecnología, como es el caso de las petroleras en nuestro país, las cuales utilizan personal específico que acude a las zonas mencionadas para transportar la información obtenida a sus oficinas centrales, lo que conlleva de igual manera a posibles problemas de seguridad o casos especiales en los que la información estaría en riesgo.

En general el medio más usado ha sido y sigue siendo el cable, las antenas también han sido útiles para solucionar ciertos inconvenientes en la comunicación siendo ésta una solución muy costosa en caso de grandes distancias, otra medida utilizada en las comunicaciones es el internet teniendo restricciones de acceso a zonas donde todavía no existe un proveedor de este servicio, por lo que se han creado nuevas alternativas para evitar la pérdida de información, en la que la transmisión de datos vía radio es una manera de resolver problemas de comunicación a un coste aceptable.

#### **1.2.1.1. Descripción del Objeto de Estudio**

Esta alternativa ofrece algunas ventajas y beneficios como:

- Un sistema de fácil instalación, inalámbrico y tiene un alcance de 50 Km aproximadamente.

- Ofrece una efectiva tasa de transferencia de datos superior a los 5.5 Mbps, 11 Mbps y 22 Mbps este es uno de los más rápidos y más eficientes radios Ethernet en la industria.
- Tecnología OFDM.
- Canal de ancho de banda flexible permite al usuario seleccionar el tamaño del canal a 5, 10 o 20 Mhz. para mejorar su rendimiento.
- Versátil calidad de servicio utiliza la tecnología TDM (Time-División Multiplexing). La TDM evita las colisiones de los paquetes Ethernet y envía paquetes con más estabilidad y eficacia para que mejore la calidad de la transmisión de voz y datos.
- Controles de seguridad tipo WEP 64 bit / 128 bit / 152 bit, WPA-PSK y WPA2-PSK y para mayor seguridad acceso por direcciones MAC.
- Fácil de utilizar usando una interfaz web con utilitarios para la configuración es completamente manejable local o remotamente.
- Es Multipunto – Multipunto permitiendo varios radios instalados además se lo puedo utilizar de repetidor para otras ubicaciones.

Conexión External N- permite operaciones para seleccionar la óptima antena.

#### **1.2.1.2. Análisis del Objeto de Estudio**

El objeto de estudio hace referencia al Diseño e Implementación de una red de comunicaciones vía radio, cuyo objetivo es aplicar las herramientas tecnológicas actuales que permitan fusionar la parte informática y electromecánica para aprovechar su uso en el aprendizaje didáctico del laboratorio de Automatización industrial.

### **1.2.1.3. Lugar de Aplicación**

**Provincia:** Chimborazo

**Ciudad:** Riobamba

**Lugar:** Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### **1.2.2. Formulación del Problema**

¿Existe en el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, una red de comunicación vía radio para el aprendizaje correlacionado entre la teoría y la práctica?

### **1.2.3. Sistematización del Problema**

¿La institución cuenta con un financiamiento adecuado para la implementación de una red de comunicaciones vía radio en el laboratorio de Automatización Industrial?

¿Existen convenios interinstitucionales que permitan el desarrollo académico del estudiante en el área de automatización industrial?

¿Cuál será el impacto en los estudiantes con la implementación de una red de comunicaciones vía radio en el Laboratorio de Automatización Industrial?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación Teórica**

En muchas de las aplicaciones industriales, disponer de una forma de control rápida y sencilla de los procesos supone una enorme ventaja, si es que no es

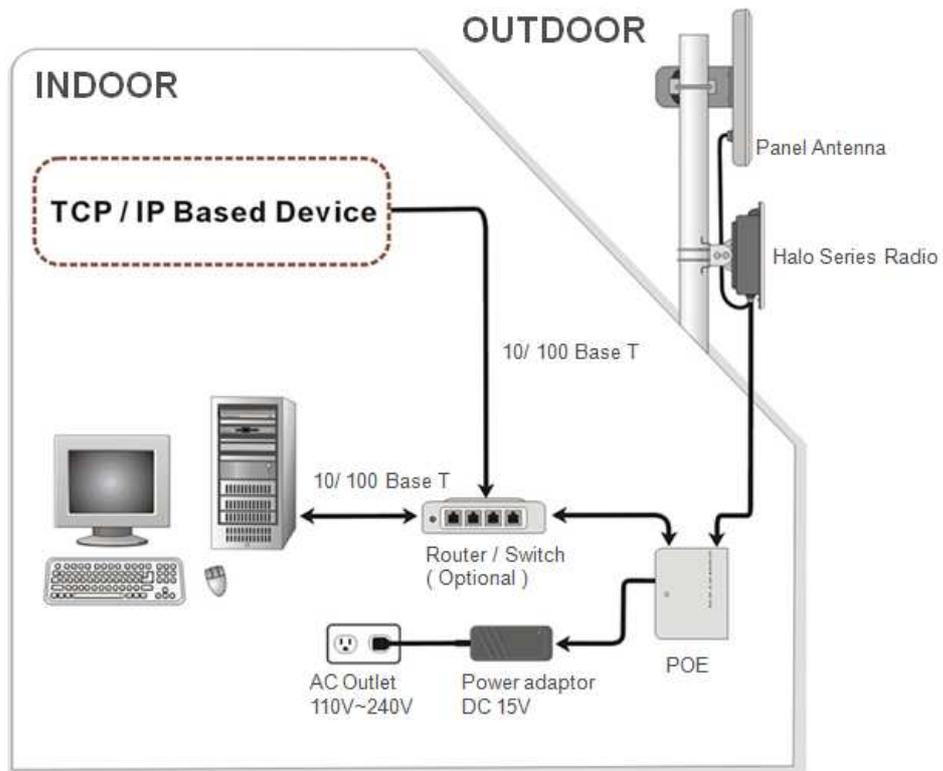
imprescindible. Permiten la automatización de los mismos, la detección temprana de fallos, ahorrar recursos y conocer rápidamente su utilización, la mejora de calidad, y la obtención de una información que nos será muy útil para mejorar. Para conseguirlo existen en el mercado números equipos de medida y control de todo tipo, que solo manejan una señal tales como interruptores, pulsadores, fotocélulas, fines de carrera, relés, válvulas, etc.; hasta los que recurren a protocolos de comunicación para transmitir y recibir información.

Sin embargo, todos tienen algo en común: desde el más sencillo interruptor hasta el más complejo ordenador necesitan de un medio a través del que comunicarse, en la actualidad el cable es la solución más utilizada por los expertos, pero cuantas veces a ocurrido que tras imaginar un estupendo sistema de control que iba a resolver todos nuestros problemas, llegamos a esa parte en la que debemos pensar como llevar los cables, entonces nos damos cuenta de que los costos para hacerlo serían extremadamente altos. Muchas veces la solución es tan sencilla como cambiar de medio y recurrir a la radio, la transmisión de datos vía radio es la única manera de resolver un problema de comunicación a un costo aceptable.

Cuando la distancia entre los equipos a comunicarse es muy grande, en especial si se trata de varios equipos muy separados entre sí, si se utilizaran cables para estos casos, los costes de instalación se dispararían, en especial si es necesario hacer nuevas canalizaciones. Cuando entre los equipos existen barreras físicas imposibles o muy difíciles de salvar, la presencia de carreteras, vías de tren, corrientes de agua, el hecho de tener que atravesar terrenos que no son de nuestra propiedad o cualquier otra barrera que haga muy complicado el tendido de cables nos lleva directamente a la utilización de la radio.

Cuando uno o varios de los equipos a comunicar están en movimiento. El hecho de que uno de los dispositivos se mueva dificulta enormemente la conexión por cable, hasta el punto de no ser posible si la zona de movimiento es muy amplia o son varios los equipos que no están en reposo. En estos y muchos otros casos se trata de elegir entre la utilización de la radio o no hacer nada, también en muchas otras ocasiones en que aun existiendo la posibilidad de emplear cable, la comunicación por radio puede ser mucho más económica.

Es cierto que un canal de radio está más expuesto a interferencias y por ello el cable es siempre más recomendable cuando se trata de aplicaciones críticas, pero hay una gran cantidad de aplicaciones que no son críticas y en las que un equipo de radio bien diseñado puede funcionar sin problemas.



**Figura I.1. Instalación del Hardware**

### **1.3.2. Justificación Aplicativa**

Los estudiantes a futuro contarán con una red de comunicaciones vía radio, este aprendizaje teórico-práctico permitirá relacionar su uso en las empresas industriales lo cual influirá en el mejoramiento de la producción y el desarrollo.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Estudiar, diseñar, implementar y configurar una red de comunicaciones vía radio aplicando las herramientas tecnológicas actuales que permitan fusionar la parte informática y electromecánica para aprovechar su uso en el aprendizaje didáctico del laboratorio de Automatización industrial y posteriormente en las empresas industriales.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Estudiar el tipo de comunicación vía Radio, para el diseño configuración e implementación de una red de comunicación de este tipo.
- Analizar los diferentes protocolos, frecuencias, arquitectura y equipos a utilizar para alcanzar una optima transmisión de datos.
- Implementar y configurar una red de comunicaciones vía radio, para complementar la línea de embasado dentro del laboratorio de Automatización industrial.

### **1.5.Hipótesis**

El estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio permitirá mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora así como una rápida detección y corrección de errores dentro del proceso de producción.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Introducción a las Comunicaciones Inalámbricas**

El simple hecho de ser seres humanos hace indispensable el mantener algún tipo de comunicación unos a otros. Por eso la gran importancia de la transmisión y la recepción de información, y en la época actual donde los computadores hacen parte de la cotidianidad, es necesario establecer medios de comunicación eficaces entre ellos.

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos. Pero la realidad es que esta tecnología

está todavía en pañales y se deben de resolver varios obstáculos técnicos y de regulación antes de que las redes inalámbricas sean utilizadas de una manera general en los sistemas de cómputo de la actualidad.

No se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas. Estas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica. Mientras que las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades de 2 Mbps, las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 Mbps y se espera que alcancen velocidades de hasta 100 Mbps. Los sistemas de Cable de Fibra Óptica logran velocidades aún mayores, y pensando futuristamente se espera que las redes inalámbricas alcancen velocidades de solo 10 Mbps.

Sin embargo se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una "Red Híbrida" y poder resolver los últimos metros hacia la estación. Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo y el operador se pueda desplazar con facilidad dentro de un almacén o una oficina.

Una muy buena opción que existe en redes de larga distancia son las denominadas: Red Pública De Conmutación De Paquetes Por Radio. Estas redes no tienen problemas de pérdida de señal debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en lugar de comunicaciones de voz. Las redes privadas de conmutación de paquetes utilizan la misma tecnología que las públicas, pero bajo bandas de radio frecuencias restringidas por la propia organización de sus sistemas de cómputo.

Actualmente las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz y poderosa herramienta que permite la transferencia de voz, datos y video, sin la necesidad de utilizar cables para establecer la conexión.

Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio, permitiendo así tener dos grandes ventajas las cuales son la movilidad y flexibilidad del sistema en general.

## **2.2. Términos y Definiciones de las Comunicaciones Inalámbricas**

### **COMUNICACIÓN**

Es el proceso mediante el cual se transmite información de una entidad a otra. Los procesos de comunicación son interacciones mediadas por signos entre al menos dos agentes que comparten un mismo repertorio de signos y tienen unas reglas semióticas comunes.

Todas las formas de comunicación requieren un *emisor*, un *mensaje* y un *receptor*. En el proceso comunicativo, la información es incluida por el *emisor* en un paquete y canalizada hacia el *receptor* a través del medio. Una vez recibido, el *receptor* decodifica el mensaje y proporciona una respuesta.

### **DATO**

Es una representación simbólica (numérica, alfabética, algorítmica etc.), un atributo o una característica de una entidad. El dato no tiene valor semántico (sentido) en sí mismo, pero si recibe un tratamiento (procesamiento) apropiado, se puede utilizar en la realización de cálculos o toma de decisiones. Es de empleo muy común en el ámbito informático y, en general, prácticamente en cualquier disciplina científica.

## **LA FUENTE**

Este dispositivo es quien genera los datos por transmitir, por ejemplo, teléfonos o computadoras personales.

## **DESTINO**

Es el dispositivo que recibe los datos enviados por el receptor según sea su necesidad.

## **INFORMACIÓN**

Es un conjunto organizado de datos **procesados**, que constituyen un mensaje que cambia el estado de conocimiento del sujeto o sistema que recibe dicho mensaje. Desde el punto de vista de la teoría general de sistemas cualquier señal o input capaz de cambiar el estado de un sistema constituye un pedazo de información.

## **EMISOR**

Es uno de los conceptos de la comunicación, de la teoría de la comunicación y del proceso de información. Técnicamente, el emisor es aquel objeto que codifica el mensaje y lo transmite por medio de un canal o medio hasta un receptor, perceptor y/u observador. En sentido más estricto, el emisor es aquella fuente que genera mensajes de interés o que reproduce una base de datos de la manera más fiel posible sea en el espacio o en tiempo.

## **RECEPTOR**

Dispositivo electrónico que permite a una señal satelital en particular ser separada de todas las demás señales recibidas por una estación terrestre y convertir el formato de la señal a formato de voz, dato o video.

## **MEDIO DE COMUNICACIÓN**

Constituye el canal que permite la transmisión de información entre dos terminales en un sistema de transmisión. Las transmisiones se realizan habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal. A veces el canal es un medio físico y otras veces no, ya que las ondas electromagnéticas son susceptibles de ser transmitidas por el vacío.

## **COMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

La comunicación inalámbrica (inglés *wireless*, sin cables) es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.

## **ANTENA**

Dispositivo para enviar y recibir ondas de radio. Conjunto de conductores debidamente asociados, que se emplea tanto para la recepción como para la transmisión de ondas electromagnéticas, que comprenden los rayos gamma, los rayos X, la luz visible y las ondas de radio.

## **ATENUACIÓN**

Pérdida de potencia de la señal electromagnética entre los puntos de transmisión y recepción. La energía de la señal decae con la distancia en cualquier medio de transmisión. En medios guiados esta reducción de la energía es, generalmente, logarítmica, y por lo tanto se expresa típicamente como un número constante en

decibelios por unidad de longitud. En medios no guiados, la atenuación es un función más compleja de la distancia y dependiente a su vez de las condiciones atmosféricas.

### **DISTORSIÓN DE RETARDO**

La distorsión de retardo es un fenómeno peculiar de los medios guiados, significa que al enviar determinada señal una parte de ella se transmite más rápido que otra parte o partes de la misma causando efectos negativos en el envío de información. Esta distorsión es causada por el hecho de que la velocidad de propagación de la señal varía con la frecuencia, para una señal de banda limitada, la velocidad tiende a ser mayor en la frecuencia central y disminuye al acercarse a los extremos de la banda. Por tanto, las distintas componentes en frecuencia de la señal llegarán al receptor en instantes diferentes de tiempo, dando lugar a desplazamientos en fases entre las diferentes frecuencias.

El efecto es llamado distorsión de retardo, ya que la señal recibida esta distorsionada debido al retardo variable que sufren sus componentes. La distorsión de retardo es particularmente crítica en la transmisión de datos digitales, por ejemplo, si se está transmitiendo una secuencia de bits, utilizando una señal analógica o digital, debido a la distorsión de retardo, algunas componentes de la señal en un bit se desplaza hacia otras posiciones provocando interferencia entre símbolos. Este hecho es el factor que limita principalmente la velocidad de transmisión máxima en un canal de transmisión.

### **RUIDO**

En cualquier dato transmitido, la señal recibida consistirá en la señal transmitida modificada debido a las distorsiones introducidas por el sistema de comunicación y a las señales no deseadas que se insertarán entre algún punto entre el emisor y el receptor. A estas últimas señales no deseadas se les denomina ruido, es decir, el ruido es toda aquella señal que se inserta entre el receptor y el emisor y que no es

deseada. El ruido es el factor de mayor importancia cuando se limitan las prestaciones del sistema de transmisión.

El ruido se puede clasificar en cuatro categorías:

- **Ruido Térmico:** Es producido por la agitación térmica de electrones dentro del medio conductor.
- **Ruido de Intermodulación:** Consiste en que cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión provocan entre sí señales de ruido.
- **Diafonía:** Se produce cuando hay un acoplamiento entre líneas que transportan las señales.
- **Ruido Impulsivo:** Se trata de impulsos discontinuos de poca duración y de gran amplitud que afectan a la señal.

### **RUIDO TÉRMICO**

Está presente en todos los medios electrónicos utilizados para transmitir señales, como su nombre lo indica, es función de la temperatura y está uniformemente distribuido en el espectro de frecuencias y por ello en ocasiones se le denomina **ruido blanco**. El ruido térmico no se puede eliminar y por esa razón impone un límite superior en las prestaciones de los sistemas de comunicaciones.

### **RUIDO DE INTERMODULACIÓN**

Se da cuando señales de distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión, El efecto que causa este ruido es la aparición de señales a frecuencias que sean suma o diferencia de las dos originales o múltiplos de estas, por ejemplo, la mezcla de las señales de frecuencias  $f_1$  y  $f_2$  pueden producir energía a frecuencias  $f_1 + f_2$ , estas componentes podían interferir con algunas otras. El ruido de

intermodulación se produce cuando hay alguna falta de linealidad en el transmisor, receptor o en el propio sistema de transmisión.

## **DIAFONIA**

Podemos decir que ésta la hemos podido experimentar la mayoría de las personas cuando hacemos uso del teléfono, se trata en realidad de un acoplamiento no deseado en las líneas que transportan las señales. Esto puede ocurrir por el acoplamiento eléctrico entre pares de cables cercanos o en raras ocasiones en líneas de cable coaxial que transportan varias señales. La diafonía también puede aparecer cuando varias señales no deseadas se captan en las antenas de microondas, aunque estas se caracterizan por ser direccionables, la energía de las microondas se dispersa durante la transmisión. Normalmente la diafonía es del mismo orden de magnitud o inferior que el ruido térmico.

## **RUIDO IMPULSIVO**

Los ruidos antes descritos son de magnitud constante y razonablemente predecibles. Así pues, es posible diseñar un sistema de transmisión que les haga frente. Por el contrario, el **ruido impulsivo** es no-continuo y está constituido por pulsos ópticos, irregulares de corta duración y de amplitud relativamente grande; se genera por una gran diversidad de causas, por ejemplo, por perturbaciones electromagnéticas exteriores producidas por tormentas atmosféricas o fallos y defectos en los sistemas de comunicación. Generalmente el ruido impulsivo no tiene mucha trascendencia para los datos analógicos, por ejemplo, la transmisión de voz se puede perturbar mediante "chasquidos" o "crujidos" cortos sin ninguna pérdida de inteligibilidad. Sin embargo, el ruido impulsivo es una de las fuentes principales de errores en la transmisión de datos digitales ya que los bits pueden corromperse con alguno de estos "chasquidos" o "crujidos".

## **VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN**

Es la velocidad expresada en bits por segundo (bps) a la que se pueden transmitir los datos entre el emisor y receptor

## **ANCHO DE BANDA**

Estará limitada por el medio de transmisión y el propio transmisor, se mide en ciclos por segundo o Hz.

## **TASA DE ERRORES**

Se considera que ha habido un error cuando se recibe un 1 habiendo enviado un 0 o viceversa.

## **INTERFERENCIA**

Energía que tiende a interferir con la recepción de la señal deseada, esta puede ser causada por varios motivos como tormentas eléctricas, señales ajenas a la que se está transmitiendo, etc.

## **CANAL**

Banda de frecuencia en la cual una señal específica es transmitida.

## **AMPLIFICADOR**

Dispositivo electrónico utilizado para incrementar la potencia de señales de audio, video o radio frecuencia.

## **MODULACIÓN**

Proceso de manipular la frecuencia o la amplitud de una portadora en relación a la señal de voz, datos o video.

## **MODULADOR**

Dispositivo que manipula a una portadora.

## **DEMODULADOR**

Circuito receptor que extrae o de modula las señales requeridas de la portadora recibida.

## **CODIFICADOR**

Dispositivo electrónico utilizado para alterar una señal de forma que solo pueda ser vista por un decodificador especial.

## **ENCRIPCIÓN**

Codificación o método de protección al contenido de la información para evitar a otros el acceso cuando no se cuenta con el equipo decodificador requerido.

## **SIMPLEX**

Este modo de transmisión permite que la información discorra en un solo sentido y de forma permanente, con esta fórmula es difícil la corrección de errores causados por deficiencias de línea (TV).

## **HALF-DUPLEX**

En este modo la transmisión fluye cada vez, solo una de las dos estaciones del enlace punto a punto puede transmitir. Este método también se denomina en dos sentidos alternos (walkitoki).

## **FULL-DUPLEX**

Es el método de comunicación más aconsejable puesto que en todo momento la comunicación puede ser en dos sentidos posibles, es decir, que las dos estaciones simultáneamente pueden enviar y recibir datos y así pueden corregir los errores de manera instantánea y permanente

## **MODEM**

Modulador / Demodulador, permite a una computadora enviar y recibir datos, típicamente sobre una línea telefónica.

## **MULTIPUNTO**

Sistema de comunicación que permite a tres o más puntos participar en la comunicación.

## **PUNTO A PUNTO**

Sistema de comunicación que permite a dos puntos participar en la comunicación.

## **PUNTO A MULTIPUNTO**

Servicio de un punto hacia varios puntos.

## **TRANSCIEVER**

Combinación de transmisor y receptor.

## **TRANSPONDER**

Parte de un satélite en forma de antena que recibe la señal que recibe de la estación terrestre, traslada y amplifica la señal, y la retransmite de vuelta a la tierra. Un satélite generalmente tiene 32 transponders.

### **2.3. Elementos a tener en cuenta en las Comunicaciones Inalámbricas**

#### **2.3.1. La atmósfera**

En el vacío las ondas de radio se mueven relativamente libres de influencias; en general un frente de onda lo hará en línea recta sin sufrir otra alteración que la disminución de su intensidad con la distancia de la fuente. Las estaciones de radio terrestres están sumergidas en un mar de gases donde hay mucha actividad de distinto tipo que varía con la geografía, la altura, la presión, la temperatura, la carga eléctrica, etc.

Todos estos factores perturban el movimiento de las ondas de radio modificando su intensidad, dirección, polarización y su integridad. Quien se adentre en el conocimiento de las distintas formas en que se propagan las ondas de radio, de inmediato advertirá que la atmósfera juega un rol preponderante; no es superfluo imaginar los efectos que podría tener la atmósfera de Venus o Júpiter sobre las ondas radiadas por una sonda de investigación para advertir la importancia de este medio en el proceso.

### **2.3.2. Propagación**

En las frecuencias más altas del espectro la ionosfera ya no es capaz de reflejar las ondas de radio y prácticamente no existen comunicaciones por su intermedio, entonces se dice que las comunicaciones se realizan por onda directa que se mueven en líneas rectas, con lo cual el alcance queda limitado por la curvatura de la tierra a distancias que no exceden mucho el horizonte. En este caso la altura de las antenas cobra una importancia mayor porque amplía ese horizonte.

Como la parte baja de la atmósfera se denomina troposfera la propagación entre estaciones sobre la superficie de la tierra se denomina por "*ondas troposféricas*" (la troposfera es la parte de la atmósfera que está en contacto con la superficie de la tierra y en la cual suceden los fenómenos meteorológicos comunes).

### **2.3.3. Desvanecimiento (Fading)**

Cuando se reciben ondas de radio de un mismo punto, se encuentra que la intensidad de las mismas varía notablemente según la hora del día, la época del año etc, según se vio, pero es común percibir una variación mucho más rápida en la intensidad que puede producirse desde muy lentamente (minutos) hasta bastante rápidos (décimas de segundo). Estas variaciones más o menos rápidas se conocen como "desvanecimientos" y obedecen a diferentes causas, tales como:

- Que varíen las condiciones físicas del medio por el cual viajan las señales (variaciones de densidad de la atmósfera, del contenido de vapor, de iones, etc.)
- Que lleguen al receptor distintas "copias" de la señal *recorriendo múltiples caminos (multipath)*. Las diferentes copias arriban ligeramente desfasadas

haciendo que se sumen o se resten sus amplitudes (diferencias de fase). Como estos caminos están continuamente variando el efecto de atenuación o refuerzo varía con el tiempo.

- Que se produzcan reflexiones en objetos que están en movimiento provocando el efecto anterior (aviones, automóviles, etc.)
- Que el transmisor y o el receptor estén en movimiento y los caminos de la señal estén variando con el tiempo.
- Que se atenúen algunas frecuencias mientras que otras inmediatamente cercanas no deformando las señales (desvanecimiento selectivo).

Las causas del desvanecimiento pueden ser muy numerosas, como se ve, pero en todos los casos producen un deterioro más o menos pronunciado de la calidad del enlace. Aunque pueden tomarse algunas medidas para soslayar su efecto, muchas de ellas no son fáciles de implementar en la instalación común de un radioaficionado.

#### **2.3.4. Pérdidas en la trayectoria por el espacio libre**

Las pérdidas en la trayectoria por el espacio libre LP, se definen como las pérdidas que ocurren cuando una onda electromagnética es transmitida al vacío. Pero en realidad no existe pérdida de energía al transmitir las ondas electromagnéticas, el efecto que ocurre realmente es una dispersión de la señal según se aleja del transmisor. Por eso es mejor llamar a este fenómeno pérdidas por dispersión.

### **2.3.5. Efectos atmosféricos**

La lluvia es un fenómeno capaz de afectar a las comunicaciones por ondas de radio debido a que esta actúa como una cortina entre el transmisor y receptor. Esto sucede tanto en el enlace emitido como en el enlace recibido.

Siempre que una señal atraviesa una zona de lluvia se genera un problema de atenuación, esto es debido a la absorción de energía de las ondas electromagnéticas por parte de las gotas de lluvia, la cual puede reducir considerablemente la potencia de la señal.

Las gotas de lluvia pueden llegar a convertirse en hielo o nieve, la atenuación debido a este fenómeno se llama atenuación por hidrometeoros y aumenta con la frecuencia.

### **2.3.6. Radiación solar**

La radiación solar, es un gran problema en las transmisiones vía radio, esto se debe a que el sol es un gran productor de ondas de radio, las cuales producen ruido en el enlace. Hay distintas formas en que el sol afecta a las comunicaciones de radio.

### **2.3.7. Interferencia terrestre**

La interferencia terrestre ocurre gracias a otras antenas que transmiten sobre la tierra. Pero si se eleva en ángulo de las antenas de las estaciones terrestres el riesgo de interferencia terrestre será menor.

### **2.3.8. Difracción**

La difracción es un fenómeno característico de las ondas consistente en el curvado y esparcido de las ondas cuando encuentran un obstáculo o al atravesar

una rendija. La difracción ocurre en todo tipo de ondas, desde ondas sonoras, ondas en la superficie de un fluido y ondas electromagnéticas como la luz y las ondas de radio. También sucede cuando un grupo de ondas de tamaño finito se propaga; por ejemplo, por causa de la difracción, un haz angosto de ondas de luz de un láser debe finalmente divergir en un rayo más amplio a una cierta distancia del emisor.

## **2.4. Tipos de Comunicaciones Inalámbricas**

### **2.4.1. Generalidades**

El término red inalámbrica (*Wireless network*) en inglés es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina todo el cable ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe de tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos. En la actualidad las redes inalámbricas son una de las tecnologías más prometedoras.

Según su cobertura, se pueden clasificar en diferentes tipos:

#### **Wireless Personal Área Network**

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en HomeRF (estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central); Bluetooth (protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1); ZigBee (basado en la especificación IEEE 802.15.4

y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo); RFID (sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.

### **Wireless Local Area Network**

En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HiperLAN (del inglés, *High Performance Radio LAN*), un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en Wi-Fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

### **Wireless Metropolitan Area Network**

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*).

### **Wireless Wide Area Network**

En estas redes encontramos tecnologías como UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), utilizada con los teléfonos móviles de tercera generación (3G) y sucesora de la tecnología GSM (para móviles 2G), o también la tecnología digital para móviles GPRS (*General Packet Radio Service*).

#### 2.4.2. Características generales de las Comunicaciones Inalámbricas

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite, y los infrarrojos, por ejemplo. Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras:

- **Ondas de radio:** las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF que va de 3 a 30 Hz, hasta la banda UHF que va de los 300 a los 3000 MHz, es decir, comprende el espectro radioeléctrico de 30 - 3000000 Hz.
- **Microondas terrestres:** se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.
- **Microondas por satélite:** se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en

unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.

- **Infrarrojos:** se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz.

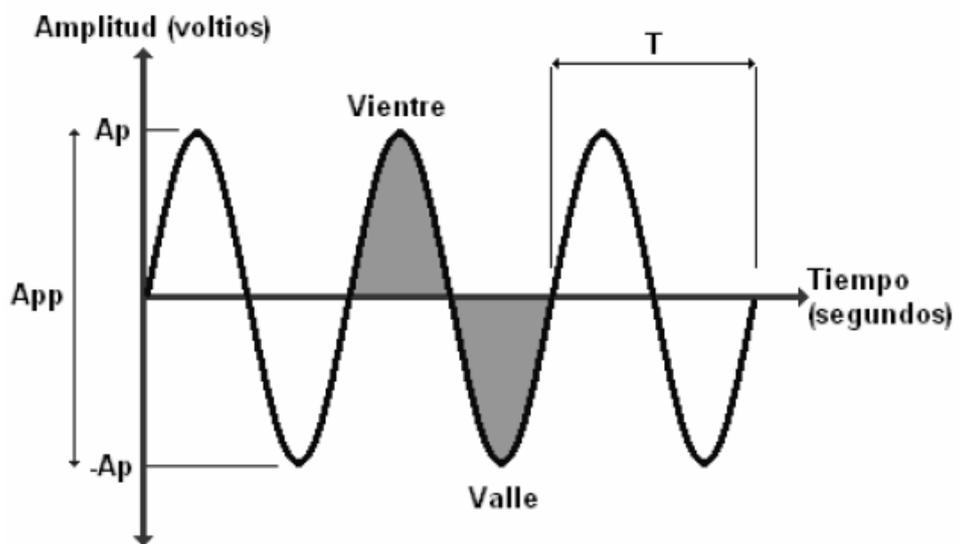
### **2.4.3. Tipos de comunicaciones inalámbricas según el rango de frecuencias**

#### **2.4.3.1. Transmisión por Radio**

Cuando Heinrich Hertz descubrió las ondas electromagnéticas en 1887, sentó los fundamentos para el desarrollo de la comunicación vía radio. Ahora, es prácticamente imposible encontrar un lugar en el que no intervengan las ondas vía radio de una forma u otra: un radio despertador, un mando a distancia para cualquier equipo electrónico o el juguete favorito en todo el mundo: el teléfono móvil. Casi todos los equipos envían o reciben señales vía radio y funcionan en un rango de frecuencia perfectamente definido.

Se denomina **comunicación vía radio** a toda aquella que emplea un medio de transmisión inalámbrico, bien sea la atmósfera (radio enlace terrenal), bien sea el espacio libre (radio enlace espacial). Este vehículo portador de la información es una **onda electromagnética** (EM).

Esta onda EM es la conjunción de unos campos EM (energía), configurados con el fin de propagarse en un medio inmaterial en la dirección y sentido deseado, con una forma “modulada” por la información a transmitir, y ajustada a los requerimientos clásicos de cualquier comunicación: alcance, calidad, fiabilidad, etc.



**Figura II.2. Onda Sinusoidal**

- Amplitud de pico ( $A_p$ ).
- Amplitud pico a pico ( $A_{pp}$ ).
- Periodo, **tiempo** transcurrido entre dos valores idénticos consecutivos de la onda ( $T$ ).
- Frecuencia, inversa del periodo. Normalmente, número de ondas por segundo.
- Fase, instante de tiempo relativo, referido al periodo de la onda y al origen de tiempos considerado.

#### **2.4.3.1.1. Modos de propagación de las ondas radio eléctricas**

Existen cuatro formas distintas de propagación de las ondas radioeléctricas:

##### **Propagación directa**

Son las ondas que viajan desde una antena transmisora a otra la antena receptora. También denomina **onda espacial**, o **directa**. Además, este tipo de onda espacial puede sufrir en su camino reflexiones y/o refracciones debidas a las variaciones de las características físicas de la atmósfera. Las transmisiones a frecuencias superiores a 30 MHz, por ejemplo: radiodifusión comercial en FM, televisión en UHF y VHF, etc. se sirven de ella.

##### **Propagación por reflexión**

Se entiende por reflexión el cambio en la dirección de propagación de un fenómeno ondulatorio, como las ondas radioeléctricas, cuando inciden sobre una superficie reflectante. En ocasiones, a la antena receptora le llega una señal radioeléctrica reflejada por un obstáculo, por ejemplo, un edificio de gran altura. Este tipo de propagación no es muy deseable, ya que a la antena receptora pueden llegarle, además de la señal directa, varias señales reflejadas procedentes de uno o varios puntos, con lo cual llegan al receptor dos o más señales iguales y desfasadas en el tiempo, puesto que las trayectorias de las reflejadas son más largas, produciendo las conocidas y molestas "imágenes fantasma" o dobles imágenes. Para evitar esto, deben utilizarse antenas receptoras de gran "directividad", correctamente situadas con relación al emisor.

### **Propagación por refracción**

Es el cambio en la dirección de la propagación de un movimiento ondulatorio, como las señales radioeléctricas, debido al paso de la onda desde un medio a otro de distinto índice de refracción.

Un ejemplo de este tipo de propagación es la es la **onda ionosférica**, que provoca una curvatura en el haz de energía EM. La causa de esta curvatura es la ionización de la parte superior de la atmósfera por las radiaciones solares. Esta ionización supone una variación progresiva del índice de refracción de la alta atmósfera, de forma que la curva los rayos al igual que un rayo de luz cambia de dirección al entrar en el agua.

La región que sufre este fenómeno se denomina Ionosfera. Se encuentra a unos 80 Km sobre la superficie terrestre, aunque tiene ciertas variaciones de altura a lo largo del día y del año.

Esta onda es la empleada en comunicaciones de radio a gran distancia en frecuencias inferiores a 30 Mhz.

### **Propagación por difracción**

Es el fenómeno característico de las propiedades ondulatorias de la materia, por la cual un obstáculo que se opone a la propagación libre de las ondas se presenta como una fuente secundaria que emite ondas derivadas en todas las direcciones. Gracias a este fenómeno las ondas rodean al obstáculo y consiguen salvarlo. Las **ondas de superficie** son las que se aprovechan este fenómeno. Es la propagación de las ondas radioeléctricas de baja frecuencia que se transmiten pegadas al suelo siguiendo el contorno de la

superficie terrestre alcanzando grandes distancias. Son las típicas señales de radiodifusión comercial en onda media, generada en grandes antenas, mástiles radiantes, que transmiten altas potencias.

#### **2.4.3.2. Transmisión por Microondas**

Una **red por microondas** es un tipo de red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión. El protocolo más frecuente es el IEEE 802.11b y transmite a 2.4 GHz, alcanzando velocidades de 11 Mbps (Megabits por segundo). Otras redes utilizan el rango de 5,4 a 5,7 GHz para el protocolo IEEE 802.11.

#### **Microondas terrestres**

Suelen utilizarse antenas parabólicas. El tamaño típico es de diámetro de unos 3mts. Estas antenas se fija rígidamente, y trasmite un haz estrecho que debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora. Las antenas de microondas se sitúan a una altura apreciable sobre el nivel del suelo, para con ello conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y pasa ser capaces de salvar posibles obstáculos. Para conexiones a larga distancia, se utilizan conexiones intermedias punto a punto entre antenas parabólicas.

Se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores, aunque se necesitan antenas alineadas. Se usan para transmisión de televisión y voz. La principal causa de pérdidas es la atenuación debido a que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la distancia (con cable coaxial y par trenzado son logarítmicas). La atenuación aumenta con las lluvias. Las interferencias es

otro inconveniente de las microondas ya que al proliferar estos sistemas, puede haber más solapamientos de señales.

### **Microondas por satélite**

Un satélite de comunicaciones es esencialmente una estación que retransmite microondas. Se usa como enlace entre dos o más receptores/transmisores terrestres, denominados *estaciones base*. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia (canal ascendente), la amplifica o repite, y posteriormente la retransmite en otra banda de frecuencia (canal descendente). Cada uno de los satélites geoestacionarios operará en una serie de bandas de frecuencias llamadas *transponders*.

El satélite recibe las señales y las amplifica o retransmite en la dirección adecuada. Para mantener la alineación del satélite con los receptores y emisores de la tierra, el satélite debe ser geoestacionario. El satélite, para mantenerse geoestacionario, debe tener un periodo de rotación igual al de la tierra y esto sólo ocurre a una distancia de 35.784 km. El rango de frecuencias para la recepción del satélite debe ser diferente del rango al que este emite, para que no haya interferencias entre las señales que ascienden y las que descienden.

Debido a que la señal tarda un pequeño intervalo de tiempo desde que sale del emisor en la Tierra hasta que es devuelta al receptor o receptores, ha de tenerse cuidado con el control de errores y de flujo de la señal. Si dos satélites utilizaran la misma banda de frecuencia y estuvieran suficientemente próximos, podrían interferir mutuamente.

Para evitar esto, los estándares actuales exigen una separación mínima de 0,4 (desplazamiento angular medido desde la superficie terrestre) en la banda 4/6 GHz, y una separación de al menos 0,3 a 12/14 GHz.

Por tanto el número máximo de posibles satélites está bastante limitado. La mayoría de los satélites que proporcionan servicio de enlace punto a punto operan en el intervalo entre 5,925 y 6,425 GHz, para la transmisión desde las estaciones terrestres hacia el satélite (canal ascendente) y entre 3,7 y 4,2 GHz para la transmisión desde el satélite hasta las tierras (canal descendente). Esta combinación se conoce como banda 4/6 GHz. Nótese que las frecuencias ascendentes son diferentes de las descendentes. En transmisión continua y sin interferencias, el satélite no podrá transmitir y recibir en el mismo rango de frecuencias. Así pues, las señales que se reciben desde las estaciones terrestres en una frecuencia dada se deberán devolver en otra distinta.

Se suele utilizar este sistema para:

- Difusión de televisión.
- Transmisión telefónica a larga distancia.
- Redes privadas.

Es el medio óptimo para los enlaces internacionales que tengan un alto grado de utilización y es competitivo comparado con los sistemas terrestres en muchos enlaces internacionales de larga distancia.

### **2.4.3.3. Transmisión por Infrarrojos**

Los infrarrojos son ondas electromagnéticas que se propagan en línea recta, siendo susceptibles de ser interrumpidos por cuerpos opacos. Su uso no precisa de licencia administrativa y no se ven afectados por interferencias radioeléctricas externas, pudiéndose alcanzar distancias de hasta 200 metros entre cada emisor y receptor.

Las redes de luz infrarroja están limitadas por el espacio y casi generalmente la utilizan redes en las que las estaciones se encuentran en un solo cuarto o piso, algunas compañías que tienen sus oficinas en varios edificios realizan la comunicación colocando los receptores / emisores en las ventanas de los edificios. Las transmisiones de radio frecuencia tienen una desventaja: que los países están tratando de ponerse de acuerdo en cuanto a las bandas que cada uno puede utilizar, al momento de realizar este trabajo ya se han reunido varios países para tratar de organizarse en cuanto a que frecuencias pueden utilizar cada uno.

La transmisión Infrarroja no tiene este inconveniente por lo tanto es actualmente una alternativa para las Redes Inalámbricas. El principio de la comunicación de datos es una tecnología que se ha estudiado desde los 70's, Hewlett-Packard desarrolló su calculadora HP-41 que utilizaba un transmisor infrarrojo para enviar la información a una impresora térmica portátil, actualmente esta tecnología es la que utilizan los controles remotos de las televisiones o aparatos eléctricos que se usan en el hogar.

El mismo principio se usa para la comunicación de Redes, se utiliza un "*transreceptor*" que envía un haz de Luz Infrarroja, hacia otro que la recibe. La transmisión de luz se codifica y decodifica en el envío y recepción en un protocolo de red existente. Uno de los pioneros en esta área es Richard Allen, que fundó Photonics Corp., en 1985 y desarrolló un "Transreceptor Infrarrojo".

Los primeros transreceptores dirigían el haz infrarrojo de luz a una superficie pasiva, generalmente el techo, donde otro transreceptor recibía la señal. Se pueden instalar varias estaciones en una sola habitación utilizando un área pasiva para cada transreceptor. La siguiente figura muestra un transreceptor. En la actualidad Photonics ha desarrollado una versión AppleTalk / LocalTalk del transreceptor que opera a 230 Kbps. El sistema tiene un rango de 200 mts. Además la tecnología se ha mejorado utilizando un transreceptor que difunde el haz en todo el cuarto y es recogido mediante otros transreceptores. El grupo de trabajo de Red Inalámbrica IEEE 802.11 está trabajando en una capa estándar MAC para Redes Infrarrojas.

Las comunicaciones mediante infrarrojos se llevan a cabo mediante transmisores y receptores (transceivers) que modulan luz infrarroja no coherente. Los emisores y receptores de infrarrojos (transceivers) deben estar alineados o bien estar en línea tras la posible reflexión de rayo en superficies como las paredes.

En infrarrojos no existen problemas de seguridad ni de interferencias ya que estos rayos no pueden atravesar los objetos (paredes por ejemplo). Tampoco

es necesario permiso para su utilización (en microondas y ondas de radio si es necesario un permiso para asignar una frecuencia de uso).

#### **2.4.3.4. Transmisión por Bluetooth**

**Bluetooth** es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPANs) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales. Este protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja y basada en transceptores de bajo costo.

Gracias a este protocolo, los dispositivos que lo implementan pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite.

En la mayoría de los casos, la cobertura efectiva de un dispositivo de clase 2 se extiende cuando se conecta a un transceptor de clase 1. Esto es así gracias a la mayor sensibilidad y potencia de transmisión del dispositivo de clase 1, es decir, la mayor potencia de transmisión del dispositivo de clase 1 permite que la señal llegue con energía suficiente hasta el de clase 2. Por otra parte la mayor sensibilidad del dispositivo de clase 1 permite recibir la señal del otro pese a ser más débil.

## **2.5. Ventajas de las Comunicaciones Inalámbricas**

Las principales ventajas que ofrecen las redes inalámbricas frente a las redes cableadas son las siguientes:

### **Movilidad**

La libertad de movimientos es uno de los beneficios más evidentes las redes inalámbricas. Un ordenador o cualquier otro dispositivo (por ejemplo, una PDA o una webcam) pueden situarse en cualquier punto dentro del área de cobertura de la red sin tener que depender de que si es posible o no hacer llegar un cable hasta este sitio. Ya no es necesario estar atado a un cable para navegar en Internet, imprimir un documento o acceder a los recursos. Compartidos desde cualquier lugar de ella, hacer presentaciones en la sala de reuniones, acceder a archivos, etc., sin tener que tender cables por mitad de la sala o depender de si el cable de red es o no suficientemente largo.

### **Desplazamiento**

Con una computadora portátil o PDA no solo se puede acceder a Internet o a cualquier otro recurso de la red local desde cualquier parte de la oficina o de la casa, sino que

nos podemos desplazar sin perder la comunicación. Esto no solo da cierta comodidad, sino que facilita el trabajo en determinadas tareas, como, por ejemplo, la de aquellos empleados cuyo trabajo les lleva a moverse por todo el edificio.

### **Flexibilidad**

Las redes inalámbricas no solo nos permiten estar conectados mientras nos desplazamos por una computadora portátil, sino que también nos permite colocar una computadora de sobremesa en cualquier lugar sin tener que hacer el más mínimo cambio de configuración de la red. A veces extender una red cableada no es una tarea fácil ni barata. En muchas ocasiones acabamos colocando peligrosos cables por el suelo para evitar tener que hacer la obra de poner enchufes de red más cercanos. Las redes inalámbricas evitan todos estos problemas. Resulta también especialmente indicado para aquellos lugares en los que se necesitan accesos esporádicos. Si en un momento dado existe la necesidad de que varias personas se conecten en la red en la sala de reuniones, la conexión inalámbrica evita llenar el suelo de cables. En sitios donde pueda haber invitados que necesiten conexión a Internet (centros de formación, hoteles, cafés, entornos de negocio o empresariales) las redes inalámbricas suponen una alternativa mucho más viable que las redes cableadas.

### **Ahorro de costos**

Diseñar o instalar una red cableada puede llegar a alcanzar un alto coste, no solamente económico, sino en tiempo y molestias. En entornos domésticos y en determinados entornos empresariales donde no se dispone de una red cableada porque su instalación presenta problemas, la instalación de una red inalámbrica permite ahorrar costes al permitir compartir recursos: acceso a Internet, impresoras, etc.

## **Escalabilidad**

Se le llama escalabilidad a la facilidad de expandir la red después de su instalación inicial. Conectar una nueva computadora cuando se dispone de una red inalámbrica es algo tan sencillo como instalarle una tarjeta y listo. Con las redes cableadas esto mismo requiere instalar un nuevo cableado o lo que es peor, esperar hasta que el nuevo cableado quede instalado.

## **2.6. Desventajas de las Comunicaciones Inalámbricas**

Evidentemente, como todo en la vida, no todo son ventajas, las redes inalámbricas también tiene unos puntos negativos en su comparativa con las redes de cable.

Los principales inconvenientes de las redes inalámbricas son los siguientes:

### **Menor ancho de banda**

Las redes de cable actuales trabajan a 100 Mbps, mientras que las redes inalámbricas Wi-Fi lo hacen a 11 Mbps. Es cierto que existen estándares que alcanzan los 54 Mbps y soluciones propietarias que llegan a 100 Mbps, pero estos estándares están en los comienzos de su comercialización y tiene un precio superior al de los actuales equipos WiFi.

### **Mayor inversión inicial**

Para la mayoría de las configuraciones de la red local, el costo de los equipos de red inalámbricos es superior al de los equipos de red cableada.

## **Seguridad**

Las redes inalámbricas tienen la particularidad de no necesitar un medio físico para funcionar. Esto fundamentalmente es una ventaja, pero se convierte en una desventaja cuando se piensa que cualquier persona con una computadora portátil solo necesita estar dentro del área de cobertura de la red para poder intentar acceder a ella.

Como el área de cobertura no está definida por paredes o por ningún otro medio físico, a los posibles intrusos no les hace falta estar dentro de un edificio o estar conectado a un cable. Además, el sistema de seguridad que incorporan las redes Wi-Fi no es de lo más fiables. A pesar de esto también es cierto que ofrece una seguridad válida para la inmensa mayoría de las aplicaciones y que ya hay disponible un nuevo sistema de seguridad (WPA) que hace a Wi-Fi mucho más confiable.

## **Interferencias**

Las redes inalámbricas funcionan utilizando el medio radio electrónico en la banda de 2,4 GHz. Esta banda de frecuencias no requiere de licencia administrativa para ser utilizada por lo que muchos equipos del mercado, como teléfonos inalámbricos, microondas, etc., utilizan esta misma banda de frecuencias. Además, todas las redes Wi-Fi funcionan en la misma banda de frecuencias incluida la de los vecinos.

Este hecho hace que no se tenga la garantía de nuestro entorno radioelectrónico este completamente limpio para que nuestra red inalámbrica funcione a su más alto rendimiento. Cuantos mayores sean las interferencias producidas por otros equipos, menor será el rendimiento de nuestra red. No obstante, el hecho de tener probabilidades de sufrir interferencias no quiere decir que se tengan. La mayoría de

las redes inalámbricas funcionan perfectamente sin mayores problemas en este sentido.

### **Incertidumbre Tecnológica**

La tecnología que actualmente se está instalando y que ha adquirido una mayor popularidad es la conocida como Wi-Fi (IEEE 802.11B). Sin embargo, ya existen tecnologías que ofrecen una mayor velocidad de transmisión y unos mayores niveles de seguridad, es posible que, cuando se popularice esta nueva tecnología, se deje de comenzar la actual o, simplemente se deje de prestar tanto apoyo a la actual.

Lo cierto es que las leyes del mercado vienen también marcadas por las necesidades del cliente y, aunque existe una incógnita, los fabricantes no querrán perder el tirón que ha supuesto Wi-Fi y harán todo lo posible para que los nuevos dispositivos sean compatibles con los actuales. La historia nos ha dado muchos ejemplos similares.

## **CAPITULO III**

### **COMUNICACIÓN VIA RADIO**

#### **3.1. Introducción**

Hoy en día los sistemas inalámbricos nos rodean por todas partes. A los ya habituales sistemas de telefonía móvil, se unen las redes de datos inalámbricas, la televisión digital terrestre o los radioenlaces punto a punto. Con la llegada del internet, el radio entra a una nueva fase de transmitir solo local, a transformarse y llegar a nivel mundial. Esto gracias a las redes de comunicación donde se elimina las distancias y comienza la nueva era de una radio sin fronteras, sin límites y multifacética.

Gracias a la naturaleza del radio no es necesaria la instalación del cableado tradicional, lo que se refleja en tiempos de entrega más cortos, aproximadamente una semana, a diferencia de las 6 a 8 semanas que requiere la instalación del servicio vía cable. Los componentes inalámbricos se utilizan para la conexión a redes en distancias que hacen que el uso de adaptadores de red y opciones de cableado

estándares sea técnica o económicamente imposible. Las redes inalámbricas están formadas por componentes inalámbricos que se comunican con LANs.

Excepto por el hecho de que no es un cable quién conecta los equipos, una red inalámbrica típica funciona casi igual que una red con cables: se instala en cada equipo un adaptador de red inalámbrico con un *transceptor* (un dispositivo que transmite y recibe señales analógicas y digitales). Los usuarios se comunican con la red igual que si estuvieran utilizando un equipo con cables.

Para el correcto funcionamiento de estos sistemas resulta crucial un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico. El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra toda una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras.

## **3.2. Términos y Definiciones**

### **3.2.1. Términos Generales**

**Telecomunicación.-** Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

**Radio.-** Término general que se aplica al empleo de las ondas radioeléctricas.

**Radiocomunicación.-** toda telecomunicación transmitida por ondas radioeléctricas.

**Radio determinación.-** Determinación de la posición, velocidad u otras características de un objeto, u obtención de información relativa a estos

parámetros, mediante las propiedades de propagación de las ondas radioeléctricas.

**Atribución (de una banda de frecuencias).**- Inscripción en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias, en el cuadro de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por el servicio de radioastronomía en condiciones especificadas, este término se aplica también a la banda de frecuencias considerada.

**Adjudicación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico).**- Inscripción de un canal determinado en un plan, adoptado por una conferencia competente, para ser utilizado por una o varias administraciones para un servicio de radiocomunicación terrenal o espacial en uno o varios países o zonas geográficas determinados y según condiciones especificadas.

**Asignación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico).**- Autorización que da una administración para que una estación radioeléctrica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones específicas.

**Radiación (radioeléctrica).**- Flujo saliente de energía de una fuente cualquiera en forma de ondas radioeléctricas, o esta misma energía.

**Emisión.**- Radiación producida, o producción de radiación, por una estación transmisora radioeléctrica.

**Interferencia.**- Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o perdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

### **3.2.2. Soluciones de la transmisión de datos vía radio**

Existen una serie de casos claros en los que la transmisión de datos vía radio es la única manera de resolver un problema de comunicación a un coste aceptable:

1. Cuando la distancia entre los equipos a comunicar es muy grande, en especial si se trata de varios equipos muy separados entre si. Si se utilizaran cables en estos casos, en especial si es necesario realizar nuevas canalizaciones.
2. Cuando entre los equipos existen barreras físicas imposibles o muy difíciles de salvar. La presencia de carreteras, vías de tren, corrientes de agua, el hecho de tener que atravesar terrenos que no son de nuestra propiedad o cualquier otra barrera que haga muy complicado el tendido de cables nos lleva directamente a la utilización de la radio.
3. Cuando uno o varios de los equipos a comunicar están en movimiento. El hecho de que uno de los dispositivos se mueva dificulta enormemente la conexión por cable, hasta el punto de no ser posible si la zona de movimiento es muy amplia, o son varios los equipos que no están en reposo.
4. Cuando la instalación de cable supone la parada total o parcial de la instalación. En ocasiones no es fácil instalar un nuevo cable sin parar la producción ya sea total o parcialmente.

En todos estos casos se trata de elegir entre la utilización de la radio o no hacer nada. Sin embargo hay otras muchas ocasiones en que aún existiendo la posibilidad de emplear cable, la comunicación por radio puede ser mucho más económica. En general cuando se plantea esta situación, se tiende a desconfiar de la radio, lo que hace que la balanza se incline hacia el lado del cable. Es cierto

que un canal de radio está más expuesto a interferencias y por ello (sobre todo en distancias cortas) el cable es siempre más recomendable cuando se trata de aplicaciones críticas, pero hay gran cantidad de aplicaciones que no son críticas y en las que un equipo de radio bien diseñado puede funcionar sin problemas.

### 3.2.3. Transmisión vía radio

El usuario sintoniza el transmisor y el receptor a una determinada frecuencia. La radio en banda estrecha no requiere visibilidad directa porque utiliza ondas de radio. Sin embargo la transmisión vía radio en banda estrecha está sujeta a interferencias de paredes de acero e influencias de carga. La radio en banda estrecha utiliza un servicio de suscripción. Los usuarios pagan una cuota por la transmisión de radio.



Figura III.3. Transmisión vía Radio

### 3.2.4. Comunicación vía radio

Los enlaces de datos vía radio están basados en sustituir un medio físico de transmisión como el cable por transceptores de radio y módems. La velocidad binaria de los enlaces, está determinada en gran medida por el ancho de banda

de la señal de transmisión, el criterio de Nyquist establece que el flujo binario en condiciones ideales es como máximo el doble del ancho de banda.

Por otra parte la distancia máxima del enlace y la tasa de fallos BER dependerá del nivel de ruido en el receptor, el cual a su vez aumenta con el ancho de banda y de la potencia del transmisor. De esta forma se establece un compromiso entre velocidad, distancia y potencia de los transmisores: a igualdad de distancia, al aumentar la velocidad de datos es necesario mayor ancho de banda y por lo tanto hay más ruido en el receptor y como consecuencia el transmisor a ser más potente para superar el aumento de ruido.

El Sistema Radio Enlace o Inalámbrico permite la interconexión de sucursales de su empresa por medio de las ondas de radio (espectro electromagnético), extendiendo su red (LAN, MAN, etc), proporcionándole una excelente solución de comunicación a las distintas entidades que necesitan enlazar sus locales y no desean incurrir en costosos sistemas de interconexión física, como Cables de Cobre o Fibra Óptica.

Le proporciona comunicación por medio de ondas de radio para transmitir y recibir datos entre su red local e Internet permitiéndole a todas sus computadoras hacer uso de los servicios de navegación y correo electrónico.

En un solo dispositivo se integran el transmisor/receptor de radio, el ruteador, el proxy y los servidores de páginas (HTTP), correo electrónico (SMTP, POP3) y transferencia de archivos (FTP).

### Sistema de Radio - Enlace

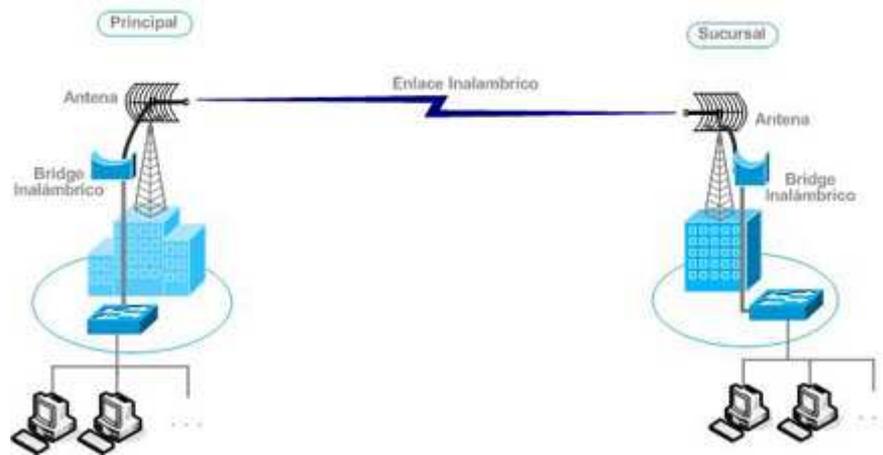


Figura III.4. Sistema de Radio General

#### 3.2.5. Ondas de radio

Cuando los electrones oscilan en un circuito eléctrico, parte de su energía se convierte en radiación electromagnética. La frecuencia (la rapidez de la oscilación) debe ser muy alta para producir ondas de intensidad aprovechable que, una vez formadas, viajan por el espacio a la velocidad de la luz. Cuando una de esas ondas encuentra una antena metálica, parte de su energía pasa a los electrones libres del metal y los pone en movimiento, formando una corriente alterna cuya frecuencia es la misma que la de la onda. Este es, sencillamente, **el principio de la comunicación por radio.**

La diferencia más palpable entre las microondas y las ondas de radio es que estas últimas son omnidireccionales, mientras que las primeras tienen un diagrama de radiación mucho más direccional. Por tanto, las ondas de radio no necesitan antenas parabólicas, ni necesitan que dichas antenas estén instaladas sobre una plataforma rígida para estar alineadas.

Un factor determinante en las ondas de radio son las interferencias por multitrayectorias. Entre las antenas, debido a la reflexión en la superficie terrestre, el mar u otros objetos, pueden aparecer multitrayectorias. Este efecto se observa con frecuencia en el receptor de TV y consiste en que se puede observar varias imágenes (o sombras) cuando pasa un avión.

### 3.2.6. Diferencias entre las ondas de radio y las microondas

- Las microondas son unidireccionales y las ondas de radio omnidireccionales.
- Las microondas son más sensibles a la atenuación producida por la lluvia.
- En las ondas de radio, al poder reflejarse estas ondas en el mar u otros objetos, pueden aparecer múltiples señales "hermanas".

Existen varios mecanismos con los cuales puede propagarse las ondas de radio desde una antena transmisora hasta la receptora.

Estas se pueden clasificar en:

- Onda ionosférica.
- Onda troposférica.
- Onda terrestre.

**La onda ionosférica**, es la que permite las comunicaciones a larga distancia de todos los tipos, con excepción de las ondas de muy baja frecuencia, y es la causa de las variaciones de la intensidad de las señales durante el día y la noche, durante el invierno y el verano, etc.

**El término onda troposférica**, se refiere a la energía que se propaga en el espacio por encima de la tierra, en condiciones tales que resulta afectada por la ionosfera, una región ionizada que existe en la alta atmósfera alrededor de 60 Km de altura, y que tiene la propiedad de refractar las ondas de radio, devolviéndolas hacia la tierra en muchas circunstancias.

La troposfera, es la porción de la atmósfera terrestre de un espesor de alrededor de 16 Km. adyacente a la superficie terrestre.

**La onda terrestre** es aquella que se desplaza siguiendo el nivel del suelo, rara vez penetra en los túneles y es posible reconocerla cuando se viaja rápido y se desciende una hondonada, y se vuelve a subir, observándose que la señal disminuye, aunque no desaparece del todo.

### **3.3. Atribución de Bandas de frecuencias**

#### **3.3.1. Nomenclatura de las bandas de frecuencias y longitudes de onda**

El espectro radioeléctrico se subdivide en 9 bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo con el siguiente cuadro. Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), las frecuencias se expresan:

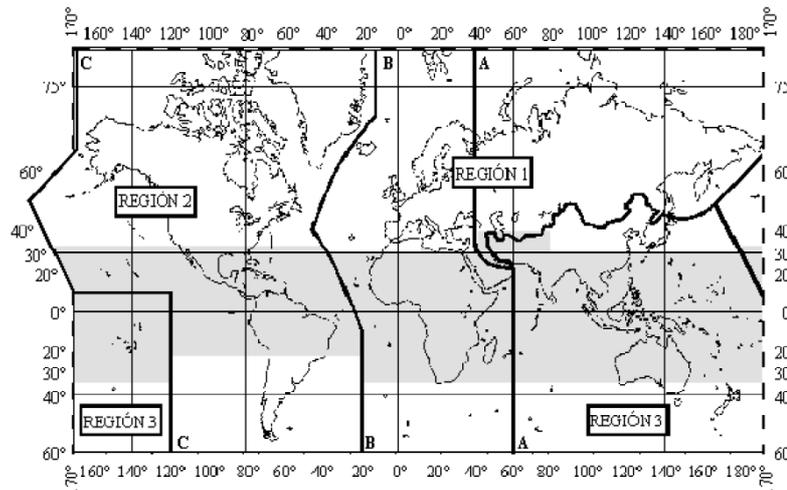
- en kilohertzios (kHz) por 3000 kHz;
- en megahertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3000 MHz;
- en gigahertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3000 GHz.

**Tabla III.I. Banda de Frecuencias**

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	

**3.3.2.Regiones y zonas**

Desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, se ha dividido el mundo en tres Regiones indicadas en el siguiente mapa:



**Figura III.5. Mapa de Regiones**

**Región 1:** Comprende la zona limitada al este por la línea A (más adelante se definen las líneas A, B y C), y al oeste por la línea B, excepto el territorio de la República Islámica del Irán situado dentro de estos límites. Comprende también la totalidad de los territorios de Armenia, Azerbaiyán, Federación de Rusia, Georgia,

Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, y Ucrania y la zona al norte de la Federación de Rusia que se encuentran entre las líneas A y C.

**Región 2:** Comprende la zona limitada al este por la línea B y al oeste por la línea C.

**Región 3:** Comprende la zona limitada al este por la línea C y al oeste por la línea A, excepto el territorio de Armenia, Azerbaiyán, Federación de Rusia, Georgia, Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, Ucrania y la zona al norte de la Federación de Rusia. Comprende, asimismo, la parte del territorio de la República Islámica del Irán situada fuera de estos límites.

**Las líneas A, B y C se definen en la forma siguiente:**

**Línea A:** La línea A parte del Polo Norte; sigue el meridiano 40° Este de Greenwich hasta el paralelo 40° Norte; continúa después por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 60° Este con el Trópico de Cáncer, y, finalmente, por el meridiano 60° Este hasta el Polo Sur.

**Línea B:** La línea B parte del Polo Norte; sigue el meridiano 10° Oeste de Greenwich hasta su intersección con el paralelo 72° Norte; continúa después por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 50° Oeste con el paralelo 40° Norte; sigue de nuevo un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 20° Oeste con el paralelo 10° Sur, y, finalmente, con el meridiano 20° Oeste hasta el Polo Sur.

**Línea C:** La línea C parte del Polo Norte; sigue el arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del paralelo 65° 30' Norte con el límite internacional en el estrecho de Bering; continúa por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 165° Este de Greenwich con el paralelo 50° Norte; sigue de nuevo un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 170° Oeste con el paralelo 10° Norte; continúa por el paralelo 10° Norte hasta su intersección con el meridiano 120° Oeste, y, finalmente, por el meridiano 120° Oeste hasta el Polo Sur.

### **3.4. Planificación inicial del Radioenlace**

Además de la elección de los equipos de radio y de sus parámetros de funcionamiento, los factores más importantes que determinan las prestaciones de un sistema fijo de acceso inalámbrico son la buena situación de las antenas, la correcta planificación del enlace radioeléctrico y la elección de un canal libre de interferencias. Sólo con una buena planificación del enlace entre antenas puede conseguirse evitar las interferencias y los desvanecimientos de la señal, alcanzando una alta disponibilidad en el sistema.

Las frecuencias utilizadas habitualmente por los radioenlaces fijos exceden de 1 GHz. Por lo tanto, estos sistemas se incluyen dentro de la categoría de sistemas terrenales con visión directa (LOS, Line-Of-Sight). La característica de visibilidad directa o LOS proviene de la dificultad de las señales de radio de alta frecuencia para propagarse bordeando esquinas o para difractarse en torno a obstáculos.

Es decir, debe existir un camino directo sin obstáculos para la propagación de la señal radio entre las antenas transmisora y receptora. Si desde el emplazamiento de una de las antenas puede verse la otra, entonces se dice que existe visión directa.

Normalmente, suelen visitarse los posibles emplazamientos y comprobarse la existencia de visión directa como fase previa a la instalación de los equipos de comunicaciones. En el caso de enlaces de corto alcance, la visión directa puede limitarse simplemente a una cuestión de qué altura deben tener las torres o mástiles donde se sitúen las antenas.

Sin embargo, es evidente que ello no constituye la solución más sencilla o económica. En cambio, resulta más práctico la búsqueda de zonas geográficas prominentes con buena visibilidad o edificios altos, lugares ideales para la instalación de estaciones base que deben concentrar el tráfico de múltiples enlaces punto a punto. Ahora bien, las antenas no siempre se encuentran en edificios altos, y lo que ocurre más a menudo, ambos extremos del enlace es difícil que se encuentren simultáneamente en lugares favorables.

### **3.5. Elección de los emplazamientos**

Para comprobar la existencia de visión directa entre las antenas, deben visitarse los emplazamientos donde se tiene previsto instalarlas y realizar una serie de comprobaciones y tareas que se detallan a continuación:

- Determinación de las coordenadas exactas de los extremos del radioenlace (latitud, longitud y altura sobre el terreno) ayudándose de un receptor GPS.
- Determinación de la orientación del enlace e indicación sobre un mapa de la zona. Esto ayudará a la localización de posibles obstáculos y elementos significativos sobre el mapa.

- **En el caso de enlaces de corto y medio alcance** se puede comprobar la existencia de visión directa con ayuda de unos prismáticos. La localización visual del otro extremo del enlace puede realizarse con ayuda de una brújula o valiéndose de alguna marca o elemento significativo del mapa. Si no se consiguiera identificar visualmente el otro edificio donde se va a situar la antena, puede servir de ayuda una segunda persona situada en dicho edificio y que emita algún tipo de destello de luz, con un espejo por ejemplo, en el caso de un día soleado.
- En el caso de falta de visión directa debido a algún tipo de obstáculo, resulta necesario determinar la altura del mástil para evitar la obstrucción. El procedimiento que suele emplearse es similar al anterior, solo que ahora puede utilizarse por ejemplo un globo de helio de color llamativo y sujeto por una cuerda. Una persona situada en el extremo opuesto va elevando el globo hasta que resulte visible a través de los prismáticos..

Lamentablemente, en el caso de radioenlaces de más de unos 8 km resulta difícil realizar este tipo de comprobaciones visualmente, por lo que se debe acudir a otros métodos. La solución consiste en conseguir mapas con perfiles de la zona o utilizar aplicaciones informáticas con mapas digitales del terreno. En este caso, las coordenadas exactas de los extremos del enlace resultan de vital importancia.

En general, la gran variedad de edificios, tipos de terreno y vegetación a considerar en una determinada zona susceptible de instalar un sistema de radiocomunicaciones, hace que sea extremadamente difícil proporcionar reglas de diseño generales para estimar la cobertura.

La utilización de herramientas informáticas de trazado de rayos y de modelado de obstáculos a partir de información preliminar sobre la zona reduce la complejidad de diseño del sistema. Sin embargo, la realización de mediciones experimentales es indispensable para validar los modelos y proporcionar confianza a los resultados de las predicciones.

### **3.6. Medios de transmisión inalámbricos**

#### **3.6.1. Antenas**

**Definición.-** Conjunto de conductores debidamente asociados, que se emplea tanto para la recepción como para la transmisión de ondas electromagnéticas, que comprenden los rayos gamma, los rayos X, la luz visible y las ondas de radio.

#### **3.6.2. Características de las antenas**

**Resistencia de radiación:** Debido a la radiación en las antenas se presenta pérdida de potencia. Por ello se ha establecido un parámetro denominado resistencia de radiación  $R_r$ , cuyo valor podemos definir como el valor de una resistencia típica en la cual, al circular la misma corriente que circula en la antena, disipa la misma cantidad de potencia.

**Eficiencia de una antena:** Se conoce con el nombre de eficiencia de una antena (rendimiento) a la relación existente entre la potencia radiada y la potencia entregada a la misma.

**Impedancia de entrada de una antena:** En general, la impedancia de entrada de la antena dependerá de la frecuencia, estando formado por una componente

activa  $R_e$ , y un reactivo  $X_e$ . De esta forma,  $R_e$  se puede asimilar a la resistencia total de la antena en sus terminales de entrada. Generalizando, podemos decir entonces que la impedancia de entrada de la antena es simplemente la relación entre el voltaje de entrada de la antena y la corriente de entrada.

**Ganancia de una antena:** La ganancia de una antena representa la capacidad que tiene este dispositivo como radiador. Es el parámetro que mejor caracteriza la antena. La forma más simple de esquematizar la ganancia de una antena es comparando la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación con el valor medio radiado en todas las direcciones del espacio, ofreciéndose en términos absolutos. Aquellas antenas que radian por igual en todas las direcciones se llaman isotrópicas y su ganancia es de 1. Basados en esta definición, podemos hablar de la ganancia como la relación entre la potencia y campo eléctrico producido por la antena (experimental) y la que producirá una antena isotrópica (referencia), la cual radiará con la misma potencia.

**Longitud eficaz de la antena:** Sobre una antena se inducen corrientes y voltajes. Por tal razón, a la antena receptora se le puede considerar como un generador ideal de voltaje ( $V$ ), con una impedancia interna que resulta ser igual a la de entrada.

**Polarización de la antena:** La onda electromagnética posee el campo eléctrico vibrando en un plano transversal a la dirección de propagación, pudiendo tener diversas orientaciones sobre el mismo.

La polarización de la antena hace referencia a la orientación del campo eléctrico radiado. De esta forma, si un observador en un punto lejano a la antena "visualizara" el campo eléctrico lo podría mirar de las siguientes formas:

- Describiendo una elipse. En este caso se dice que la onda esta polarizada elípticamente.
- Describiendo una circunferencia (polarización circular).
- Polarización horizontal o vertical, describiendo una línea recta.

Es importante anotar que, para que una antena "responda" a una onda incidente, tiene que tener la misma polarización que la onda. Por ejemplo, un dipolo vertical responderá a una onda incidente si la polarización de dicha onda es vertical también.

**Ancho de haz de una antena:** Podemos hablar del ancho de haz de una antena como el espaciamiento angular entre dos puntos determinados de potencia media (-3dB), ubicándolos con respecto a la posición del lóbulo principal perteneciente al patrón de radiación de la antena.

**Ancho de banda de la antena:** Se puede describir como los valores de frecuencia para los cuales la antena desarrolla su trabajo de manera correcta. De igual forma, el ancho de banda de una antena depende de las condiciones de los puntos de potencia media.

### 3.6.3. Tipos de Antenas para Radio Enlaces

Las antenas direccionales se suelen utilizar para unir dos puntos a largas distancias mientras que las antenas omnidireccionales se suelen utilizar para dar señal extensa en los alrededores. Las antenas sectoriales se suelen utilizar cuando se necesita un balance de las dos cosas, es decir, llegar a largas distancias y a la vez, a un área extensa.

Si necesita dar cobertura de red inalámbrica en toda un área próxima (una planta de un edificio o un parque por ejemplo) lo más probable es que utilice una antena omnidireccional. Si tiene que dar cobertura de red inalámbrica en un punto muy concreto (por ejemplo un PC que está bastante lejos) utilizará una antena direccional, finalmente, si necesita dar cobertura amplia y a la vez a larga distancia, utilizará antenas sectoriales.

Por esta razón se pretende un estudio del área de implementación para seleccionar el tipo de antena que servirá para este servicio.



Figura III.6. Tipos de Antenas

### 3.6.3.1. Antenas direccionales (o directivas)

Orientan la señal en una dirección muy determinada con un haz estrecho pero de largo alcance. Una antena direccional actúa de forma parecida a un foco que emite un haz concreto y estrecho pero de forma intensa (más alcance).

Las antenas Direccionales "envían" la información a una cierta zona de cobertura, a un ángulo determinado, por lo cual su alcance es mayor, sin embargo fuera de la zona de cobertura no se "escucha" nada. El alcance de una antena direccional viene determinado por una combinación de los dBi de ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor.



**Figura III.7. Antena Direccional**

### 3.6.3.2. Antenas omnidireccionales

Orientan la señal en todas direcciones con un haz amplio pero de corto alcance. Si una antena direccional sería como un foco, una antena omnidireccional sería como una bombilla emitiendo luz en todas direcciones pero con una intensidad menor que la de un foco, es decir, con menor alcance.

Las antenas Omnidireccionales "envían" la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté. En contrapartida el alcance de estas antenas es menor que el de las antenas direccionales.

El alcance de una antena omnidireccional viene determinado por una combinación de los dBi de ganancia de la antena, la potencia de emisión del punto de acceso emisor y la sensibilidad de recepción del punto de acceso receptor. A mismos dBi, una antena sectorial o direccional dará mejor cobertura que una omnidireccional.



**Figura III.8. Antena Omnidireccional**

### **3.6.3.3. Antenas sectoriales**

Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional. Siguiendo con el ejemplo de la luz, una antena sectorial sería

como un foco de gran apertura, es decir, con un haz de luz más ancho de lo normal.

Para tener una cobertura de  $360^\circ$  (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar o tres antenas sectoriales de  $120^\circ$  ó 4 antenas sectoriales de  $80^\circ$ . Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales.



**Figura III.9. Antena Sectorial**

#### **3.6.3.4. Antena de Hilo**

Es la antena por excelencia. Se trata de una varilla telescópica, más o menos flexible, cuya longitud depende de la frecuencia de trabajo. Su uso es común en todo tipo de comunicaciones móviles, además de su conocida aplicación en receptores de emisiones AM y FM.

#### **3.6.3.5. Antena Rómbica**

Es una antena de cuatro hilos, formando un rombo a cierta altura del suelo, acabada en una carga resistiva. Normalmente tiene grandes dimensiones. Su empleo es común en comunicaciones a gran distancia en frecuencias inferiores a 30Mhz por onda ionosférica.

#### **3.6.3.6. Antena Logarítmica**

Se trata de una antena multielemento que permite trabajar con una amplia gama de frecuencias, transmisiones en banda ancha. Es usual su empleo en frecuencias inferiores a 30 MHz, en radionavegación y comunicaciones a larga distancia.

#### **3.6.3.7. Antena Yagi**

Es la archiconocida antena que puebla nuestros tejados, para la recepción de TV emitida desde ciertos puntos de la geografía nacional. Se emplea desde baja frecuencias hasta valores próximos al GHz, y en función de ella será mayor o menor su tamaño físico.

#### **3.6.3.8. Antena Parabólica**

Es la antena de las altas frecuencias por excelencia, digamos por encima del GHz. Es una superficie parabólica de revolución, que tiene la propiedad de concentrar la radiación en un punto denominado foco, donde se sitúa el elemento activo (dipolo, bocina, etc.). Son las antenas empleadas en las comunicaciones vía satélite espaciales artificiales.

### **3.7. Ventajas de un Radio Enlace**

Las principales ventajas que ofrecen los Radio Enlaces son las siguientes:

- Rápida Instalación y despliegue.
  - Reducción de Costos.
  - Medio de Transmisión de alta capacidad (11 Mbps, 54 Mbps).
  - Tecnología Propia.- Mayor Control (Información Centralizada).
  - Información en tiempo real.
  - Seguridad en la transmisión de información (Autenticación y Encriptación).
- Incremento de la productividad del personal.

### **3.8. Desventajas de un Radio Enlace**

Algunas de las desventajas de los Radio Enlace son las siguientes:

- Interferencia en la comunicación.
- Pérdida de la señal.
- Menor ancho de banda.
- Pérdida de potencia de la señal electromagnética entre los puntos de transmisión y recepción (Atenuación).
- Distorsión de la señal transmitida.

### **3.9. Componentes de un radio enlace**

Cada estación terminal debe constar, mínimamente:

- Un sistema transmisor.
- Un sistema receptor.
- Un sistema múltiplex MIC/TDM
- Un conjunto de antenas.

- Un conjunto de energía de alimentación.

### **3.10. Datos técnicos para comunicación vía radio**

- Cada componente vía radio consta de un procesador de transmisión con comunicaciones de datos bidireccionales y cambio de frecuencia automático (secuencia de saltos) que proporciona una conexión en la que la seguridad de transmisión es comparable a la de los aparatos conectados con cable.
- Rango de frecuencia: bandas de 434MHz y 868MHz
- Máxima potencia transmitida: 10mW
- Número de canales: 20 en una banda de 434MHz y 4 en 868MHz
- Amplitud de canal: 75kHz
- Separación de canal banda de 434MHz – 75kHz; banda de 868MHz – 150kHz
- Ratio de transmisión: 16,384kHz  $\pm$  200ppm
- Sensibilidad del receptor: -100dBm
- Dirección del detector: Código no recurrente de 4 bytes

### **3.11. Protocolos utilizados**

#### **RSPF (Radio Shortest Path First)**

Protocolo diseñado para enlaces de radio desarrollado por Craig Small (VK2XLZ) y Fred Goldstein (K1IO) la única implementación actual funciona con el protocolo AX25 802.11b no permite enlaces unidireccionales.

#### **802.11a**

En 1997 el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) crea el Estándar 802.11 con velocidades de transmisión de 2Mbps.

En 1999, el IEEE aprobó ambos estándares: el 802.11a y el 802.11b.

En 2001 hicieron su aparición en el mercado los productos del estándar 802.11a.

La revisión 802.11a fue ratificada en 1999. El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 Ghz y utiliza 52 subportadoras orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales sin solapa, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dado que la banda de 2.4 Ghz tiene gran uso (pues es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos), el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; Esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DE LA RED DE COMUNICACIONES VÍA RADIO**

#### **4.1. Introducción**

Para el desarrollo de la parte práctica del proyecto de tesis se propone seguir la Metodología Orientada a Objetos de H.C. Larman, adaptado a las necesidades Industriales, debido a las bondades que presta en proyectos de automatización, puesto que fomenta la reutilización de componentes y clases existentes, lo que supone disminución de tiempo pues la programación se facilita y los costos y recursos disminuyen. La metodología seleccionada cumple diversas fases de desarrollo, las mismas que se detallan en este CAPÍTULO.

## **4.2. Ingeniería de la Información**

### **4.2.1. Definición del Ámbito**

#### **Antecedentes.**

El monitoreo del módulo de la Envasadora Automática a través de la comunicación Vía Radio será implementado en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas (EIS), cuyo objetivo primordial es el de impartir conocimientos referentes a la automatización industrial a estudiantes de la escuela y realizar prácticas reales con estos dispositivos utilizados en automatización Industrial.

#### **Antecedentes tecnológicos**

Actualmente el Laboratorio de Automatización cuenta con los siguientes recursos:

#### **Recurso Humano**

El recurso humano está Compuesto por:

- Ing. Marco Viteri
- Ana María Campos (Tesisista)
- César Fabián Garzón (Tesisista)

#### **Recursos Hardware**

El hardware utilizado es:

- Un módulo industrial (Módulo de una Envasadora Automática disponible en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas).
- 2 EQUIPOS PARA COMUNICACION VIA A RADIO.

- Antena Wireless (Serie Halo 802.11a Outdoor AP).
- Poder sobre Ethernet (POE).
- Adaptador de poder.
- Cable de poder.
  
- Un PLC (Controlador Lógico Programable) Twido TWDLCAE 40 DRF.
  
- 1 Switch para conectar con el POE.
  
- Cables de red UTP Categoría 5.
  
- Un computador Dual Core (2 GB en RAM, 1 Disco Duro de 120 GB, Procesador Intel Dual Core de 2.8 Ghz, Bus del Sistema de 800 Mhz, Tarjeta de red externa fase ethernet 10/100, MONITOR DE 17 PULG.)

### **Recurso Software**

Para la programación y control de equipos, el Laboratorio de Automatización (EIS) cuenta con diversos recursos software:

- Microsoft XP Profesional.
  
- Herramientas de Ofimática.
  
- Twido Suite 2.20
  
- Lookout 6.2

## **Funcionalidad del Sistema Propuesto**

### **Definición del problema**

La tesis a implementar es una red de Comunicaciones Vía Radio para la cual se hará uso del módulo de una Envasadora Automática del Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH, con la finalidad de simular las secciones de una fábrica y poder llevar un control y monitoreo del Módulo de una forma sencilla y eficaz, además de esta manera se podrá ayudar a los estudiantes en el aprendizaje manipulando los equipos en tiempo real.

### **Definición de la alternativa de solución.**

Utilizamos el Módulo de la Envasadora Automática que se encuentra en el laboratorio de Automatización Industrial (EIS), para realizar el monitoreo se debe realizar una red de Comunicaciones con la tecnología Wireless utilizando antenas de Radio para la comunicación y transmisión de datos, para esta comunicación se debe utilizar una antena de Radio de la Serie Halo 802.11a que se conecta al PLC Twido y una segunda antena con las mismas características que se conecta al PC para monitoreo y control del Módulo de Envasado.

### **Definición del Caso de Uso General.**

El Laboratorio de Automatización Industrial (EIS) como parte de su infraestructura mecatrónica posee un Módulo de Envasado Automático que representa a un sistema de producción en línea de envasado de botellas el mismo que es controlado automáticamente utilizando un PLC y sus interfaces.

Este módulo está compuesto por subsistemas los cuales son:

- Dosificación de frascos

- Envasado de líquido
- Dosificación de tapas
- Colocación de Tapas
- Enroscado de tapas
- Banda Transportadora
- Control del Módulo (Eléctrico, Neumático e Informático).

El conjunto de subsistemas en su totalidad forma el módulo de la envasadora automática, el mismo que funciona de la siguiente manera: Ingreso de la botella el cual va a ser determinado por su dosificación respectiva, al pasar de esta estación se traslada al envasado de líquido en la cual la botella va hacer llenada por el liquido considerado, posteriormente pasa a la colocación de tapas, antes de la colocación de las mismas están van a ser dosificadas según la necesidad, finalmente se traslada al enroscado de las tapas. Cabe recalcar que el traslado de la botella se realiza mediante una banda transportadora.

Todo el control de las estaciones o subsistemas se manejan mediante sensores inductivos, ópticos e interruptores los cuales dan una señal al PLC, el mismo que hará actuar a la banda transportadora y electroválvulas que activan a los cilindros neumáticos para su respectivo funcionamiento.

#### 4.2.2. Planificación y Análisis de Riesgos

##### Categorización de Riesgos

Para optimizar la gestión de riesgos que amenazan a nuestro sistema tomaremos en cuenta una estrategia proactiva, la cual comienza mucho antes de que comiencen los trabajos técnicos.

Para la categorización de riesgos fundamentalmente se realizará lo siguiente:

- Identificación de riesgos potenciales.
- Valorar la probabilidad y el impacto.
- Establecer una prioridad según su importancia.

En la tabla VI.II que se muestra a continuación se detallan algunos riesgos reales que pueden surgir durante el desarrollo del proyecto de tesis y afectar a la planificación planteada.

**Tabla IV.II.** Categorización de riesgos.

<b>Riesgos</b>	<b>Muy poco probable</b>	<b>Probable</b>	<b>Muy Probable</b>
Falta de recursos Económicos.			X
Falla de equipos.		x	
Perdida de datos.			X

## **Plan de Contingencia**

**Falta de recursos económicos.-** Este riesgo puede llegar a existir debido a que el costo de los equipos a adquirir necesarios para el desarrollo sea excesivamente alto, a causa de la inflación, impuestos de importación, es importante tener conocimiento de los costos que tienen los equipos en el mercado para tomar la decisión más conveniente.

**Falla de equipos.-** Tener conexión con UPS en caso falta de energía eléctrica y poder desconectar la fuente de poder de los equipos, realizar un mantenimiento continuo de los equipos para asegurarse que funcionen correctamente.

**Pérdida de datos.-**Tener equipos especializados de automatización industrial para controlar la información de manera segura y evitar pérdida de los datos.

### **4.2.3. Especificación de Requerimientos Software (SRS)**

#### **Propósito**

Por medio del SRS se pretende presentar una descripción detallada de los requerimientos software necesario para la implementación de una aplicación que permita efectuar el monitoreo del proceso.

#### **Alcance**

El sistema propuesto es una aplicación de control basado en el principio de aplicaciones cliente / servidor que hace posible el monitoreo de un equipo mecatrónico usando para ello una red de comunicaciones Vía Radio.

La funcionalidad que podrá efectuar el sistema es la siguiente:

- El sistema estará en capacidad de realizar el monitoreo del Módulo de Envasado Automático en caso de que exista alguna falla en el momento que está realizando el proceso productivo.

### **Apreciación global**

A continuación se detallará una descripción global de lo que el sistema realizará.

### **Perspectiva del producto**

La aplicación a desarrollarse utilizará la tecnología inalámbrica mediante antenas de Radio para realizar el monitoreo del Módulo de Envasado Automático que se utilizará en nuestro tema de tesis.

### **Funciones del producto**

Las funciones que el producto software realizará son las siguientes:

- **Monitoreo:** El sistema permitirá realizar el monitoreo y control del Módulo de Envasado Automático en caso de que exista alguna falla en el proceso de producción, utilizando para su comunicación una red de Comunicación Vía Radio.

### **Características del usuario**

El sistema está dirigido exclusivamente para usuarios de tipo Administrador, los cuales tienen la capacidad de realizar el control y configuración del equipo mecatrónico y además esté en capacidad de tomar decisiones y ejecutarlas.

### **Restricciones**

a) Políticas Reguladoras

El sistema se implementará de acuerdo a los objetivos planteados y según las necesidades requeridas del Laboratorio de Automatización (EIS).

**b) Limitaciones de Hardware**

Para la utilización del sistema se precisa contar con los siguientes recursos hardware:

**Equipos de Control**

El sistema de control está compuesto por los equipos que se detallan a continuación.

**Tabla IV.III.** Especificaciones técnicas de Equipo de Control.

<b>Especificaciones Técnicas de los equipos de control</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Características</b>
Estación de trabajo	Computador Intel Pentium IV Procesador de 3.2 GB 1 GB de RAM, 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 15' Teclado y Mouse
2 equipos para comunicación vía a radio.	Antena Wireless (Serie Halo 802.11a Outdoor AP). Poder sobre Ethernet (POE). Adaptador de poder. Cable de poder.
Un PLC	Twido TWDLCAE 40 DRF.
1 Switch para conectar con el POE.	Equipos necesarios para la red de Comunicación.

Cables de red UTP Categoría 5.	
-----------------------------------	--

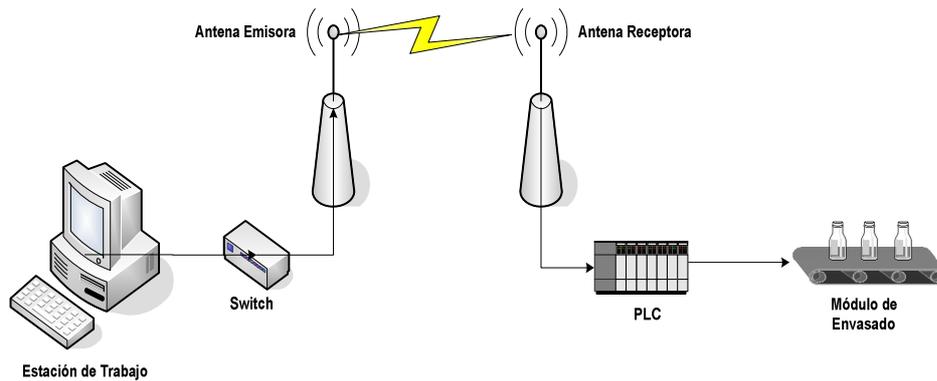
### **Equipo Monitoreado**

El equipo mecatrónico que se ha escogido para ser monitoreado de forma remota durante el desarrollo del proyecto de tesis es el Módulo de Envasado Automático.

### **Red de comunicaciones**

El sistema de comunicaciones permitirá el intercambio de información entre todos los dispositivos de control, y el equipo a controlar. Esta comunicación se realizará por medio de la tecnología inalámbrica con la utilización de antenas de Radio para realizar el monitoreo del módulo de Envasado Automático, la comunicación se lo realizará de la siguiente manera, el PLC Twido está conectado con el módulo de Envasado Automático y con una antena de Radio receptora. El monitoreo se lo realiza desde una estación de trabajo que está conectada con la antena Emisora para la transmisión y comunicación de datos.

En la siguiente figura se muestran todos los equipos utilizados en el desarrollo del Proyecto de tesis.



**Figura IV.10.** Arquitectura del Sistema de Monitoreo.

**c) Otras limitaciones.**

- El desarrollador se compromete a instalar y dejar correctamente funcionando el software, para ello es necesario hacer pruebas iniciales que demuestren el trabajo del mismo.
- El sistema requiere que este instalado previamente el lenguaje de programación Twido Suite 2.20, o superior, para realizar el programa para el PLC Twido, también se debe tener instalado Lookout 6.2 o superior para realizar las interfaces de monitoreo.

**Supuestos y dependencias**

Durante el desarrollo del sistema los requisitos pueden variar por los siguientes factores:

- Incompatibilidad de equipos necesarios para realizar el proyecto.
- Incumplimiento del cronograma previamente establecido, debido a imprevistos ignorados.
- Interpretación errónea o definición incompleta de requerimientos.

- Nuevos requerimientos de usuario.

### Requisitos específicos

#### a) Requisitos funcionales

En la automatización de este Sistema se contará con la siguiente función:

**R1:** El sistema deberá permitir conectar el módulo de la Envasadora Automática.

**Tabla IV.IV.** Requisito funcional Conexión con el Módulo.

<b>REQUISITO FUNCIONAL 2</b>	
<b>Función:</b>	<b>Conexión</b>
<b>Entradas:</b>	Configuración de los equipos y asignación de IP's.
<b>Procesos:</b>	Comprobación de la conexión y transferencia de datos.
<b>Salida:</b>	Mensajes aceptación.

**R2:** El sistema permitirá realizar el monitoreo y control del Módulo de Envasado Automático en caso de que exista alguna falla en el proceso de producción

**Tabla IV.V.** Requisito funcional Operaciones de control.

<b>REQUISITO FUNCIONAL 2</b>	
<b>Función:</b>	<b>Monitoreo</b>
<b>Entradas:</b>	Estado Inicial del equipo mecatrónico.  Acción a realizar.

<b>Procesos:</b>	Mediante el uso de la tecnología inalámbrica de antenas de Radio se podrá realizar el monitoreo del Módulo de Envasado Automático.
<b>Salida:</b>	Estado final del equipo mecatrónico

## **b) Requerimientos no Funcionales**

### **Disponibilidad**

La red de Comunicaciones Vía Radio estará disponible en el laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH. El sistema cubre los requerimientos de disponibilidad.

### **Seguridad**

Para garantizar la seguridad del software, accesos destructivos, modificaciones, etc., estará habilitado únicamente para usuarios registrados y que tengan conocimientos del equipo mecatrónico.

### **Mantenibilidad**

La documentación del sistema debe proveer parámetros claros del diseño, configuración e implementación de la red de Comunicaciones Vía Radio, para poder obtener facilidad en el mantenimiento en caso de requerirlo.

### **Portabilidad / Conversión**

El sistema podrá ser utilizado en cualquier equipo que cumpla con los requerimientos hardware y software establecidos anteriormente y esté previamente configurado para la comunicación con las antenas de Radio.

### **Precaución**

Para el desarrollo del producto se tomará en cuenta precauciones lógicas y físicas:

#### **Precauciones Lógicas**

Adicionalmente de los niveles de encriptamiento que el motor de base de datos ofrece, se implementarán passwords para garantizar la confiabilidad de los usuarios del sistema.

#### **Precauciones Físicas**

Se realizará un estudio previo y detallado de los aspectos físicos del lugar en el cual el sistema será instalado para satisfacer los requerimientos establecidos y de esta manera obtener un correcto funcionamiento del sistema.

### **4.3. Análisis Orientado a Objetos**

#### **4.3.1. Definición de Casos de Uso esenciales en formato expandido**

Los Casos de Uso nos ayudarán a describir la secuencia de eventos de un actor para el diseño e implementación del sistema. En sí es una forma particular de ilustrar e implicar los requisitos establecidos para usar el sistema.

Los casos de uso más importantes y los que más influencia tienen del resto, se describen a un nivel más detallado, estos casos de uso son:

**Caso de Uso 1:** Cableado eléctrico del Módulo de Envasado Automático.

**Caso de Uso 2:** Programación del Módulo de la Envasadora Automática.

**Caso de Uso 3:** Configuración del Módulo de la Envasadora Automática y de los Equipos de radio.

**Caso de Uso 4:** Desarrollo del Monitoreo del Módulo de la Envasadora.

**Caso de Uso 5:** Monitoreo de la Red.

**Tabla IV.VI.** Caso de Uso Cableado Eléctrico.

<b>CASO DE USO:</b> Cableado eléctrico del Módulo de Envasado Automático.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Programador.
<b>Propósito:</b>	Realizar el Cableado Eléctrico del Módulo de Envasado Automático.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Verificar Entradas y Salidas	
b) Colocar cables en las borneras.	
c) Colocar cables en los relés.	
d) Conectar PLC con el Módulo.	

**Tabla IV.VII.** Caso de Uso Programación del Módulo

<b>CASO DE USO:</b> Programación del Módulo de la Envasadora Automática.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Administrador
<b>Propósito:</b>	Realizar la Programación del Módulo en el programa Twido Suite 2.20
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Verificar se la secuencia de movimientos del Módulo.	
b) Realizar el Grafcet respectivo	
c) Obtener Ecuaciones a partir del Grafcet.	
d) Pasar las ecuaciones al programa Twido Suite.	

**Tabla IV.VIII.** Caso de Uso Configuración del Módulo

<b>CASO DE USO:</b> Configuración del Módulo de la Envasadora Automática y de los equipos de radio.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Administrador
<b>Propósito:</b>	Realizar las configuraciones necesarias para la transferencia de datos en el Modulo industrial así como en los equipos de radio para la transmisión.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Configuración del Módulo en Twido Suite.	
b) Selección del PLC.	
c) Agregar puerto de comunicación Ethernet.	
d) Asignar dirección IP y máscara	
e) Agregar conexión Ethernet	

f) Seleccionar conexión creada.	
g) Conectar PC con el PLC.	
h) Pasar la configuración al PLC.	
i) Configuración de los equipos de radio.	

**Tabla IV.IX.** Caso de Uso Desarrollo del Monitoreo del Módulo

<b>CASO DE USO:</b> Desarrollo del Monitoreo del Módulo de la Envasadora.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Programador
<b>Propósito:</b>	Desarrollar las interfaces necesarias para el monitoreo del Módulo en el programa Lookout 6.2
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Crear Interfaces de inicio.	
b) Crear menús de usuario.	
c) Crear Interfaces de control	

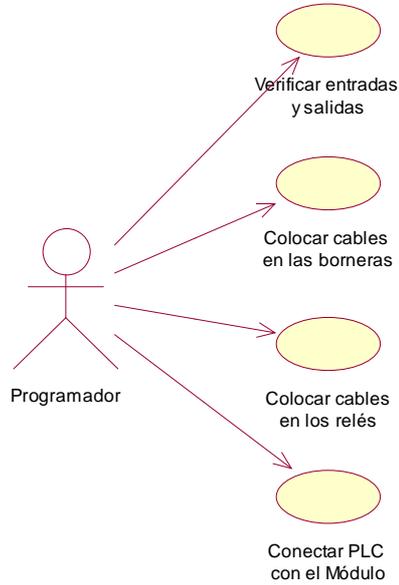
y monitoreo.	
<b>d)</b> Crear Interfaces de Ayuda.	
<b>e)</b> Realizar la conexión de las interfaces con el modulo de envasado.	

**Tabla IV.X.** Caso de Uso Monitoreo de la Red.

<b>CASO DE USO:</b> Monitoreo de la Red.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Operador
<b>Propósito:</b>	Realizar el monitoreo del Módulo de Envasado Automático.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Iniciar Sistema.	
b) Iniciar Módulo.	
c) Apagar Módulo.	
d) Monitorea el Módulo.	
e) Salir del Sistema.	

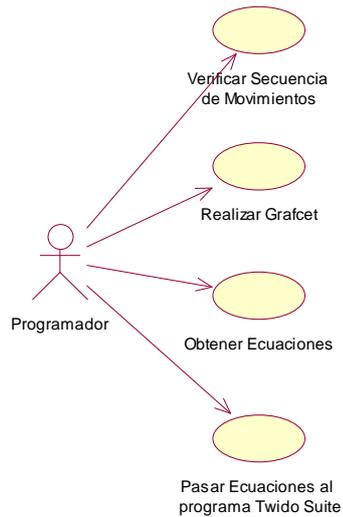
### 4.3.2. Definición y refinamiento de los Diagramas de Caso de Uso

**CASO DE USO:** Cableado eléctrico del Módulo de Envasado Automático.



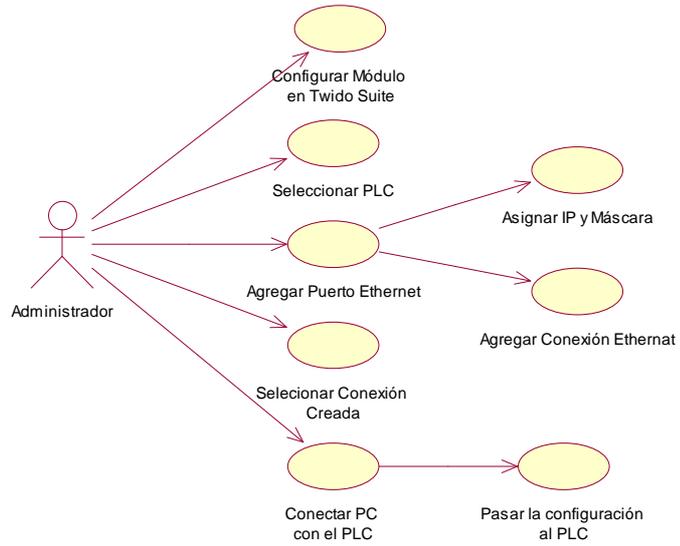
**Figura IV.11. CU: Cableado Eléctrico**

**CASO DE USO 2:** Programación del Módulo de la Envasadora Automática.



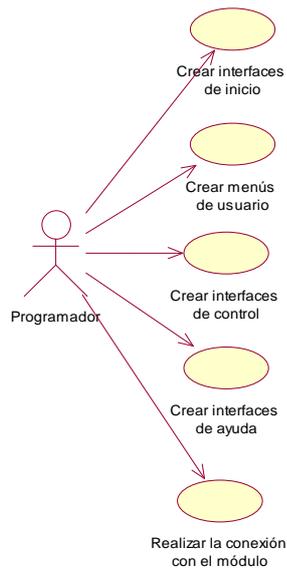
**Figura IV.12. CU: Programación del módulo**

**CASO DE USO 3:** Configuración del Módulo de la Envasadora Automática y de los Equipos de radio.



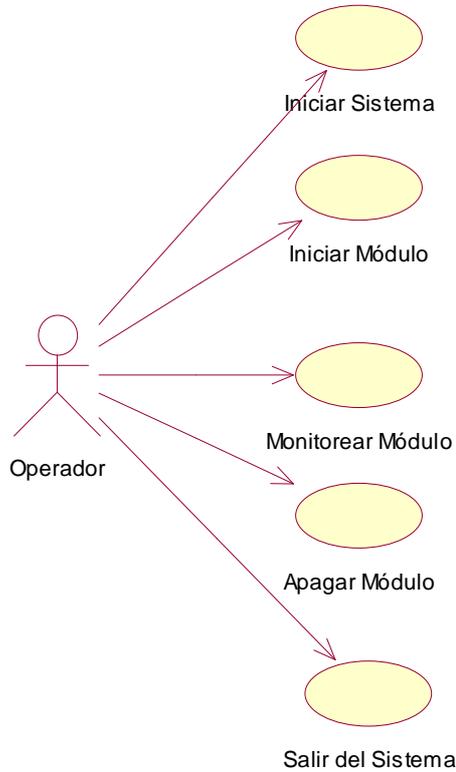
**Figura IV.13. CU: Configuración del módulo**

**CASO DE USO 4:** Desarrollo del Monitoreo del Módulo de la Envasadora.



**Figura IV.14. CU: Desarrollo de Interfaces**

**CASO DE USO 5: Monitoreo de la Red.**



**Figura IV.15. CU: Desarrollo de Interfaces**

**4.3.3. Glosario de Términos**

El glosario de términos definido a continuación contiene todos los términos que requieren una mayor explicación y son empleados durante el desarrollo del proyecto.

**Tabla IV.XI. Glosario de Términos**

<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>		
<b>Término</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Administrador	Actor	Es la persona que accede, manipula y configura el sistema.

Programador	Actor	Es la persona encargada de realizar la programación del sistema para controlar el módulo de Envasado Automático.
Operador	Actor	Es la persona que trabaja en la estación de monitoreo.
Cableado Eléctrico	Caso de Uso	El programador realiza la conexión de todo el cableado del Módulo, PLC y red de Comunicación.
Programación del módulo	Caso de Uso	Se establece la secuencia de movimientos del módulo de envasado mediante un diagrama Grafcet.
Configuración del Módulo	Caso de Uso	Automatización de la secuencia de movimientos del módulo de envasado en el programa Twido Suite, programa para automatizar procesos industriales.
Desarrollo del Monitoreo	Caso de Uso	Se crea las interfaces necesarias para el monitoreo del modulo de envasado en el programa Lookout 6.2.
Monitoreo de la Red	Caso de Uso	El operador es el encargado de iniciar el proceso de envasado automático desde la estación de trabajo
Grafcet	Diagrama	Diagrama que define paso a paso la secuencia de movimientos del modulo de Envasado.
PLC	Hardware	Controlador Lógico Programable, utilizado para el control de los componentes del módulo y sus

		diferentes funciones. Se lo configura con el programa realizado en Twido Suite 2.20
--	--	---

#### 4.3.4. Representación de Diagramas de Secuencia

Los diagramas de secuencia describen el curso particular que siguen los eventos de los casos de uso del sistema, donde los actores interactúan directamente con el sistema, y los eventos generados a causa de ello.

#### Cableado eléctrico del Módulo de Envasado Automático.

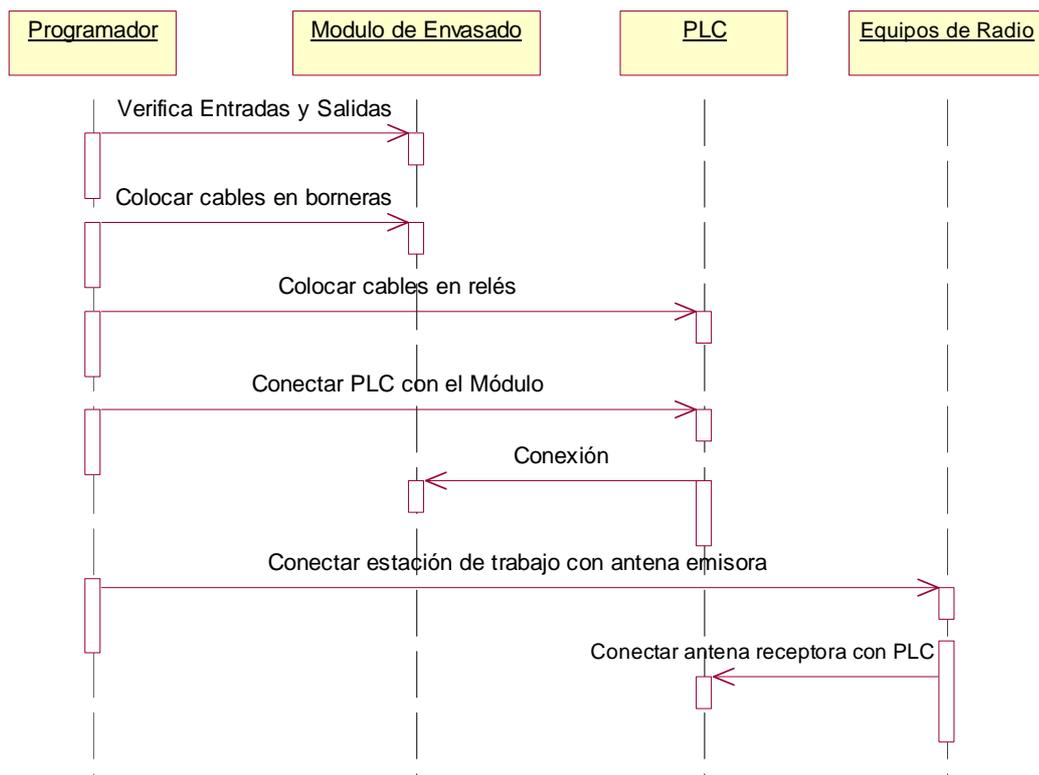


Figura IV.16. DS: Cableado Eléctrico

### Programación del Módulo de la Envasadora Automática.

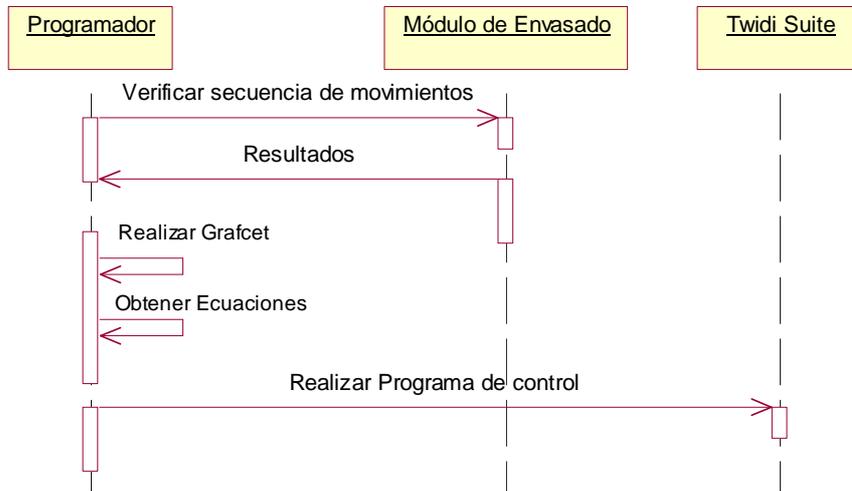


Figura IV.17. DS: Programación del Módulo

### Configuración del Módulo de la Envasadora Automática y de los Equipos de radio.

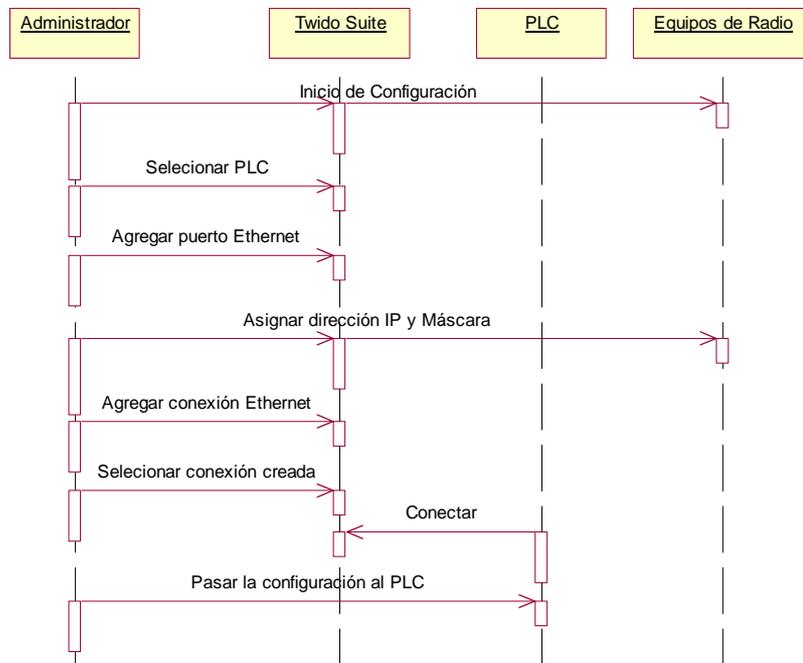


Figura IV.18. DS: Configuración del Módulo

### Desarrollo del Monitoreo del Módulo de la Envasadora.

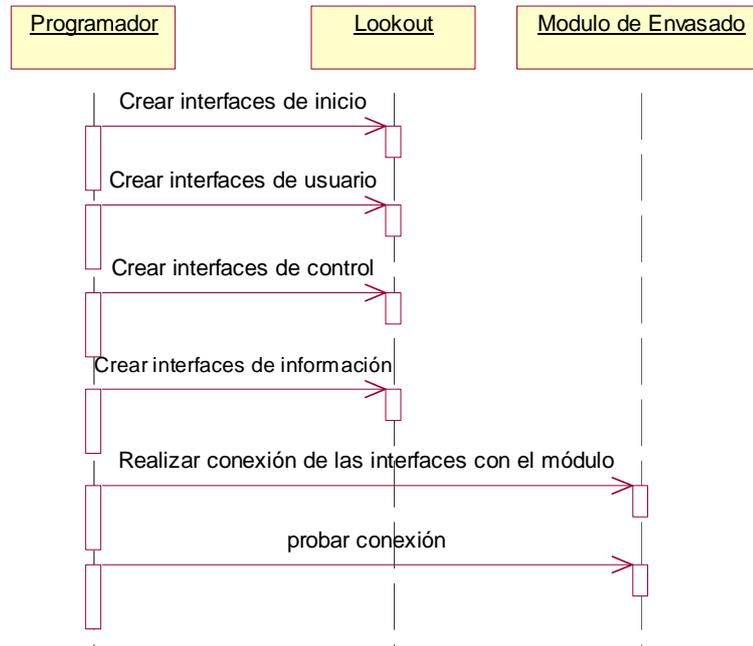


Figura IV.19. DS: Interfaces del Módulo

### Monitoreo de la Red.

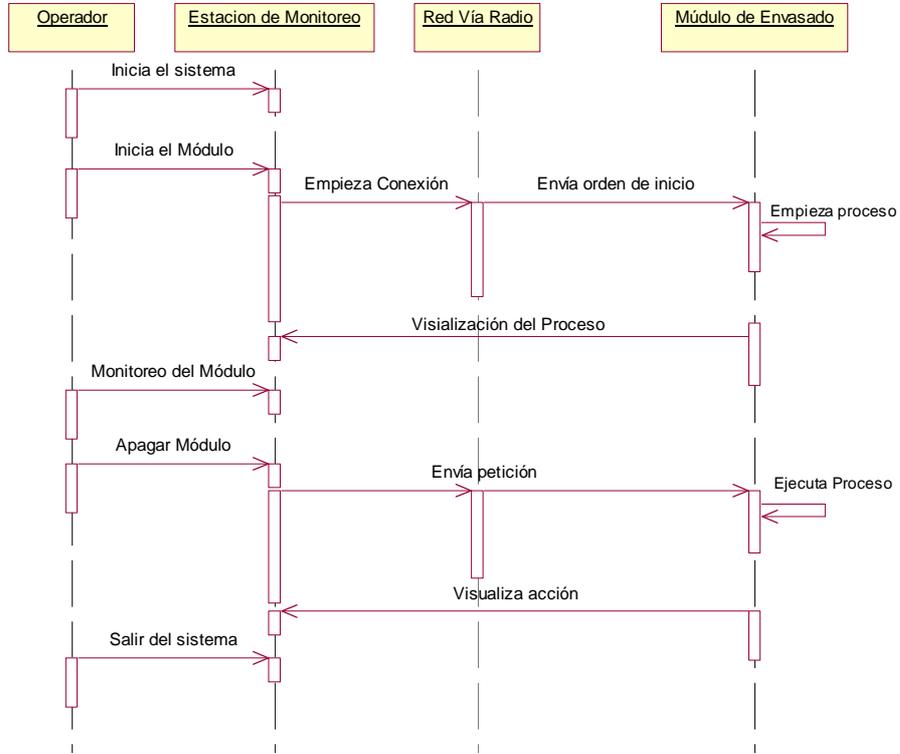


Figura IV.20. DS: Monitoreo de Red

#### 4.3.5. Definición de contratos de operación

Los contratos de operación describen el propósito y lo que se espera de los procedimientos cuando se ejecuta el sistema, para ello se presenta cada contrato en forma de pre y post condición, en torno a los cambios de estado. Los contratos de operación ayudan a describir cambios en todos los estados por los que pasa el sistema cuando un agente externo invoca una operación.

**Tabla IV.XII.** Contrato de Operación. Cableado Eléctrico

<b>CONTRATO DE OPERACIÓN.</b>	
<b>Nombre.</b>	Cableado Eléctrico
<b>Responsabilidades</b>	El programador verifica las entradas y salidas de los cables en las borneras y relés para realizar las respectivas conexiones, así como en los equipos de radio para la transmisión de datos.
<b>Referencias cruzadas</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	El programador debe conocer el sistemas de cableado del Modulo de envasado y de los equipos de radio para la transmisión.
<b>Notas</b>	
<b>Pre condiciones</b>	El Programador debe ejecutar pruebas de Conexión para verificar las conexiones de los cables y la transmisión de archivos por los equipos de radio.
<b>Post condiciones</b>	El red vía radio debe enviar comandos de respuesta.

**Tabla IV.XIII.** Contrato de Operación. Programación del Módulo

<b>CONTRATO DE OPERACIÓN.</b>	
<b>Nombre.</b>	Programación del Módulo.
<b>Responsabilidades</b>	El programador verifica la secuencia de movimientos del módulo y sus componentes para realizar un diagrama Grafcet y las ecuaciones de sus movimientos, este diagrama servirá para programar el proceso de envasado.
<b>Referencias cruzadas</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	El programador debe conocer la secuencia de los movimientos de los componentes del módulo para realizar una correcta programación del proceso de envasado.
<b>Notas</b>	
<b>Pre condiciones</b>	El Programador debe ejecutar pruebas de la secuencia de movimientos para obtener el diagrama Grafcet.
<b>Post condiciones</b>	El módulo envía mensajes de aceptación o de error respectivamente.

**Tabla IV.XIV.** Contrato de Operación. Configuración del Módulo

<b>CONTRATO DE OPERACIÓN.</b>	
<b>Nombre.</b>	Configuración del Módulo.
<b>Responsabilidades</b>	El Administrador una vez realizado el programa en Twido Suite, se debe configurar el módulo de envasado con este programa, seleccionar el PLC adecuado, Agregar un puerto Ethernet para la transmisión Vía Radio, asignar los IP's respectivos y se debe configurar o cargar el PLC escogido con la configuración realizada
<b>Referencias cruzadas</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	El Administrador debe tener conocimientos de configuración en Twido Suite y conocimientos de la conexión de los equipos para la configuración total.
<b>Notas</b>	
<b>Pre condiciones</b>	El Administrador debe ejecutar procesos de configuración en Twido Suite.
<b>Post condiciones</b>	El módulo envía mensajes de aceptación o de error respectivamente.

**Tabla IV.XV.** Contrato de Operación. Desarrollo del Monitoreo

<b>CONTRATO DE OPERACIÓN.</b>	
<b>Nombre.</b>	Desarrollo del Monitoreo
<b>Responsabilidades</b>	El programador es el responsable de Diseño e Implementación de las interfaces de control y monitoreo del Módulo de envasado en Lookout 6.2.
<b>Referencias cruzadas</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	El programador debe conocer el funcionamiento del modulo de Envasado para poder realizar el monitoreo y tener conocimientos del funcionamiento del programa para realizar procesos industriales Lookout.
<b>Notas</b>	
<b>Pre condiciones</b>	El Programador debe ejecutar pruebas de control a partir de las interfaces diseñadas e implementadas.
<b>Post condiciones</b>	El módulo envía mensajes de aceptación o de error.

**Tabla IV.XVI.** Contrato de Operación. Monitoreo de la Red

<b>CONTRATO DE OPERACIÓN.</b>	
<b>Nombre.</b>	Monitoreo de la red
<b>Responsabilidades</b>	El Operador es el responsable de monitorear y controlar el proceso de Envasado por medio de una conexión y transmisión de datos vía radio. Puede iniciar y apagar el proceso de envasado y verificar el correcto funcionamiento de la secuencia de movimientos
<b>Referencias cruzadas</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	El operador debe conocer el funcionamiento del modulo de Envasado para poder realizar el monitoreo y tener conocimientos del funcionamiento del programa para realizar procesos industriales Lookout en caso de que deba corregir algún error.
<b>Notas</b>	
<b>Pre condiciones</b>	El Operador debe ejecutar el programa para que se establezca la comunicación por medio de las antenas de Radio.
<b>Post condiciones</b>	El sistema debe enviar comandos de control

### 4.3.6. Diagrama de Estados

Un diagrama de estado describe visualmente los estados y eventos más interesantes de un objeto, así como su comportamiento ante un evento, representan los estados por los que pasa un caso de uso o una clase, debido a la presencia de eventos que provocan un cambio de estado.

#### Cableado Eléctrico

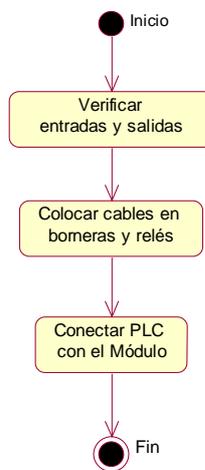


Figura IV.21. DE: Cableado Eléctrico.

#### Programación del Modulo

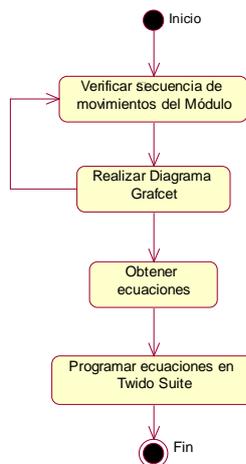


Figura IV.22. DE: Programación del Módulo.

## Configuración del Módulo y de los Equipos de Radio

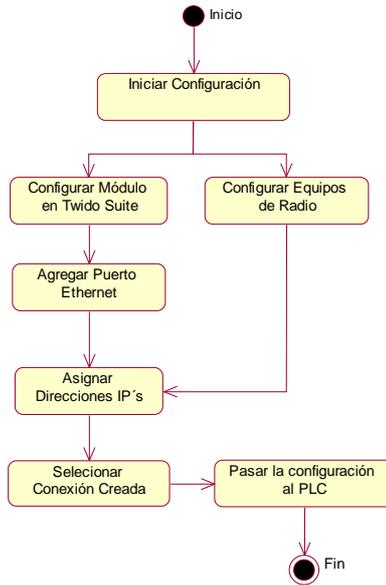


Figura IV.23. DE: Configuración.

## Desarrollo de las Interfaces de Monitoreo del Módulo de Envasado

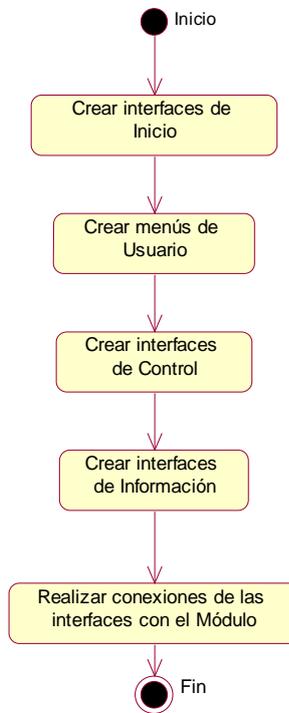


Figura IV.24. DE: Desarrollo de Interfaces.

## Monitoreo de la red.

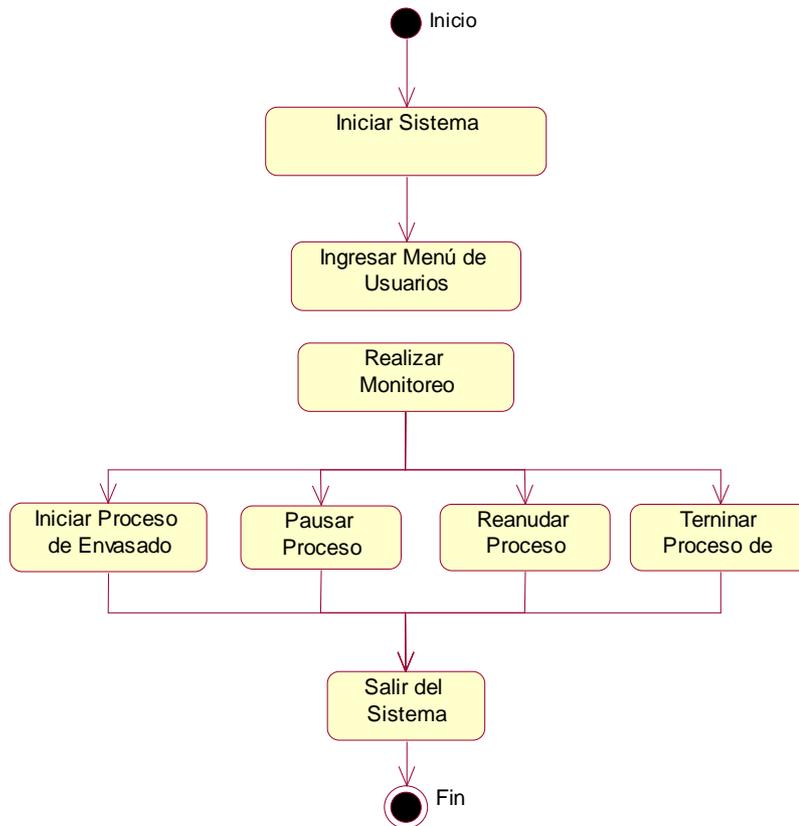


Figura IV.25. DE: Monitoreo de Red.

### 4.3.7. Diagrama de Calles

Un diagrama de calles coordina todas las actividades que se realizan dentro del sistema, en este diagrama se representa al actor conjuntamente con las operaciones identificadas en los casos de uso, ayudando en el mejoramiento del sistema

## Cableado Eléctrico y de Red

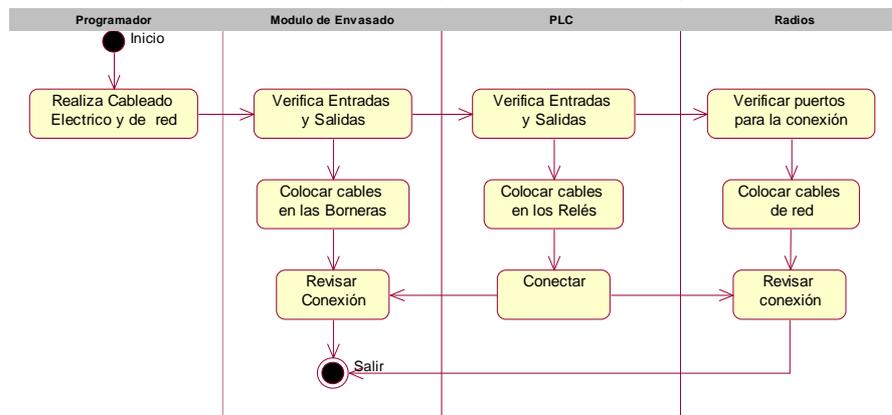


Figura IV.26. DC: Cableado Eléctrico

## Programación del Módulo de Envasado

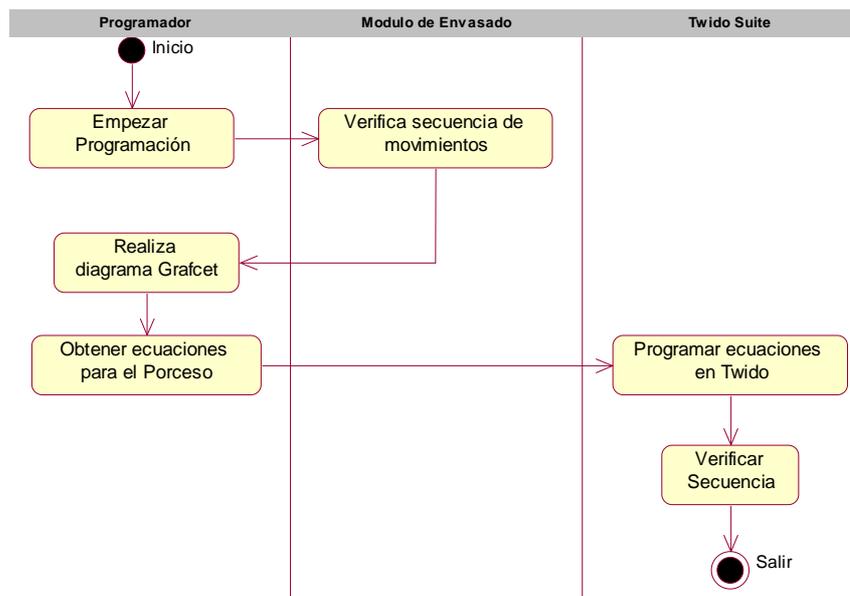


Figura IV.27. DC: Programación

### Configuración del Módulo y de los Radios para la comunicación.

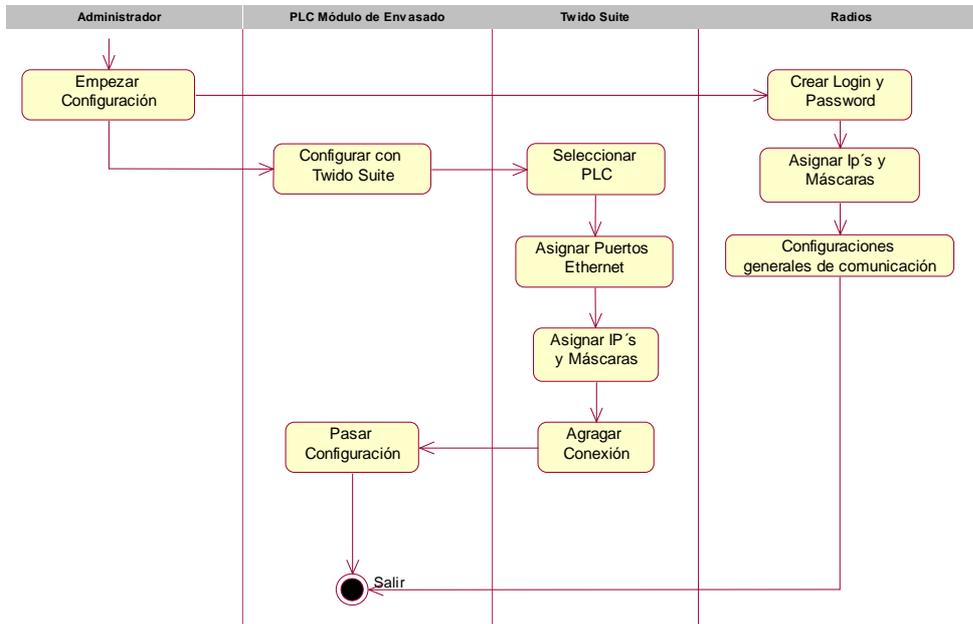


Figura IV.28. DC: Configuración del módulo

### Desarrollo del Monitoreo del proceso de Envasado

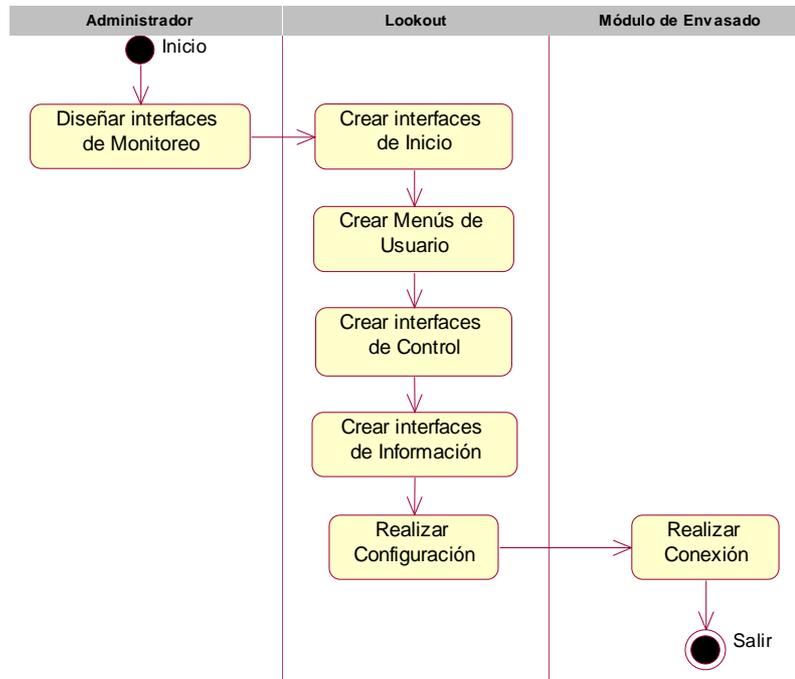


Figura IV.29. DC: Desarrollo de Interfaces

### Monitoreo del proceso de Envasado Vía Radio

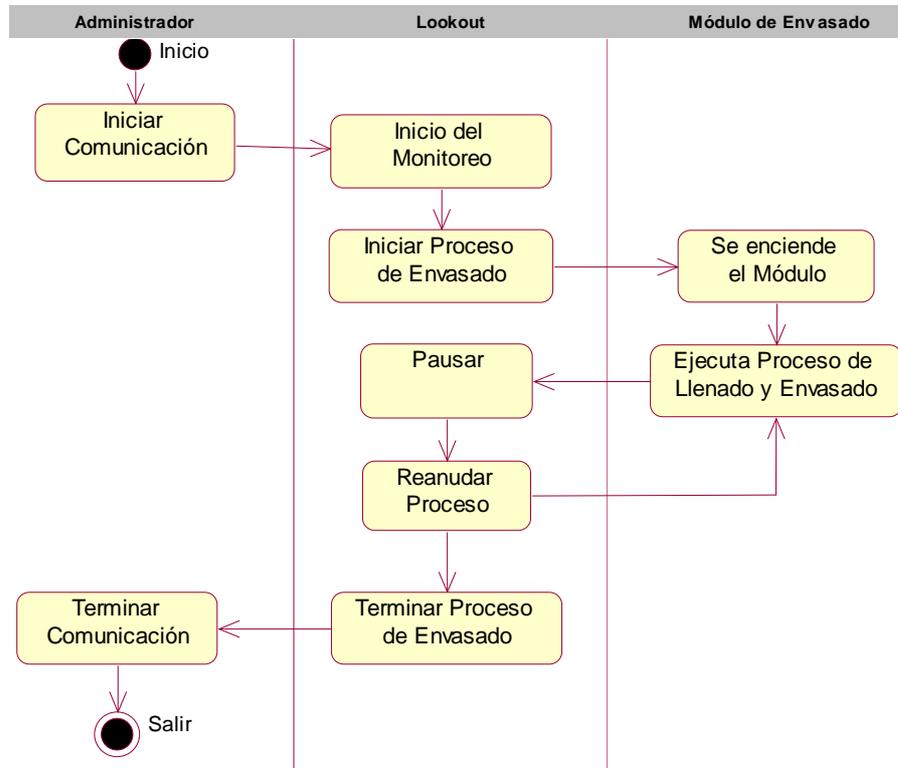


Figura IV.30. DC: Monitoreo de la red

#### 4.4. Diseño Orientado a Objetos

##### 4.4.1. Definición de Casos de Uso reales

Los casos de uso reales describen el diseño real del caso de uso, según la tecnología concreta de entrada y salida y su implementación.

Tabla IV.XVII. Caso de Uso Real. Cableado Eléctrico.

<b>CASO DE USO:</b> Cableado eléctrico del Módulo de Envasado Automático.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Programador.

<b>Propósito:</b>	Realizar el Cableado Eléctrico del Módulo de Envasado Automático y el Cableado de la red de comunicación Vía Radio para la transmisión y recepción de datos.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Verificar Entradas y Salidas	Se verifica las entradas y salidas del módulo de Envasado, del PLC para la conexión y los puertos de entrada y salida de los equipos de radio.
b) Colocar cables en las borneras.	Se debe tener conocimiento del sistema de conexión eléctrico y conexión del cableado de los equipos de radio para una óptima transmisión de datos.
c) Colocar cables en los relés.	
d) Conectar PLC con el Módulo.	Es necesario para la transmisión y recepción de datos y para el inicio del proceso de envasado.

**Tabla IV.XVIII.** Caso de Uso Programación del Módulo

<b>CASO DE USO:</b> Programación del Módulo de la Envasadora Automática.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Administrador
<b>Propósito:</b>	Realizar la Programación del Módulo en el programa Twido Suite 2.20, para poder automatizar el proceso de Envasado y las secuencias de movimientos de los componentes del Módulo.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Verificar se la secuencia de movimientos del Módulo.	Secuencia de movimientos de los componentes como banda transportadora sensores, válvulas etc.
b) Realizar el Grafcet respectivo	Del los movimientos del modulo, estos movimientos se los hace de acurdo a los manuales técnicos y en forma manual para luego automatizarlos.
c) Obtener Ecuaciones a partir del Grafcet.	Son ecuaciones donde se especifican las entradas y salidas de los datos que serán

	automatizados.
d) Pasar las ecuaciones al programa Twido Suite.	Luego de tener nuestro diagrama Grafcet y las ecuaciones necesarias se procede a programar en el Software Twido Suite, programa necesario para implementar nuestro proceso de envasado.

**Tabla IV.XIX.** Caso de Uso Configuración del Módulo

<b>CASO DE USO:</b> Configuración del Módulo de la Envasadora Automática y de los equipos de radio.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Administrador
<b>Propósito:</b>	Realizar las configuraciones necesarias para la transferencia de datos en el Modulo industrial así como en los equipos de radio para la transmisión, esta configuración se la realiza en el software Twido Suite necesario para procesos industriales.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>

<b>a)</b> Configuración del Módulo en Twido Suite.	Se programa en Twido Suite las entradas, salidas y memorias necesarias para nuestro módulo.
<b>b)</b> Selección del PLC.	Luego se procede a escoger el PLC necesario para nuestro Módulo y configurarlo.
<b>c)</b> Agregar puerto de comunicación Ethernet	Se escoge el puerto que vamos a utilizar para la comunicación entre el PLC y el Módulo de Envasado.
<b>d)</b> Asignar dirección IP y máscara	Se le asigna una dirección IP al PLC y su respectiva Máscara de subred.
<b>e)</b> Agregar conexión Ethernet	Se guarda la configuración establecida para la comunicación.
<b>f)</b> Seleccionar conexión creada.	Para la transferencia al PLC y controlar el proceso de Envasado.
<b>g)</b> Conectar PC con el PLC.	Para transferir la configuración guardada y el programa para controlar la Envasadora automática.
<b>h)</b> Configuración de los equipos de radio.	Aquí se asignan las direcciones de las antenas de radio y se configura una red Ethernet Vía Radio para la Transferencia y recepción de datos.

**Tabla IV.XX.** Caso de Uso Desarrollo del Monitoreo del Módulo

<b>CASO DE USO:</b> Desarrollo del Monitoreo del Módulo de la Envasadora.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Programador
<b>Propósito:</b>	Desarrollar las interfaces necesarias para el monitoreo del Módulo en el programa Lookout 6.2
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
a) Crear Interfaces de inicio.	Para que el Operador pueda acceder al programa de monitoreo.
b) Crear menús de usuario.	Donde el operador podrá escoger entre varias opciones para manipular y operar el Módulo de envasado.
c) Crear Interfaces de control y monitoreo.	Para empezar y terminar el proceso de Envasado visualizar la secuencia del proceso.
d) Crear Interfaces de Ayuda.	Son interfaces con información para soporte técnico y consultas.
e) Realizar la conexión de las interfaces con el modulo de envasado.	Luego de diseñar e implementar las interfaces en el software Lookout se procede a realizar la conexión de las interfaces con el Módulo de Envasado, asignándole las entradas y salidas encontradas en el diagrama Grafcet.

**Tabla IV.XXI.** Caso de Uso Monitoreo de la Red.

<b>CASO DE USO:</b> Monitoreo de la Red.	
<b>Operaciones de control</b>	
<b>Actores:</b>	Operador
<b>Propósito:</b>	Realizar el monitoreo del Módulo de Envasado Automático.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial
<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b>Acciones del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<b>a)</b> Iniciar Sistema.	Comando de aceptación, establece la comunicación entre la estación de monitoreo y el PLC mediante la tecnología de antenas de Radio.
<b>b)</b> Iniciar Módulo.	Inicia proceso de envasado
<b>c)</b> Apagar Módulo.	Termina el proceso de envasado.
<b>d)</b> Monitorea el Módulo.	Visualiza la secuencia de envasado, recibe comandos de control.
<b>e)</b> Salir del Sistema.	El sistema finaliza.

#### 4.4.2. Representación de Casos de Uso reales.

### Cableado Eléctrico del módulo y de los equipos de radio

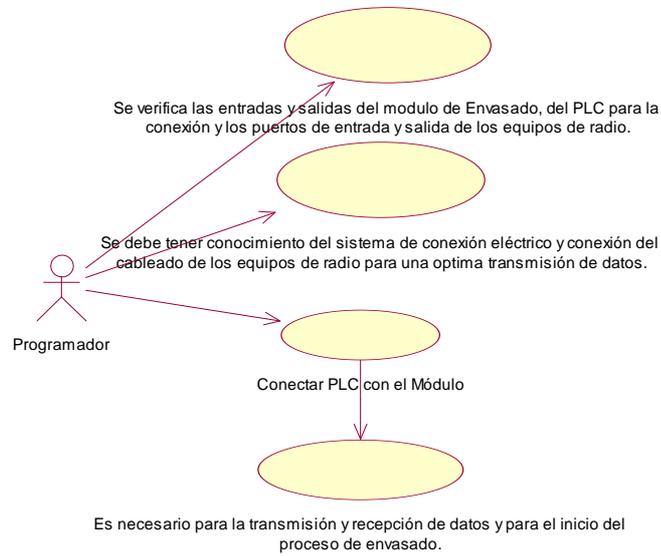


Figura IV.31. CU: Cableado Eléctrico

### Programación del Módulo y secuencia de movimientos

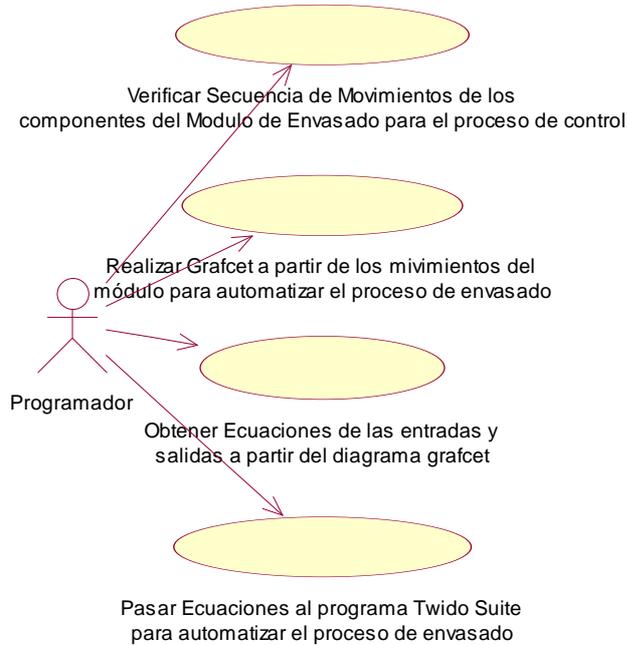


Figura IV.32. CU: Programación del Modulo.

## Configuración del Módulo de Envasado y del PLC

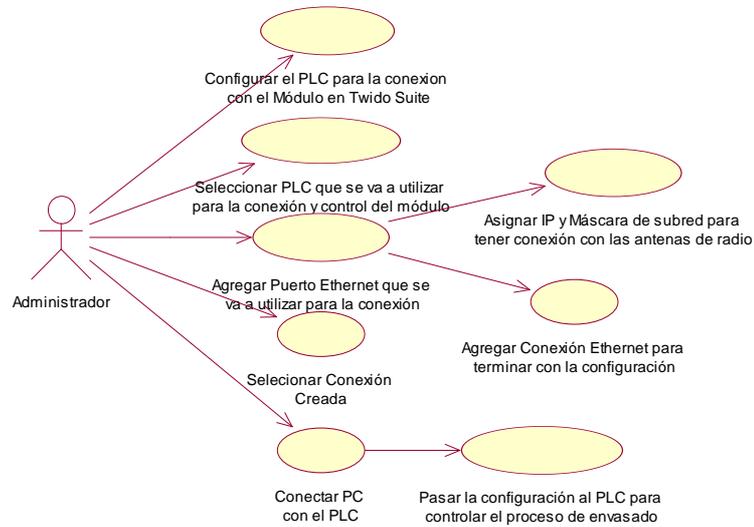


Figura IV.33. CU: Configuración del Módulo.

## Desarrollo las interfaces para el Monitoreo

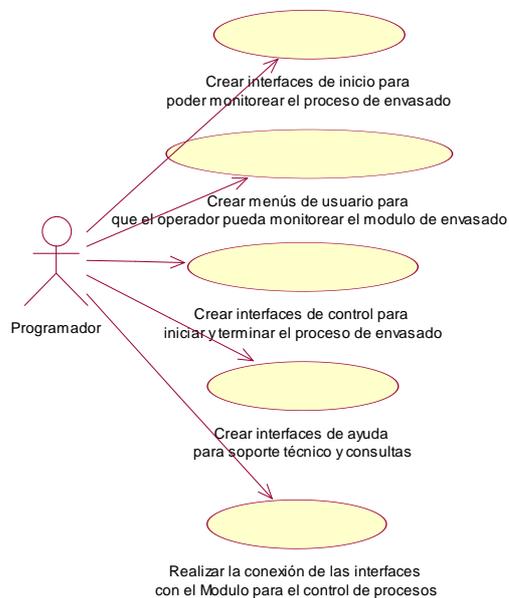


Figura IV.34. CU: Desarrollo de Interfaces.

## Monitoreo de la red de comunicaciones vía Radio

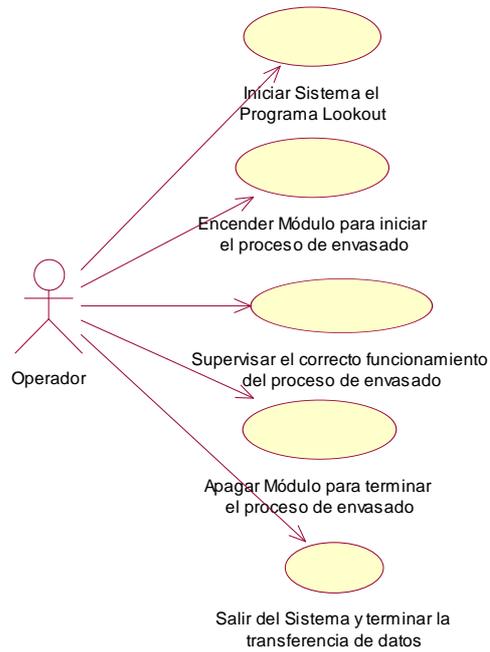


Figura IV.35. CU: Monitoreo de Red.

### 4.4.3. Definición de Diagramas de Interacción.

#### Diagramas de Colaboración

La creación de los diagramas de colaboración desempeña un lugar significativo en el desarrollo del diseño del proyecto por su expresividad y economía espacial, lo que permite tomar decisiones claves sobre el funcionamiento del futuro sistema.

### Cableado Eléctrico del Módulo y de los Equipos de Radio

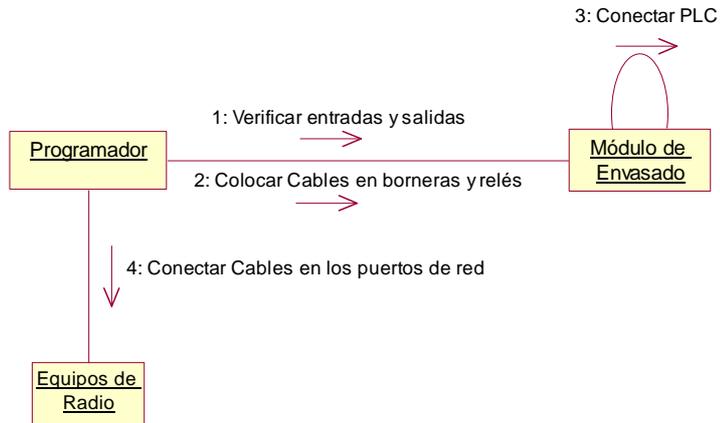


Figura IV.36. DC: Cableado Eléctrico.

### Programación del Módulo de Envasado Automático

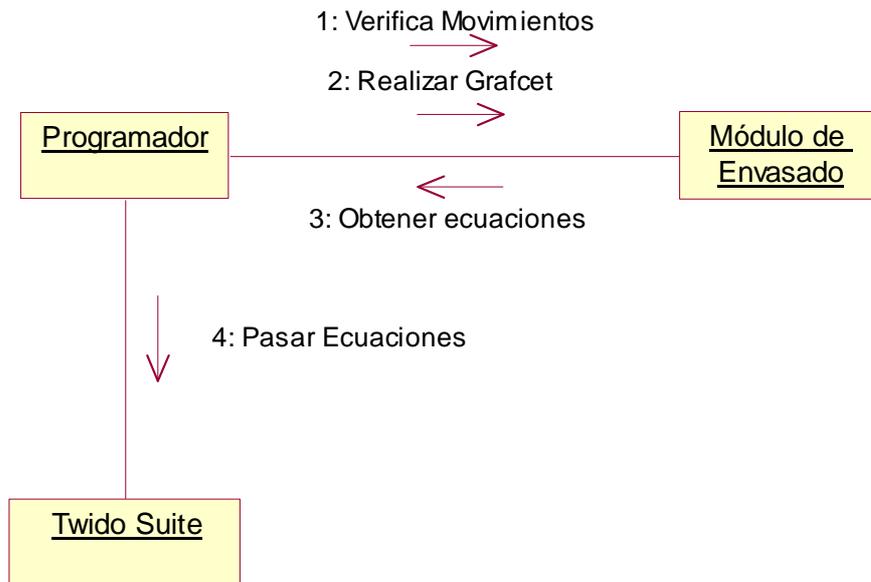


Figura IV.37. DC: Programación del Modulo.

### Configuración del Módulo de la Envasadora Automática

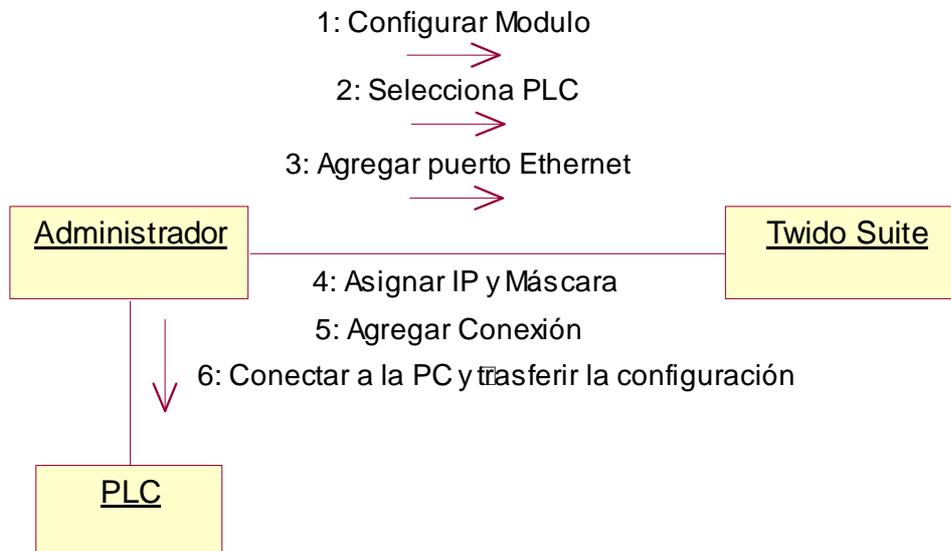


Figura IV.38. DC: Configuración del Modulo.

### Desarrollo del las Interfaces de Monitoreo

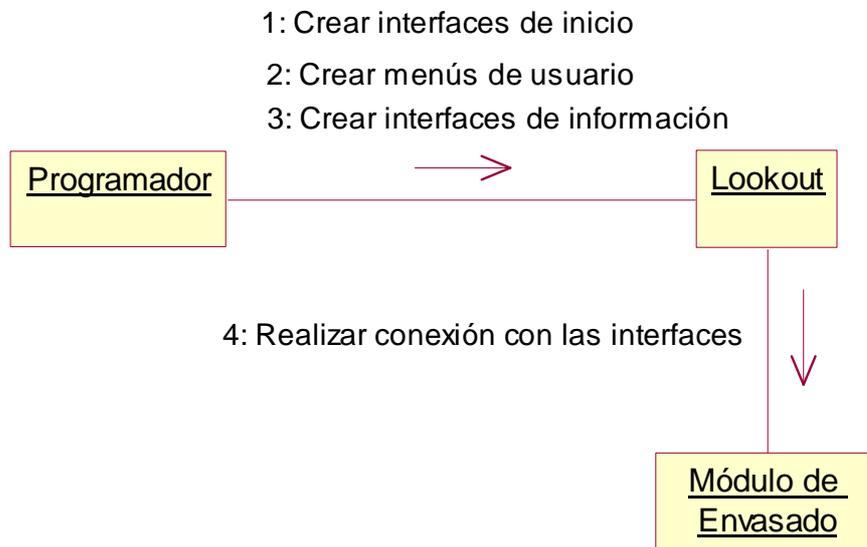


Figura IV.39. DC: Desarrollo de Interfaces.

### Monitoreo de la red de Comunicación Vía Radio

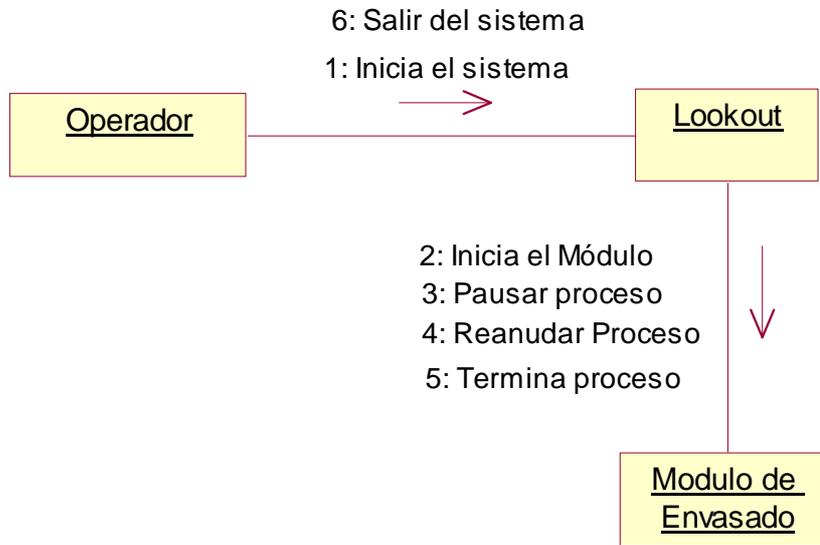


Figura IV.40. DC: Monitoreo de Red.

#### 4.4.4. Especificación de la arquitectura del Sistema.

##### Diagrama de Componentes:

Este diagrama permite visualizar los principales componentes que tendrá la aplicación.

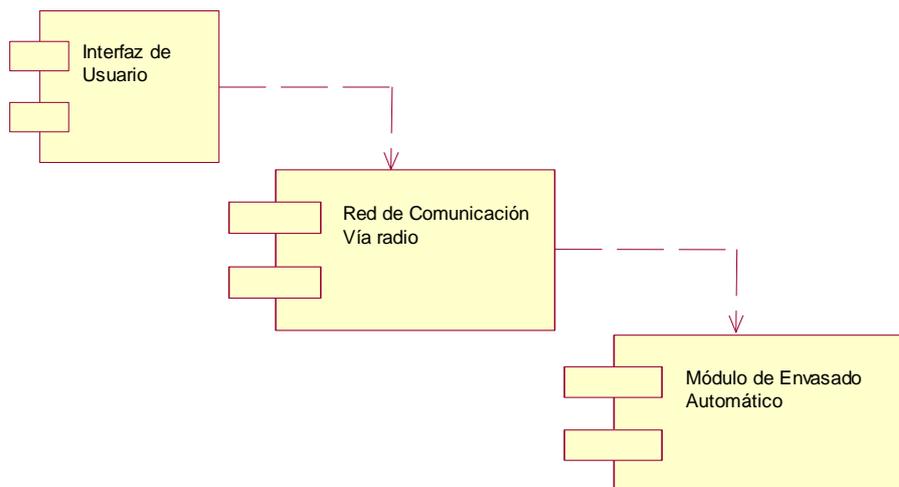


Figura IV.41. Diagrama de Componentes.

### Diagrama de Despliegue:

En esta etapa se determina la estructura que ha tomado la aplicación mediante niveles de representación e implementación.

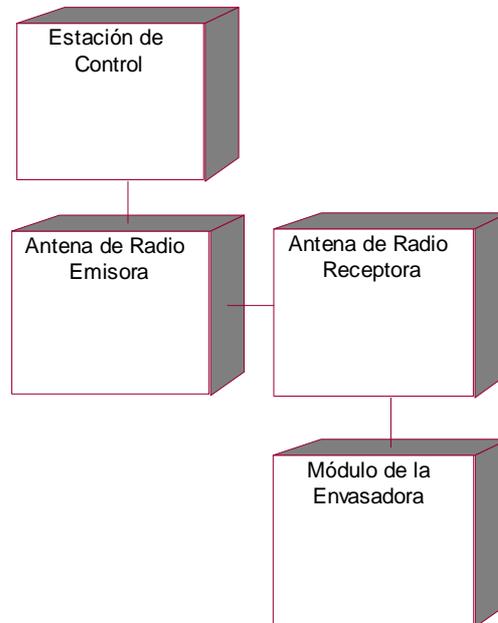


Figura IV.42. Diagrama de Despliegue.

#### 4.5. Fase de Implementación.

Una vez modelado el sistema, se procede a la configuración e implementación del mismo. Esta fase se centra en crear una aplicación que permita el control de un equipo mecatrónico a través de la red de comunicaciones Vía Radio. Y empleando la herramienta de programación Twido Suite 2.20 y Lookout 6.2

##### 4.5.1. Configuración de los equipos de Radio para la comunicación del PC con el Módulo de la Envasadora Automática.

Antes de empezar a configurar nuestros equipos de radio para la transmisión de datos, debemos configurar nuestra estación de trabajo creando una red LAN Ethernet y asignando una dirección IP y su respectiva máscara de subred.

## Ventana de Configuración de Red.

Para la configuración nos vamos a conexiones de red, hacemos clic derecho sobre la conexión de área local e ingresamos en propiedades como se muestra a continuación.

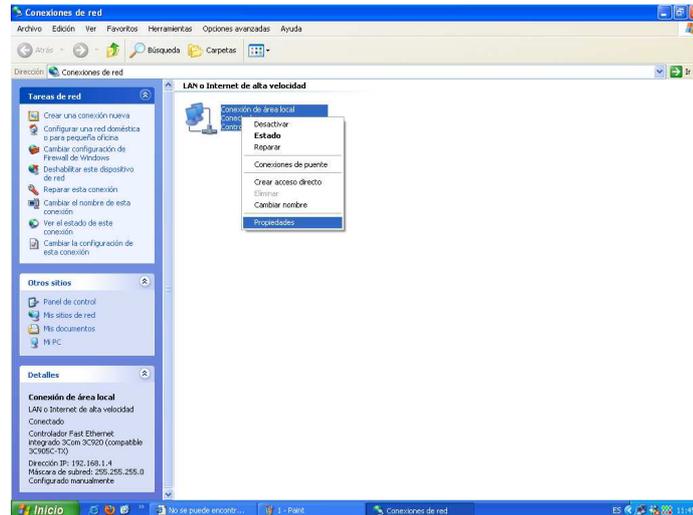


Figura IV.43. Configuración de Red.

## Ventana Protocolo de Internet.

Luego ingresamos en Protocolo de internet y hacemos clic en propiedades y aceptamos.

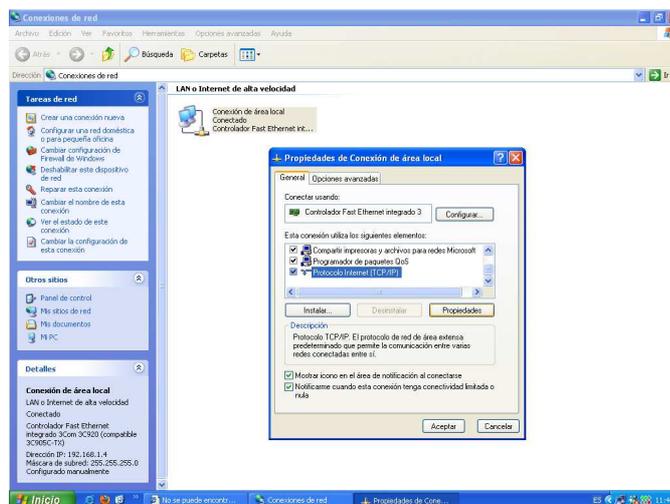


Figura IV.44. Protocolo de Internet.

## Ventana Propiedades de Protocolo de Internet.

Al aceptar se va a mostrar la ventana Propiedades de Protocolo de Internet en donde podemos asignarle nuestra dirección Ip y su respectiva Máscara de Subred.

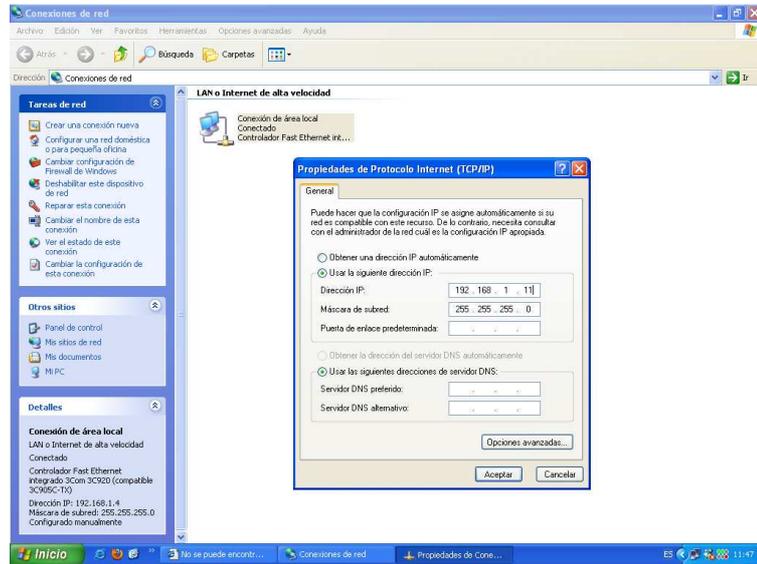


Figura IV.45. Propiedades de Protocolo.

## Ventana Explorador de Internet para deshabilitar el Servidor Proxy.

En caso de que nuestra estación de trabajo tenga asignada una dirección Proxy debemos deshabilitarla para no tener conflictos con nuestra red de transmisión. Abrimos un explorador de internet, en el menú principal ingresamos en herramientas, opciones de internet, hacemos clic en la pestaña de Conexiones y aceptamos.

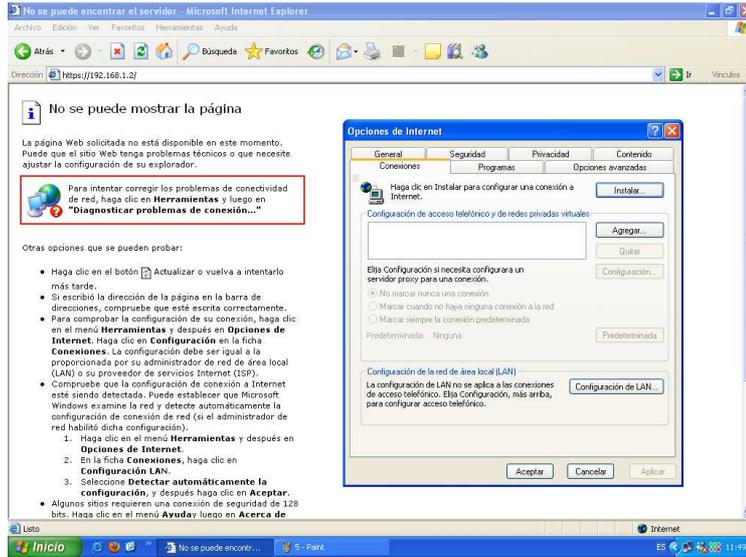


Figura IV.46. Deshabilitar Proxy.

## Ventana configuración de Red.

Deshabilitamos el Servidor Proxy que estemos utilizando para no tener conflictos con nuestra red de Comunicación Vía Radio.

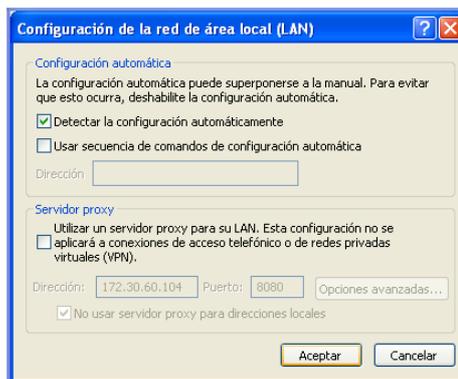


Figura IV.47. Configuración de red.

## Ventana Explorador de Internet para configurar los Equipos de Radio.

Una vez configurada nuestra estación de trabajo, procedemos a configurar nuestras antenas de radio para la comunicación y control del Módulo de Envasado Automático.

Los Radios tienen una interfaz gráfica para su configuración a la cual accedemos abriendo nuestro explorador de internet, en el link de direcciones ponemos la siguiente dirección <http://192.168.1.1/> para el radio emisor o <http://192.168.1.2/> que son las direcciones de nuestros radios ya establecidos.

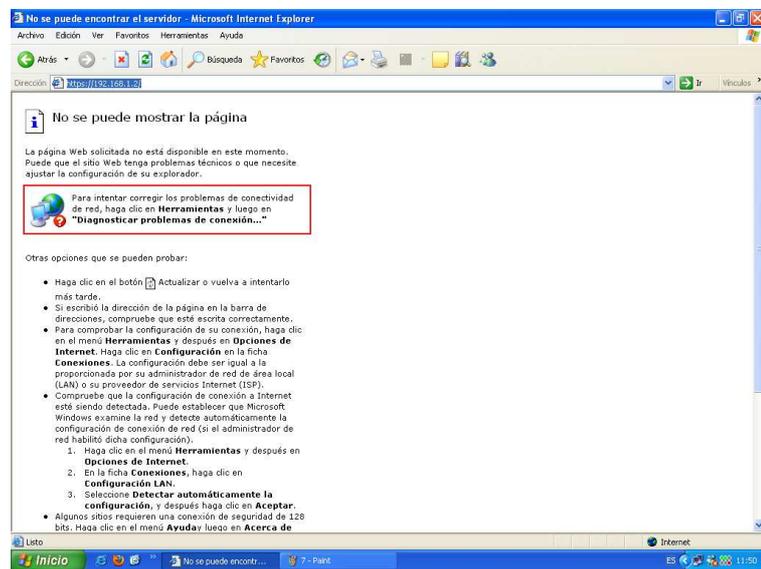


Figura IV.48. Configuración de radios

## Ventana de Inicio de Sesión para configurar los Radios.

Al ingresar en este link se va a abrir una ventana donde solo usuarios autorizados pueden ingresar para configurar los radios según sean las necesidades de transmisión, en esta ventana se debe ingresar el nombre de Usuario y su Password como se muestra a continuación:

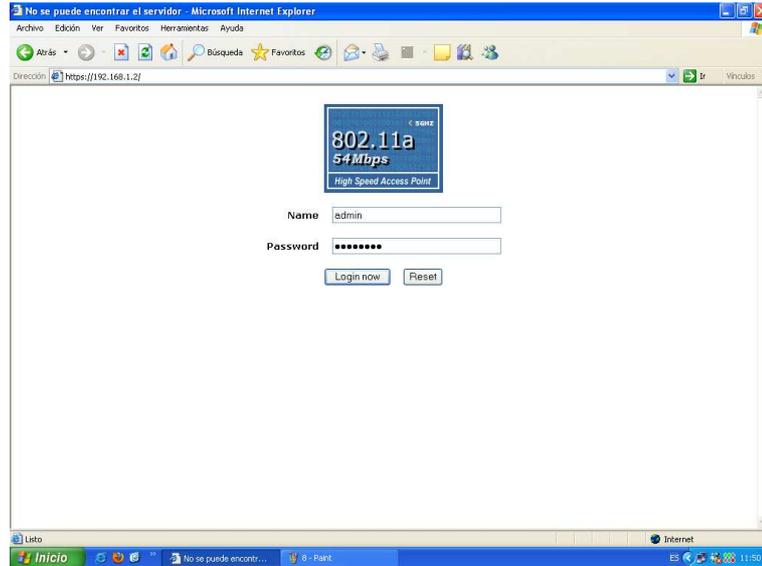


Figura IV.49. Inicio de Sesión

### Ventana de Información general de los Radios.

A continuación podemos configurar nuestros radios según sea la necesidad de nuestra red. La primera pantalla de configuración que se muestra es una pantalla de la información general de nuestro radio, como su dirección Ip que puede ser cambiada, su nombre, su modo de transmisión.

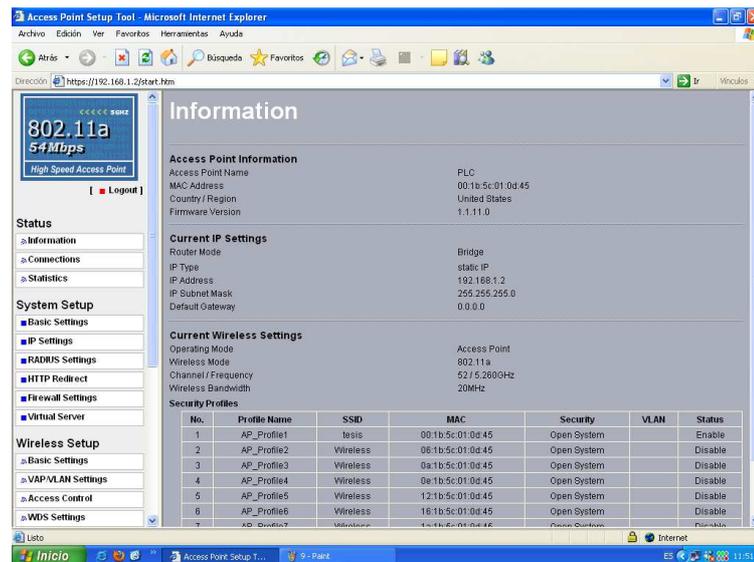


Figura IV.50. Información General

## Ventana de Conexiones de Red.

Esta opción nos permite visualizar las diferentes conexiones, esta información es útil para identificar a los clientes en la red, solo debemos hacer clic en el botón para que se actualice la lista de conexiones.

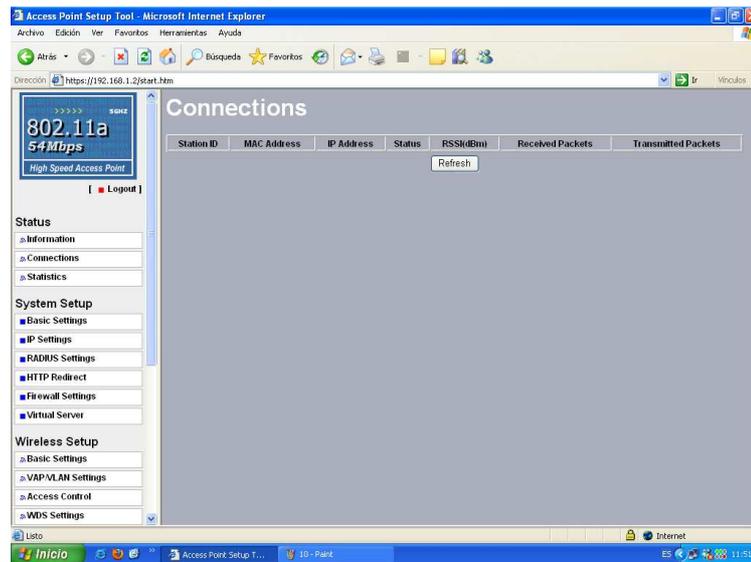


Figura IV.51. Conexiones de Red.

## Ventana de estadísticas de datos transmitidos.

En esta ventana se muestra las estadísticas transmisión como: número de paquetes transmitidos y recibidos, numero de bytes transmitidos y recibidos, así como el total de datos transmitidos.

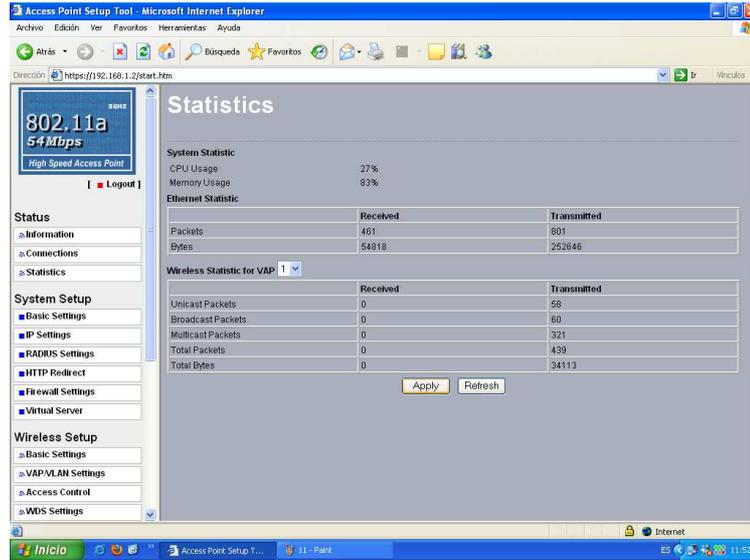


Figura IV.52. Estadística de Datos.

### Ventana de Configuración Básica del punto de acceso.

La siguiente ventana muestra la configuración básica como el Nombre del Access Point, el nombre del País o región donde se ha configurado la red, la zona, el tiempo de servidor, así como el tiempo actual de acceso.

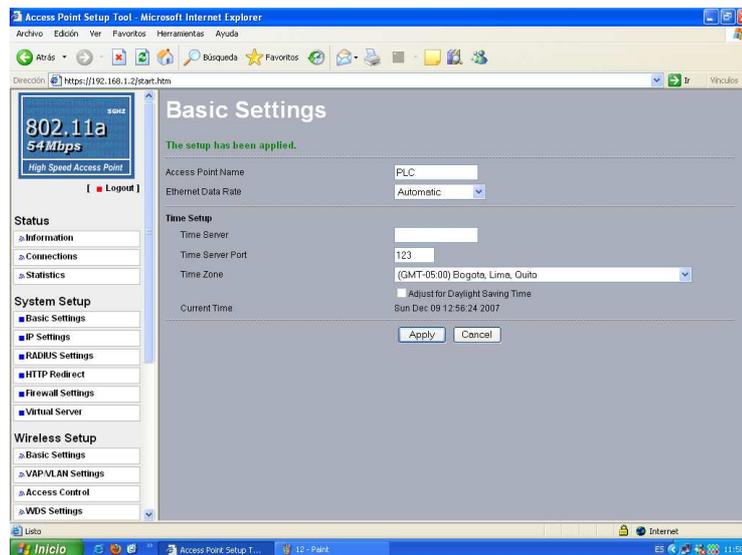


Figura IV.53. Configuración Básica.

## Ventana de configuración WAN/LAN.

En esta ventana se puede configurar nuestro radio en modo puente o en modo Router, se pueden cambiar las direcciones IP's, asignar puertos de enlace, se puede asignar servidores DNS primario y secundarios.

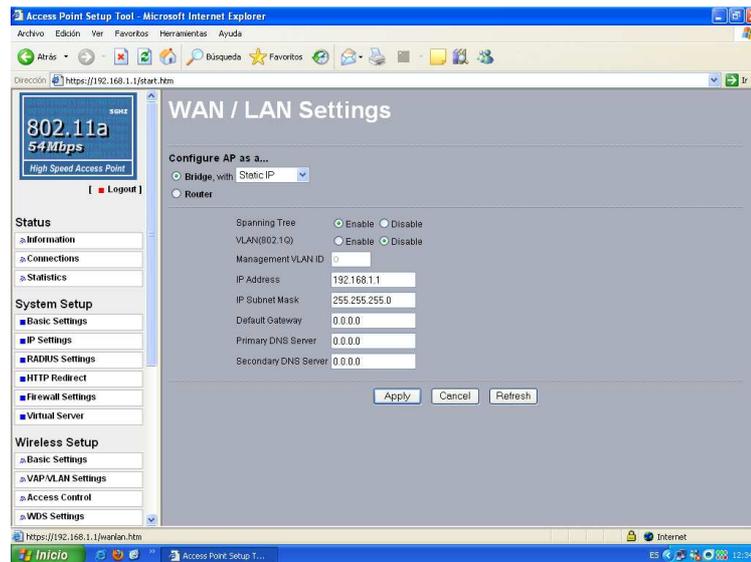


Figura IV.54. Configuración WAN/LAN.

## Ventana configuración de Radio.

El Radio es un servidor para la autenticación de usuario remota. Puede usarse en cualquier red que necesita una autenticación centralizada y/o servicio de contabilidad para sus puestos de trabajo.

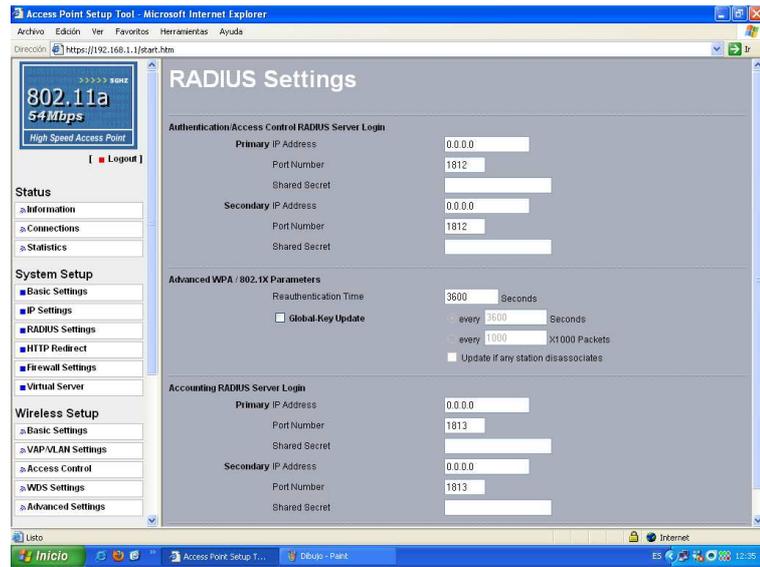


Figura IV.55. Configuración Radio.

### Ventana para conexión de internet.

En esta ventana podemos utilizar nuestro radio para conectarnos a Internet ingresando una dirección URL deseada para navegar por internet.



Figura IV.56. Conexión para Internet.

## Ventana de configuración Firewall.

Nuestro radio también tiene la opción de configurarlo como un firewall que nos permitirá filtrar información no deseada, así como protocolos de acceso recibiendo solo la información requerida.

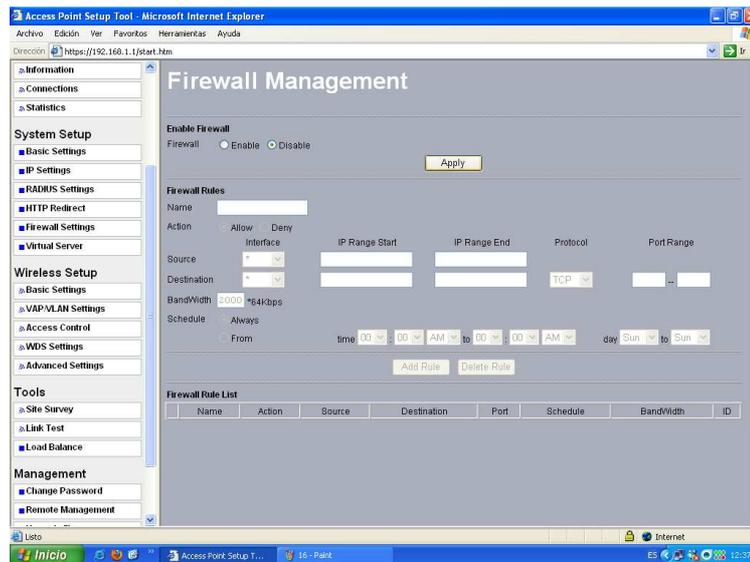


Figura IV.57. Configuración Firewall.

## Ventana de Servidor Virtual.

Es ventana nos permite configurar el radio como servidor virtual, esta configuración es permitida siempre y cuando nuestro radio este en modo Router.

Con esta configuración podemos transmitir archivo, enviar correos electrónicos desde nuestro PC.

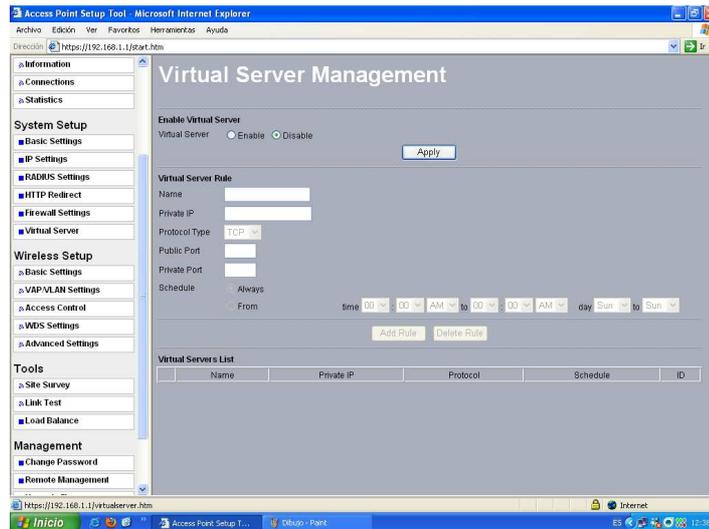


Figura IV.58. Servidor Virtual.

### Ventana de Modo de operación.

Nuestro radio puede operar en cinco modos diferentes: Punto de Acceso, Puente Inalámbrico, Repetidor Inalámbrico, Adaptador de Estación y como Wireless para interior de edificios.

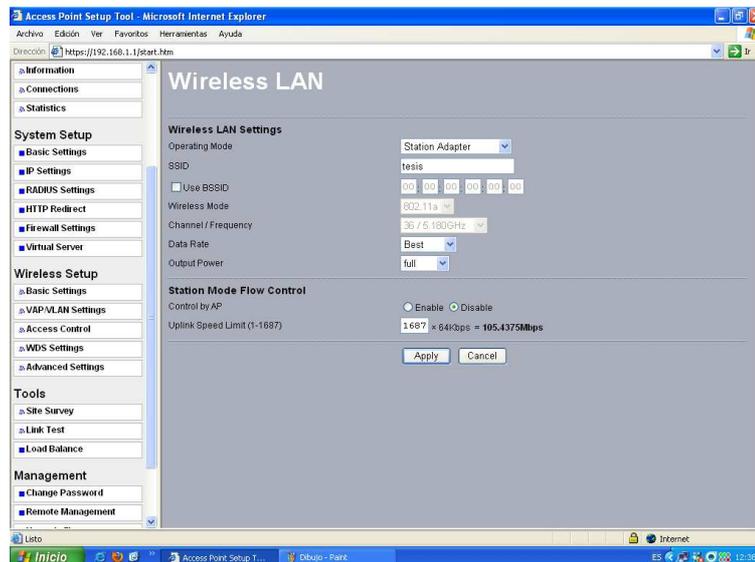


Figura IV.59. Modo de Operación.

### Ventana para configurar redes virtuales.

Los radios tienen la opción de configurar 8 redes LAN Virtuales Inalámbricas, en caso de ser necesario, esta opción nos permite ahorrar costos en infraestructura de red, espacio físico y tendido de cable.

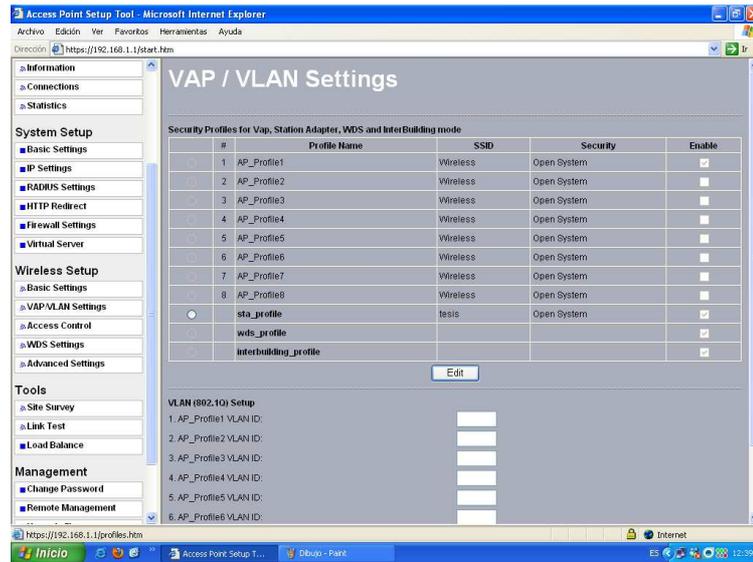
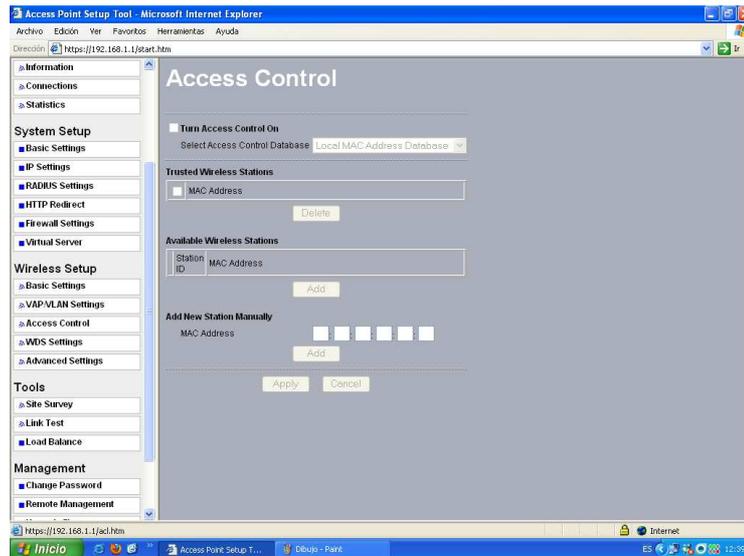


Figura IV.60. Configuración de Ventanas Virtuales.

### Ventana para agregar puntos de acceso.

En esta ventana se puede configurar el control de acceso de los usuarios a nuestra red, ingresando direcciones Mac de nuevas estaciones para permitirles el acceso



**Figura IV.61. Agregar Puntos de Acceso.**

### **Ventana para cambiar el nombre de Usuario y Contraseña de los Radios.**

Aquí usted puede hacer los ajustes a su contraseña actual o predefinida. Siga los pasos siguientes para cambiar la contraseña:

1. Ingrese su contraseña actual en el campo de la Contraseña Actual.
2. Ingrese su nueva contraseña en el campo de Contraseña Nueva.
3. Ingrese nuevamente la contraseña nueva.
4. Finalmente, haga clic "Aplique" para guardar los cambios.

También, si usted desea restaurar a la contraseña del fábrica.

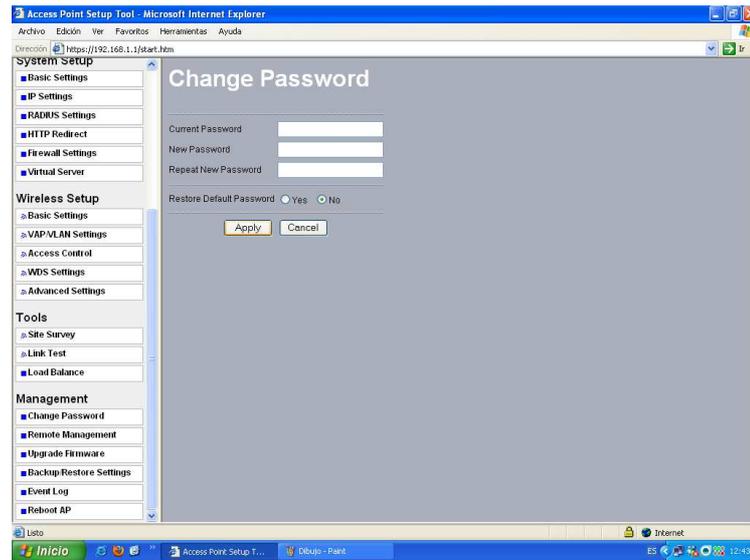


Figura IV.62. Cambiar nombre de Usuario y Contraseña.

### Ventana para realizar Administración Remota.

Esta pantalla nos permite realizar una administración remota en equipos situados en diferente lugar.

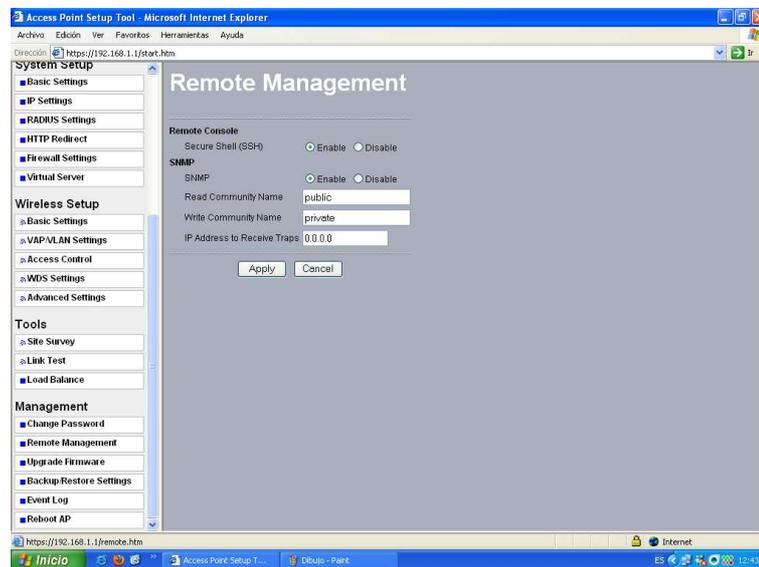


Figura IV.63. Administración Remota.

### Ventana para restaurar los Equipos a su configuración de Fábrica.

Esta pantalla nos permite restaurar los equipos a su configuración de fábrica en caso de que la configuración realizada tenga problemas en la conexión.

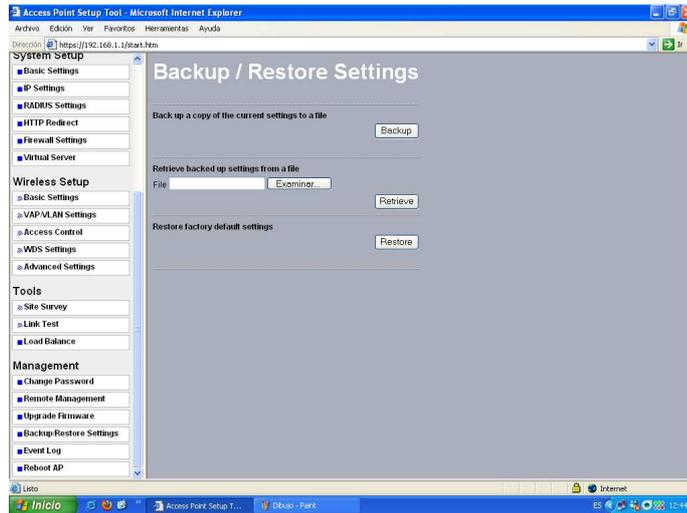


Figura IV.64. Restaurar Configuraciones.

### Ventana para reiniciar los Radios.

Esta pantalla nos permite reiniciar el radio para guardar las configuraciones realizadas en el.

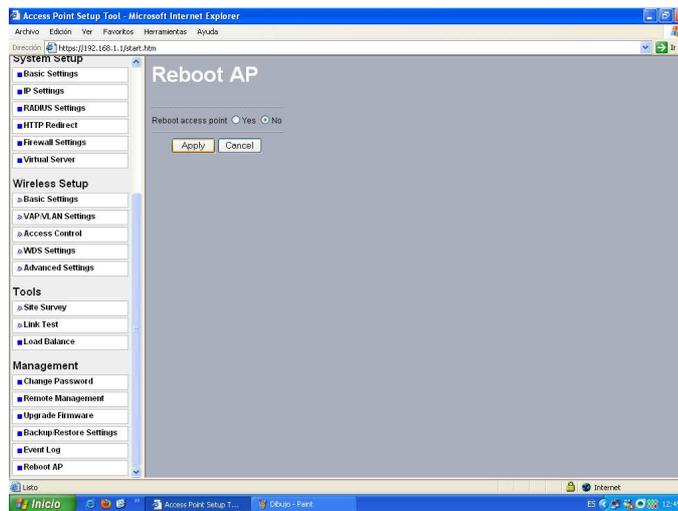


Figura IV.65. Reiniciar Radio.

### 4.5.2. Programa Ladder de la Envasadora Automática.

**Recursos utilizados.** Para el desarrollo de este programa se emplearon los siguientes recursos lógicos.

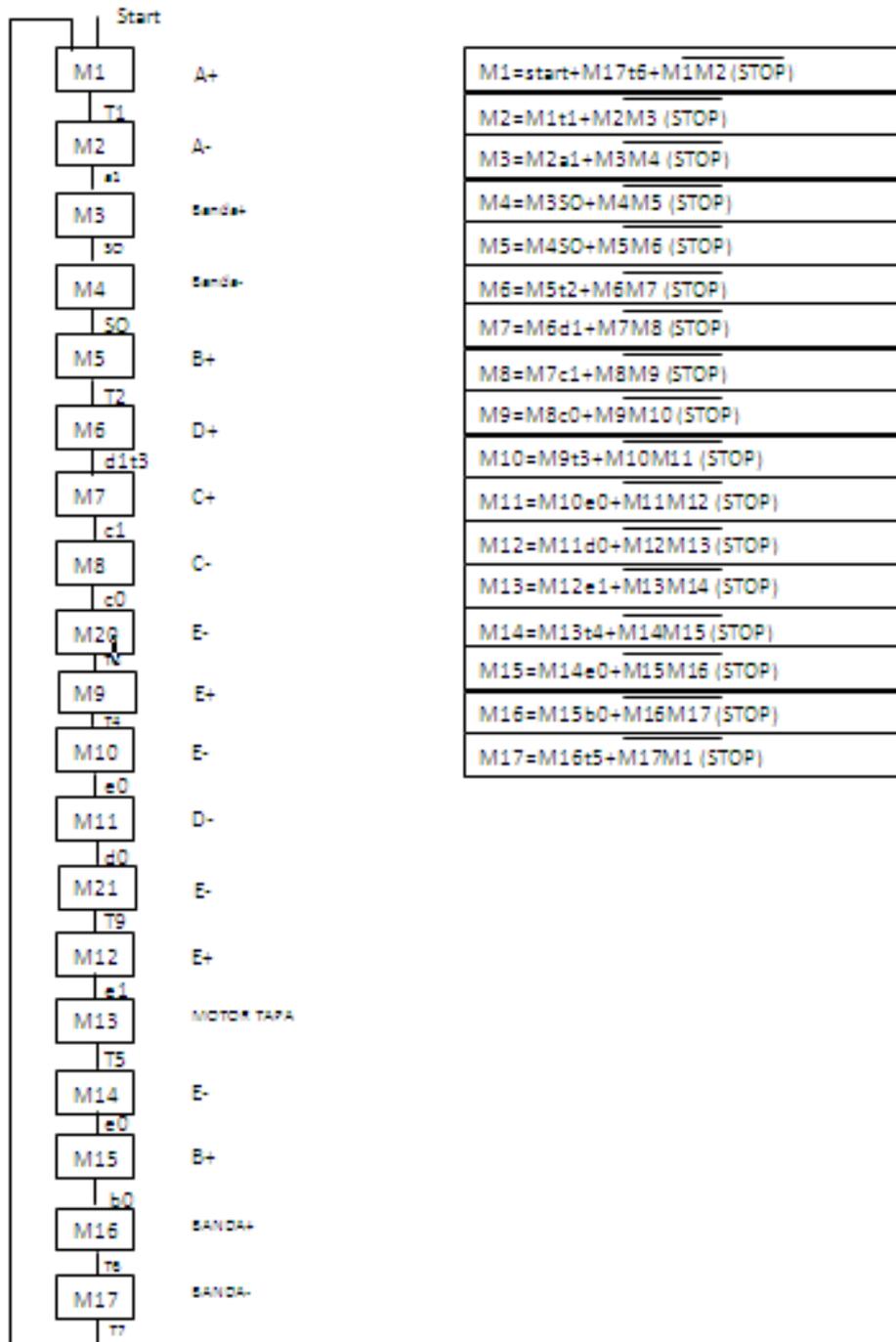
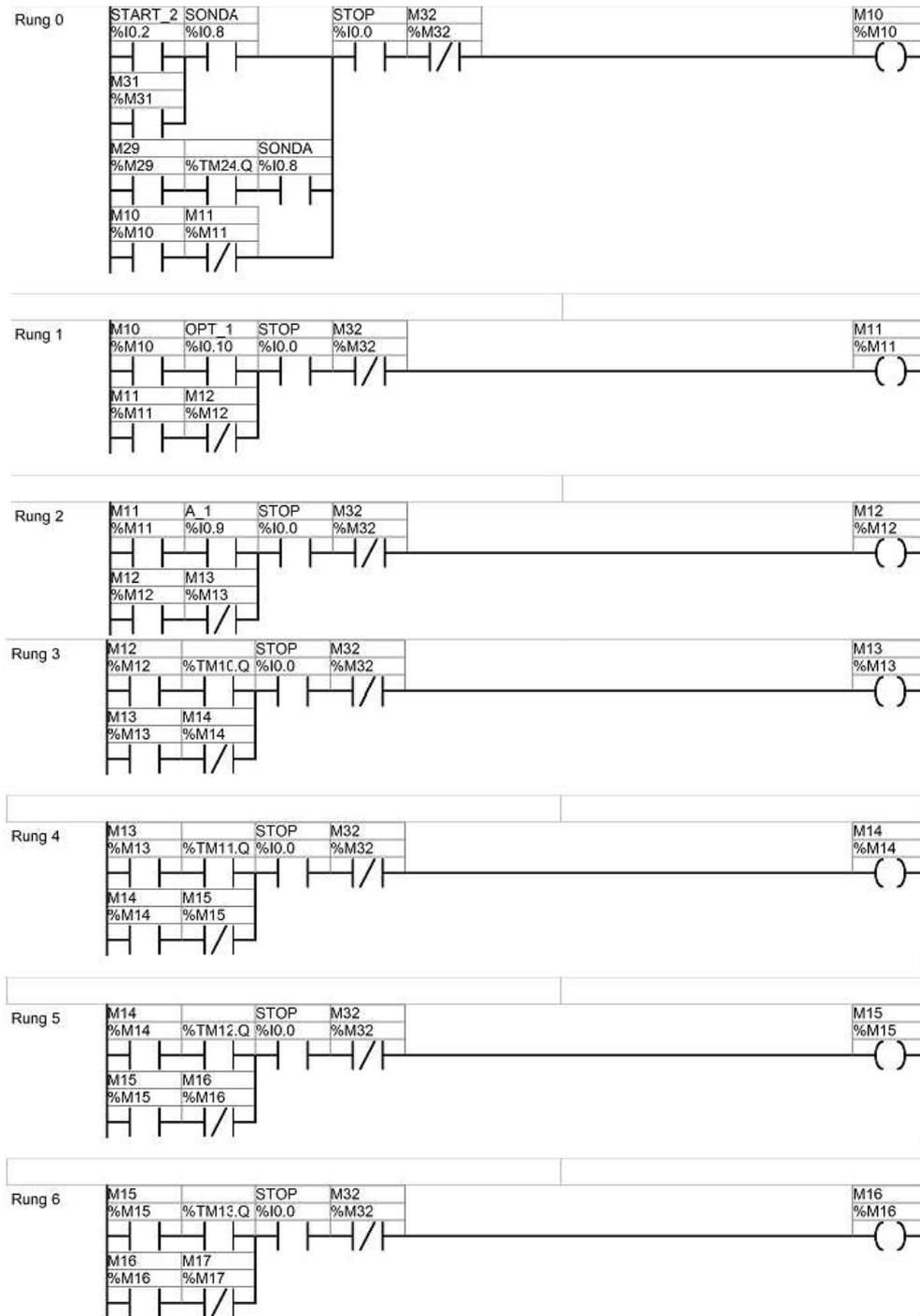
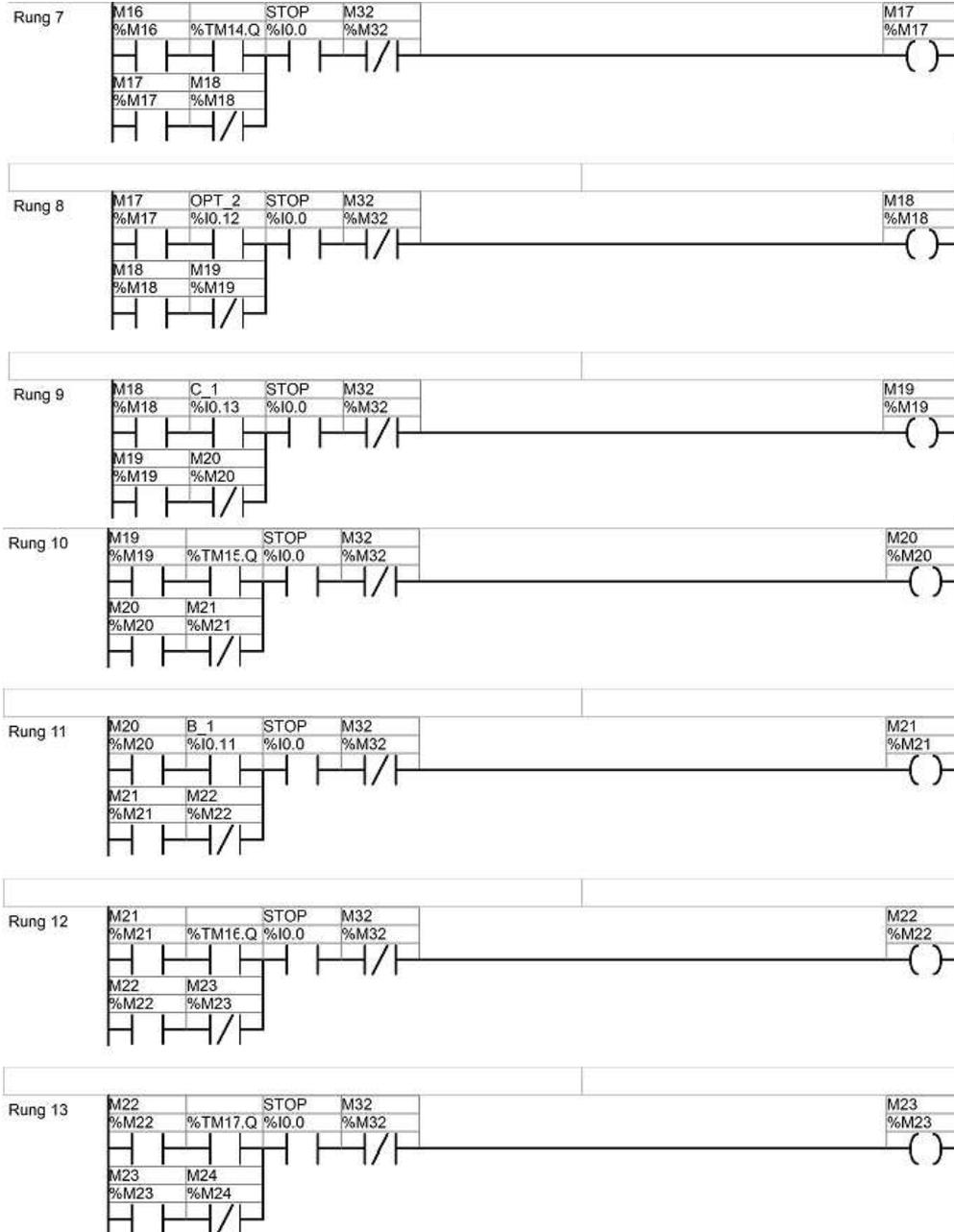


Figura IV.66. Diagrama Grafset.

Una vez efectuado el diseño del programa para el control de la estación de Ensamblador de Pates se procede a su implementación, a continuación se encuentra el programa que hará que funcione el Módulo de la Envasadora Automática.

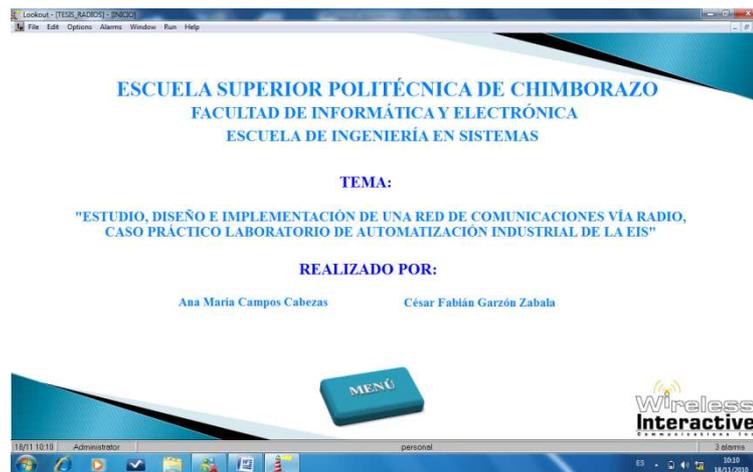






Estas interfaces fueron diseñadas en el software para procesos industriales LOOKOUT 6.2 el cual ofrece numerosos componentes con los que se puede trabajar y que se ajustaron al proceso industrial que se implemento.

Para ingresar al sistema de monitoreo la pantalla inicial tiene un botón de inicio "MENÜ" que al presionar ingresará al menú principal del sistema.



**Figura IV.68. Ventana de Inicio.**

### **Ventana con el Menú de Opciones de nuestro Sistema.**

La siguiente pantalla muestra el menú principal del programa de monitoreo, este menú tiene cuatro opciones:

- Botón (INICIO) para volver a la pantalla Inicial.
- Botón (PANEL DE CONTROL) para ingresar a la pantalla donde se monitorea el proceso Automático de Envasado.
- Botón (ACERCA DE) que ingresa a la pantalla de información.
- Botón (SALIR), que sirve para regresar a la pantalla inicial y salir del sistema.

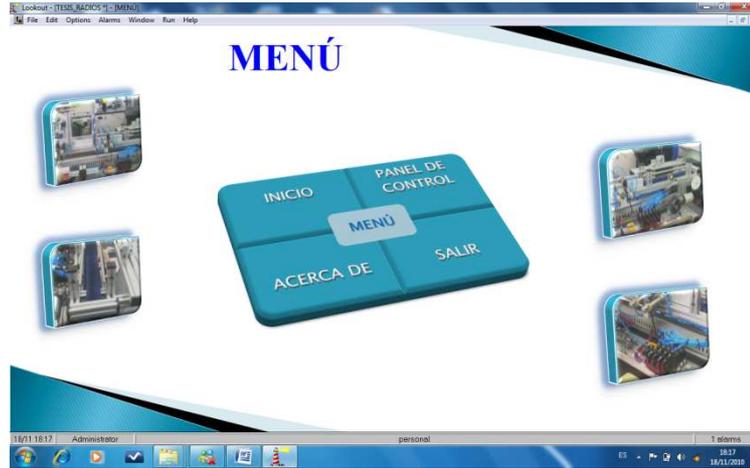


Figura IV.69. Ventana de Menús de Usuario.

### Ventana para controlar la comunicación Vía Radio.

Esta es la pantalla que simula un panel de control para monitorear el proceso de envasado automático del Módulo Utilizado. El panel de control tiene un botón de Inicio “START”, que al presionarlo, el Módulo utilizado empieza su proceso de envasado, el panel de control además nos permite visualizar la secuencia de envasado desde que las botellas entran por la banda transportadora, se llenan, hasta que salen de la secuencia de llenado y enroscado de tapa, el botón “STOP” nos permite detener el proceso de envasado y finalizar la operación de control.



Figura IV.70. Ventana Panel de Control.

## Ventana Acerca de

Esta pantalla nos permite visualizar información sobre la Tesis desarrollada.

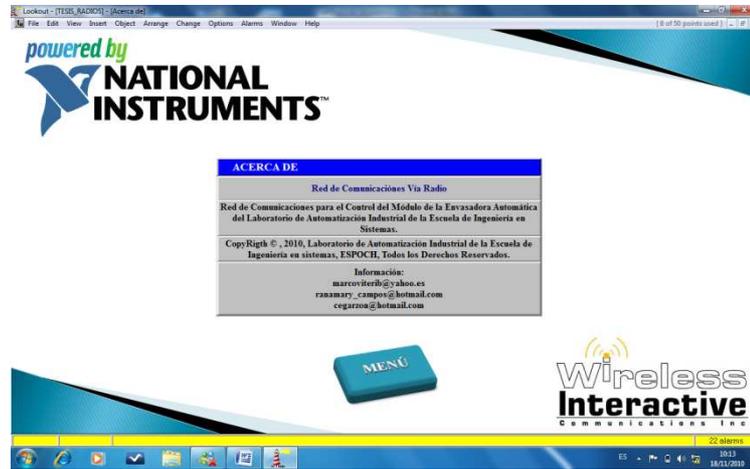


Figura IV.71. Ventana de Información.

### 4.5.4. Conexión de Lookout con el Módulo de la Envasadora Automática.

## Ventana para crear el Modbus de Conexión.

Antes de realizar el monitoreo del proceso de envasado debemos crear la conexión de las interfaces con el modulo de envasado.

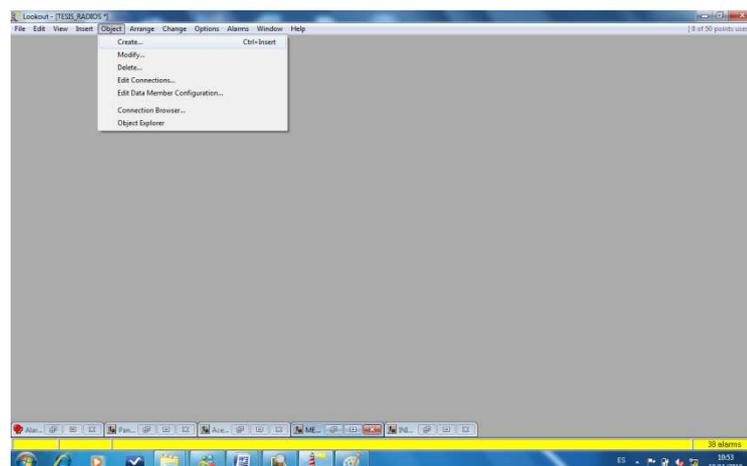


Figura IV.72. Ventana para crear Modbus de Conexión.

### Ventana para guardar Modbus en el proyecto.

Se crea un Modbus para la conexión, nos pide guardar en nuestro proyecto de tesis para luego ser configurado y establecer las entradas y salidas que van a ser controladas.

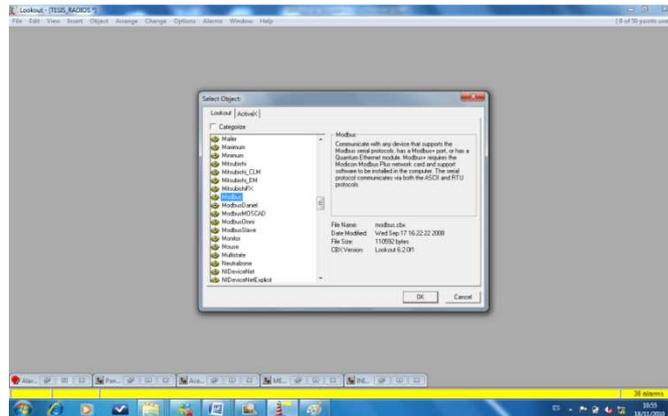


Figura IV.73. Ventana para guardar Modbus.

### Ventana para configurar el puerto de comunicación.

En el modbus nos pide seleccionar el puerto de comunicación para enlazarlo con las interfaces de control hay que tener conocimiento sobre el puerto que vamos a utilizar para la conexión.

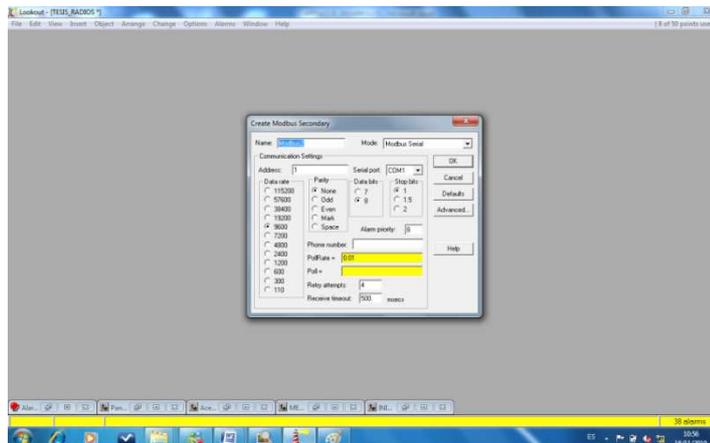


Figura IV.74. Ventana para escoger puerto de comunicación.

#### 4.5.5. Pruebas de Conexión de la Red de Comunicaciones Vía Radio en Lookout.

Las pruebas de conexión se las realizaron con la Interfaz de Panel de Control, se verificó el correcto funcionamiento de la Red de comunicaciones Vía Radio, así como el correcto funcionamiento del Módulo de la Envasadora Automática y todos sus componentes.

Tanto los equipos de Radio como el Módulo de Envasado respondieron satisfactoriamente a las órdenes enviadas desde el Panel de Control, de esta manera se comprobó que la conexión pasó las pruebas establecidas.



Figura IV.75. Ventana de Pruebas de Conexión.

#### **4.6. Comprobación de la Hipótesis.**

La hipótesis del presente estudio planteó que:

El estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio permitirá mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora así como una rápida detección y corrección de errores dentro del proceso de producción.

A partir de esta información se puede identificar las variables dependientes e independientes que intervienen.

**h1** = “El estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio permitirá mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora así como una rápida detección y corrección de errores dentro del proceso de producción”.

**h0** = “El estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio NO permitirá mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora así como una rápida detección y corrección de errores dentro del proceso de producción”.

#### **OPERACIONALIZACIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES**

**Variable independiente:** Estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio.

**Variable dependiente:** Mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora y una rápida detección y corrección de errores.

**Tabla IV. XXII. Variables de la Hipótesis**

<b>Variable</b>	<b>Tipo</b>	<b>Concepto</b>
<b>Estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Independiente.</li> <li>• Compleja</li> </ul>	Especificación de los recursos Hardware y software necesarios para la implementación de la red.
<b>Mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora y una rápida detección y corrección de errores.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiente.</li> <li>• Compleja.</li> </ul>	Usar tecnologías diferentes a las tradicionales para mejorar los procesos de envasado.  Usar herramientas software, para realizar el monitoreo de la red y verificar su optima funcionalidad.

### **INDICADORES**

A continuación se detallan algunos indicadores que van a ser valorizados los cuales nos permitirán establecer mediciones tanto de la variable independiente como de las variables dependientes.

#### Indicadores de la Variable Independiente

Usando tecnología avanzada como OFDM y amplificación interna, las Halo tienen alta potencia y sorprendentes niveles de transmisión de datos aun largas distancias. Opera en la banda de 5GHz (5.18, 5.25, 5.47, 5.725) con más de 80 canales no encimados. Esta radio es la solución ideal para una empresa, conectividad en un colegio, hotspots, y acceso de banda ancha inalámbrica.

Es más sencillo y eficaz implementar una red con el sistema de WDS (que significa un sistema distribuidor inalámbrico) que les ahorra entre 30-50% de costos a proveedores de servicios de telecomunicación e Internet.

La Halo utiliza potentes métodos de seguridad como codificación WEP 64/128/152-bit autenticación 802.1x (EAP), filtración por dirección MAC, SSID oculto, aislamiento de clientes, codificación WPA-PSK y WPA.

### ***Aplicaciones***

- Enlaces PTP o PTMP sobre largas distancias
- 'Hotspots' con cobertura amplia
- Alternativa inteligente a cables costosos
- Conexiones ISP dedicadas y fiables
- Redes LAN a nivel empresarial o extensiones de PBX telefónico

### ***Amplias áreas de cobertura***

- Alta potencia de hasta 200mW más una buena tolerancia a interferencia, hacen que la Halo pueda mandar su señal a través de una zona extensa.

### ***Impresionante tasa de transferencia de 54Mbps a largas distancias***

- Características de la Halo como OFDM, permiten que esta radio rompa todas las barreras que antes restringían las distancias logradas bajo el estándar 802.11g. Hemos podido extender la señal de 54Mbps (máximo) hasta 20 km.

### ***Flexibilidad***

- Las Halo pueden efectuar varias tareas dentro de su red gracias a su capacidad de aceptar antena externa. Esto le permite elegir la antena apropiada para la aplicación a mano.

### ***Fiabilidad***

- Las Halo están entre las radios más fiables y duraderas que se encuentran. Con su caja de protección certificada por IP68, los componentes están completamente protegidos de la intemperie.

### ***Seguridad***

- Las Halo son también bien protegidas por dentro con su codificación WEP de 64/128/152-bit, autenticación 802.1x (EAP), WPA-PSK, WPA, SSID, aislamiento de clientes, y filtración usando MAC.

### ***Manejabilidad***

- Usando su explorador de Internet, las Halos son totalmente configurables localmente o remotamente. Además, programación incorporada permite que las radios soporten SNMP facilitando monitorear su red.

## **Indicadores de la Variable Dependiente**

### ***Retardo***

- Se refiere al tiempo que debe esperar una estación para enviar un paquete listo antes de que se le permita acceder el medio. Entre más bajo sea el retardo será mejor.
- Longitud del camino que deben recorrer los paquetes.
- Tamaño del mensaje.
- Velocidad de la línea.
- Número de accesos fallidos.
- Elementos enviados (c/u incrementa el retraso).
- Verificación de direcciones.
- Adición de nuevos usuarios.

- Retransmisiones

### ***Capacidad***

- Es el Índice máximo de datos enviados.

### ***Propagación del retardo***

- Esto es el tiempo que le toma a un paquete viajar a lo largo de la red.

### ***Longitud de los paquetes***

- Es el número de bits en el paquete transmitido.

### ***Número de estaciones***

- El máximo número de estaciones, entre más estaciones existan, el tráfico de datos es mayor.

### ***Carga presente***

- La carga de la red depende del tráfico agregado por todas las estaciones conectadas a la red.

### ***Protocolo de acceso***

- El protocolo de acceso por sí mismo es un factor clave en determinar el desempeño de la red, y se pone mucha más atención en comparar el gran surtido de protocolos bajo una gran variedad de condiciones.

### ***Implementación de un Protocolo.***

- Los protocolos si son mal implementados pueden degradar el desempeño. Esto debido a que se incrementa el número de paquetes que se deben procesar y por lo tanto el servicio se degrada porque se incrementa el poder de procesamiento requerido.

***Velocidades y Conectividad.***

- Las diferentes velocidades entre las redes pueden tener efectos drásticos en el desempeño. Esto puede conducir al congestionamiento de la red y la pérdida posterior de datos, esto usualmente en conexiones lentas.

***Disponibilidad y Fiabilidad.***

- La **Disponibilidad** es la cantidad de tiempo que está trabajando el sistema.
- La **Fiabilidad** es la distribución de tiempo entre fallas.

***Total de paquetes perdidos.***

***Total de retardo de la red.***

***Limitaciones de compartición y balanceo.***

***Corrección y detección de errores.***

***Nivel de redundancia construido dentro de la red.***

**OPERACIONALIZACIÓN METODOLÓGICA**

**Tabla IV. XXIII. Operacionalización Metodológica.**

Variable	Indicador	Técnica	Fuente de Verificación
<p><b>Estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones.</li> <li>• Amplias áreas de cobertura.</li> <li>• Impresionante tasa de transferencia.</li> <li>• Flexibilidad.</li> <li>• Fiabilidad.</li> <li>• Seguridad.</li> <li>• Manejabilidad.</li> <li>• Costos infraestructura.</li> <li>• Movilidad.</li> <li>• Desplazamiento.</li> <li>• Escalabilidad.</li> <li>• Garantía.</li> <li>• Modulación de la señal.</li> <li>• Soporta varios sistemas operativos.</li> <li>• Autenticación de Usuarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de documentación de los productos de estudio.</li> <li>• Pruebas y monitoreo de la red.</li> <li>• Revisión de portales WEB.</li> <li>• Técnicas de Observación.</li> <li>• Solicitud de soporte técnico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales Técnicos.</li> <li>• Manuales de Usuario.</li> <li>• Consultad Internet.</li> <li>• Políticas de seguridad e implementación de redes.</li> <li>• Documentación de los productos.</li> <li>• Ayuda de las herramientas.</li> <li>• Referencia Bibliográfica.</li> </ul>

<p><b>Mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora y una rápida detección y corrección de errores dentro del proceso de producción”.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Retardo.</li><li>• Capacidad.</li><li>• Propagación del retardo.</li><li>• Longitud de los paquetes.</li><li>• Número de estaciones.</li><li>• Carga presente.</li><li>• Protocolo de acceso.</li><li>• Implementación de un Protocolo.</li><li>• Velocidades y Conectividad.</li><li>• Disponibilidad y Fiabilidad.</li><li>• Total de paquetes perdidos.</li><li>• Total de retardo de la red.</li><li>• Limitaciones de compartición y balanceo.</li><li>• Corrección y detección de errores.</li><li>• Nivel de redundancia construido dentro de la red.</li></ul>		
--	--	--	--

### **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON.**

Para la comprobación de la hipótesis que establece la relación directa entre dos variables, en el presente trabajo se ha utilizado el estadístico del coeficiente de correlación de Pearson. Este índice nos indica el grado de relación existente entre dos variables. Puede oscilar entre 1 y  $-1$ . Cuando el coeficiente es próximo a 0 es que no existe relación entre las variables. Con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05 = 5\%$  y un número de grados de libertad de  $v = n - L$ , siendo  $n$  el número de características evaluadas y  $L$  el número de variables que intervienen;  $v = 30 - 2 = 28$ . En la tabla de significación del coeficiente de correlación de Pearson basada en la ley de Snodcor (Ver anexo 2). Se tiene que el coeficiente será significativo si es igual o superior a **0.381**.

De forma que la hipótesis se expresa como sigue:

**Ho:  $|r_{xy}| < 0.381$**

**H1:  $|r_{xy}| \geq 0.381$**

**$v = 28$**

**$\alpha = 0.05$**

Siendo:

**X = Variable independiente:** Estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio.

**Y = Variable dependiente:** Mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora y una rápida detección y corrección de errores.

Las siguientes tablas comparativas, muestran la relación de indicadores de las variables de la hipótesis, estos indicadores están calificados con valores de 1 al 10.

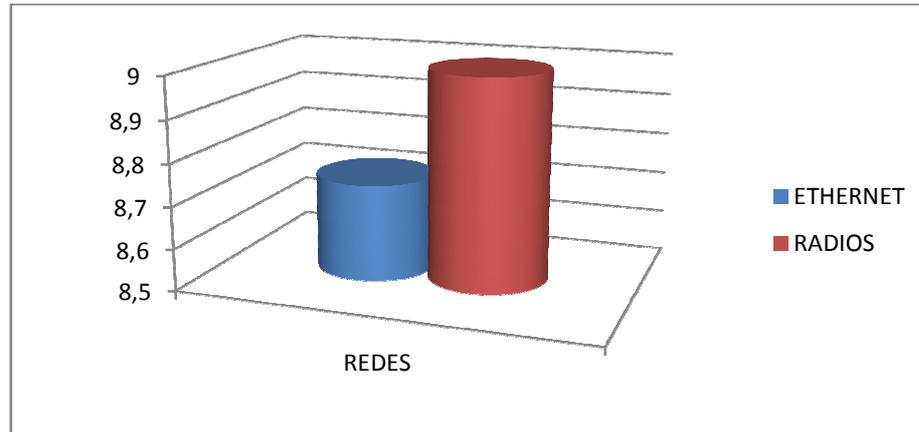
**Tabla IV. XXIV. Cuadro comparativo de redes**

<b>Indicador</b>	<b>Red Ethernet</b>	<b>Red Vía Radio</b>
• Aplicaciones.	8	6
• Amplias áreas de cobertura.	9	10
• Impresionante tasa de transferencia.	9	10
• Flexibilidad.	8	9
• Fiabilidad.	9	9
• Seguridad.	8	10
• Manejabilidad.	10	10
• Costos infraestructura.	9	8
• Movilidad.	9	9
• Desplazamiento.	8	9
• Escalabilidad.	9	10
• Garantía.	9	10
• Modulación de la señal.	9	8
• Soporta varios sistemas operativos.	9	7
• Autenticación de Usuarios.	8	10
<b>Promedio</b>	<b>8,73</b>	<b>9</b>

**Tabla IV. XXV. Cuadro comparativo control de errores**

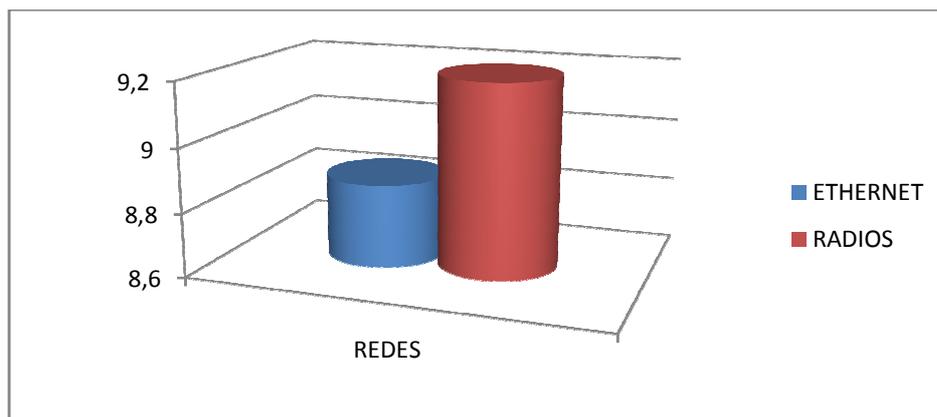
<b>Indicador</b>	<b>Red Ethernet</b>	<b>Red Vía Radio</b>
• Retardo.	8	8
• Capacidad.	9	10
• Propagación del retardo.	9	10
• Longitud de los paquetes.	8	10
• Número de estaciones.	9	9
• Carga presente.	8	9
• Protocolo de acceso.	9	10
• Implementación de un Protocolo.	10	9
• Velocidades y Conectividad.	8	10
• Disponibilidad y Fiabilidad.	9	9
• Total de paquetes perdidos.	9	10
• Total de retardo de la red.	9	10
• Limitaciones de compartición y balanceo.	9	8
• Corrección y detección de errores.	10	6
• Nivel de redundancia construido dentro de la red.	9	10
<b>Promedio</b>	<b>8,86</b>	<b>9,2</b>

El siguiente gráfico muestra una comparación de los tipos de redes tomando en cuenta los indicadores de la variable independiente, aquí se ilustra los promedios de los valores tomados anteriormente.



**Figura IV.76. Comparación de Redes**

El siguiente gráfico muestra una comparación del control, detección y corrección de errores entre la red vía radio y una red ethernet, tomando en cuenta los indicadores de la variable dependiente, aquí se ilustra los promedios de los valores tomados anteriormente.



**Figura IV.77. Comparación de Control**

**Tabla IV. XXVI. Cuadro resumen de comparación de redes**

Indicadores		Ethernet		Radios	
X	Y	X	Y	X	Y
• Aplicaciones.	• Retardo.	8	8	6	8
• Amplias áreas de cobertura.	• Capacidad.	9	9	10	10
• Impresionante tasa de transferencia.	• Propagación del retardo.	9	9	10	10
• Flexibilidad.	• Longitud de los paquetes.	8	8	9	10
• Fiabilidad.	• Número de estaciones.	9	9	9	9
• Seguridad.	• Carga presente.	8	8	10	9
• Manejabilidad.	• Protocolo de acceso.	10	9	10	10
• Costos infraestructura.	• Implementación de un Protocolo.	9	10	8	9
• Movilidad.	• Velocidades y Conectividad.	9	8	9	10
• Desplazamiento.	• Disponibilidad y Fiabilidad.	8	9	9	9
• Escalabilidad.	• Total de paquetes perdidos.	9	9	10	10
• Garantía.	• Total de retardo de la red.	9	9	10	10
• Modulación de la señal.	• Limitaciones de compartición y balanceo.	9	9	8	8
• Soporta varios sistemas operativos.	• Corrección y detección de errores.	9	10	7	6
• Autenticación de Usuarios.	• Nivel de redundancia construido dentro de la red.	8	9	10	10

**Tabla IV. XXVII. Cuadro de valores para el cálculo del coeficiente de Pearson**

<b>N</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>XY</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>Y<sup>2</sup></b>
1	8	8	64	64	64
2	9	9	81	81	81
3	9	9	81	81	81
4	8	8	64	64	64
5	9	9	81	81	81
6	8	8	64	64	64
7	10	9	90	100	81
8	9	10	90	81	100
9	9	8	72	81	64
10	8	9	72	64	81
11	9	9	81	81	81
12	9	9	81	81	81
13	9	9	81	81	81
14	9	10	90	81	100
15	8	9	72	64	81
16	6	8	48	36	64
17	10	10	100	100	100
18	10	10	100	100	100
19	9	10	90	81	100
20	9	9	81	81	81
21	10	9	90	100	81
22	10	10	100	100	100
23	8	9	72	64	81
24	9	10	90	81	100
25	9	9	81	81	81
26	10	10	100	100	100
27	10	10	100	100	100
28	8	8	64	64	64
29	7	6	42	49	36
30	10	10	100	100	100
□	<b>266</b>	<b>271</b>	<b>2422</b>	<b>2386</b>	<b>2473</b>

### CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE PEARSON

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{30(2422) - (266)(271)}{\sqrt{(30(2386) - (266)^2)(30(2473) - (271)^2)}}$$

$$r_{xy} = \frac{(72660) - (72086)}{\sqrt{((71580) - (70756))(74190) - (73441)}}$$

$$r_{xy} = \frac{574}{\sqrt{(824)(749)}}$$

$$r_{xy} = \frac{574}{\sqrt{617176}}$$

$$r_{xy} = \frac{574}{785,6054}$$

$$r_{xy} = 0,730647 //$$

El coeficiente de correlación entre las variables X y Y, es significativo al 1 por mil por ser en valor absoluto superior a  $r(15, 0.001) = 0,73$



Figura IV.78. Distribución normal del coeficiente de Pearson

Las áreas sombreadas representan la zona de rechazo y la parte en blanco, la zona de aceptación de la hipótesis nula. Se ubica el valor de la tabla 0,381.

- **Ho:**  $|r_{xy}| < 0,381$   
Ho:  $|0,730647| < 0,381$   
Ho:  $0,730647 < 0,381$   
Ho: **No Satisface.**
  
- **H1:**  $|r_{xy}| \geq 0,381$   
H1:  $|0,730647| \geq 0,381$   
H1:  $0,730647 \geq 0,381$   
H1: **Si Satisface**

Dado que  $r_{xy} = 0,730647$  con un nivel de significación de 0.001 es mayor que 0,381, se rechaza la hipótesis nula Ho. Por tanto se acepta la hipótesis H1 comprobando que: “El estudio, diseño e implementación de una red de comunicaciones vía radio permitirá mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora así como una rápida detección y corrección de errores dentro del proceso de producción”.

**SIGNIFICACIÓN DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON**

**Tabla IV. XXVIII. Significación del coeficiente de correlación de Pearson**

Grados de libertad v	Niveles de significación				
	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.988	0.997	0.999	1	1
2	0.9	0.95	0.98	0.99	0.999
3	0.805	0.878	0.934	0.959	0.991
4	0.729	0.811	0.882	0.917	0.974
5	0.669	0.754	0.833	0.874	0.951
6	0.622	0.707	0.789	0.834	0.925
7	0.582	0.666	0.75	0.798	0.898
8	0.549	0.632	0.716	0.765	0.872
9	0.521	0.602	0.685	0.735	0.847
10	0.497	0.576	0.658	0.708	0.823
11	0.476	0.553	0.634	0.684	0.801
12	0.458	0.532	0.612	0.661	0.78
13	0.441	0.514	0.592	0.641	0.76
14	0.426	0.497	0.574	0.623	0.742
15	0.412	0.482	0.558	0.606	0.725
16	0.4	0.468	0.542	0.59	0.708
17	0.389	0.456	0.528	0.575	0.693
18	0.378	0.444	0.516	0.561	0.679
19	0.369	0.433	0.503	0.549	0.665
20	0.36	0.423	0.492	0.537	0.652
25	0.323	0.381	0.445	0.487	0.597
30	0.296	0.349	0.409	0.449	0.554
35	0.275	0.325	0.381	0.418	0.519
40	0.257	0.304	0.358	0.393	0.49
45	0.243	0.288	0.338	0.372	0.465
50	0.231	0.273	0.322	0.354	0.443
60	0.211	0.25	0.295	0.325	0.408
70	0.195	0.232	0.274	0.302	0.38
80	0.183	0.217	0.256	0.283	0.357
90	0.173	0.205	0.242	0.267	0.337
100	0.164	0.195	0.23	0.254	0.321

## CONCLUSIONES

- Se diseñó, implementó y configuró una red de comunicaciones vía radio aplicando las herramientas tecnológicas actuales que permitieron fusionar la parte informática y electromecánica, aprovechando su uso en el aprendizaje didáctico del laboratorio de Automatización industrial y en las empresas industriales.
- Se realizó el estudio de redes de comunicación vía Radio, para diseñar, configurar e implementar de una red de comunicación de este tipo.
- Para alcanzar una optima transmisión de datos, se analizó los diferentes protocolos, frecuencias, arquitectura y equipos utilizados,
- Para complementar la línea de envasado dentro del laboratorio de Automatización industrial, Se Implementó y configuró una red de comunicaciones vía radio,
- Las comunicaciones dentro de las industrias se han vuelto un aspecto muy importante ya que mediante ellas se pueden controlar los procesos y operaciones de una manera más eficiente y centralizada, permitiendo mejorar la calidad y garantizando la correcta operación.
- Para el desarrollo del monitoreo se utilizo el software Lookout que emplea elementos de control de fácil manejo, permitiendo de esta manera desarrollar una interfaz intuitiva para el usuario, tomando en cuenta que el Software proporciona la posibilidad de interconectar y configurar los dos distintos tipos de autómatas que utilizamos para el control de los módulos industriales.

- La metodología de desarrollo de software orientada a objetos de H.C. Larman, fue adaptada para cubrir todas las etapas de un proyecto mecatrónico, incluyéndose fases de desarrollo e implementación mecánica, electrónica y neumática.
- Después del análisis de la hipótesis propuesta mediante el Juicio de Expertos se ha llegado a la conclusión que la red de comunicaciones Vía Radio es una de las redes utilizadas que brindan varias ventajas de comunicación y velocidad en la transmisión de datos, sobre las otras tecnologías desarrolladas con este propósito.

## RECOMENDACIONES

- Al empezar el desarrollo de un proyecto mecatrónico se debe analizar las diferentes metodologías de desarrollo existentes, luego de esto se debe seleccionar aquella que más se adapte a las características del proyecto, teniendo en cuenta que deberá realizarse modificaciones a dicha metodología, ya que a mas de desarrollo de software se deben integrar procesos mecatrónicos.
- Durante todo el proceso de desarrollo, tanto físico como lógico, se deben ir realizando pruebas continuas, ya que de esta forma se evita la pérdida de tiempo y se asegura el éxito del proyecto.
- En caso de que se necesiten realizar modificaciones en el sistema, es indispensable estudiar el capítulo de desarrollo del presente trabajo y a los usuarios leer detenidamente el manual de usuario para una correcta utilización de la red de comunicaciones vía radio.
- Se deben utilizar materiales diseñados propiamente para ambientes industriales de esta manera se podrá garantizar el eficiente funcionamiento y la durabilidad de los equipos.

## RESUMEN

Se diseñó e implementó una red de Comunicaciones Vía Radio en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con lo cual se logró interconectar un módulo industrial existente en el laboratorio de automatización y simular las secciones de una fábrica. En el diseño e implementación de la red se empleó el protocolo IEEE 802.11a para LANs Inalámbricas, además se utilizó un módulo industrial (Módulo de una Envasadora Automática), 2 Equipos para la Comunicación Vía Radio (Antena Wireless de la Serie Halo 802.11a Outdoor AP, Una fuente de Poder sobre Ethernet (POE), Adaptador de poder, Cable de poder), 1 Switch para conectar con el POE, Cables de red UTP Categoría 5, un computador de última generación, para el control automático se utilizó un Controlador Lógico Programable Twido TWDLCAE 40 DRF. Para la simulación secuencial de procesos se implementó ecuaciones Grafcet (tipo bloques) mediante programación Ladder (escalera) las cuales se programaron en TwidoSuite, la monitorización e interfaz gráfica de administración, se realizó mediante Lookout. Con la utilización de tecnología Wireless de las antenas de radio, se logró integrar el módulo de la Envasadora Automática en una red de comunicaciones Vía Radio que permite una transmisión confiable, segura y en tiempo real de los datos, además permitirá mejorar el control en el funcionamiento de la envasadora así como una rápida detección y corrección de errores dentro del proceso de producción. Se recomienda integrar la red con los diferentes Módulos industriales existentes en el laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas, especialmente en la parte práctica de la materia de Automatización Industrial, para interactuar con equipos Industriales en tiempo real y de manera práctica.

## SUMMARY

A communication net Via Radio was designed and implemented at the Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Systems Engineering Industrial Automation Lab achieving to connect an industrial module at the automation laboratory and simulate factory sections.

The protocol IEEE 802.11 was designed and implemented for cordless LAN, also an industrial module was used (Module of an automatic packer), as well as 2 equipments to Communicate Via Radio (wireless Antenna) of the series Halo 802.11a Outdoor AP, a Power Source on Ethernet (POE) Power Adaptor, Power Cable, 1 Switch to connect whit the POE, Net Cables UTP Category 5, a computer of last generation, a Programmable Logic Control Twido TWDLCAE 40 DFR.

Grafcet Equations (types block) for the sequential simulation of processes by means of Ladder program in Twido Suite, the monitoring and graphical management interface was carried out by Lookout.

With the usage of wireless technology, the module of the automatic packer was integrated on a net of communications via radio for a trustful transmission, and in real data time to improve the packer function control and a fast detection of errors inside the production model.

It is recommended to integrate the net with different industrial modules at the lab of the Systems Engineering School Automation, especially on the practical part of the subject matter to interact with industrial equipment in real time and practical way.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **AUTOMATIZACIÓN**

Automatización es la tecnología que trata de la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción.

### **MODBUS**

El protocolo industrial de comunicaciones Modbus apareció en 1979 y fue desarrollado por la Gould Modicon ahora AEG Schneider Automation, para transmitir y recibir datos de control entre los controladores PLC y el computador.

### **LOOKOUT**

Lookout es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico. 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 Linux. La versión actual 8.6, publicada en Agosto de 2008, cuenta también con soporte para Windows Vista.

### **OPC (OLE par el control de Procesos)**

OPC es la forma abreviada de "OLE for Process Control" y significa tecnología OLE para el control de procesos. OPC es una interfaz estándar basada en los requerimientos de la tecnología OLE/COM y DCOM de Microsoft, que facilita el intercambio de datos en forma estandarizada y simple entre aplicaciones de control y automatización, entre dispositivos y sistemas de campo y entre aplicaciones administrativas y de oficina.

## **PLC (Controlador Lógico Programable)**

Los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller por sus siglas en inglés), son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial, están diseñados para controlar en tiempo real procesos secuenciales en un medio industrial. Su manejo y programación puede ser realizada por personal electricista, electrónico o de instrumentación, sin conocimientos de informática.

## **GRAFCET**

Es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar, y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

## **LADDER**

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

## **MECATRÓNICA**

Es una integración interdisciplinaria que une a materias de las carreras de ingeniería en sistemas, Ing. electrónica, Ing. mecánica, y automatización, su fin es el de crear, innovar y reparar los sistemas mecatrónicos de una industria.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

#### **COMUNICACIONES INALAMBRICAS**

<http://www.monografias.com/trabajos16/comunicacion-inalambrica/comunicacion-inalambrica.shtml>

2010/09/21

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/alvarado\\_s\\_ja/capitulo\\_1.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/alvarado_s_ja/capitulo_1.html)2010/09/21

<http://www.efn.uncor.edu/escuelas/computacion/introduccionsistemas mimo.pdf>

2010/09/21

<http://www.superrobotica.com/radio.htm>

2010/10/05

<http://s3.amazonaws.com/lcp/malvasanchez/myfiles/propagacion-de-ondas-electromagneticas.pdf>

2010/10/05

[http://grupos.emagister.com/documento/comunicaciones\\_via\\_radio/1140-63153](http://grupos.emagister.com/documento/comunicaciones_via_radio/1140-63153)

2010/10/05

#### **COMUNICACIÓN VÍA RADIO**

[http://es.wikipedia.org/wiki/sistemas\\_de\\_comunicaciones\\_m%c3%b3viles](http://es.wikipedia.org/wiki/sistemas_de_comunicaciones_m%c3%b3viles)

2019/10/15

[http://www.slideshare.net/dieguito\\_h\\_dcr/redes-de-comunicacion](http://www.slideshare.net/dieguito_h_dcr/redes-de-comunicacion)

2010/10/20

<http://www.agapea.com/libros/comunicaciones-inalambricas-un-enfoque-aplicado--isbn-8478976213-i.htm>

2010/10/21

<http://www.agapea.com/libros/comunicaciones-inalambricas-un-enfoque-aplicado--isbn-8478976213-i.htm>

2010/10/21

[http://es.wikipedia.org/wiki/servicio\\_general\\_de\\_paquetes\\_v%c3%ada\\_radio](http://es.wikipedia.org/wiki/servicio_general_de_paquetes_v%c3%ada_radio)

2010/10/21

## **MECATRÓNICA**

<http://es.wikipedia.org/wiki/mecatr%c3%b3nica>.

2010/09/15

<http://mecatronica-portal.com/2007/07/23/sistema-mecatrónico>

2010/09/15

[http://es.wikipedia.org/wiki/sistema\\_de\\_control](http://es.wikipedia.org/wiki/sistema_de_control)

2010/09/17

## **PROCOLO MODBUS.**

<http://www.automatas.org>

2010/10/10

<http://www.cea-ifac.es>

2010/10/19

<http://www.modbus.org>.

2010/10/20

<http://www.applicom-int.com>

2010/10/21

# **ANEXOS**

# **ANEXO I**

## **Manual de Usuario.**

## **INTRODUCCION**

Es necesario el conocer el funcionamiento y los principales aspectos que conforman un sistema, es por este motivo que los manuales nos sirven de guía para poder operar y administrar los sistemas, de esta manera se podrá obtener el mejor rendimiento del mismo permitiendo que cumplan con todos los requerimientos que demanda el usuario. El presente manual contiene información básica de cómo utilizar e instalar la Red de Comunicaciones Vía Radio.

## **INSTALACION**

El buen funcionamiento de esta Red está sujeto a ciertos requerimientos mínimos de Hardware y Software que se detallan a continuación.

## **REQUERIMIENTOS HARDWARE**

### **Hardware**

- Un módulo industrial (Módulo de una Envasadora Automática disponible en el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería en Sistemas).
- 2 EQUIPOS PARA COMUNICACION VIA A RADIO.
  - Antena Wireless (Serie Halo 802.11a Outdoor AP).
  - Poder sobre Ethernet (POE).
  - Adaptador de poder.
  - Cable de poder.
- Un PLC (Controlador Lógico Programable) Twido TWDLCAE 40 DRF.
- 1 Switch para conectar con el POE.
- Cables de red UTP Categoría 5.

- Un computador Dual Core (2 GB en RAM, 1 Disco Duro de 120 GB, Procesador Intel Dual Core de 2.8 Ghz, Bus del Sistema de 800 Mhz, Tarjeta de red externa fase ethernet 10/100, MONITOR DE 17 PULG.)

## **REQUERIMIENTOS SOFTWARE**

### **Software**

- Microsoft XP Profesional.
- Herramientas de Ofimática.
- Twido Suite 2.20
- Lookout 6.2

## **INICIO DE LA APLICACIÓN**

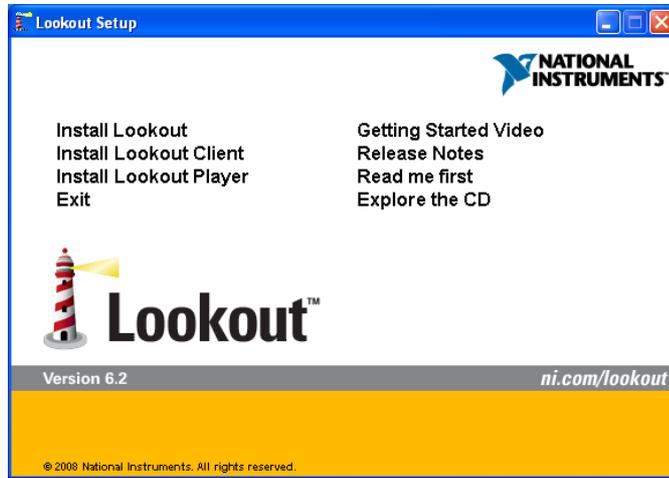
Antes de iniciar el proceso de monitoreo del Módulo de la Envasadora Automática debemos realizar la instalación de los Software necesarios para ejecutar los programas de control, además debemos realizar la configuración de la red de comunicación Vía Radio para la transmisión y recepción de los Datos.

### **Instalación de Lookout 6.2.**

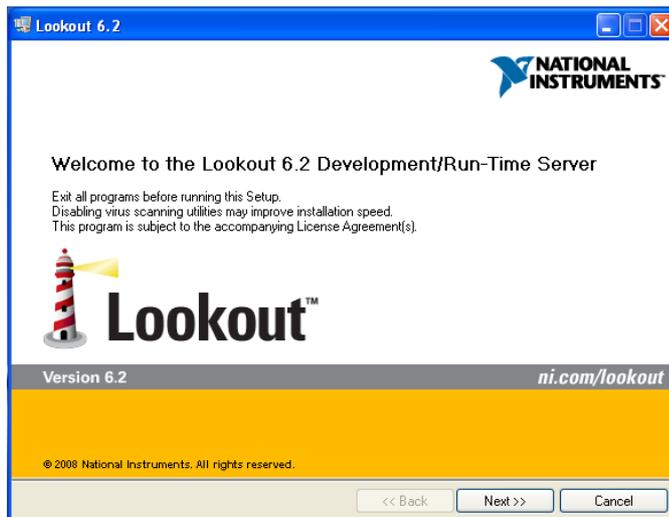
La instalación de este Software para procesos industriales nos permitirá ejecutar el programa donde se encuentra las Interfaces para poder monitorear el proceso de Envasado del Módulo.

A continuación se detalla el proceso de instalación de Lookout 6.2:

- **Ventana de inicio de Instalación.**



- **Ventana de Bienvenida de la Instalación.**



- **Ventana para la Información de Usuario.**

Lookout 6.2

**User Information**  
Enter the following information.

NATIONAL INSTRUMENTS

Full Name: CESAR

Organization: HOME

Serial Number: Q57P10264

<< Back   Next >>   Cancel

- **Ventana del Directorio de Instalación.**

Lookout 6.2

**Destination Directory**  
Select the primary installation directory.

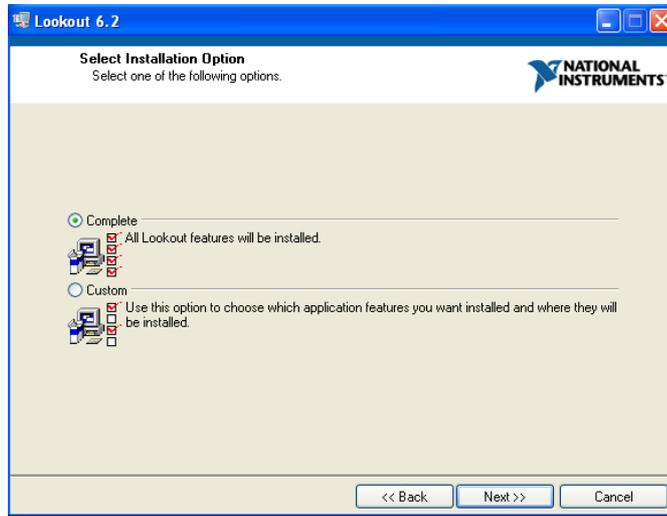
NATIONAL INSTRUMENTS

All National Instruments software will be installed in the following folder. Lookout will be installed in the "Lookout 6.2" sub-folder. To install into a different folder, click the Browse button, and select another folder. To choose individual component locations, choose "Custom" installation type on the next dialog.

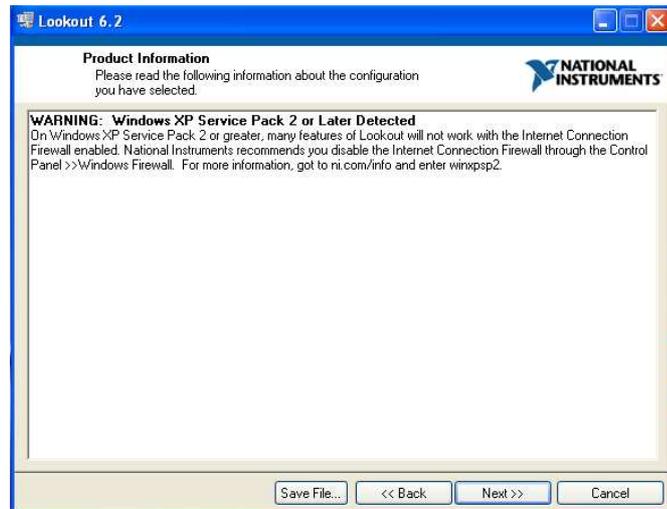
Destination Directory  
C:\Archivos de programa\National Instruments\   Browse...

<< Back   Next >>   Cancel

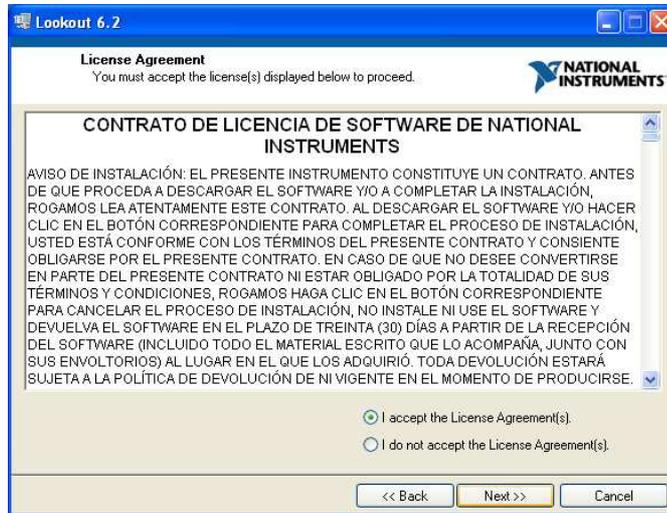
- **Ventana de Opciones de Instalación.**



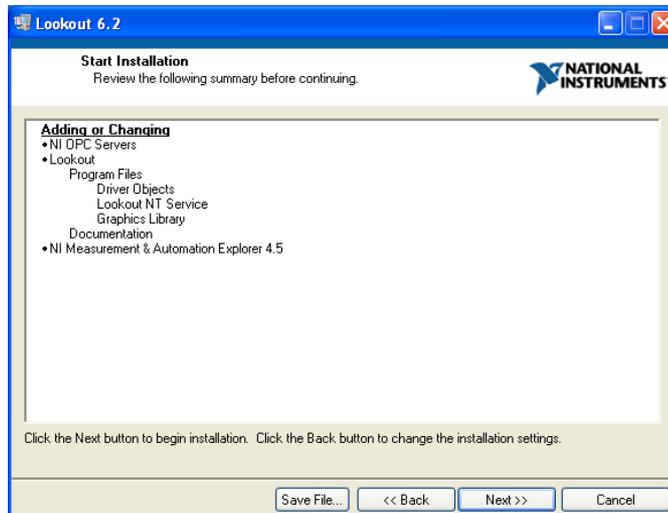
- **Ventana de Información del Producto.**



- **Ventana del Contrato de Licencia.**



- **Ventana de inicio de Instalación.**



- Cargando archivos de Instalación.

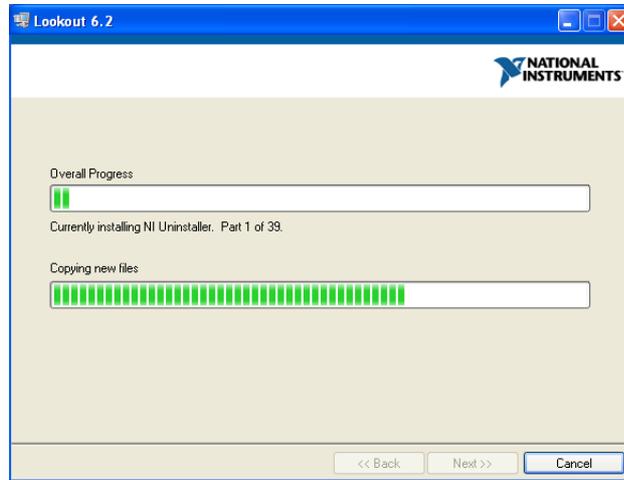
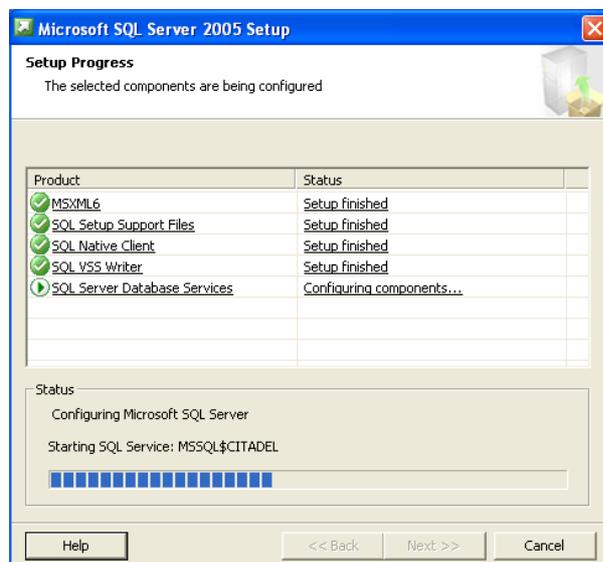
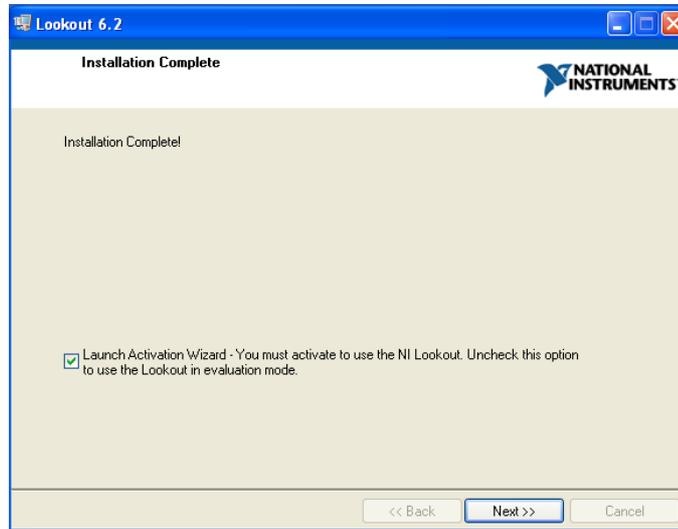


Figura IV.86. Archivos de Instalación

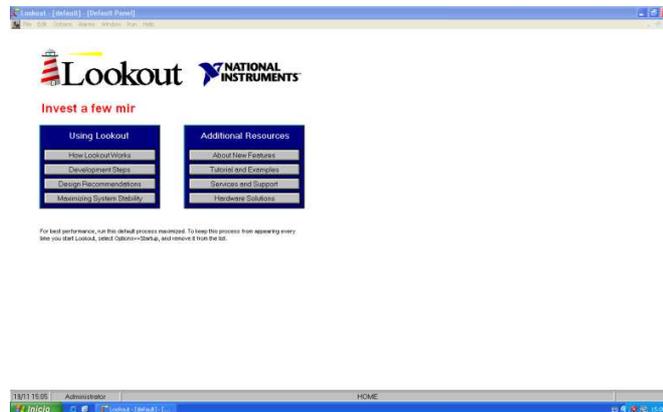
- Ventana del progreso de Instalación.



- **Ventana de Instalación Completa.**



- **Inicio del Sistema.**

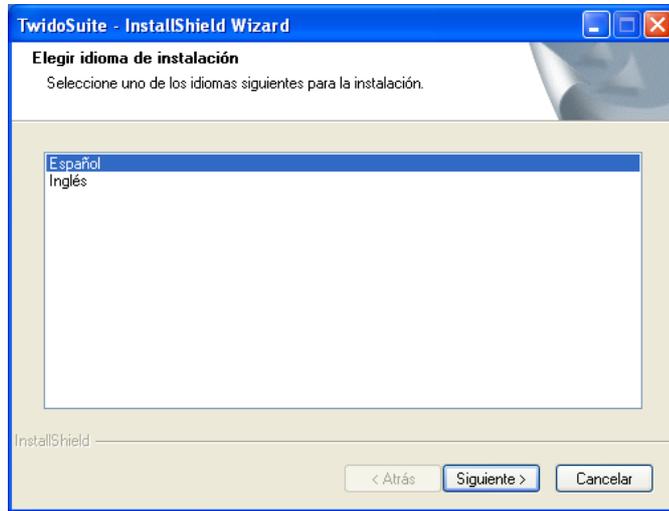


## **Instalación de Twido Suite 2.20.**

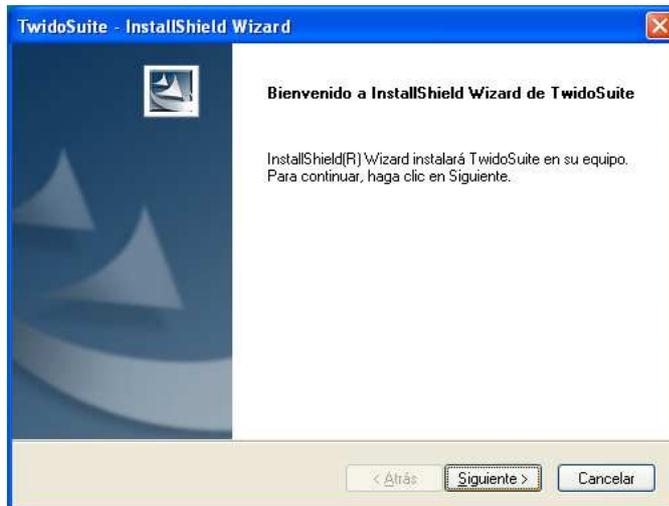
La instalación de este Software para programar procesos industriales nos permitirá implementar la secuencia de movimientos del Módulo de la Envasadora Automática y configurar el PLC cargando el programa en su memoria.

A continuación se detalla el proceso de instalación de Twido Suite 2.20:

- **Ventana de selección de idioma de Instalación.**



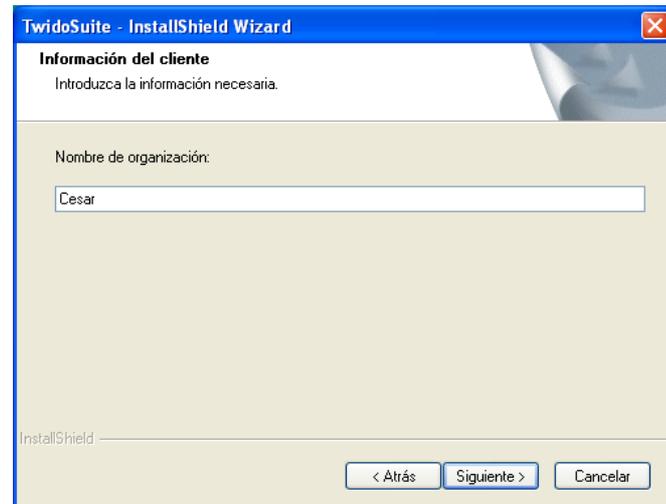
- **Ventana de Bienvenida de Instalación.**



- **Ventana de Contrato de Licencia.**



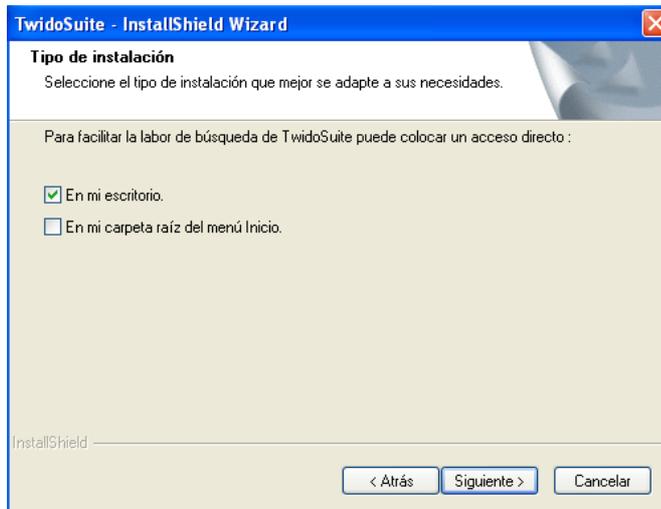
- **Ventana de Información del Usuario.**



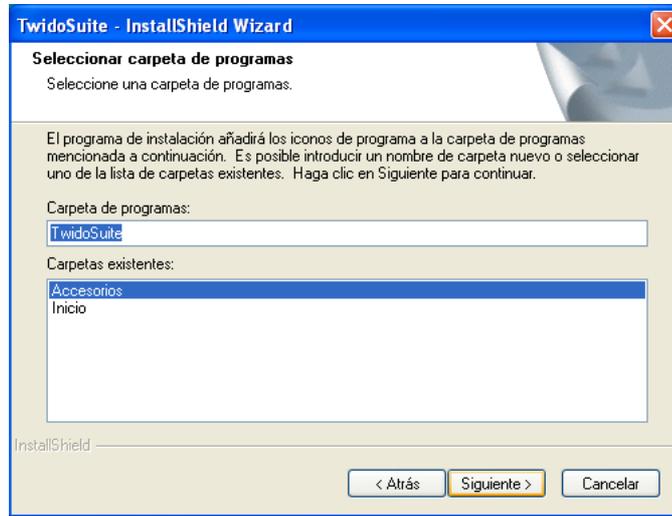
- **Ventana de Ubicación de Destino.**



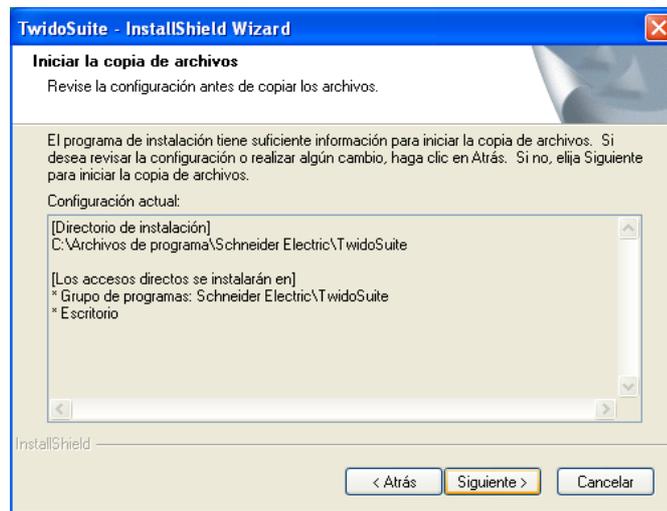
- **Ventana para escoger el tipo de Instalación.**



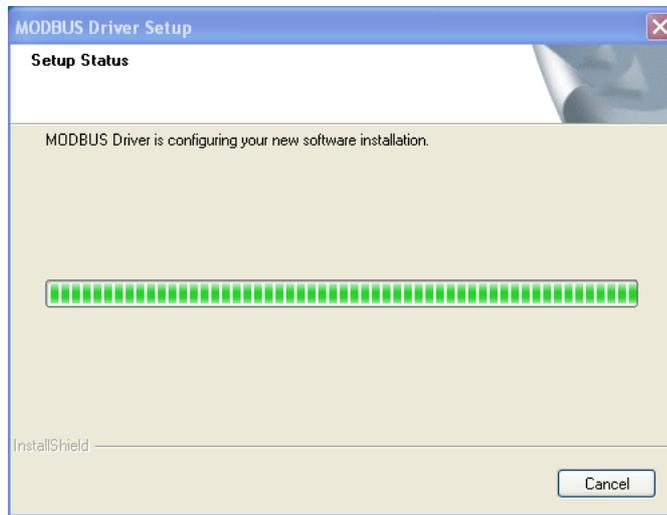
- **Ventana para seleccionar la ubicación del programa.**



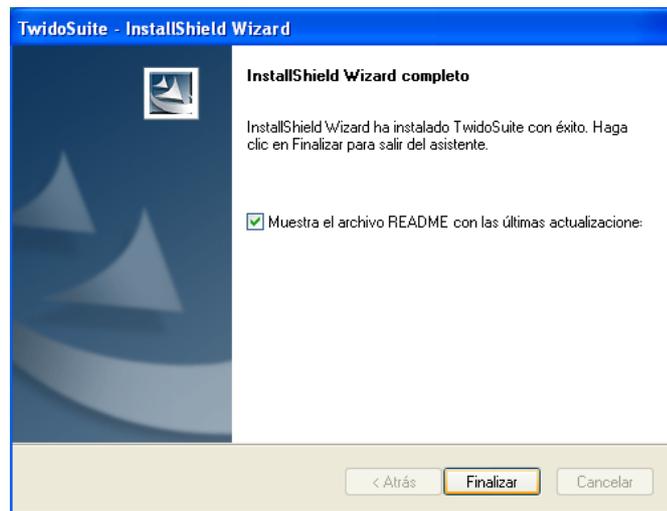
- **Ventana de inicio de la Instalación.**



- **Ventana del progreso de Instalación.**



- **Ventana de Fin de la Instalación.**



- **Ventana de Inicio del Programa.**



- **Ventana de Inicio.**

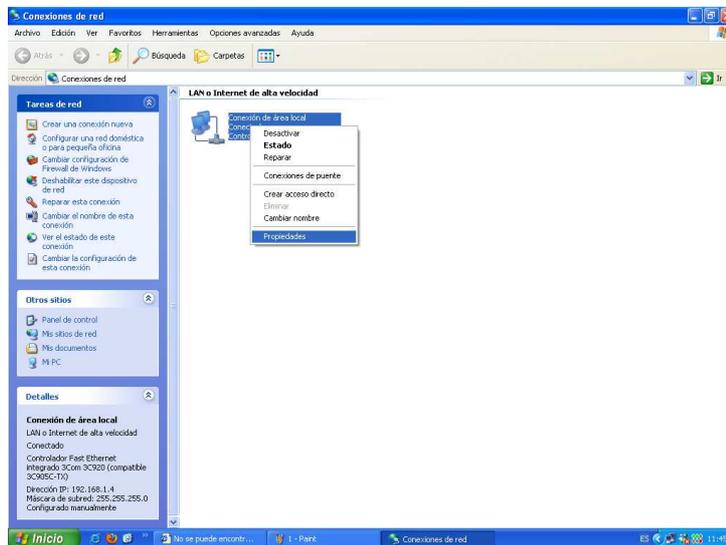


## **CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RADIO.**

Antes de empezar a configurar nuestros equipos de radio para la transmisión de datos, debemos configurar nuestra estación de trabajo creando una red LAN Ethernet y asignando una dirección IP y su respectiva máscara de subred.

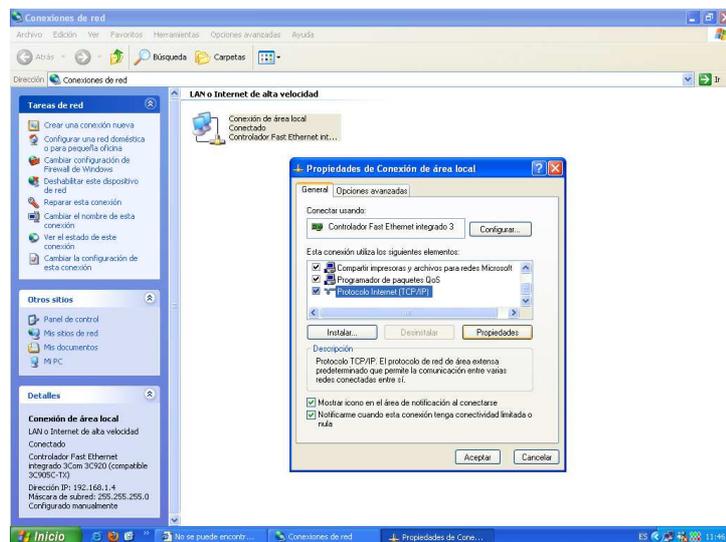
## Ventana de Configuración de Red.

Para la configuración nos vamos a conexiones de red, hacemos clic derecho sobre la conexión de área local e ingresamos en propiedades como se muestra a continuación.



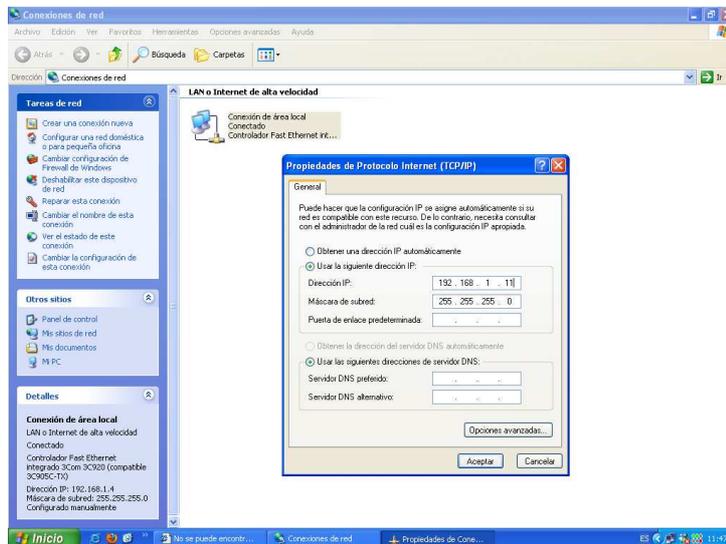
## Ventana Protocolo de Internet.

Luego ingresamos en Protocolo de internet y hacemos clic en propiedades y aceptamos.



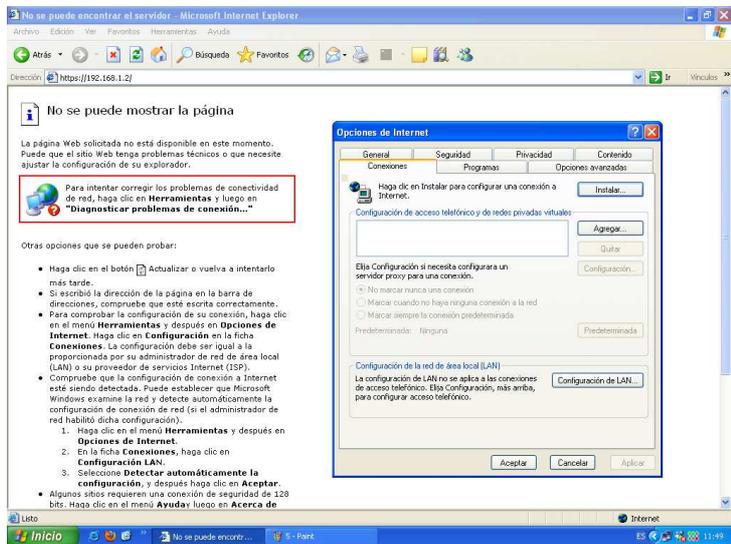
## Ventana Propiedades de Protocolo de Internet.

Al aceptar se va a mostrar la ventana Propiedades de Protocolo de Internet en donde podemos asignarle nuestra dirección Ip y su respectiva Máscara de Subred.



## Ventana Explorador de Internet para deshabilitar el Servidor Proxy.

En caso de que nuestra estación de trabajo tenga asignada una dirección Proxy debemos deshabilitarla para no tener conflictos con nuestra red de transmisión. Abrimos un explorador de internet, en el menú principal ingresamos en herramientas, opciones de internet, hacemos clic en la pestaña de Conexiones y aceptamos.



## Ventana configuración de Red.

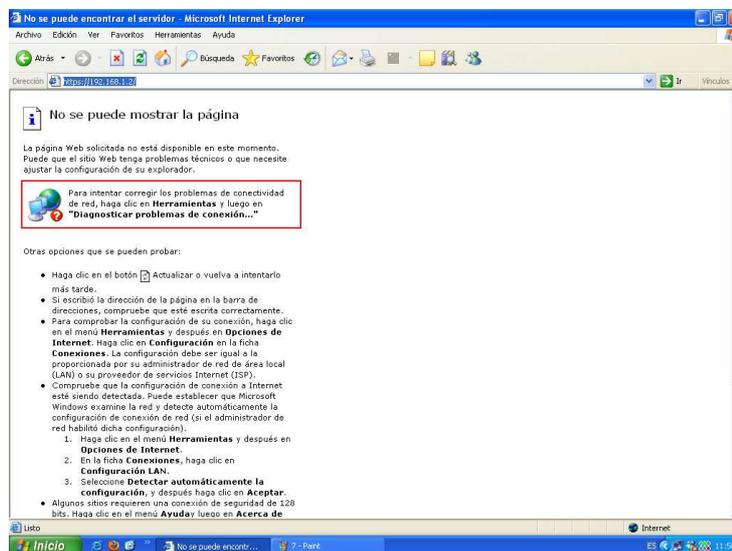
Deshabilitamos el Servidor Proxy que estemos utilizando para no tener conflictos con nuestra red de Comunicación Vía Radio.



## Ventana Explorador de Internet para configurar los Equipos de Radio.

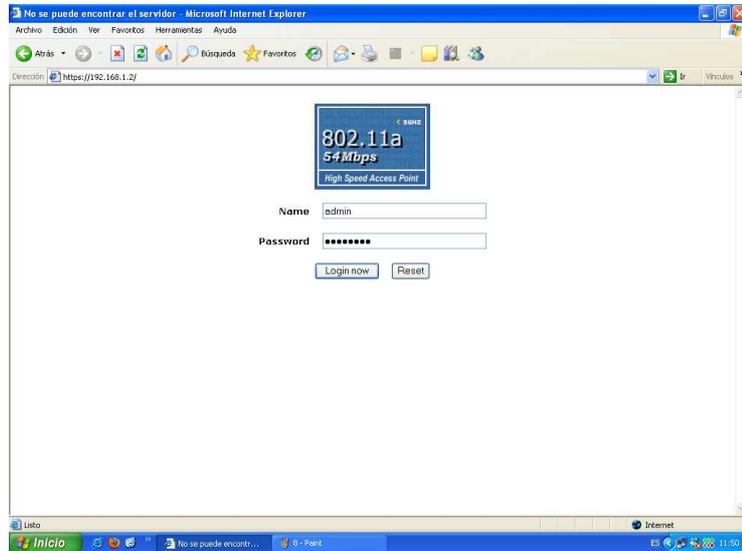
Una vez configurada nuestra estación de trabajo, procedemos a configurar nuestras antenas de radio para la comunicación y control del Módulo de Envasado Automático.

Los Radios tienen una interfaz gráfica para su configuración a la cual accedemos abriendo nuestro explorador de internet, en el link de direcciones ponemos la siguiente dirección <http://192.168.1.1/> para el radio emisor o <http://192.168.1.2/> que son las direcciones de nuestros radios ya establecidos.



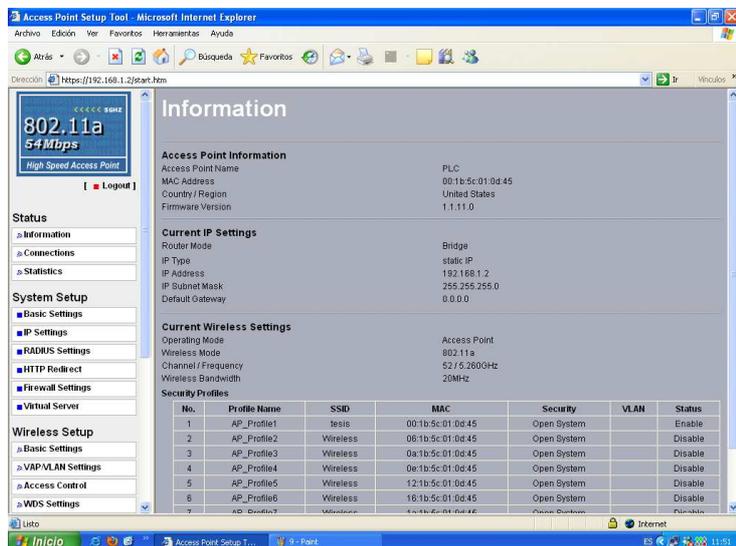
## Ventana de Inicio de Sesión para configurar los Radios.

Al ingresar en este link se va abrir una ventana donde solo usuarios autorizados pueden ingresar para configurar los radios según sean las necesidades de transmisión, en esta ventana se debe ingresar el nombre de Usuario y su Password como se muestra a continuación:



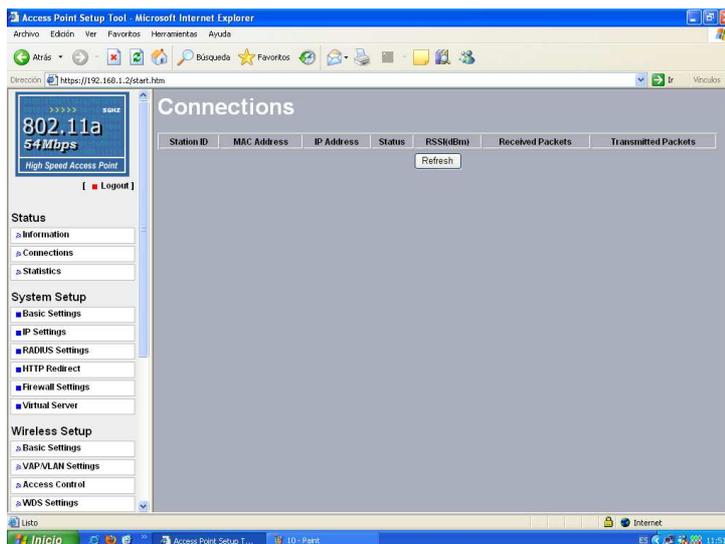
## Ventana de Información general de los Radios.

A continuación podemos configurar nuestros radios según sea la necesidad de nuestra red. La primera pantalla de configuración que se muestra es una pantalla de la información general de nuestro radio, como su dirección Ip que puede ser cambiada, su nombre, su modo de transmisión.



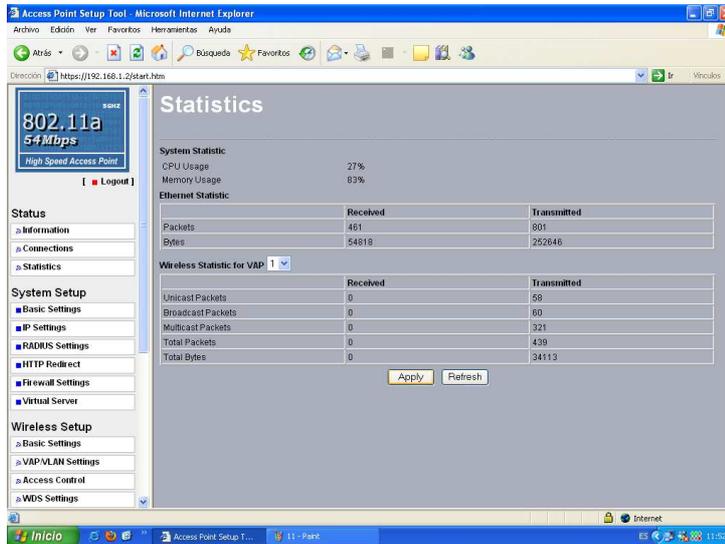
## Ventana de Conexiones de Red.

Esta opción nos permite visualizar las diferentes conexiones, esta información es útil para identificar a los clientes en la red, solo debemos hacer clic en el botón para que se actualice la lista de conexiones.



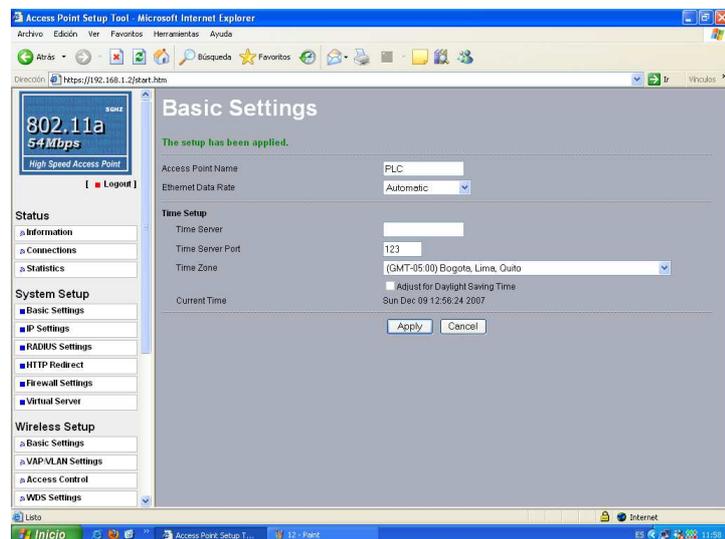
## Ventana de estadísticas de datos transmitidos.

En esta ventana se muestra las estadísticas de transmisión como: número de paquetes transmitidos y recibidos, número de bytes transmitidos y recibidos, así como el total de datos transmitidos.



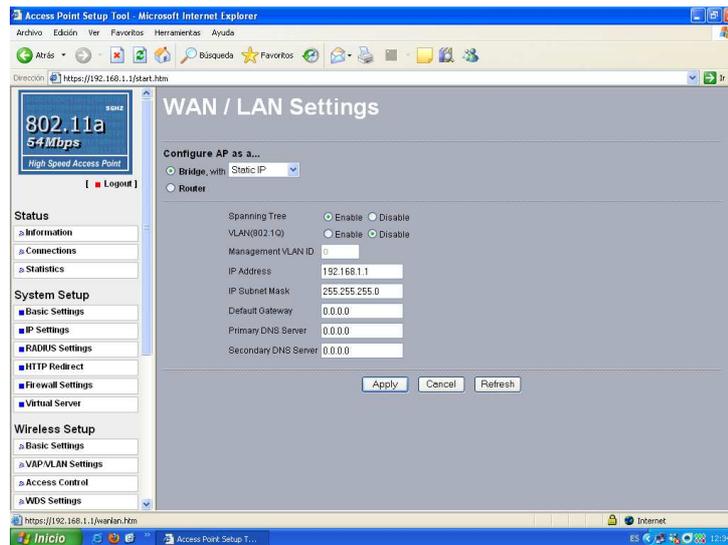
### Ventana de Configuración Básica del punto de acceso.

La siguiente ventana muestra la configuración básica como el Nombre del Access Point, el nombre del País o región donde se ha configurado la red, la zona, el tiempo de servidor, así como el tiempo actual de acceso.



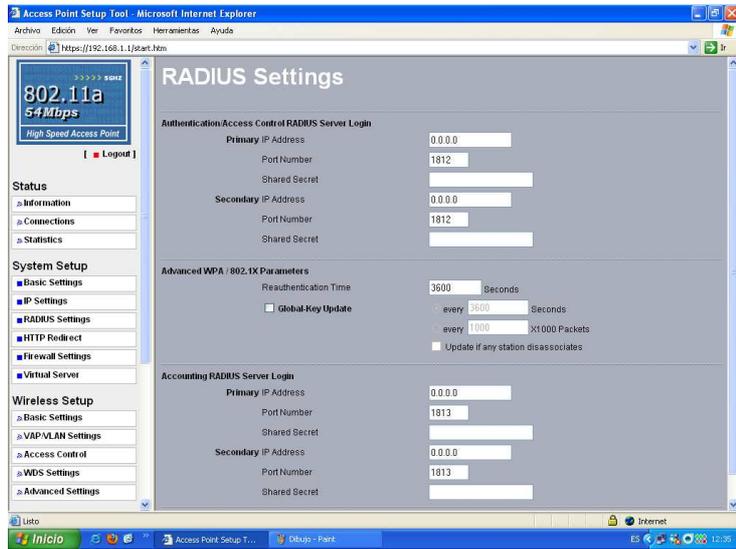
## Ventana de configuración WAN/LAN.

En esta ventana se puede configurar nuestro radio en modo puente o en modo Router, se pueden cambiar las direcciones IP's, asignar puertos de enlace, se puede asignar servidores DNS primario y secundarios.



## Ventana configuración de Radio.

El Radio es un servidor para la autenticación de usuario remota. Puede usarse en cualquier red que necesita una autenticación centralizada y/o servicio de contabilidad para sus puestos de trabajo.



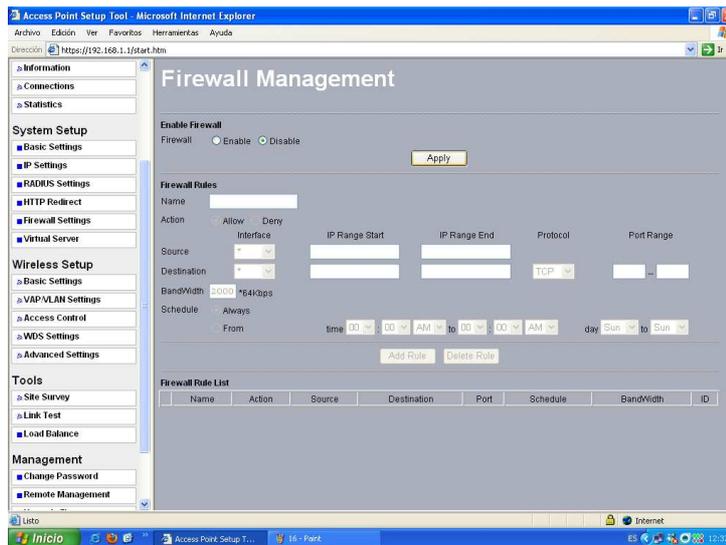
### Ventana para conexión de internet.

En esta ventana podemos utilizar nuestro radio para conectarnos a Internet ingresando una dirección URL deseada para navegar por internet.



## Ventana de configuración Firewall.

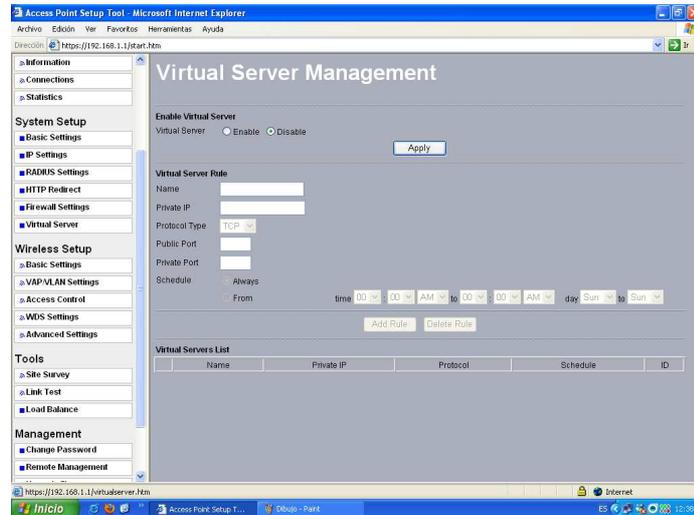
Nuestro radio también tiene la opción de configurarlo como un firewall que nos permitirá filtrar información no deseada, así como protocolos de acceso recibiendo solo la información requerida.



## Ventana de Servidor Virtual.

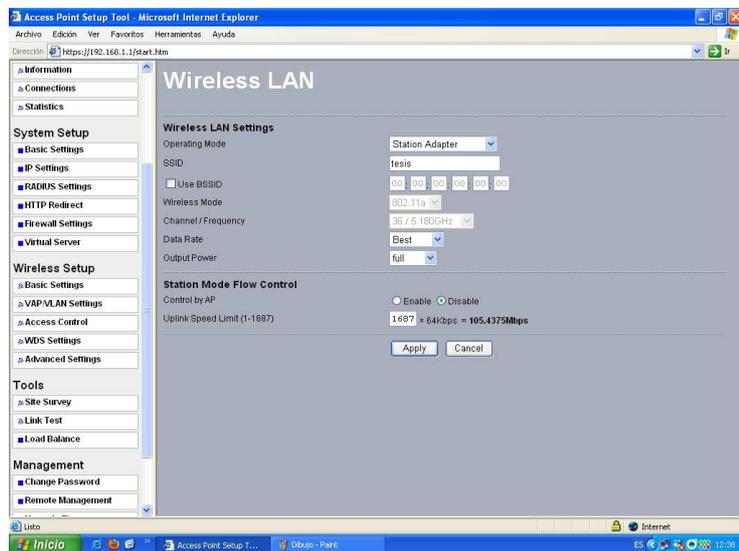
Esta ventana nos permite configurar el radio como servidor virtual, esta configuración es permitida siempre y cuando nuestro radio este en modo Router.

Con esta configuración podemos transmitir archivos, enviar correos electrónicos desde nuestro PC.



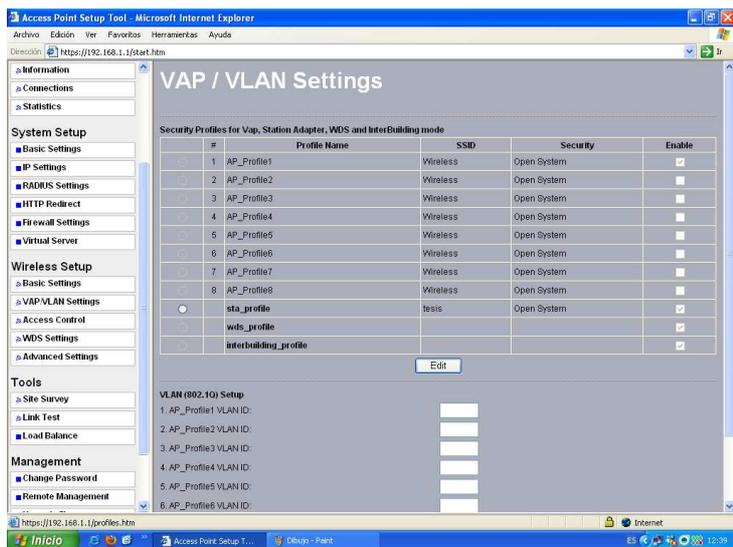
## Ventana de Modo de operación.

Nuestro radio puede operar en cinco modos diferentes: Punto de Acceso, Puente Inalámbrico, Repetidor Inalámbrico, Adaptador de Estación y como Wireless para interior de edificios.



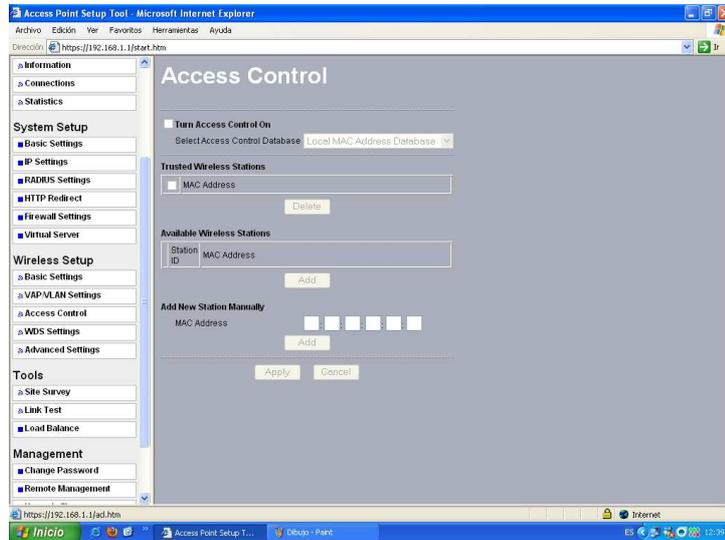
## Ventana para configurar redes virtuales.

Los radios tienen la opción de configurar 8 redes LAN Virtuales Inalámbricas, en caso de ser necesario, esta opción nos permite ahorrar costos en infraestructura de red, espacio físico y tendido de cable.



## Ventana para agregar puntos de acceso.

En esta ventana se puede configurar el control de acceso de los usuarios a nuestra red, ingresando direcciones Mac de nuevas estaciones para permitirles el acceso

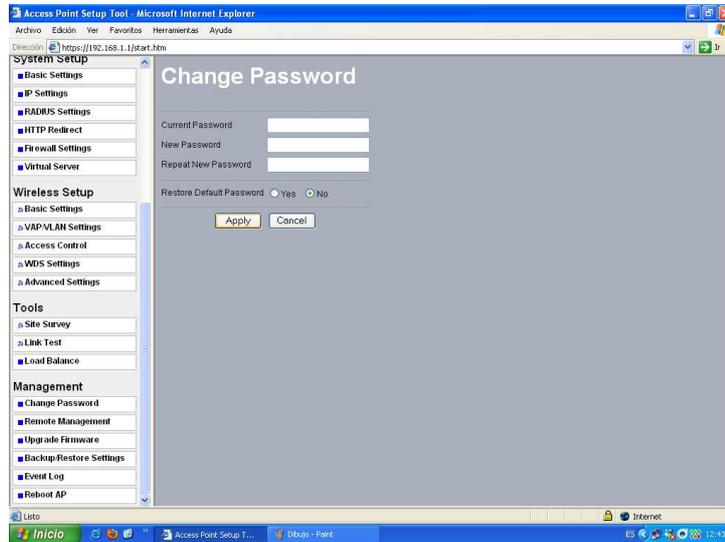


## **Ventana para cambiar el nombre de Usuario y Contraseña de los Radios.**

Aquí usted puede hacer los ajustes a su contraseña actual o predefinida. Siga los pasos siguientes para cambiar la contraseña:

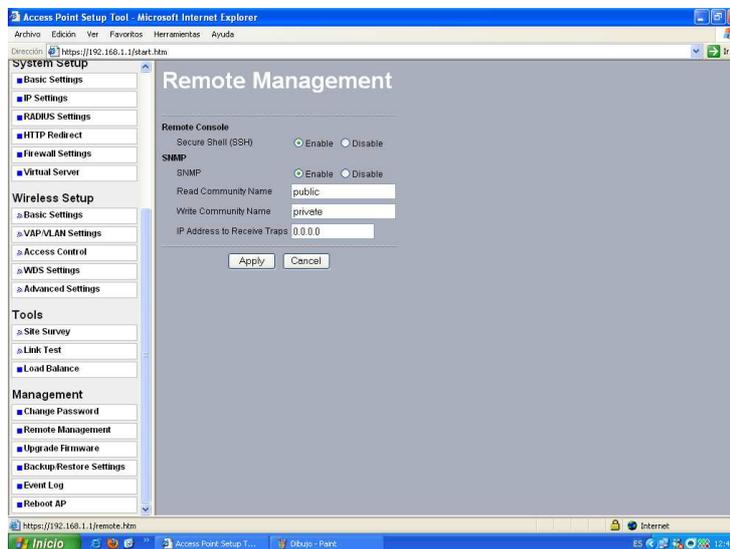
1. Ingrese su contraseña actual en el campo de la Contraseña Actual.
2. Ingrese su nueva contraseña en el campo de Contraseña Nueva.
3. Ingrese nuevamente la contraseña nueva.
4. Finalmente, haga clic "Aplique" para guardar los cambios.

También, si usted desea restaurar a la contraseña de fábrica.



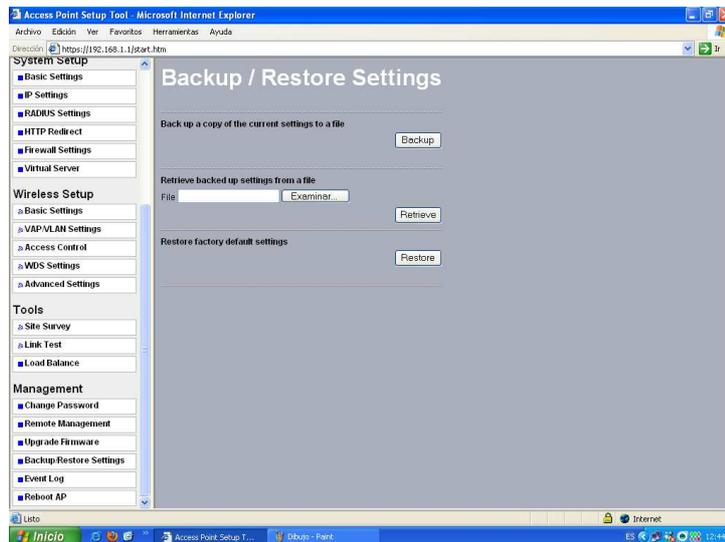
## Ventana para realizar Administración Remota.

Esta pantalla nos permite realizar una administración remota en equipos situados en diferente lugar.



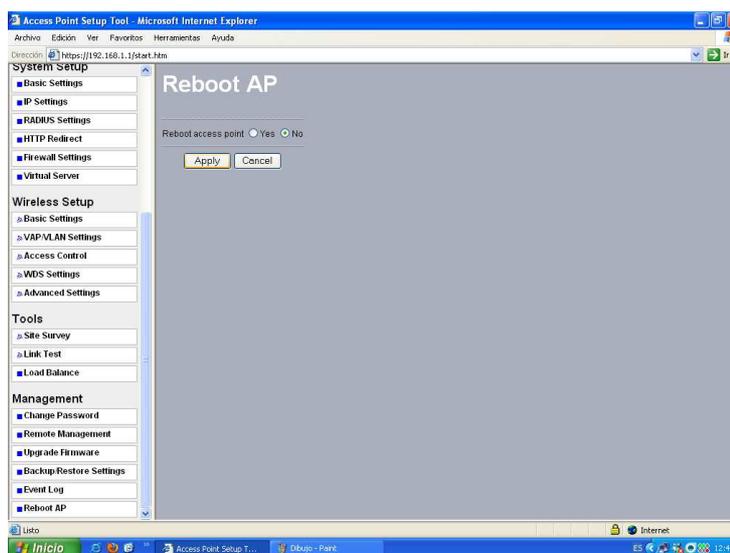
## Ventana para restaurar los Equipos a su configuración de Fábrica.

Esta pantalla nos permite restaurar los equipos a su configuración de fábrica en caso de que la configuración realizada tenga problemas en la conexión.



## Ventana para reiniciar los Radios.

Esta pantalla nos permite reiniciar el radio para guardar las configuraciones realizadas en el.



## PROGRAMA DE MONITOREO DEL PROCESO DE ENVASADO

### Ventana de Inicio de nuestro sistema.

Esta es la pantalla de inicio de nuestra aplicación de monitoreo la cual muestra información sobre el tema de tesis, donde fue realizada y por quien fue realizada. Estas interfaces fueron diseñadas en el software para procesos industriales LOOKOUT 6.2 el cual ofrece numerosos componentes con los que se puede trabajar y que se ajustaron al proceso industrial que se implemento.

Para ingresar al sistema de monitoreo la pantalla inicial tiene un botón de inicio "MENÜ" que al presionar ingresará al menú principal del sistema.

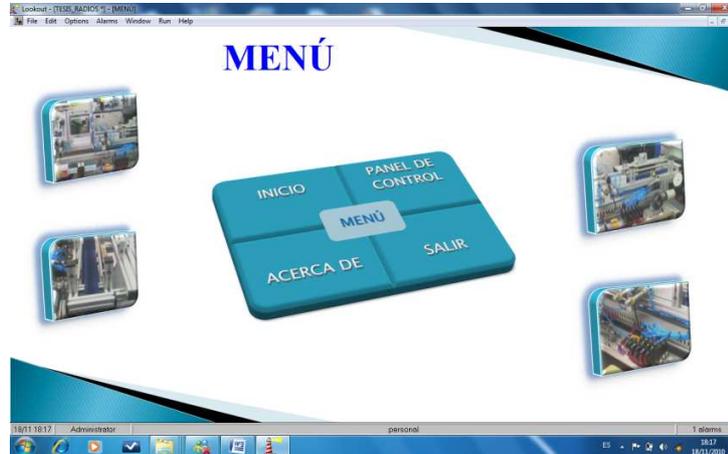


### Ventana con el Menú de Opciones de nuestro Sistema.

La siguiente pantalla muestra el menú principal del programa de monitoreo, este menú tiene cuatro opciones:

- Botón (INICIO) para volver a la pantalla Inicial.
- Botón (PANEL DE CONTROL) para ingresar a la pantalla donde se monitorea el proceso Automático de Envasado.
- Botón (ACERCA DE) que ingresa a la pantalla de información.

- Botón (SALIR), que sirve para regresar a la pantalla inicial y salir del sistema.



### **Ventana para controlar la comunicación Vía Radio.**

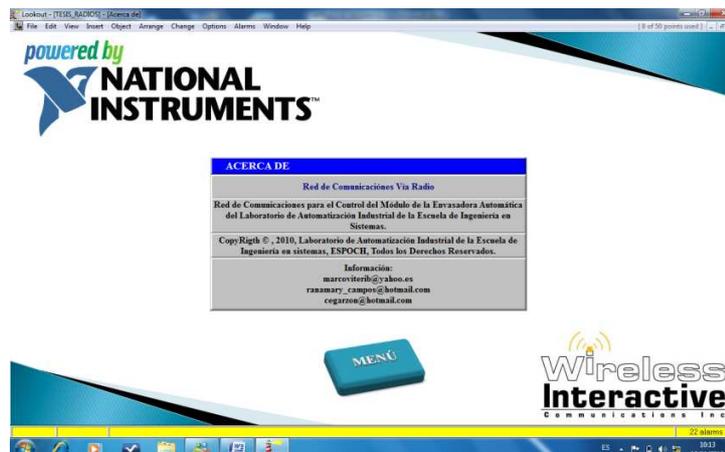
Esta es la pantalla que simula un panel de control para monitorear el proceso de envasado automático del Módulo Utilizado.

El panel de control tiene un botón de Inicio "START", que al presionarlo, el Módulo utilizado empieza su proceso de envasado, el panel de control además nos permite visualizar la secuencia de envasado desde que las botellas entran por la banda transportadora, se llenan, hasta que salen de la secuencia de llenado y enroscado de tapa, el botón "STOP" nos permite detener el proceso de envasado y finalizar la operación de control.



## Ventana Acerca de

Esta pantalla nos permite visualizar información sobre la Tesis desarrollada.

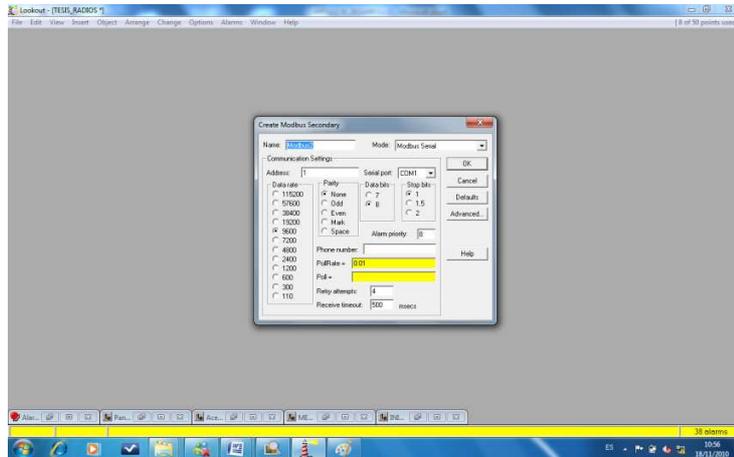


## CONEXIÓN DE LOOKOUT CON EL MÓDULO DE LA ENVASADORA AUTOMÁTICA.

### Ventana para crear el Modbus de Conexión.

Antes de realizar el monitoreo del proceso de envasado debemos crear la conexión de las interfaces con el modulo de envasado.





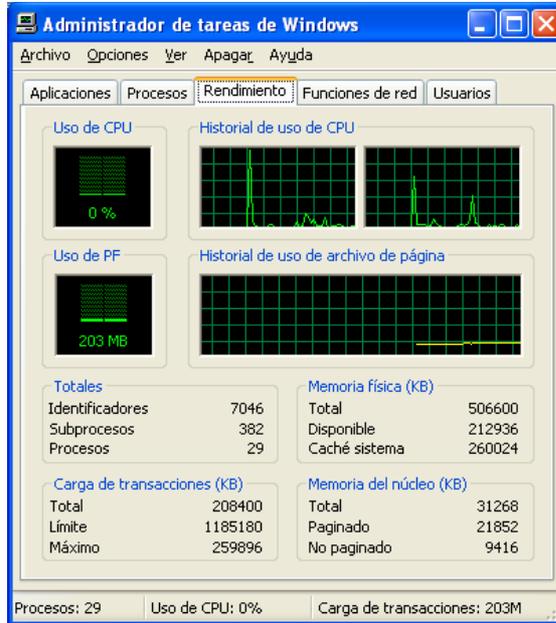
## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de los equipos a usuarios con perfil de administradores, que tengan conocimiento sobre el funcionamiento de los equipos.
- Para un correcto funcionamiento de los equipos seguir detalladamente este manual de usuario.
- Se recomienda usar la configuración estándar de los equipos para no tener conflictos en su funcionamiento.

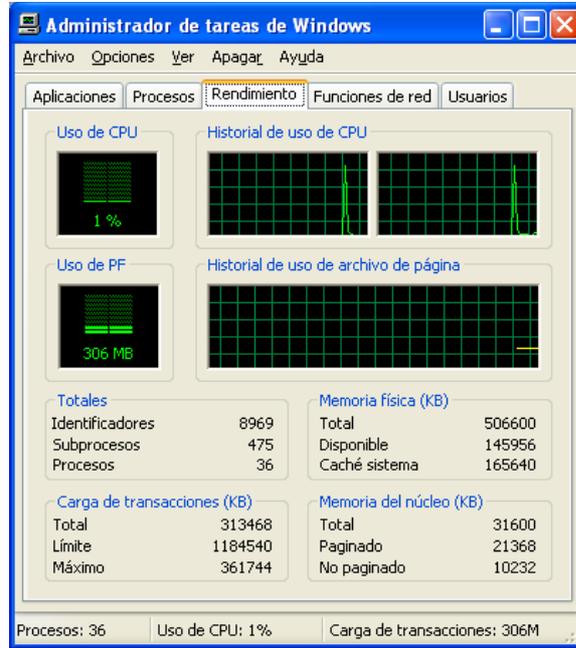
## **ANEXO II**

### **Monitoreo de Red.**

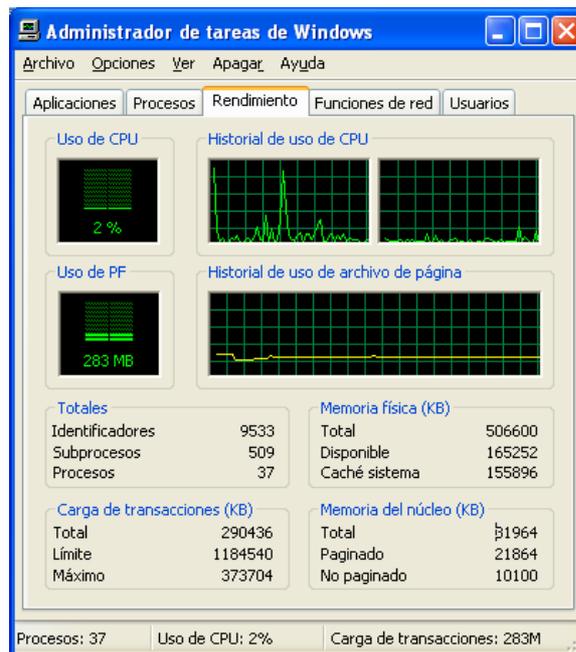
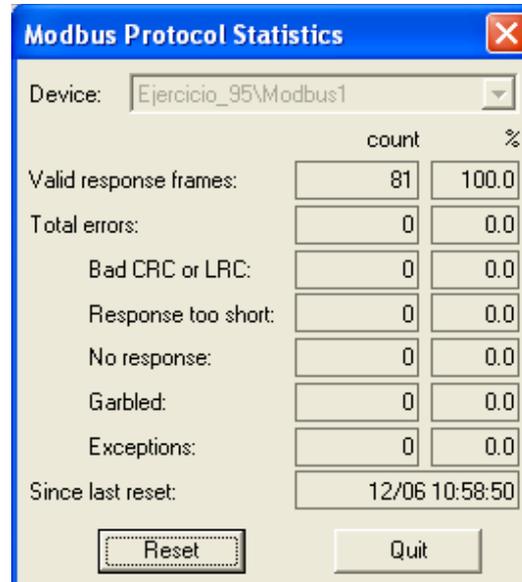
- **Uso del CPU con la red Ethernet.**



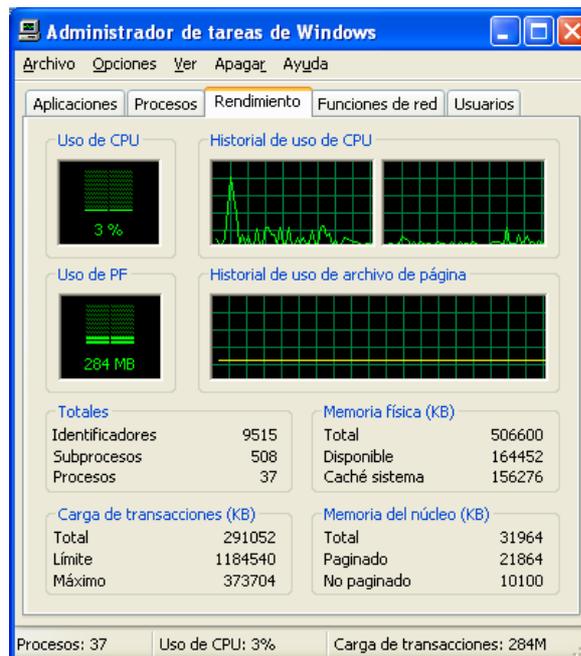
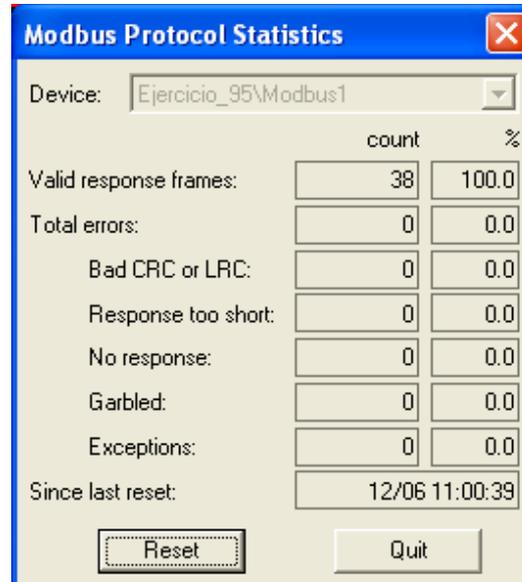
- **Uso del CPU con la red vía Radio.**



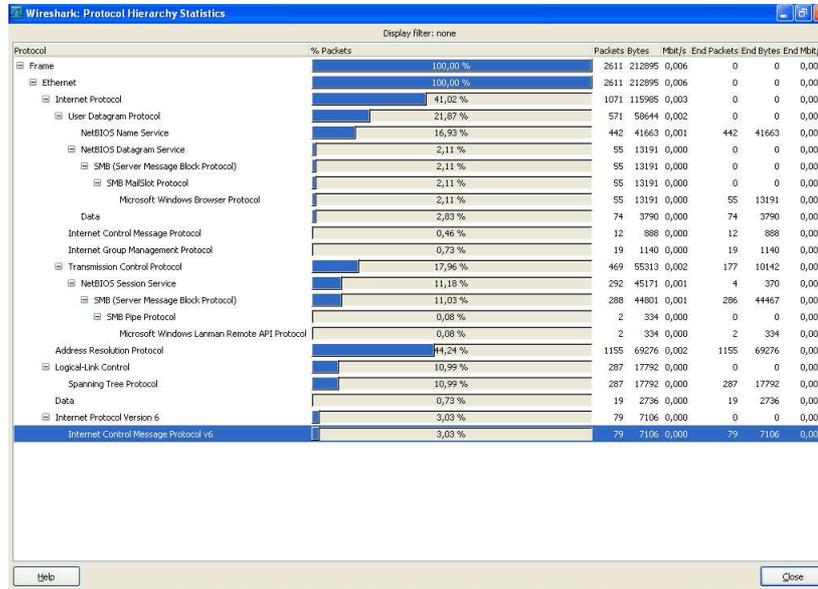
- Paquetes válidos Transmitidos con Ethernet.



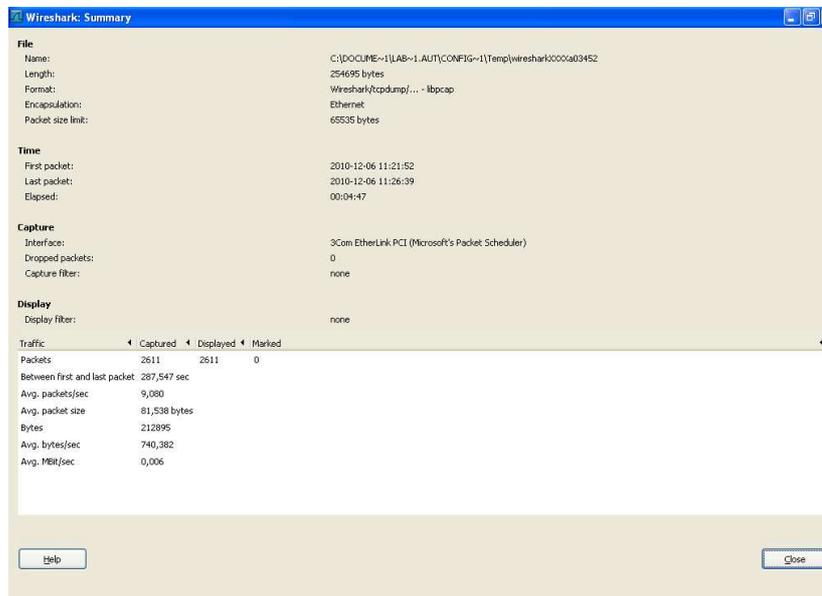
- Paquetes válidos transmitidos con Radios.



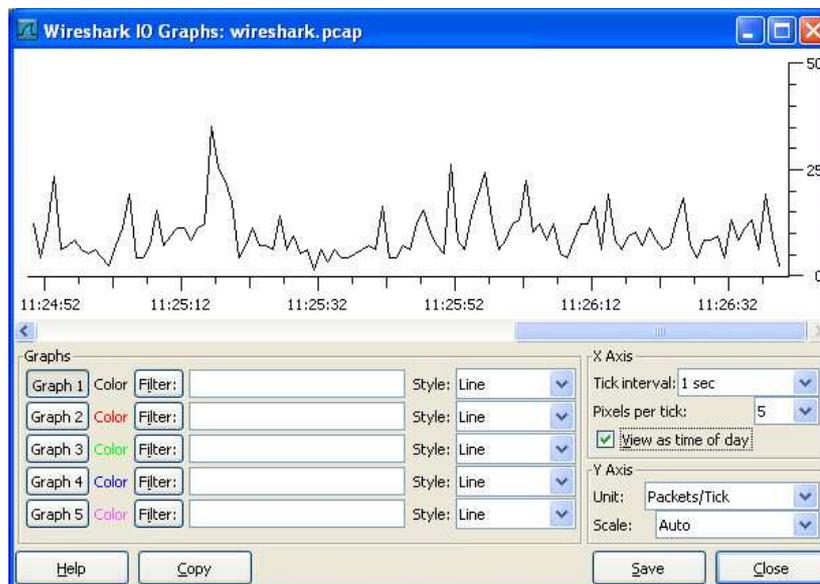
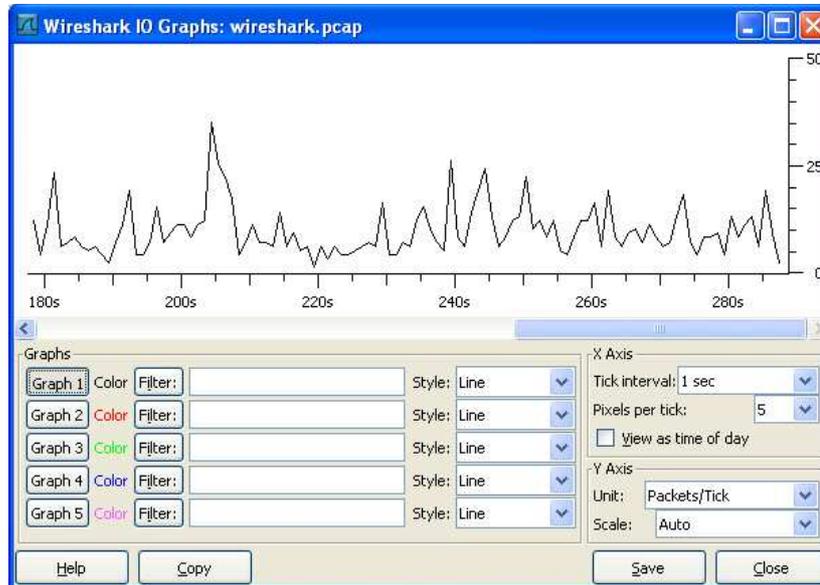
- **Protocolos Utilizados.**



- **Resumen de los Paquetes Transmitidos.**



- Paquetes transmitidos por segundo.



- **Resumen de los Paquetes transmitidos.**

The image shows a 'Wireshark: Summary' window with the following sections:

- File**
  - Name: E:\paquetes\wireshark.pcap
  - Length: 254695 bytes
  - Format: Wireshark/tcpdump/... - libpcap
  - Encapsulation: Ethernet
  - Packet size limit: 65535 bytes
- Time**
  - First packet: 2010-12-06 11:21:52
  - Last packet: 2010-12-06 11:26:39
  - Elapsed: 00:04:47
- Capture**
  - Interface: 3Com EtherLink PCI (Microsoft's Packet Scheduler)
  - Dropped packets: unknown
  - Capture filter: none
- Display**
  - Display filter: none

Below these sections is a summary table:

Traffic	Captured	Displayed	Marked
Packets	2611	2611	0
Between first and last packet	287,547 sec		
Avg. packets/sec	9,080		
Avg. packet size	81,538 bytes		
Bytes	212895		
Avg. bytes/sec	740,382		
Avg. MBit/sec	0,006		

At the bottom of the window are two buttons: 'Help' and 'Close'.