



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES.

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL EN
ALINEACIÓN DE UNA ANTENA MIKROTIK MANT30, PARA
MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE UN RADIOENLACE
UTILIZANDO UN GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO
GLOBAL) Y UN MAGNETÓMETRO EN LA EMPRESA SISTELDATA
S.A.”**

**Trabajo de titulación presentado para optar al grado de académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: CHRYSYTIAN PATRICIO VITERI HERNÁNDEZ

TUTOR: JORGE VICENTE YUQUILEMA ILLAPA

Riobamba – Ecuador

2017

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES.

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL EN ALINEACIÓN DE UNA ANTENA MIKROTIK MANT 30 , PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN DE UN RADIOENLACE UTILIZANDO GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) Y MAGNETÓMETRO EN LA EMPRESA SISTELDATA S.A., de responsabilidad del señor Viteri Hernández Chrystian Patricio, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna. DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Franklin Moreno. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES
Ing. Jorge Yuquilema DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Edwin Altamirano MIEMBRO DEL TRIBUNAL

© Viteri Hernández Chrystian patricio

“Yo, **VITERI HERNÁNDEZ CHRYSTIAN PATRICIO**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el Trabajo de titulación; y, el patrimonio intelectual del Trabajo de titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

**VITERI HERNÁNDEZ CHRYSTIAN
PATRICIO**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios y la Virgencita por darme la vida, paciencia y fortaleza para hacer este sueño realidad.

Quiero también agradecer de manera especial a mis padres Consuelo y Patricio quienes han sido el pilar fundamental para que yo culmine esta meta, les agradezco de todo corazón sus consejos sus alientos cuando más lo necesitaba, Dios les pague por todo y Dios les bendiga siempre.

A mi hermano Yordi quien también ha sido el protagonista en mi vida para que mi sueño se cumpla, gracias querido hermano por tu apoyo incondicional. A Paul mi primo Dios le pague por el apoyo incondicional para que este sueño se haga realidad

A mis maestros quienes han sabido orientarme para que cada día me supere y sea mejor persona de manera especial a mi tutor Ing. Jorge Yuquilema y el Ing. Edwin Altamirano.

Y a todas las personas y familiares de manera especial a mi novia Silvita Ramos que con su apoyo y aliento siempre estuvo conmigo y todos quienes me apoyaron para la culminación de este trabajo de titulación, infinito agradecimiento.

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a mis padres quien con su apoyo incondicional velaron siempre por mí.

A toda mi familia quienes siempre me apoyaron en todo momento y estuvieron conmigo cuando más lo necesitaba

A Diego Allo Viteri+ quien fue como un hermano para mí, que siempre estuvo cuando yo lo necesite, sé que desde el cielo seguirás bendiciéndome durante toda mi vida profesional.

Chrystian Viteri H.

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
DERECHOS DE AUTOR	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
INDICE DE CONTENIDO.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN	15
SÍNTESIS 15	
MARCO REFERENCIAL.....	16
ANTECEDENTES.....	16
Formulación del problema	17
Sistematización del problema	17
CAPITULO I	
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	21
1.1 Radio enlace.....	21
1.1.1 Presupuesto de enlace.....	22
1.1.2 Modos de propagación de onda.....	23
1.1.3 Ventajas de un enlace inalámbrico.....	25
1.2 Parámetros y tipos de Antenas	25
1.2.2 Antena Parabólica Mikrotik MAN 30.....	31
1.2.1 Azimut y Elevación.....	32
1.3 Sistema de posicionamiento global (GPS).....	33

1.3.1	Definición.....	33
1.3.2	Coordenadas geográficas	34
1.3.3	Gps gy-gps6mv2	35
1.4	Sensores inerciales	35
1.4.1	Magnetómetro / Acelerómetro	35
1.4.2	Importancia de los Magnetómetros.....	36
1.4.3	Magnetómetro Hmc5883l	36
1.5	Giroscopio.....	37
1.5.1	Interfaz de comunicaciones.....	38
1.6	Servomotor.....	38
1.6.1	Principio de funcionamiento	39
1.6.2	Servomotor CYS modelo S8218.....	40
1.7	Controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativa)	41
1.7.1	Control de dos grados de libertad.....	41
1.7.2	Puente H con Relays	42
1.8	Sistema de control automático	43
1.8.1	Clasificación de los sistemas de control.....	43
1.8.2	Modelado Matemático del sistema de control.....	45
1.8.3	Diagrama de bloques.....	46
1.9	El módulo Arduino.....	47
1.9.1	Arduino Mega 2560	48
1.10	Sistema mecánico de control.....	48
1.11	Puntos de instalación del radioenlace.....	49
1.12	Factores a tomar en cuenta en la instalación del radioenlace.....	50
1.12.1	Clima.....	50

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	51
2.1	Diseño e infraestructura de la empresa Eléctrica Ambato.	51
2.2.3	Proceso del Truncamiento del servomotor.....	55

2.3	Diseño de red inalámbrica.....	57
2.3.1	Cálculo de azimut y elevación analíticamente	57
2.4	Configuración de red en cada uno de los equipos	59
2.4.1	Alimentación sobre Ethernet (P.O.E).....	62
2.5	Diseño de la interfaz HTML (lenguaje de marcas de hipertexto) (HMI).....	63
2.5.1	Funciones de la interfaz HMI.....	64
2.5.2	Estructura secuencial del sistema de control.....	65
2.6	Diseño de la interfaz del sistema de control.....	66
2.7	Implementación del estándar IP67 de protección y seguridad del sistema de control ..	66
2.8	Diagrama de bloques.....	69
2.9	Implementación del sistema de radioenlace en la alineación manual y automática.....	70
2.9.1	Ajuste de los parámetros Azimut y elevación	70
2.9.2	Alineación automática de la antena.....	71

CAPITULO III

3.	Monitoreo y analisis del sistema de radioenlace automático	73
3.1	Parámetros de evaluación del sistema.....	73
3.1.1	Intensidad señal recibida	73
3.1.2	Conectividad y latencia.....	76
3.1.2.1	<i>Tasa de pérdida de paquetes en la red</i>	76
3.2	CCQ (calidad de conexión del cliente)	77
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	79
	GLOSARIO	80
	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS	85
	ANEXO A.....	85
	Servidor web de monitoreo del sistema de control	85
	ANEXO B.....	86
	Manual de usuario.....	86

Procedimiento para la implementación de la red	90
ANEXO C	92
Diseño de la interfaz de potencia	92
ANEXO D	96
Implementación radioenlaces	96
ANEXO E	97
Especificaciones técnicas del equipo Ubiquiti Rocket M5	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Radioenlace	21
Figura 2-1: Trayecto presupuesto de enlace.....	23
Figura 3-1: Reflexión de onda.....	23
Figura 4-1: Refracción de onda.....	24
Figura 5-1: Parámetros presupuesto Radio Enlace	24
Figura 6-1: Representación de parámetros de radiación	27
Figura 7-1: Tipos de polarización: Elíptica, circular, lineal.....	28
Figura 8-1: Antena Yagi	29
Figura 9-1: Antena parabólica de grilla	31
Figura 10-1: Patrón de radiación antena Mikrotik Man30	31
Figura 11-1: Antena Mikrotik Mant 30.....	32
Figura 12-1: Azimut y elevación de una antena.....	33
Figura 13-1: Latitud y Longitud.....	35
Figura 14-1: Importancia de los Magnetómetros	36
Figura 15-1: Magnetómetro A Hmc5883l.....	37
Figura 16-1: Componentes del servomotor.....	39
Figura 17-1: Control PWM servomotor	40
Figura 18-1: Servomotor CYS S8218.....	40
Figura 19-1: Tipos de control PID	41

Figura 20-1: Control PID (Dos grados de libertad).....	41
Figura 21-1: Parámetros control PID	42
Figura 22-1: Configuración Transistor 2N3904.....	42
Figura 23-1: Comparación de sistemas de lazo abierto y lazo cerrado	45
Figura 24-1: Diagrama de Bloques de un sistema.....	46
Figura 25-1: Ejemplo de diagrama de bloques.....	47
Figura 26-1: Ejemplo de diagrama de bloques.....	47
Figura 27-1: Mecanismo de rodamiento de la antena	49
Figura 28-2: Infraestructura de sistema de comunicación	52
Figura 29-2: Rodamiento Mecánico.....	53
Figura 30-2: Rodamiento mecánico vista 3D.....	54
Figura 31-2: Tornillo sin fin (templador).....	54
Figura 32-2: Tornillos sin fin antena.....	55
Figura 33-2: Tornillo sin fin vista 3D	55
Figura 34-2: Desmontaje de cada uno de los servomotores.....	56
Figura 35-2: Simulación Radio Mobile Transmisor Pinllo	58
Figura 36-2: Simulación Radio Mobile Receptor Nitón	58
Figura 37-2: Simulación enlace visto desde Google Hearth	59
Figura 38-2: Configuración Wireless (Receptor Nitón).....	60
Figura 39-2: Configuración Network (Receptor Nitón).....	61
Figura 40-2: Indicadores de nivel de señal (Led).....	61
Figura 41-2: Configuración Wireless (Transmisor Pinllo)	62
Figura 42-2: Configuración Network (Transmisor Pinllo)	62
Figura 43-2: P.O.E (Power over Ethernet).....	63
Figura 44-2: Interfaz de control de la antena	64
Figura 45-2: Estructura secuencia del sistema de control	65
Figura 46-2: Algoritmo de funcionamiento del sistema de control.....	65
Figura 47-2: Seguridad caja hermética (Exterior).....	67

Figura 48-2: Caja hermética (Frontal).....	68
Figura 49-2: Pararrayo instalado.....	69
Figura 50-2: Diagrama de bloques Sistema de Control de la alineación de la antena	69
Figura 51-2: Alineación de manera manual antena.....	71
Figura 52-2: Interfaz HMI del sistema de control automático.....	72
Figura 53-3: Análisis alineación del sistema de control.....	74
Figura 54-3: Ingreso de parámetros analizar mediante el Software R.....	75
Figura 55-3: Nivel de señal del radioenlace implementado.....	77
Figura 56-3: CCQ nivel de señal -68 dbm.....	78
Figura 57-3: Bloque sensores GPS, acelerómetro y magnetómetro.....	92
Figura 58-3: Movimiento variable elevación.....	93
Figura 59-3: Movimiento variable azimut	93
Figura 60-3: Placa interfaz de potencia.....	94
Figura 61-3: Circuito impreso.....	94
Figura 62-3: Vista circuito 3D	95
Figura 63-3: Implementación interfaz de potencia y comunicación.....	95
Figura 64: Panel de control y GPS.....	96
Figura 65-3: Implementación del Transmisor en la parroquia de Pinllo (A).....	96
Figura 66-3: Implementación del Transmisor en la parroquia de Pinllo (B).....	97

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Características y especificaciones técnicas antena Mikrotik Man30.....	32
Tabla 2-1: Características y especificaciones del GPS GY-GPS6MV2.....	35
Tabla 3-1: Características técnicas del Magnetómetro	37
Tabla 4-1: Especificaciones técnicas servomotor CYS S8218.....	37
Tabla 5-1: Diferencias del giroscopio de tipo analógico y digital	38
Tabla 6-1: Características técnicas de Arduino Mega 2560.....	48
Tabla 7-2: Datos del Radioenlace	53
Tabla 8-2: Parámetros de red de los equipos.....	60
Tabla 9-2: Características Arduino Ethernet Shield.....	66
Tabla 10-3: Promedio de alineación del sistema de control.....	74
Tabla 11-3: Promedio de tiempo de respuesta TTL.....	76
Tabla 12-2: Alineación Automática (CCQ)	77
Tabla 13-3: Clima del escenario del radioenlace	50

RESUMEN

Se realizó un sistema de control automático en alineación de una antena Mikrotik Mant 30 para mejorar la comunicación en un radioenlace en la empresa Sisteldata S.A, ubicada en la ciudad de Ambato. Para la implementación del trabajo de titulación se efectuó un presupuesto de enlace tomando en cuenta factores climáticos que provoquen la desalineación de las antenas, para desarrollar el control automático se implementó una interfaz de potencia controlado por el módulo Arduino Mega 2560 que sirvió para el control de los servomotores, consiguiendo así el movimiento de las mismas, tanto en azimut como elevación, con la ayuda de un Gps (Sistema de Posicionamiento Global) para mostrar las coordenadas del posicionamiento de las antenas tanto emisora ubicada en la parroquia de Pinllo y receptora ubicada en el cantón Pelileo (Cerro Nitón) provincia de Tungurahua con estos datos se procederá a realizar la diferencia de coordenadas y calcular los ángulos tanto de azimut como elevación además el magnetómetro medirá el ángulo de posición de la antena y también ayudará a dar una mayor precisión y estabilidad del sistema. Logrando de esa manera una optimización de recursos y tiempo al momento de efectuar la instalación del radioenlace. Para comprobar el rendimiento del enlace se evaluó parámetros como la latencia, también se pudo evidenciar una mejora en cuanto al nivel de señal (dbm) y el CCQ que es la calidad de conexión al cliente, además se ejecutara una comparación implementando el radio enlace de manera manual y de manera automática, para la visualización y monitoreo del sistema se realizó un servidor web con una interfaz amigable controlando desde esta los servomotores, y observado parámetros en cuanto a la posición geográfica de las antenas obteniendo también un fácil manejo del mismo, para un mayor entendimiento del sistema también se desarrolló un manual técnico lo cual ayudará a los técnicos al momento de instalar el sistema.

Palabras claves <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL [GPS]><MAGNETÓMETRO (DISPOSITIVO)> <INTERFAZ DE POTENCIA > <LABVIEW(SOTWARE)> <AZIMUT(VARIABLE A MEDIR)>

ABSTRACT

An automatic control system was performed in alignment of a Mikrotik Mant 30 antenna to improve communication in a radio link at the company Sisteldata S.A, located in the city of Ambato. For the implementation of the titling work a link budget was made taking into account climatic factors that lead to the misalignment of the antennas, to develop the automatic control there was implemented a power interface controlled by the Arduino Mega 2560 module that will serve to control the servomotors, thus achieving the movement of the same, both in azimuth and elevation, with the help of a GPS (Global Positioning System) to show the coordinates of the positioning of the antennas so much broadcasting station located in the parish of Pinllo and receiver located in the Pelileo canton (Cerro Nitón), Tungurahua province, with these information one will proceed to perform the coordinates difference and calculate the angles so much azimuth as elevation in addition the magnetometer will measure the angle of position of the antenna and also it will help to give a greater accuracy and stability of the system. In this way, an optimization of resources and time is achieved when the installation of the radio link is carried out. In order to check the improvements in the system, we performed communication tests such as latency in which an improvement in signal level (dbm) and system performance can be evidenced, in addition a comparison will be implemented by implementing the radio link manually and automatically, for the visualization and monitoring of the system, a web server with a friendly interface was performed, controlling the servomotors and observing parameters regarding the geographic position of the antennas obtaining also an easy handling of the same one, for a better understanding of the system, a technical manual was also developed which will help the technicians when installing the system.

KEYWORDS: GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS), MAGNETOMETER (DEVICE), POTENCY INTERFACE, LABVIEW (SOFTWARE), AZIMUT (VARIABLE TO MEASURE)

INTRODUCCIÓN

SÍNTESIS

Los procesos de automatización y control hoy en día tienen un auge muy grande en cuanto a tecnología, debido a que en la mayoría de empresas requieren de equipos automáticos contribuyendo una adecuada eficiencia en cuanto al proceso de producción se trate.

Con el propósito que las empresas aumentan su demanda de clientes y vayan creciendo en cuanto a ventas, además que su producto o servicio sea bien reconocido brindando confianza y factibilidad de acuerdo a los parámetros y normas establecidos por la empresa.

La meta que se propone en el presente trabajo de investigación es mejorar los procesos y parámetros que se requieren previo a la instalación de un radio enlace de comunicación.

Fundamentalmente el proyecto se enfoca en automatizar la alineación de las antenas Mikotik Mant 30 en la empresa Sisteldata S.A con el afán de mejorar el rendimiento de los radioenlaces.

MARCO REFERENCIAL

ANTECEDENTES

Dentro del ámbito de las telecomunicaciones es de suma importancia la intercomunicación a través de radioenlaces dado que para la instalación de los mismos en la actualidad se la hace de manera manual y ahora más que nunca las empresas requieren la necesidad de interconectar sus oficinas, es por esa razón que se pretende automatizar las antenas de un radioenlace dando así una manera más fácil en el momento de su instalación.

La automatización hoy en día es de gran asistencia dado que ayuda a controlar de una manera automática y secuencial todos los procesos que con una programación previa se desarrolle logrando de esta manera una optimización de recursos y tiempo.

En la actualidad el posicionamiento de antenas se la hace de manera manual y prediciendo en donde exactamente estará el receptor, lo que dificulta a los técnicos alinear de una manera óptima y precisa, lo cual conlleva a que la señal no quede muy eficiente.

La tecnología en cuanto a las antenas crece a pasos magnánimos, es por esta razón que se usa una antena Mikrotik Mant 30, lo cual las características de la antena es que al momento de alinear tanto en azimut como elevación genera una estabilidad y precisión de la misma.

Por lo tanto, se procederá a implementar una automatización del posicionamiento de las antenas controlando las variables tanto de azimut como elevación tomando en cuenta factores climáticos que afecten a la desalineación. Con esta mejora en el proceso de instalación de radio enlaces en la empresa Sisteldata S.A habrá una mejora en la emisión y recepción de la señal.

Formulación del problema

El tópico surgió por los problemas y dificultades que se presentan al momento de alinear una antena, actualmente se lo hace de manera manual, para alcanzar los mejores niveles de señal.

¿Será beneficioso tener un sistema el cual pueda alinear las antenas de una manera automática y secuencial, logrando así una transmisión eficiente? Dado que los mecanismos utilizados para la alineación de las antenas en un radioenlace son basados en mediciones de campo, estos se realizan de manera manual, lo que origina que los resultados obtenidos sean imprecisos.

Los principales problemas que se presentan en este contexto, es los mantenimientos constantes para alineación de las antenas en el radioenlace, otro de los problemas más comunes es la desalineación de las antenas a causa de factores climáticos, originando una disminución en la velocidad de transmisión.

Sistematización del problema

¿Hoy en la actualidad existe un control automático al momento de alinear las antenas dentro de un radioenlace?

¿Cuál será el impacto del proyecto para los clientes de las empresas de Sisteldata S.A?

¿Los técnicos que realizan la instalación del radioenlace podrán interactuar con el sistema?

Metodología

Investigación descriptiva. -Para el diseño e implementación del control de apuntamiento de antenas se realizará un tipo de investigación descriptiva dado que se desarrollara un modelamiento matemático del control automático.

Investigación no experimental. -Se realizará un tipo de investigación no experimental dado que se ejecutará pruebas de medición en lo concerniente al azimut y elevación de la antena,

considerando el clima y vibraciones que se puedan presentar en el sistema, sin afectar ningún tipo de variable, esto conllevará también realizar un tipo de investigación de tipo aplicativo ya que se implementará el sistema de control automático.

Investigación correlacional. -Se va a realizar esta investigación porque se analizarán y se medirán las variables de azimut y elevación dentro de las antenas en un radioenlace para luego determinar los motivos que provocan la desalineación de las antenas.

JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica

La teoría que justifica el presente proyecto, es que en la actualidad para la instalación y alineación de un radio enlace se la realiza de manera manual lo cual conlleva la pérdida de tiempo y recursos, por el cual con este proyecto se automatizara y controlara lo referente a la alineación de las antenas considerando las variables de azimut y elevación dentro del radioenlace.

Basándose también en la teoría de radiogoniometría lo cual se fundamenta en una antena directiva que explora el horizonte buscando una cierta señal.

Esta teoría se fundamenta en utilizar antenas de cuadro, conformadas por varias espiras en un plano combinadas con varios dipolos, produciendo de esta manera un diagrama de radiación en forma de cardiode al momento de girar la antena sobre su eje vertical. (Puertas, 2016)

Para comprender el funcionamiento de la radiogoniometría a través de las ondas electromagnéticas se requiere conocer de dos características muy importantes a tomar en cuenta. La propagación de las ondas según el trayecto del círculo máximo, o también llamada la distancia más pequeña entre dos puntos a medir, fuerza electromotriz generada por la antena de cuadro.

De esta manera se consigue la ubicación de un objeto con solo receptor la señal de dos o más estaciones diferentes. (Radiobalizas y Radiogoniometria identificación y localización, 2014)

El diseño que se va a utilizar son basados en fundamentos teóricos conocidas, el sistema se presenta como una alternativa nueva y eficiente que ayudar a la automatización de un radioenlace.

La utilización de sistemas de control automático en la empresa Sisteldata S.A ayudara a tener un mejor nivel de señal en sus radios enlaces.

Justificación aplicativa

Es proyecto es viable porque gracias a la tecnología GPS se puede usar para proveer información de coordenadas y ubicación de objetos, además que permite localizar de manera precisa objetos; gracias a este sistema y mediante el módulo Arduino se puede controlar los parámetros de la antena como son azimut y elevación.

Para enviar la información al módulo se utilizará sistemas de hardware libre Arduino Mega, puesto que, esta placa es compatible con la mayoría de módulos a ser utilizados, mediante un algoritmo de programación y con la ayuda del GPS se obtendrá las coordenadas de las antenas y se enviara los mandos atreves de la plataforma web incorporada en el Arduino, para que internamente se realizase el cálculo de ángulos de azimut y elevación , una vez tomado los datos estos se podrán visualizar de manera numérica y grafica en labview con la ayuda del magnetómetro el cual cumplirá el papel de una brújula dado que ayudará en proporcionar una precisión del sistema .

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de control en alineación de una antena Mikrotik Mant30, para mejorar la comunicación de un radioenlace utilizando un GPS (Sistema de posicionamiento Global) y un magnetómetro en la empresa Sisteldata S.A

Objetivos específicos

- Implementar el radioenlace, realizando el presupuesto del mismo, con el fin de obtener información al momento de la transmisión.
- Analizar cada uno de los parámetros como clima y posición geográfica, vibraciones, que inciden en la comunicación del radioenlace antes mencionado.
- Diseñar e implementar un sistema de control automático, con la finalidad de mejorar la estabilidad de la comunicación, controlando vibraciones, posición y movimiento en la antena de transmisión.
- Diseñar e implementar un sistema de interfaz de potencia para el control de movimiento de los servomotores de la antena de transmisión.
- Comparar los resultados del radioenlace sin control respecto al radio enlace con control para obtener conclusiones respecto a las mejoras del sistema.
- Pruebas y ejecución de comunicaciones del radioenlace con el sistema de control ya implementado.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Radio enlace

Se denomina radioenlace a la interconexión entre dos o más terminales efectuados por ondas electromagnéticas, proporcionando una transmisión de información. Los radioenlaces definen una comunicación Duplex dado que se debe transmitir dos portadoras previamente moduladas para transmisión y recepción respectivamente. En la mayoría de radioenlaces la ubicación de los receptores y transmisores se la hace en un punto visible de la topología del terreno.

Cabe mencionar que para cualquier tipo de comunicación a través de un radioenlace lo más factible es que los equipos tengan una altura libre adecuada con fin de que haya menos atenuación, tomando en cuenta las variaciones de los escenarios atmosféricos de la zona. (Reyes Portillo, 2011).

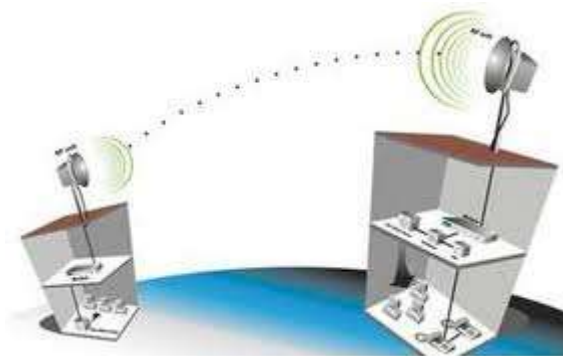


Figura 1-1: Radioenlace

Fuente: <http://www.protsur.mx/amplificadores.html>

Un radioenlace está constituido por un transmisor (TX) que envía la señal o información mediante ondas electromagnéticas hacia una estación o a un receptor (RX), ambos con sus respectivas antenas dependiendo de la frecuencia que estén trabajando (Viguria, 2013).

En la actualidad los sistemas inalámbricos se puede encontrar en todo lado, lo más habitual las repetidoras de servicio móvil, televisión o los radioenlaces punto a punto, para el buen funcionamiento de estos radioenlaces es necesario hacer un adecuado diseño de red, tales como concesión de frecuencias, niveles de ruido e interferencias que se producen al momento de la transmisión. (Pinto, 2016) .

Un radioenlace puede estar definido como la interconexión de dos más estaciones terminales, propagándose por estas, ondas electromagnéticas que transportan información, mediante dos o más portadoras previamente procesadas y moduladas, para lograr una eficiente transmisión de la información. Tanto los transmisores como los receptores deben estar a una altura prudente con el fin de que haya una buena visibilidad entre los equipos terminales evitado así la atenuación de la señal, cabe mencionar que esto dependerá de la topología del terreno en donde se encuentren ubicados los equipos y las variaciones climáticas que este tenga.

1.1.1 Presupuesto de enlace

Se define como el cálculo de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor (fuente de la señal de radio) hasta el receptor a través de cables, conectores y el espacio libre, la evaluación del valor de potencia en cada una de los segmentos del radioenlace es preciso para hacer un análisis con el objetivo de mejorar el diseño del mismo y elegir un equipamiento apropiado.

Los elementos de un presupuesto de enlace se pueden dividir en tres parámetros importantes:

1. El punto del transmisor con PIRE (potencia isotrópica efectiva radiada).
2. Pérdidas al momento de la propagación de las ondas electromagnéticas.
3. El punto de recepción con una sensibilidad efectiva.

El presupuesto de un radioenlace terminado es la suma de todas las potencias dado en decibeles a lo largo del camino de los tres parámetros ya antes mencionados.

Para el cálculo de radioenlace hay que tener en cuenta la siguiente expresión:

Potencia de transmisión [dBm]-**Perdidas en cables y conectores (TX) [dB]**+Ganancia en antena (TX) [dBi]-**Perdidas en el espacio libre (FSL) [dB]**+ Ganancia en antena (RX) [dBi]-**Perdidas en cables y conectores (RX) [dB]**=**Margen-Sensibilidad receptor [dBm]**. (Buettrich, 2007).

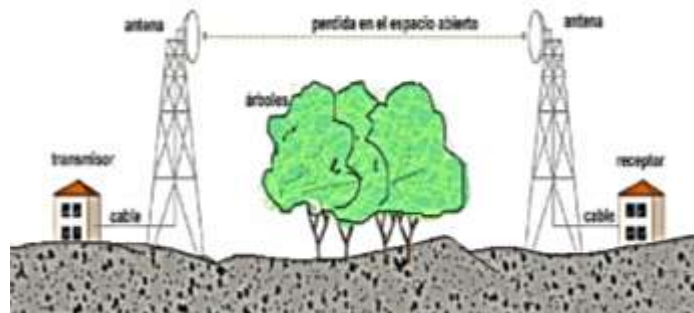


Figura 2-1: Trayecto presupuesto de enlace

Fuente: <http://www.itrainonline.org>

1.1.2 Modos de propagación de onda

La mayoría de radio enlaces para la propagación de las ondas usan el espacio libre, pero depende de la ubicación geográfica de los equipos puede variar a continuación se detallara que tipos de propagación existen.

Reflexión de la onda.-Este tipo de propagación se da cuando la onda choca en una superficie u obstáculo produciendo de esta manera que la onda se refleje o regrese cambiando de dirección e impidiendo que esta llegue a su destino.

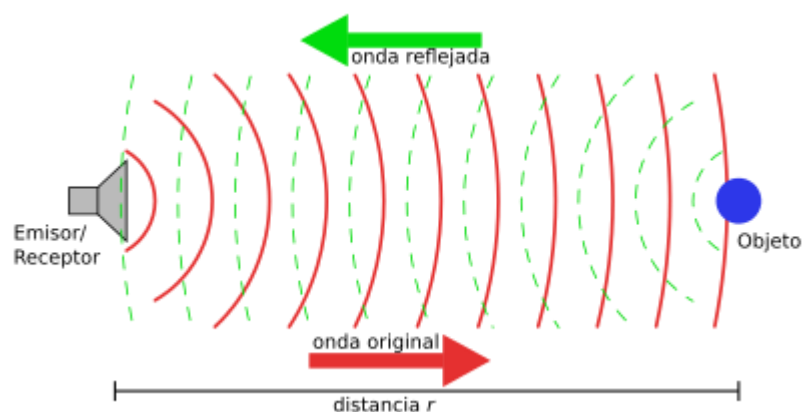


Figura 3-1: Reflexión de onda

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_\(sonido\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Reflexi%C3%B3n_(sonido))

Refracción de onda.-Este tipo de propagación se da cuando la onda experimenta un cambio de un medio a otro de diferente porcentaje refractivo en efecto cambiando su dirección y velocidad, para que se produzca este fenómeno la onda incidente debe incurrir de forma oblicua sobre el área como se muestra en la figura 4-1

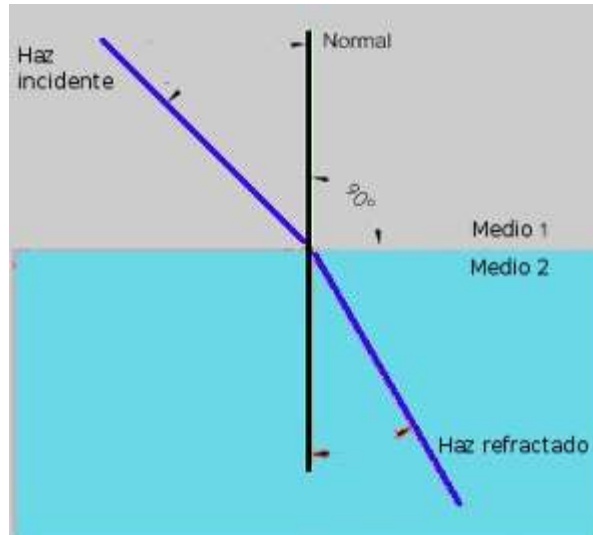


Figura 4-1: Refracción de onda

Fuente: <http://www.sabelotodo.org/ondas/onda.html>

Parámetros que intervienen en un presupuesto de Radioenlace

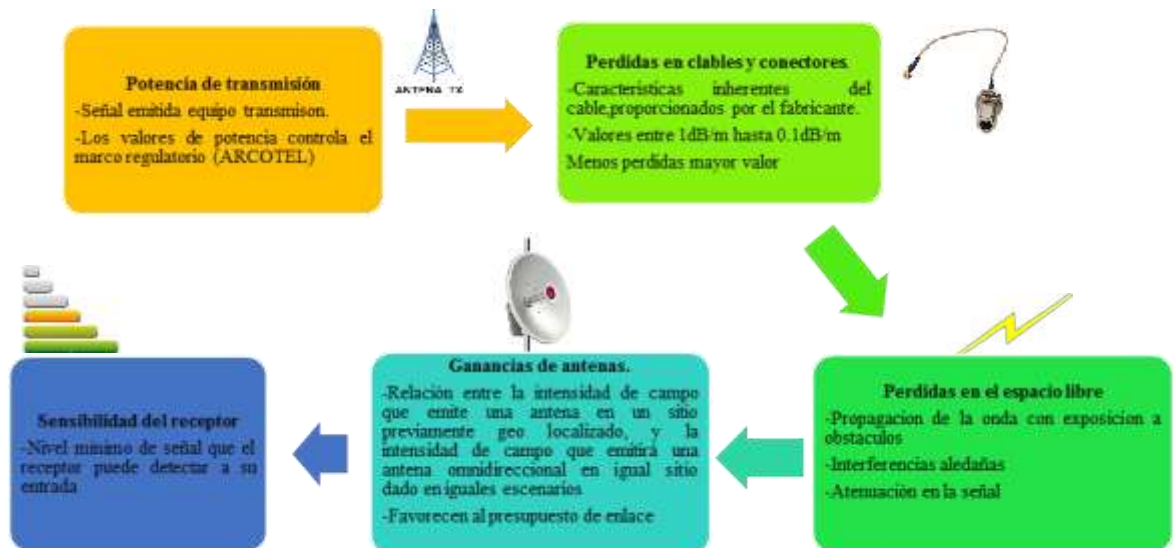


Figura 5-1: Parámetros presupuesto Radio Enlace

Fuente. (Vela, y otros, 2015)

1.1.3 Ventajas de un enlace inalámbrico

En cuanto tiene que ver a la instalación e implementación de un radioenlace tenemos los siguientes parámetros que hacen que este sea ventajoso y por ende comprender cuál es la trascendencia en la actualidad.

Movilidad. Cuando se trata por ejemplo de una red celular el usuario se está moviendo desde varios puntos, por tal razón es importante tener varias radio bases que garantice al usuario poder acceder desde cualquier punto del lugar, cabe mencionar siempre y cuando la operadora o servicio brinde cobertura en dicho lugar.

Accesibilidad.-Hoy en la actualidad es de gran uso tener radioenlaces implementado principalmente para servicios de datos y de voz, debido a que por zonas geográficas a veces es imposible llegar con cable por esta razón se ocupa radioenlaces, además que instalar una red cableada resulta costoso y requiere de tiempo.

Fácil implementación.-Hoy en día los técnicos de las empresas prefieren instalar un radioenlace debido a que se usa menos recursos y un factor muy primordial también son los precios, por esta razón las empresas optan por instalar radioenlaces.

Uno de los factores y el más importantes es la **escalabilidad** dado que hoy en día toda empresa requiere de un crecimiento y un volumen de ventas exitoso y viable por ejemplo los I.S.P (Proveedor de servicios de Internet) (Mikrotik, 2017).

1.2 Parámetros y tipos de Antenas

El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) define una antena como “aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas” (IEEE, 1983) en otras palabras, una antena es la transición entre un medio guiado y el espacio libre.

Las antenas son circuitos eléctricos hechos con el fin de que radien en el espacio o reciban del espacio ondas o energía electromagnética, en conclusión una antena facilita que las ondas que viajan por el espacio libre lleguen a su destino con la mayor receptibilidad, y eficacia posible con el propósito de tener un buen rendimiento del sistema. (Jaramillo Granda, y otros, 2014).

Características de las antenas

Una antena esta específicamente diseñada para emitir o radiar ondas electromagnéticas o cierta señal de información.

Existen varias características importantes de una antena que deben de ser consideradas al momento de elegir una específica para su aplicación; entre los cuales tenemos:

Patrón de radiación

Constituye una representación gráfica de los parámetros de radiación de la antena como son intensidad de radiación, campo eléctrico, polarización en base a las coordenadas espaciales que generalmente viene dado en coordenadas esféricas que se miden en el campo lejano o zona de radiación.

El patrón o diagrama de radiación dependerá de la geometría y de la dimensión de las antenas, también la forma de excitación. Para obtener información de antenas directivas y de polarización lineal es suficiente solo se necesita tener datos de los planos transcendentales como son el plano E y el plano H campo eléctrico y magnético respectivamente. (Balanis, 1982).

Parámetros del patrón de radiación

El patrón de radiación se compone de:

Lóbulo Principal.-Definido por la dirección o el vector que contiene la máxima radiación de la antena.

Lóbulos secundarios.-Son todos los lóbulos diferentes al lóbulo principal.

Ancho del Haz principal.-Es el ancho de lóbulo principal se entiende como el ancho de haz teniendo mitad de potencia que por lo general es de -3dB, o la distancia angular entre los puntos.

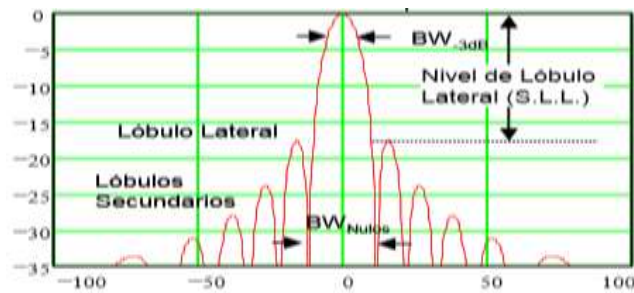


Figura 6-1: Representación de parámetros de radiación

Fuente: <http://portalvasco.com/blog/2012/03/angulos-aperturas-y-diagramas>

Ganancia.

La ganancia de una antena se define como la cantidad de energía radiada y la relación expresada en decibelios que se tiene entre la potencia necesaria a la entrada de una antena tomando en cuenta que esta no debe tener pérdidas y la potencia proporcionada a la entrada de la antena utilizada para recepción con el objetivo de que las dos o más antenas produzcan una misma intensidad independiente de la distancia a la que estas se encuentren. (Ing.LaGarso, 2003)

Directividad.

“Se define como la propiedad que tiene una antena de transmitir o recibir la energía irradiada en una dirección específica.” (Monachesi, y otros, 2011)

Polarización.

Se entiende por polarización de una antena a la orientación del campo eléctrico de una señal u onda electromagnética en función del tiempo, la polarización viene representado por una elipse por lo cual existen dos casos: polarización lineal, polarización circular.

Polarización lineal.- Se entiende como el vector que refiere al campo eléctrico en un punto o coordenada en el espacio en función del tiempo regido a lo largo de una línea que constituye la normal a la dirección de propagación. (Ing.LaGarso, 2003)

Polarización circular.- Una característica primordial de este tipo de polarización es que el campo eléctrico está rotando con un movimiento circular en la dirección de la propagación, el

giro se puede dar hacia la derecha o hacia la izquierda completando una vuelta para cada período de la señal del conector. (Monachesi, y otros, 2011)

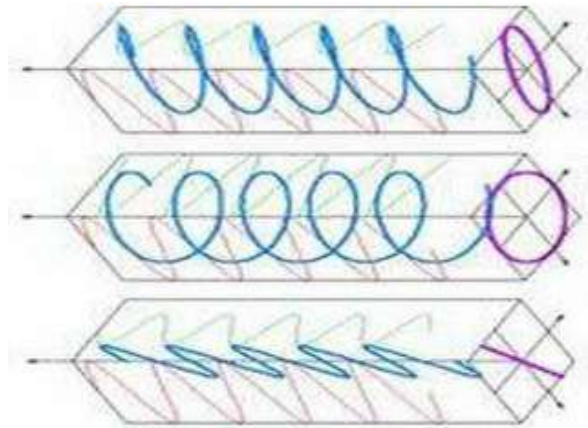


Figura 7-1: Tipos de polarización: Elíptica, circular, lineal

Fuente: <http://naukas.com/2013/10/31/viendo-la-television-3-d-con-tu-mascota/>

La polarización de las antenas tanto transmisora como receptora debe ser la misma para que se pueda tener una transferencia de información eficiente.

Tipos de antenas

Se puede clasificar las antenas en antenas de hilo, antenas de apertura y antenas planas. Dentro del mismo ámbito existen antenas de arreglos o comúnmente dichas array.

Antenas de hilo

Las antenas de hilos constituyen elementos radiantes los cuales son conductores de hilo en función a la longitud de onda, una de las antenas más usadas de este tipo se detallan a continuación.

Antena Yagi

Este tipo de antena fue inventada por los años veinte por el universitario japonés Hidetsugu Yagi, la característica primordial que tiene esta antena es el conjunto de elementos o arreglo de elementos juntamente con un elemento doblado o también llamado radiador, estos elementos se los denomina dipolos.

El reflector es montado de una longitud de onda mayor al de los dipolos activos y se localiza en la parte posterior de este, debido a que este tiene un comportamiento inductivo, la onda que recibe la antena es reflejada hacia adelante y permitiendo que haya una mayor directividad y eficiencia en la antena. Para aumentar el ancho de banda en este tipo de antenas es necesario aumentar el diámetro de los conductores o dipolos. (Gongora, 2011)

La aplicación de mayor relevancia es usada para televisión de canal abierto y también en actualidad para televisión digital terrestre (TDT)

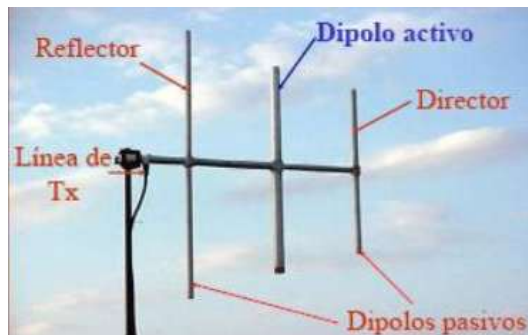


Figura 8-1: Antena Yagi

Fuente: <http://10sd156.blogspot.com/2014/04/descripcion-general-de-la-antena-yagi.html>

Antenas Array

Una de las características de estas antenas es que en su interior tiene una o más antenas de igual diámetro y de las mismas características de igual forma se comportaran como una sola antena el objetivo de diseñar una antena de este tipo es que el patrón de radiación podemos modificarlo dependiendo del uso que vayamos a darle a distintas frecuencias, consiguiendo así una antena más directiva.

Antena Parabólica

Este tipo de antenas constituyen un reflector en su estructura, se da esto ya que gracias al científico Heinrich Hertz que demostró la existencia de ondas electromagnéticas descritas por Maxwell, el reflector consiste en la reflexión de ondas electromagnéticas recibidas por la parábola seguidamente conducidas hacia el foco y estas moduladas para generar la señal al receptor. (Pérez, 2015)

Partes de una antena parabólica

Plato o reflector parabólico

Es el elemento la importante ya que este es el encargado de recibir las ondas electromagnéticas o señales provenientes del receptor ya sea este un satélite o un repetidor, este elemento permite realizar movimientos al momento de alinear tanto azimut como elevación estos parámetros se analizaran a fondo en el apartado 2.2.1

Base

Es el soporte que sostiene al plato o parábola y todos los elementos que lo conforman, definido como el elemento encargado de dar firmeza a la antena y evitar que sea movida por factores climáticos como el viento.

LNB

Es el elemento capaz de modular y procesar la señal que recibe de la parábola descartando las frecuencias no deseables, constituido por amplificadores y filtros con el objetivo de tener menos pérdidas debido a los conectores o cables en pocas palabras el LNB es la antena del sistema.

Existen varios tipos de antenas parabólicas; entre las cuales podemos acotar las siguientes.

Grilla.-Esta antena tiene la forma de una parábola pero la diferencia de la parábola normal que es un plato esta tiene un arreglo de varillas o dipolos horizontales y verticales, este tipo de antenas se usa comúnmente para una frecuencia de operación que trabajen bajo los 2.5GHz, esta es una frecuencia limite dado que existe una relación entre la longitud de onda y la separación de la antena.



Figura 9-1: Antena parabólica de grilla

Fuente: <https://tienda.siliceo.es/es/alfa-network/209-antena-wifi-parabolica-rejilla-alfa-aga-2424t-24dbi-grid-n.html>

1.2.2 Antena Parabólica Mikrotik MAN 30

La antena Parabólica Mikrotik MANT 30 es un tipo de antena profesional, que trabaja en la frecuencia de los 5GHz, con una ganancia equivalente a 30dBi puede ser configurada con polarización vertical u horizontal dependiendo de los escenarios implementados por el radioenlace, en la actualidad es fabricada con los más altos parámetros de eficiencia, el fabricante de este tipo de antenas es la empresa Mikrotik. (Mikrotik, 2017).

Patrón de radiación

Este tipo de antena tiene una gran directividad logrando una mayor eficiencia en la transmisión de información.

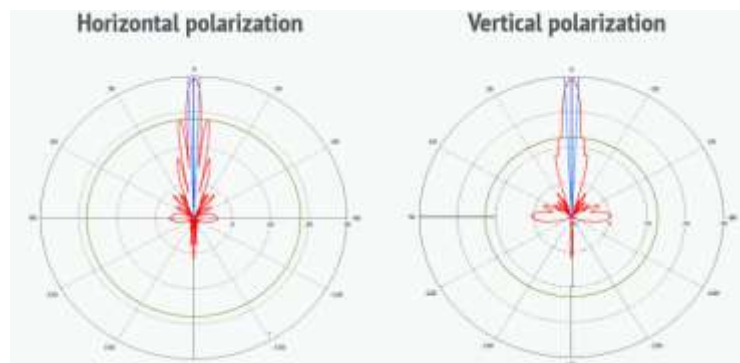


Figura 10-1: Patrón de radiación antena Mikrotik Man30

Fuente: http://www.wni.mx/images/stories/media/mikrotik/pdfs/MANT30PA_DS.pdf

Tabla 1-1: Características y especificaciones técnicas antena Mikrotik Man30

Rango de frecuencias	4.7-5.875 GHz
Ganancia	30 dBi
Polarización	Vertical y Horizontal
Diámetro	70 x 45cm
Peso equivalente	5.7kg (12.6 lbs) PA
Resistencia al viento	201kph
Conectores	2x RP-SMA Hembra
Rango de ajuste de elevación	+/- 20 grados

Fuente: Fuente: http://www.wni.mx/images/stories/media/mikrotik/pdfs/MANT30PA_DS.pdf

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017



Figura 11-1: Antena Mikrotik Mant 30

Fuente: http://www.wni.mx/images/stories/media/mikrotik/pdfs/MANT30PA_DS.pdf

1.2.1 Azimut y Elevación

Azimut.-Es aquella orientación de la antena a lo largo del plano horizontal de la tierra, este parámetro es medido desde el norte en sentido de las manecillas del reloj, también es definido como el ángulo que forma un objeto en este caso la antena con el norte. Para poder establecer

este parámetro hay que tener claro que el norte equivale a 0° y continua en sentido de las manecillas del reloj hasta los 360° (Pons, 2017)

La variable del azimut indica el ángulo que forman la antena previamente instalada con el Norte, cabe recalcar que la mayoría de soportes de antenas son metálicas por lo que se debe usar una brújula para lograr tener una mayor precisión en su alineación en este caso de manera manual.

Elevación.-Es la inclinación o la distancia angular de la antena respecto al suelo o respecto al observador medida en el plano vertical. Si la antena emisora o receptora se encuentra está apuntando en dirección hacia abajo se le denomina ángulo de inclinación caso contrario se llama ángulo de elevación.

En el caso de la implementación de radioenlaces es necesario previamente realizar una simulación del mismo con sus respectivos datos de coordenadas y obtener un acercamiento frente al escenario real, para que al momento de implementar no se pierda tiempo tratando de alinear hasta que la señal sea la más óptima.

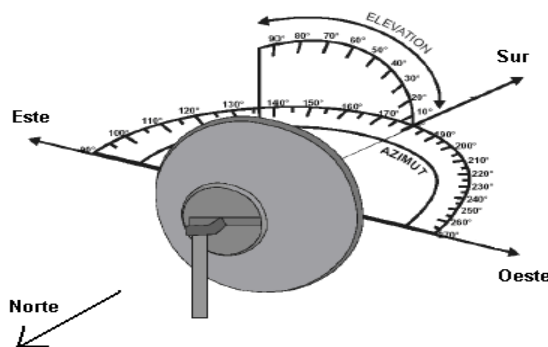


Figura 12-1: Azimut y elevación de una antena

Fuente: <http://viasatelital.com/blogs/?p=227>

1.3 Sistema de posicionamiento global (GPS)

1.3.1 Definición

El GPS o Sistema de posicionamiento global es un dispositivo que permite determinar o detectar la posición y ubicación de objetos en cualquier parte de la tierra, la información que proporciona un GPS puede ser como coordenadas expresado en latitud y longitud. El GPS recopila información en base a 24 satélites de la constelación y que orbitan alrededor de la tierra

las 24 horas y los 365 días del año y de una forma equiparada en sus trayectos para cubrir toda la superficie de la tierra con el fin de lograr una mayor precisión y exactitud en los datos.

Para la toma de datos el receptor satelital se engancha de manera automática a tres satélites de la red de los cuales cada uno de estos en su configuración poseen un reloj sincronizado, en base a este reloj se calcula un retraso de las señales es decir la distancia del aparato al satélite. (Giménez Ródriguez, y otros, 2009-2010).

Un GPS se encarga de recopilar información de coordenadas y posición de objetos ubicados en la tierra, esta información las provee los satélites en coordenadas geográficas expresadas en latitudes y longitudes

1.3.2 Coordenadas geográficas

Se define como coordenadas geográficas al sistema basado en paralelos y meridianos dividido por distintos fragmentos en la tierra estos son líneas ficticias que recorren todo el globo terráqueo de oeste a este y de norte a sur respectivamente.

Meridianos.-Un meridiano son las líneas que inciden con la superficie de la tierra de manera vertical.

Paralelos.-Un paralelo son las líneas que inciden de manera perpendicular con el eje de la superficie de la tierra.

Es por eso que gracias a las coordenadas geográficas podemos ubicar de una manera precisa objetos en la tierra o puntos partir de los datos de longitud y latitud, estos datos se muestran en grados, minutos, segundos, en cuanto a la **latitud** se constituye entre el Ecuador y el sitio a recopilar la información por ejemplo (46° 20' 34''N), está dado de 0 a 90 grados sexagesimales, y para la **longitud** se toma como referencia entre el sitio a medir y el Meridiano de Greenwich viene dado de 0 a 180 grados sexagesimales. (Ulrich, 2014).

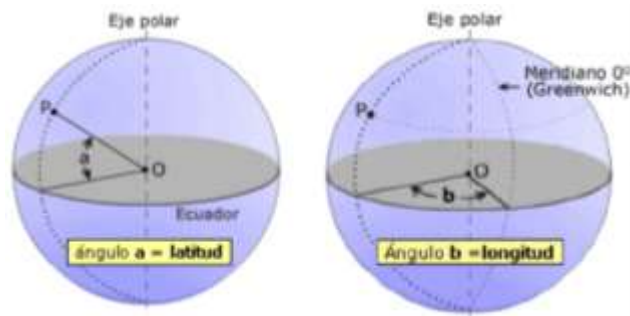


Figura 13-1: Latitud y Longitud

Fuente: <http://nestorgeografia.blogspot.com/2011/05/latitud-longitud-y-altitud.html>

1.3.3 Gps gy-gps6mv2

Es un modelo de GPS que en viene integrado un módulo U-Blox NEO, además posee una memoria EEPROM y una pila para almacenar la información, tiene la funcionalidad de conectar cualquier tipo de microcontrolador a través de una interfaz serial. El dispositivo es compatible con el módulo de cualquier modelo de arduino.

Características y especificaciones

Tabla 2-1: Características y especificaciones del GPS GY-GPS6MV2

Modulo integrado	U-Blox NEO
Memoria	EEPROM
Voltaje	3.3v a 5v
Pines	Vcc,Rx,Tx,Gnd

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Fuente: <http://www.geekfactory.mx/tienda/radiofrecuencia/gps-para-arduino-ublox-neo-6m/>

1.4 Sensores inerciales

1.4.1 Magnetómetro / Acelerómetro

Es un sensor que cumple la función de detectar la mayor fuerza y dirección de campo magnético. Además sirve como detector de metales que se encuentran por debajo de la tierra. Este instrumento servirá para dar una mayor precisión al sistema y detectar la mayor fuerza de las ondas electromagnéticas (Puig, 2017)

Se detalla las características del magnetómetro como su definición, importancia y el modelo que se va usar para el sistema de control.

Los magnetómetros son dispositivos o sensores que sirven para medir la fuerza o dirección de una señal magnética, esto variara dependiendo de la posición geográfica, características climatológicas y la magnetósfera de un planeta.

1.4.2 Importancia de los Magnetómetros

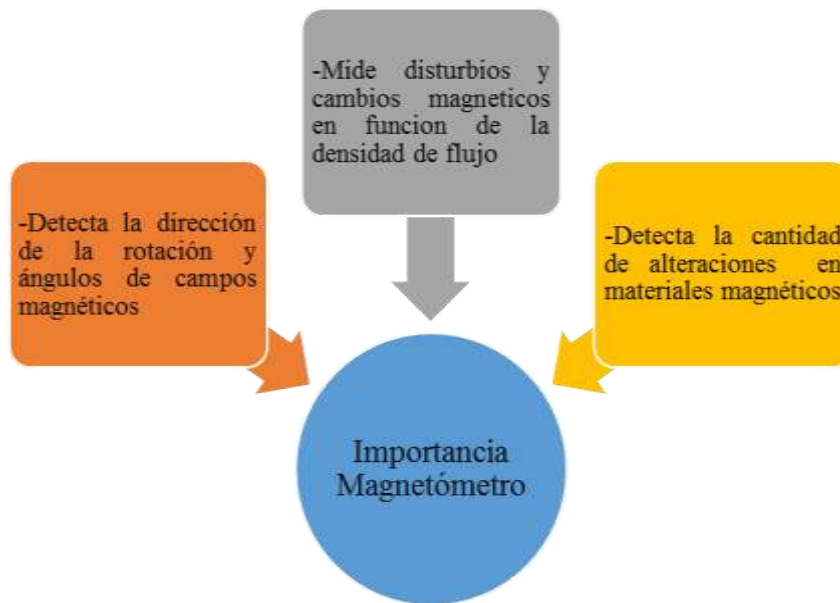


Figura 14-1: Importancia de los Magnetómetros

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

1.4.3 Magnetómetro Hmc5883l

Un magnetómetro es un sensor capaz de medir las ondas electromagnéticas y campo magnético, este dispositivo muestra datos en las tres componentes o ejes cartesianos es decir x,y,z es así que este proporciona datos de manera precisa la orientación respecto al polo norte.

Este dispositivo para su comunicaciones usa comunicación I2C por lo que es factible conectar una gran variedad de sistemas digitales, la brújula para su correcto funcionamiento debe ser alimentado por 5V

Para una mejor lectura y apreciación de los datos proporcionados por el magnetómetro debe ser instalado alejado de imanes debido a que esto producirá lecturas erróneas.



Figura 15-1: Magnetómetro A Hmc58831

Fuente: http://www.naylampmechatronics.com/blog/49_tutorial-magnetometro-hmc58831.html

Tabla 3-1: Características técnicas del Magnetómetro

Voltaje de operación	3.3V – 6V
Interfaz	I2C
Resolución	5 mili-Gauss
Precisión	1 a 2 grados Sexagesimales
ADC integrado	12 bits
Dirección I2C	0x3C
Velocidad de Datos	160 Hz

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Fuente: http://www.naylampmechatronics.com/blog/49_tutorial-magnetometro-hmc58831.html

1.5 Giroscopio

A continuación se detalla cada una las características de un giroscopio como: su definición y sus usos.

Los giroscopios son dispositivos que ayudan a medir la rotación de cierto objeto, y también mide la velocidad angular medida propia de la rotación. La unidad concerniente a este tipo de medida viene dado en revoluciones por segundo.

Además este tipo de dispositivos son usados en objetos que son limitados es decir que su rotación no es significativamente grande, asimismo este módulo ayuda a dar una mayor estabilización y precisión al sistema.

1.5.1 Interfaz de comunicaciones

Por lo general los giroscopios pueden utilizar tanto las interfaces de tipo analógico o de tipo digital. A continuación se presenta las diferencias de tipo analógico y digital. (Shertz Electrónica, 2014)

Tabla 4-1: Diferencias del giroscopio de tipo analógico y digital

Interfaz de Tipo analógico	Interfaz de Tipo Digital
Velocidad de rotación con un voltaje variable	Protocolo de comunicación I2C
Menos costoso	Velocidad de muestreo máxima

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

1.6 Servomotor

El servomotor es un dispositivo que posee un motor de corriente continua el cual está en la capacidad de que su posición sea controlada en un rango de 180 ° manteniéndose estable hasta que una señal le produzca la rotación o movimiento. Los servomotores en la actualidad son de gran uso en todo en cuanto tiene que ver a control automático principalmente en el ámbito de la robótica debido a su exactitud en el posicionamiento. (Carletti, 2007)



Figura 16-1: Componentes del servomotor

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

1.6.1 Principio de funcionamiento

El funcionamiento de un servomotor se basa en la generación de pulsos cuadrados PWM que es español se define como la modulación por ancho de pulsos que consiste en observar la variación de tiempo cuando la señal está en nivel alto o positivo, manteniendo el mismo período, esto con el fin de indicar la posición del motor y su ángulo correspondiente.

Los márgenes de operación de los servomotores dependerán del fabricante que por lo general oscilan entre 1 ms y 2 ms correspondientes a 0° y 180° y 90° grados indica la posición neutra lo mismo que sería 1.5 ms. Para conseguir que la posición de servomotor se mantenga estable es necesario generar pulsos periódicamente que por lo general es de 50 Hz si no se lo hace el motor perderá la fuerza y no mantendrá la posición. (J.Irwin , 1997)

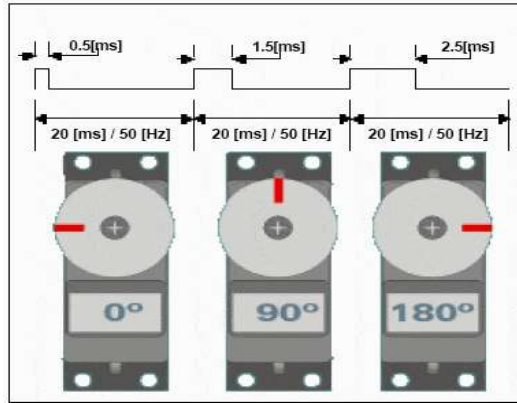


Figura 17-1: Control PWM servomotor

Fuente:<http://www.areatecnologia.com/electricidad/servomotor.html>

1.6.2 Servomotor CYS modelo S8218

El servomotor S8218 posee engranajes y carcasa metálicos, además tiene un torque de 4Kg, ideal para el proyecto que se quiere realizar debido a que el peso de la antena principalmente en elevación es relativamente pesado, una ventaja primordial del servomotor es que su carcasa es de metal la misma que actúa como disipador evitando que el servomotor se recaliente.

Tabla 5-1: Especificaciones técnicas servomotor CYS S8218

Modulación	Digital
Torque	-6.0V: 527.7 oz-in (38.00 kg-cm) -7.2V: 555.5 oz-in (40.00 kg-cm)
Velocidad	-6.0V: 0.20 sec/60° -7.2V: 0.18 sec/60°
Peso	-5.78 oz (164.0 g)
Dimensiones	-Longitud: 2.34 pulg (59.5 mm) -Ancho: 1.14 pulg (29.0 mm) -Altura: 2.17 pulg. (55.2 mm)

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017



18-1: Servomotor CYS S8218

Fuente: <https://es.aliexpress.com/w/wholesale--high-torque-metal-gear-servo/2.html>

1.7 Controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativa)

Este tipo de sistema de control se encarga de medir el grado de desviación del error que suministra el sistema tratando de que este sea más eficiente y estable, en donde este tipo de control interviene tres parámetros muy importantes como son:



Figura 19-1: Tipos de control PID

Fuente: (CONTROLADORES PID, 2007)

1.7.1 Control de dos grados de libertad

Con este tipo de estructura se puede corregir ciertos errores y perturbación que desestabilizan al sistema, esto con el fin que el sistema de control funcione de manera efectiva y su desempeño en la industria se lo más óptimo posible, este tipo de estructura lo que permite es que el sistema procese de manera independiente tanto las variables de referencia y de salida.

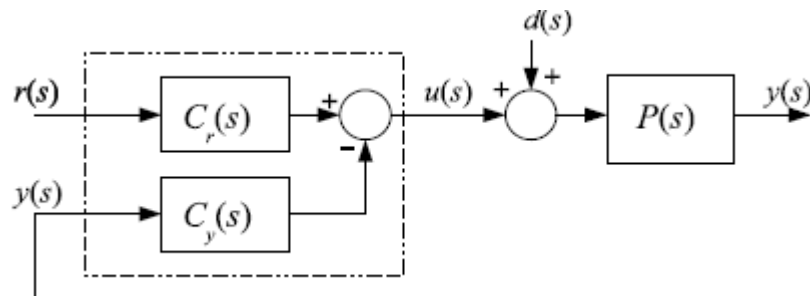


Figura 20-1: Control PID (Dos grados de libertad)

Fuente: (Arrieta, y otros, 2009)

Cada uno de los parámetros expuestos en la figura 22-1 anterior se detalla a continuación.

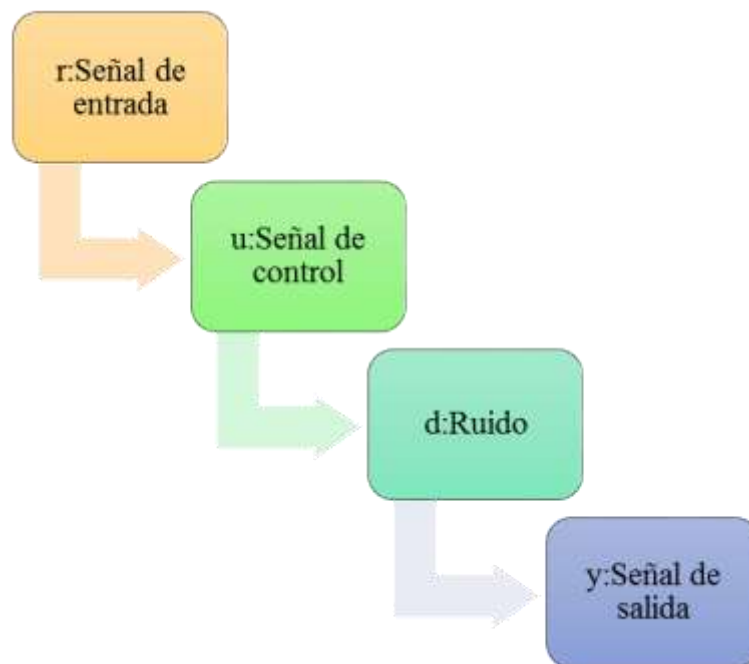


Figura 21-1: Parámetros control PID

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Un sistema de control PID puede definirse como el número de funciones de transferencia de un sistema de control de lazo cerrado el cual pueden ser de manera arbitraria, de esta modo se podrá lograr que el sistema tenga un óptimo rendimiento (Arrieta, y otros, 2009)

1.7.2.-Puente H con Relays

Este tipo de configuración se usa para cambiar el sentido de giro de un motor, está compuesta por un arreglo transistores en este caso se usó los transistores 2N3904 como se muestra en la figura 20-1.El puente H para el funcionamiento depende de los niveles de voltaje.

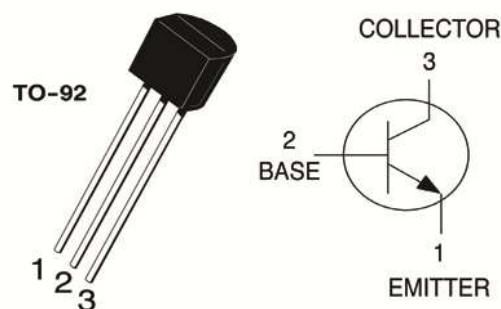


Figura 22-1: Configuración Transistor 2N3904

Fuente: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/2n3904-transistor-npn/>

1.8 Sistema de control automático

La automatización es la ciencia que estudia las metodologías, técnicas y procesos de un trabajo ya sea este de manera física o intelectual que sustituye al ser humano por una máquina, esto con la finalidad de evitar riesgos y agilizar y aumentar en rendimiento en las industrias.

Desde la perspectiva ingenieril un sistema de control es la transformación de señales ya sea estas analógicas o digitales de entrada que a su vez pueden ser controladas o de salida que pueden ser analizadas y observadas estas a su vez tienen una relación con las entradas o la llamada retroalimentación. Un sistema de control automático puede verse afectado por varios factores ya sea estos lugares, clima, ruido de carácter aleatorio o las mismas interferencias originados por ciertos elementos que hacen que el sistema produzca cierto tipo de variaciones y errores en su funcionamiento. (Valdivia Miranda, 2012)

Hoy en día el control automático es de gran utilidad debido a que la mayoría de empresas requieren ejecutar sus procesos de fábrica o de tecnología de una manera secuencial y automática con la finalidad de agilizar procesos, optimizando tiempo y recursos. Los sistemas de control automático se pueden encontrar en varios sectores de la industria como sistemas de transporte, sistemas de producción, sistema de ensamblaje, domótica, es por esta razón que la automatización ha sido de gran importancia para que las actividades que realiza el ser humano se hagan más fáciles y viables aumentando la calidad de los productos. (Kuo, 1996)

Ventajas de los sistemas de control automático

- Mejorar la calidad de los bienes y servicios
- Optimizar los tiempos en los períodos del proceso
- Reducir los costos de puesta en marcha del automatismo

1.8.1 Clasificación de los sistemas de control

Los sistemas de control se dividen en dos grandes grupos; sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado

Sistemas de lazo abierto.- Son sistemas en los que la variable de salida depende de exclusivamente de la señal de la entrada, sin hacer ninguna comparación en el momento del

proceso, cabe recalcar que este tipo de sistemas con muy propensos a ruidos o perturbaciones que se puedan dar por la inestabilidad del sistema.

Un sistema de control lazo abierto es aquel que en su salida una vez finalizada el proceso esta no depende de una entrada además que no afecta a la acción de control, esto conlleva a que este tipo de sistemas sean muy propensos a ruidos e inestabilidades, por lo que se requiere de un estudio preciso garantizando lo que se va a controlar. (Angulo Bahón, y otros, 2014)

Sistemas de lazo cerrado.-La característica más fundamental en este tipo de control es que la señal de salida debe ser necesariamente realimentada o comparada a su entrada, con el fin de que el error sea bajo y lograr una mayor estabilidad en el sistema. En este tipo de control lo más usual es usar sensores o también llamados medidas que realimentan el proceso del mismo y facilitan el control de ciertos procesos.

El sistema de control lazo cerrado se fundamenta que en su salida hay una dependencia de su entrada (retroalimentación), esto se da con el fin de que haya menos perturbaciones y errores en el funcionamiento del sistema de control, en este tipo de sistemas se usa sensores o medidas interconectadas a un proceso que lo que hacen es detectar señales de una magnitud para convertirlas en otra magnitud por lo general eléctricas capaces de controlar y operar.

La ventaja más importante del tipo de control de lazo cerrado es que posee una retroalimentación, esto implica que el ruido y el error sea menos, esto es de vital importancia debido a que en la actualidad los procesos necesitan ser secuenciales y con un margen de error eficiente lo que no se consigue con el control de lazo abierto, por otro lado para sistemas que las entradas sean conocidas y no existen perturbaciones es recomendable diseñar un sistema de lazo abierto. (Pérez, y otros, 2008)

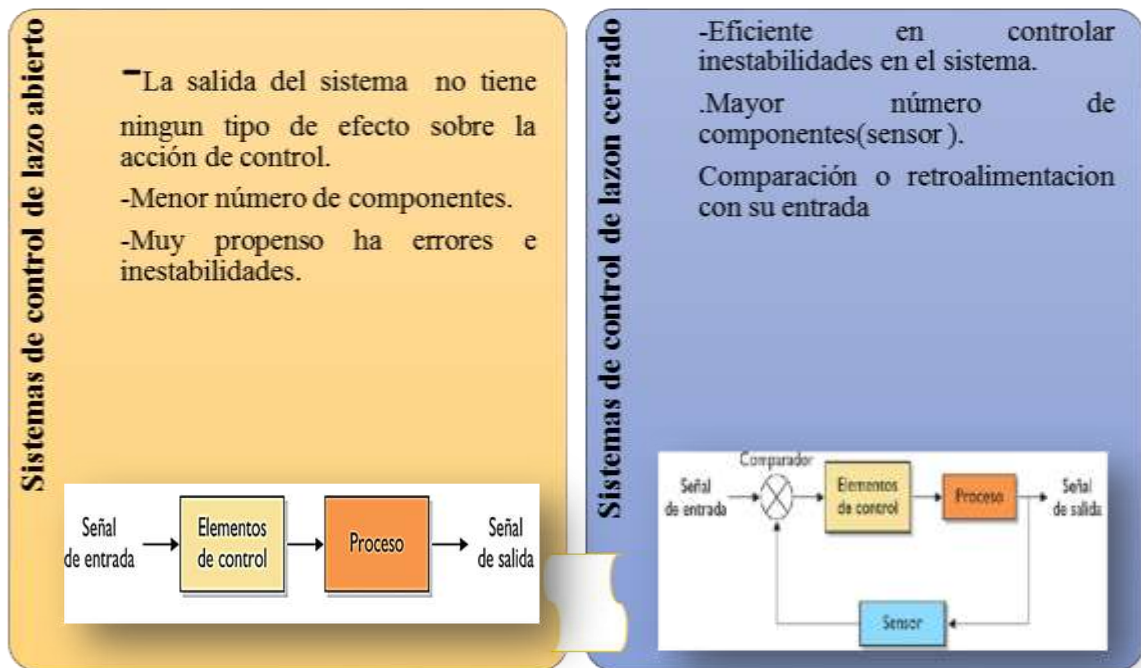


Figura 23-1: Comparación de sistemas de lazo abierto y lazo cerrado

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017.

1.8.2 Modelado Matemático del sistema de control

Un modelado matemático de un sistema de control consiste en obtener ecuaciones matemáticas de forma simplificada de manera que satisfagan al sistema con el fin de analizar el comportamiento de cada una de las variables. Existen dos tipos de modelos matemáticos; Modelo Experimental y modelo analítico.

Modelo experimental.-Este tipo de modelo dependen de las señales o variables de entrada los cuales sirven de prueba para obtener ecuaciones matemáticas y poder determinar la estabilidad o inestabilidad de sistema de control automático, este tipo de modelado no controla ningún tipo de componente o elemento introducido en el sistema.

Modelo analítico.-Este tipo de sistema trata de estudiar cada una de las variables del control y la interrelación entre ellas tomando en cuenta cada uno de los parámetros que lo conforman a diferencia del modelo anterior este si analiza cada uno de los elementos que contiene en su interior. (Llata García, y otros, 2013)

El estudio dinámico de un sistema de control consiste en determinar de forma matemáticamente y analítica la respuesta o salida para que se genere una señal de entrada a esta se le debe aplicar una excitación o voltaje.

Elementos de un sistema de control

Proceso a ejecutar. Es aquel proceso que se pretende controlar o monitorear por ejemplo el control de una banda transportadora a un tiempo determinado.

Variable controlada. Se refiere a una condición determinada, es aquella que se va a controlar y analizar los parámetros que inciden en esta, en el ejemplo anterior la variable controlada es el tiempo.

Variable manipulada. Es aquella variable que actúa o se modifica con el objetivo de mantener constante la variable controlada, si por algún efecto cambia la variable controlada esta hace que cambie el valor.

Perturbación.-Es una señal no deseada que tiende a afectar el comportamiento del sistema y por ende la variable controlada.

Medida.-Es el elemento encargado de censar o de determinar el valor de la variable controlada.



Figura 24-1: Diagrama de Bloques de un sistema

Fuente: (Jean-François)

1.8.3 Diagrama de bloques

Para el diseño y el estudio de los sistemas de control es necesario establecer cada uno de los parámetros y elementos que van a intervenir en el sistema, es por ello que se deben definir de manera correcta la entrada y la medida con su conveniente retroalimentación, para su mejor entendimiento es preciso estructurar un diagrama de bloques en base a las entradas y salidas del sistema con el fin de definir el comportamiento del mismo, para poder simplificar el diagrama de bloques del sistema es preciso tener en cuenta las siguientes equivalencias.

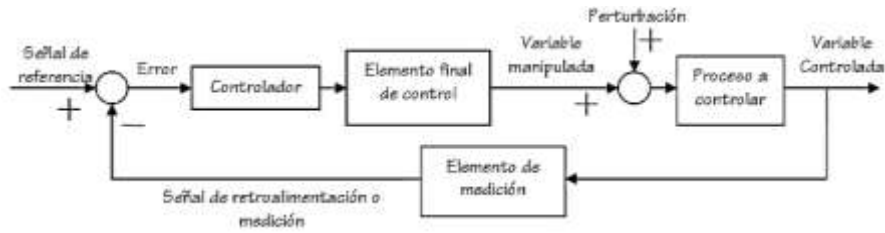


Figura 25-1: Ejemplo de diagrama de bloques

Fuente: (Jean-François)

1.9 El módulo Arduino

Arduino es una herramienta que nos permite interactuar con la pc, Arduino es una plataforma basado en una placa electrónica que contiene circuitería controlado por un microcontrolador con la capacidad de crear programas para controlar cualquier tipo de aplicación, además tiene una memoria EEPROM de 1KB, este dispositivo posee tanto entradas analógicas como digitales lo cual permiten crear diversos tipos de control. Para las comunicaciones del Arduino y la computadora este utiliza comunicación serial. (Arduino, 2011).



Figura 26-1: Ejemplo de diagrama de bloques

Fuente: <http://saber.patagoniatec.com>

La arquitectura de la placa Arduino consta de una interfaz de entrada, aquí se encuentra la interconexión de todos los periféricos como son los puertos, la finalidad de esta interfaz es conducir la información inyectada a través de los puertos hacia la unidad de procesamiento CPU, y esta a su vez enviará los datos procesados hacia cualquier dispositivo de salida ya sea este altavoces, motores o cualquier tipo de dispositivo que se requiera y represente el sistema de control automático. (Torres, 2014).

1.9.1 Arduino Mega 2560

La tarjeta de Arduino Mega 2560, en su estructura tiene 54 pines de entrada y salida, posee 16 entradas analógicas, 14 para señales PWM ,4 puertos, y un oscilador de cristal que por lo general viene dado de 16 MHz. En la tarjeta viene integrado una conexión de USB para mayor facilidad del usuario, el micro controlador es su gran mayoría es compatible con todas las placas o hardware adicional que se quiere interconectar con la placa base de arduino. (330ohms, 2016)

Tabla 6-1: Características técnicas de Arduino Mega 2560

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de entrada	7-12 V
Número de Pines	54 entrada/salida
Numero de Puertos analógicos	16
Memoria Flash	256 KB

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Fuente: <https://www.330ohms.com/products/arduino-mega-2560-r3>

1.10 Sistema mecánico de control

El mecanismo se pudo facilitar el movimiento de la antena a continuación se detalla cada uno de los componentes y elementos que intervinieron en el sistema; tornillo sin fin y el rodamiento

Se define a un mecanismo como un elemento que adquiere una señal o energía de entrada para posterior ser transformada con la actuación de trabajo.

Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento producido por un elemento motriz (fuerza de entrada) en un movimiento deseado de salida (fuerza de salida) llamado elemento conducido

Tornillo sin fin.-Este es un tornillo que se ajusta a una rueda engranada teniendo un eje perpendicular al eje del mismo. El modo de funcionamiento de este es por cada vuelta del tornillo la rosca engranada se encaja al eje de tracción estableciendo así un giro. (Villalba, 2016)

La característica primordial de este tipo de sistema es que el tornillo tiene un reductor de velocidad a continuación se muestra la relación de transmisión del sistema de control que se implementó.

$$i = 1/Z$$

i: Relación de transmisión

Z: Numero de dientes

$$1/30$$

Para el sistema de control la rueda dentada tiene 30 dientes, por lo que la relación de transmisión equivale a $i=1/30$ eso indica que por cada 30 vueltas que gire el tornillo accionado por el servomotor la rueda gira una vuelta.

Rodamiento.-Con este tipo de mecanismo se logró tener una mayor facilidad en cuanto al movimiento de la antena esto con el fin de que los servomotores trabajen a su nivel óptimo y normal. En la figura 27-1 se muestra el rodamiento que se acoplo a la estructura de la antena.

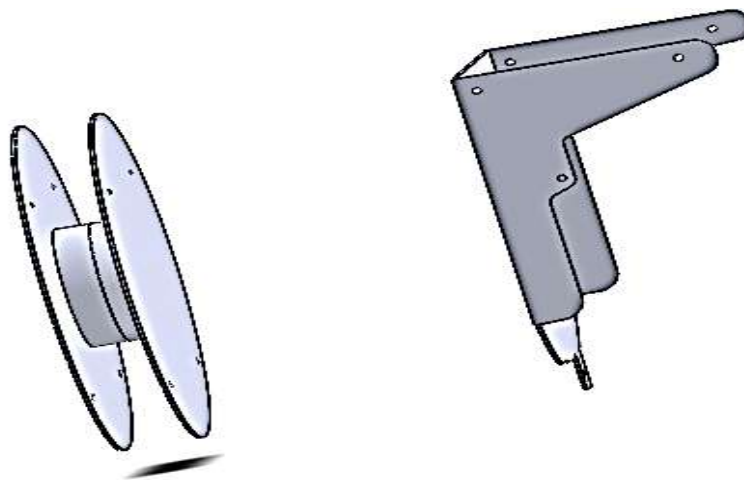


Figura 27-1: Mecanismo de rodamiento de la antena

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

1.11 Puntos de instalación del radioenlace

1. Pelileo.-San Pedro de Pelileo se encuentra ubicada en la región interandina del Ecuador con aproximadamente 56.573 habitantes, también localizada a 25 Km del Cantón Ambato provincia de Tungurahua.

La ciudad se encuentra a 2600 metros sobre el nivel del mar, posee un clima templado y seco (17°C).

Al suroeste del cantón se encuentra el cerro Nitón ubicado a 3 000 metros sobre el nivel del mar, en este lugar el clima es muy variado.

2. Pinllo.- San Bartolomé de Pinllo parroquia ubicada al noroccidente de Ambato con aproximadamente 9.094 habitantes según el censo del 2010, localizada a 2689 metros sobre el nivel del mar.

1.12 Factores a tomar en cuenta en la instalación del radioenlace

1.12.1 Clima

El transmisor se encuentra ubicado en Pinllo un sector con un clima relativamente cambiante como lluvias vientos a una altura 2930 msnm, y el receptor que se encuentra ubicado en el cerro Nitón a una altura de 2689 msnm, el cual es un escenario ideal para comprobar el sistema de control en alineación de la antena. En la tabla 13-3 se muestra los valores del clima de los sitios tanto del transmisor como del receptor .

Tabla 7-1: Clima del escenario del radioenlace

Pinllo(Transmisor)		Nitón (Pelileo)(Receptor)
Probabilidad de Precipitaciones	72%	70%
Humedad	68%	60%
Viento	8km/h-11km/h	6km/h-10km/h
Promedio Temperatura	17-19°C	17-19°C

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Dado que los equipos tanto el transmisor como el receptor se encuentran en zonas geográficas donde el clima es variable, se pudo encontrar problemas de pérdidas en las antenas y pigtails.

Problema en las antenas.- En la mayoría de los casos, cuando el nivel de la señal se encuentra en un rango de -70 dBm a -65 dBm existe el problema en la alineación de las antenas, dado que por factores climáticos como el viento están pueden esta cambiar su orientación y desalinearse produciendo

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo, se detalla la metodología de implementación del sistema de control automático en alineación de la antena Mikrotik Mant 30, se realizó una simulación en Radio Mobile para conocer las variables de estudio. También se detalla el proceso de modelamiento de sistema de control utilizando la técnica de diagrama de bloques, se da a conocer una comparativa de la alineación de manera manual y de manera automática, además la explicación y análisis de cada una de las actividades concernientes en el desarrollo de la construcción del sistema de control acorde a las exigencias de la empresa Silteldata S.A.

2.1 Diseño e infraestructura de la empresa Eléctrica Ambato.

En cuanto al diagrama de topología del radioenlace se utilizó el tipo punto a punto dado que la transmisión es entre dos nodos siendo una la AP-estación. La configuración se realizó en cada uno de los equipos tanto en el Receptor como Transmisor.

En cuando a la descripción de la red el sistema de telecomunicaciones está conformado por un enlace inalámbrico en cual brinda servicio a la Empresa Eléctrica Ambato para su nueva sucursal que se encuentra ubicado en la parroquia Pinllo, esta red transportara información valiosa de la base de datos de la empresa en mención.

Actualmente la empresa cuenta con una infraestructura de red que se muestra a continuación en la figura 28-2.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN

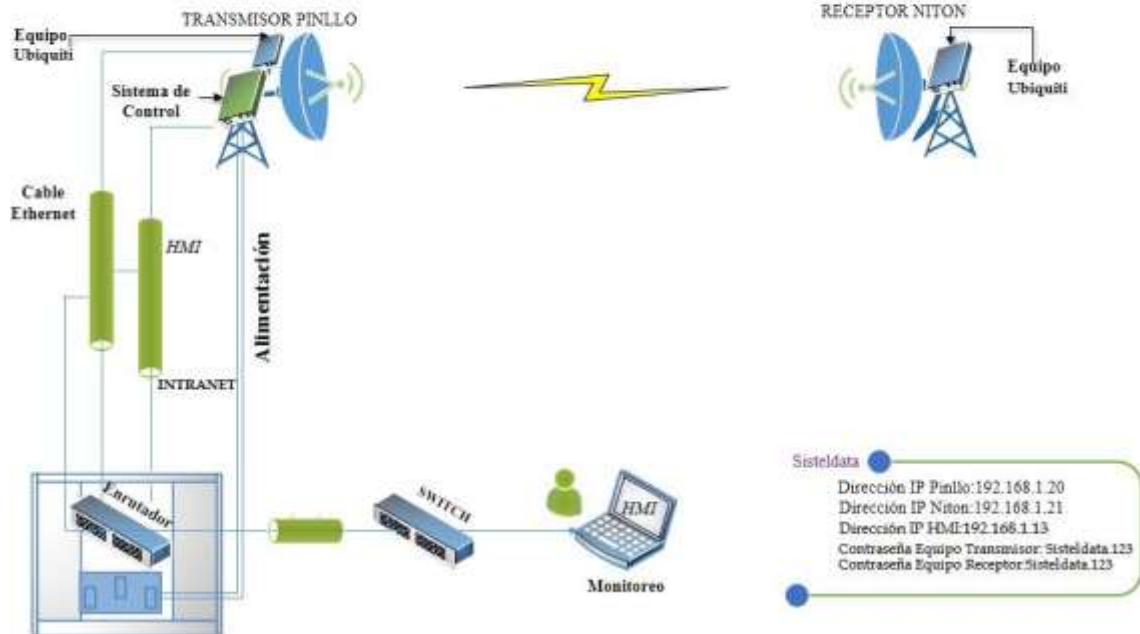


Figura 28-2: Infraestructura de sistema de comunicación

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Se ha seleccionado el cerro Nitón ubicado en el cantón Pelileo debido a que en la localidad los factores climáticos son muy cambiantes, y para el estudio e implementación es el escenario ideal. Dado que el sistema está expuesto a factores como: viento, lluvia el cual son parámetros muy importantes para el desarrollo del presente proyecto, al mismo tiempo ayuda al investigador a determinar de manera eficiente los resultados y mejoras existentes en el sistema de comunicación.

Para la implementación del radioenlace se configuraron previamente los equipos Ubiquiti junto con el proceso de armado de las antenas para luego ser colocadas en los mástiles previamente instalados por parte de la Empresa Eléctrica Ambato en el cerro Nitón y que miden 12 metros de altura a continuación se procede a la alineación de las mismas de manera manual. El radioenlace se encuentra a una distancia de 13Km.

Tabla 8-2: Datos del Radioenlace

	Coordenadas	Altura	Ganancia	Antena	Azimut	Elevación
Transmisor Pinllo	1°13'50.16'S 78°38'31.98'O	2694msnm	30dbi	Mikrotik Mant 30	307.6°	-1.23334°
Receptor Nitòn	1°17'50.82'S 78°33'19.71'O	2930msnm	30dbi	Mikrotik Mant 30	127.6°	1.12395°

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

2.2 Diseño y acoplamiento mecánico del sistema de control

Para el diseño e implantación del sistema mecánico de posicionamiento para la antena Mikrotik Mant 30 fue el rodamiento y el tornillo sin fin.

2.2.1 Rodamiento

Con este tipo de sistema la fricción del peso de la antena a mover se hace de una manera más fácil.

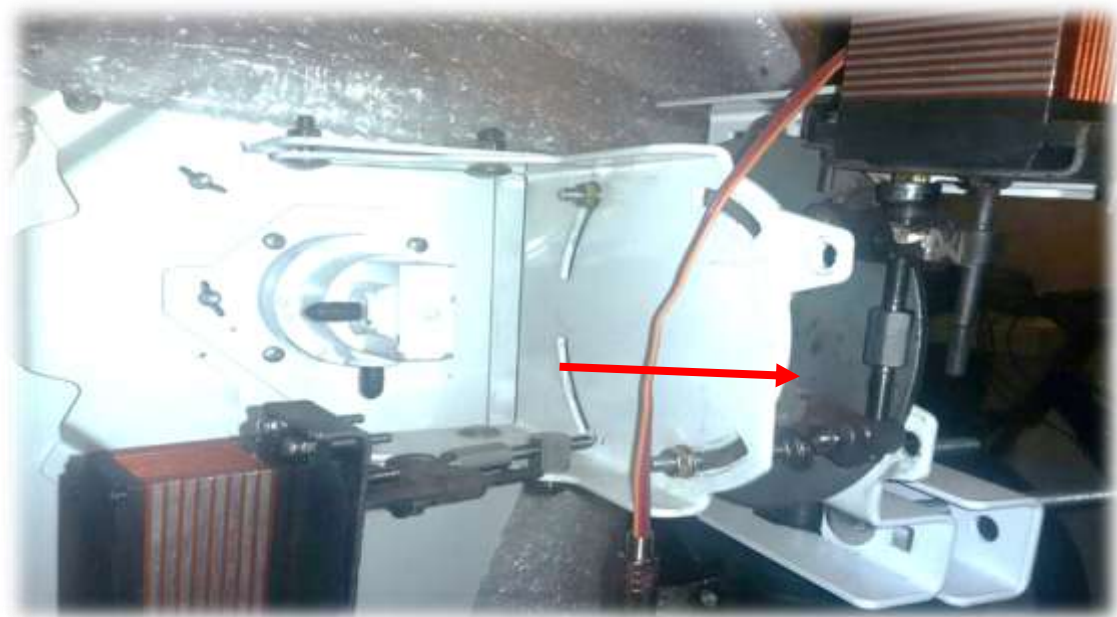


Figura 29-2: Rodamiento Mecánico

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

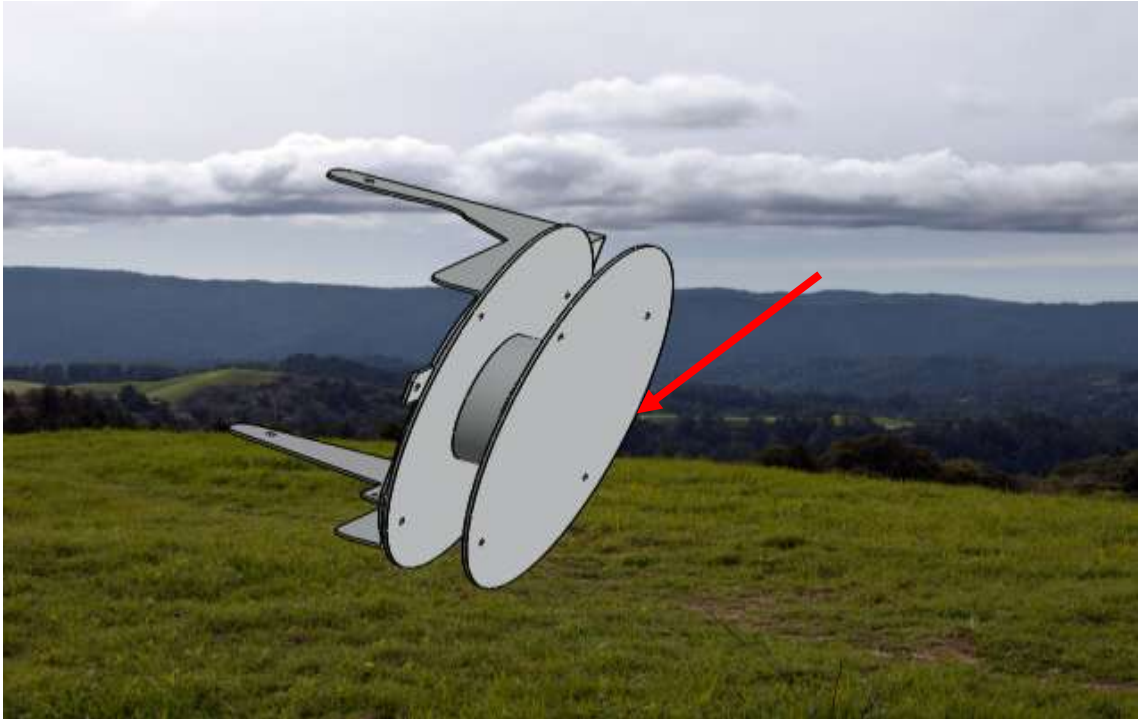


Figura 30-2: Rodamiento mecánico vista 3D

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017.

2.2.2 Templadores o tornillos sin fin

Este tornillo mueve los ejes de la antena tanto en azimut como elevación, además ayuda a una estabilidad al momento de enviar señal de movimiento a los servomotores. Como se muestra en la figura 31-2.



Figura 31-2: Tornillo sin fin (templador)

Fuente: Manual Antena Mikrotik Mant 30

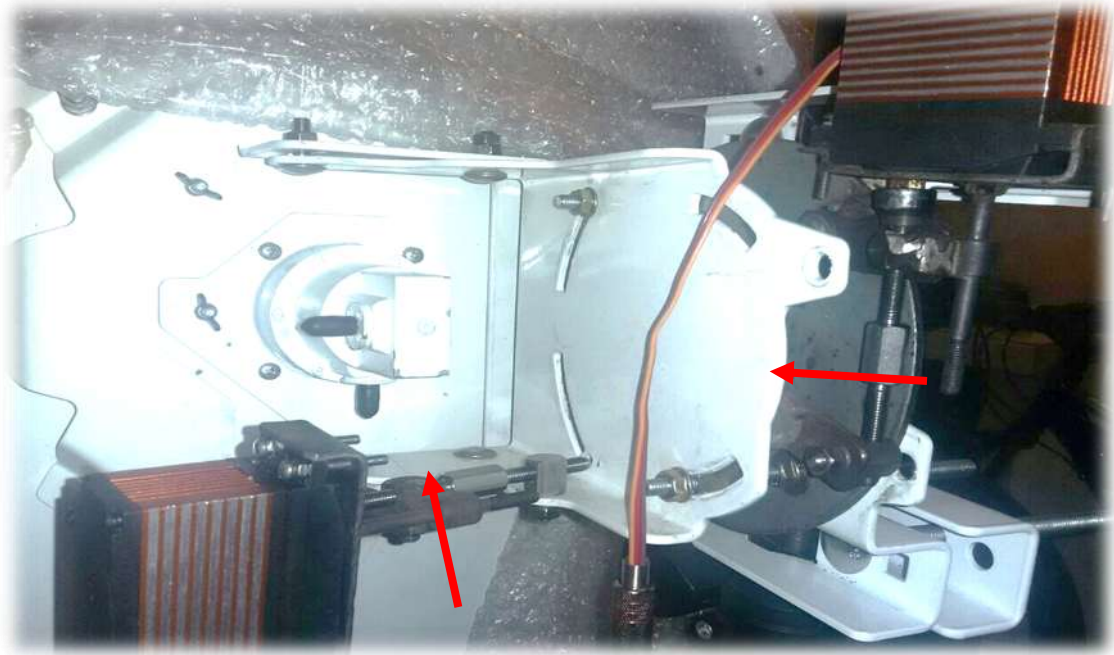


Figura 32-2: Tornillos sin fin antenna

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

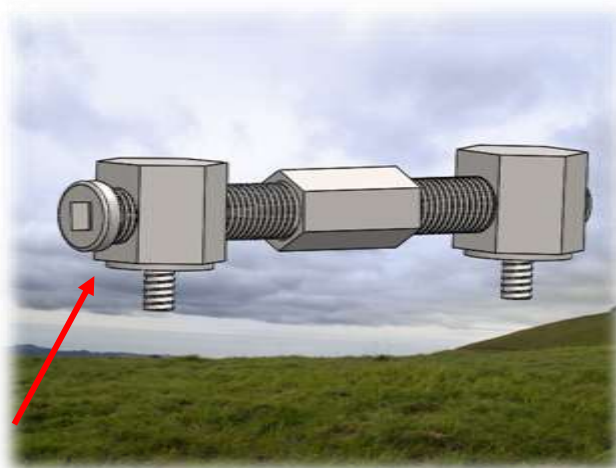


Figura 33-2: Tornillo sin fin vista 3D

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

2.2.3 Proceso del Truncamiento del servomotor

Hoy en la actualidad la mayoría de servos motores solamente giran 180 grados, esto debido al mecanismo que lleva en su interior que impiden que este gire libremente, la ventaja es que se puede controlar el mismo a través de un microprocesador, manteniendo la fuerza y velocidad con que viene de fábrica.

Lo primero que se realizó es el desmontaje ser servo, teniendo cuidado que la caja reductora se mantenga intacta, debido a que es la encargada de reducir la velocidad y aumentar la fuerza en el mismo.

Luego se realizó el desmontaje de cada uno de los engranajes dado que en uno de ellos se encuentra un tope o mecanismo que impide que el servo gire libremente es decir que gire 360 grados. Una vez desmontado esto es prudente sacar con cuidado el PCB o la placa principal que controla el movimiento del servo motor.

La mayoría de servomotores llevan en su interior un potenciómetro que se encuentra ligado a uno de los engranajes contribuyendo al control del movimiento del servo, entonces el truncamiento consiste en reemplazar este potenciómetro por resistencias de valores aproximados y como consecuencias la suma de estas den como resultado un valor cercano al valor original del potenciómetro.



Figura 34-2: Desmontaje de cada uno de los servomotores

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

Por último se procedió a cortar el mecanismo o tope que se encuentra en uno de los engranajes, se procedió a soldar las resistencias a cada uno de los cables correspondientes, para luego volver a ensamblar el servomotor.

2.3 Diseño de red inalámbrica

2.3.1 Cálculo de azimut y elevación analíticamente

Para realizar la simulación del radioenlace se utilizó el software RadioMobile el cual ayuda a deducir los parámetros como son azimut y elevación.

También se realizó los cálculos de manera analítica para hacer un cálculo aproximado a la de la simulación se obtuvo como resultado lo siguiente en cuanto tiene que ver a las variables de estudio: azimut y elevación.

$$\Delta \text{longitud: } 78^{\circ}38'31.902'' - 78^{\circ}33'19.71''$$

$$\Delta \text{longitud: } (0^{\circ}5'12.19'') * 111.17$$

$$\Delta \text{longitud: } \mathbf{9.64066}$$

$$\Delta \text{latitud: } 1^{\circ}13'50.088'' \text{S} - 1^{\circ}17'50.82'' \text{S}$$

$$\Delta \text{latitud: } (0^{\circ}4'0.66'') * 111.17$$

$$\Delta \text{latitud: } \mathbf{7.4339}$$

$$\Delta \text{altura} = 2930 \text{msnm} - 2689 \text{msnm}$$

$$\Delta \text{altura} = 244 \text{msnm}$$

$$d2d = \sqrt{(9.64066)^2 + (7.4339)^2}$$

$$d2d = \mathbf{12.1739555}$$

Angulo de elevación

$$\tan \alpha^{-1} \frac{\Delta \text{altura}}{d2d} = 1.14821^{\circ}$$

Azimut transmisor Pinllo

$$\tan \alpha^{-1} \frac{\Delta \text{latitud}}{\Delta \text{longitud}} = 37.63576 + 90$$

$$\alpha = \mathbf{127.6357^{\circ}}$$

Azimut Receptor Nitón

$$\tan \alpha^{-1} \frac{\Delta \text{longitud}}{\Delta \text{latitud}} = 52.3642 - 360$$

$$\alpha = \mathbf{307.6357^{\circ}}$$

$$\text{FSL} = 32.4 + 20 \log (f) \text{ Mhz} + 20 \log (d) \text{ Km}$$

$$\text{FSL} = 32.4 + 20 \log (2400 \text{Mhz}) + 20 \log (12.1739555 \text{Km})$$

$$\text{FSL} = 121.71 \text{dB}$$

FSL (Perdidas en el espacio libre).

A continuación se realizó las simulaciones correspondientes en el Software Radio Mobile tanto del transmisor ubicado en Pinllo como el Receptor ubicado en el cerro Nitón. En las siguientes gráficas se muestran cada uno de los parámetros como: azimut, elevación, pérdidas en el espacio libre.

Del análisis realizado de forma analítica los resultados obtenidos se aproximan al porcentaje del 95 % a los resultados que muestra la simulación.

Como se muestra en la figuras 35-2 ,36-2.

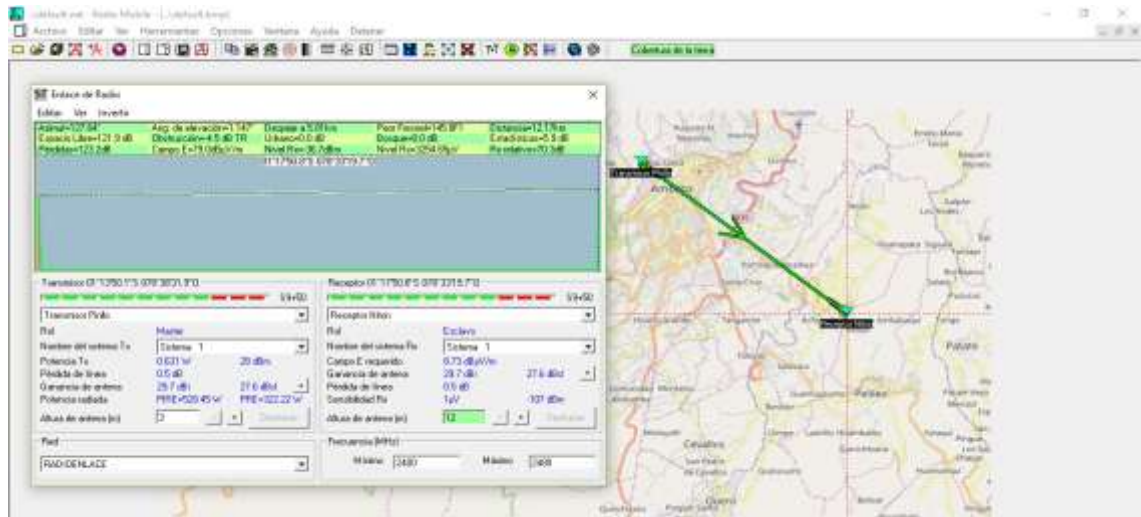


Figura 35-2: Simulación Radio Mobile Transmisor Pinllo

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

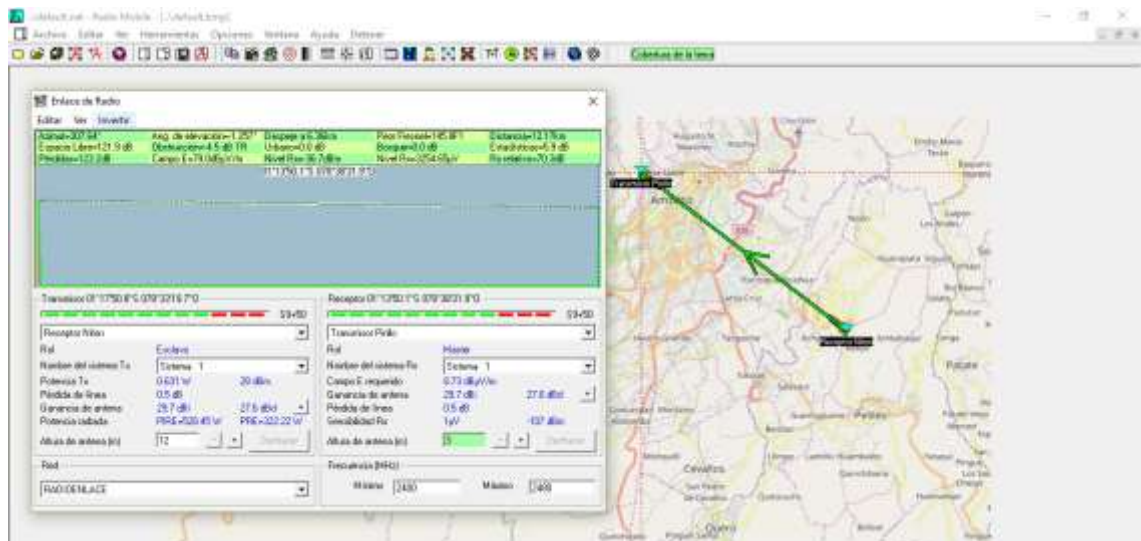


Figura 36-2: Simulación Radio Mobile Receptor Nitón

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017



Figura 37-2: Simulación enlace visto desde Google Hearth

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Se realizó la alineación con los datos calculados en el mejor de los casos para lo cual se obtuvo resultados en las variables de azimut 305.61° grados y elevación 1.10° grados, como se puede evidenciar mejora en un 80% y se cumple con el objetivo

Para el funcionamiento del radioenlace se utilizó equipos Ubiquiti Rocket M5 en el cual se configuraron los siguientes parámetros.

La herramienta dispone de un sinnúmero de aplicaciones que permiten monitorear a cada uno de los equipo como análisis de tráfico en cada una de las interfaces y la operatividad de cada uno de los enlaces instalados.

2.4 Configuración de red en cada uno de los equipos

Se procedió a la configuración de los parámetros de red en cada uno de los equipos tanto en el transmisor como en el receptor.

Tabla 9-2: Parámetros de red de los equipos

Nombre de la red	Ip Red	Mascara de Subred
Receptor Nitón	192.168.1.20	255.255.255.0
Transmisor Pinllo	192.168.1.21	255.255.255.0

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Configuración Receptor Nitón

A continuación se muestra la pantalla principal de configuración de los equipos Rocket M5

1.-Aquí se deberá escoger la opción Estación dado que este es el equipo principal

2.-SSID.-Nombre del equipo, para este caso es Receptor Nitón.

3.-A/N Mixed.-Estándar usado por la tecnología WLAN (Red de área local inalámbrica)

4.-La potencia por defecto viene dada de 27 dbm, este parámetro viene de fábrica en el quipo dependiendo de las características del mismo.

5.-Seguridad.-Es necesario poner un contraseña en cada uno de los equipos tanto para el transmisor como al receptor.

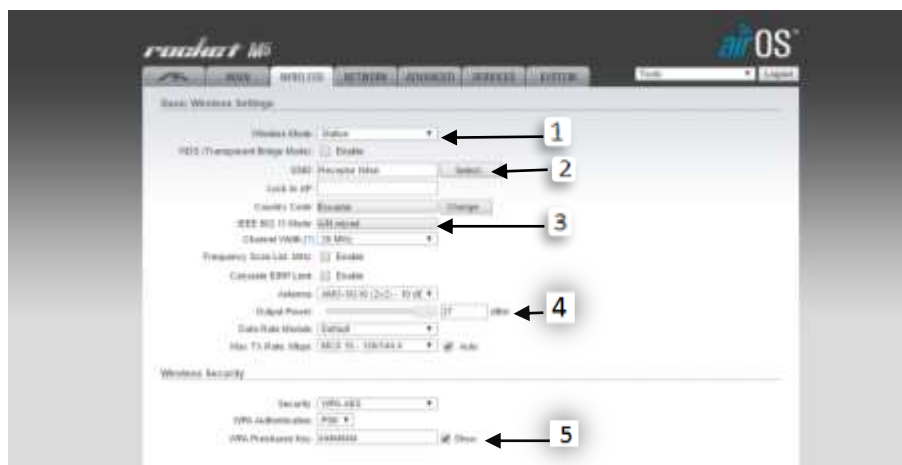


Figura 38-2: Configuración Wireless (Receptor Nitón)

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

El modo de la red se escogió modo puente o modo transparente, además parámetros de direcciones de red para este caso se asignó la ip 192.168.1.20/24



Figura 39-2: Configuración Network (Receptor Nitón)

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Una de las características muy importantes dentro de estos modelos de equipos es que permite al usuario cambiar la intensidad del led según crea conveniente en base a la sensibilidad de señal medida en dBm, estos indicadores se encuentran ubicados en la parte posterior del equipo.



Figura 40-2: Indicadores de nivel de señal (Led)

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Configuración Transmisor Pinlo

Al igual manera que el Receptor se configuró los mismos parámetros con la diferencia que se cambió la dirección ip y el SSID.

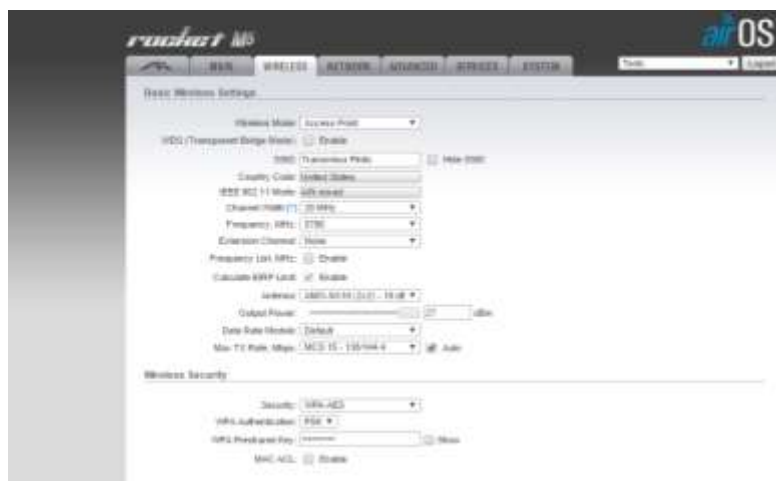


Figura 41-2: Configuración Wireless (Transmisor Pinllo)

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

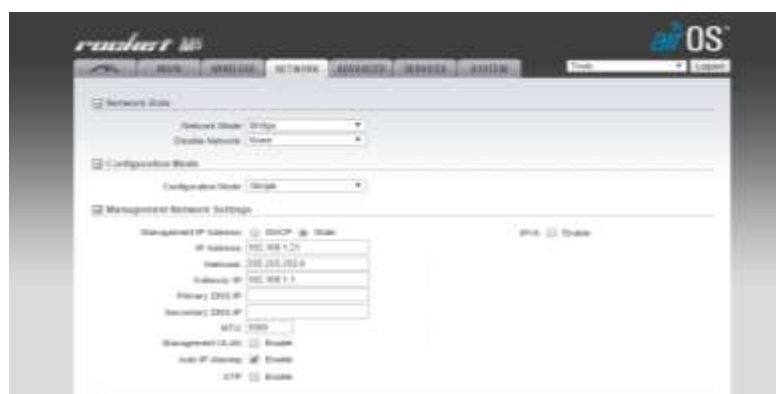


Figura 42-2: Configuración Network (Transmisor Pinllo)

Realizado por: Chrystian Viteri, 2017

En los dos casos se configuró el modo Bridge o puente dado que se asignó direcciones ip dentro del mismo rango de la red.

2.4.1 Alimentación sobre Ethernet (P.O.E)

En el presente sistema se utilizó una fuente de alimentación por el cual se encargara de alimentar al equipo tanto el transmisor como el receptor a continuación se presenta algunas características de estos elementos.

Características Tecnología P.O.E (Power over Ethernet)

Este tipo de tecnología permite pasar corriente eléctrica por los cables de datos, una de las ventajas más comunes es que se evita tener un gran número de claves y conexiones, este tipo de tecnología viene regularizado por el estándar IEEE 802.3af.

El funcionamiento de este dispositivo hace que cuando se conecte al equipo este suministre energía de forma automática a obviamente si el equipo es compatible con esta tecnología, esto gracias a que por el cable de red pasan 8 hilos el cual se dividen dos pares para la transmisión de datos y los otros 2 pares restantes son utilizados para suministrar energía de tan manera que por el mismo cable de datos transitan datos y alimentación.



Figura 43-2: P.O.E (Power over Ethernet)

Fuente: <https://www.tecnoseguro.com/faqs/cctv/que-es-poe.html>

2.5 Diseño de la interfaz HTML (lenguaje de marcas de hipertexto) (HMI)

Para realizar el monitoreo y control de sistema se desarrolló una aplicación con interfaz gráfica en HTML(lenguaje de marcas de hipertexto)

La página web se desarrolló a través del módulo Ethernet que permite al usuario usar de manera gráfica y fácil, es un módulo potente dado que permite el procesamiento y análisis de señales generadas por un hardware externo que sea compatible con los estándares establecidos por Altera.

La aplicación de control y monitoreo que se desarrolló es compatible con el módulo de Arduino, brindando así de esa manera una solución óptima para cumplir con los requerimientos que demanda el presente proyecto.

2.5.1 Funciones de la interfaz HMI

Monitoreo.-El sistema de monitoreo está en la capacidad de obtener información de cada medida que los sensores suministran, para el sistema el monitoreo de cada uno de los servomotores. Muestra los grados de azimut y elevación generados por factores externos.

Control.-A través de la interfaz HMI se puede manipular el posicionamiento gradual de cada uno de los servomotores permitiendo así la comunicación con dispositivos para el caso en mención con la tarjeta Arduino.

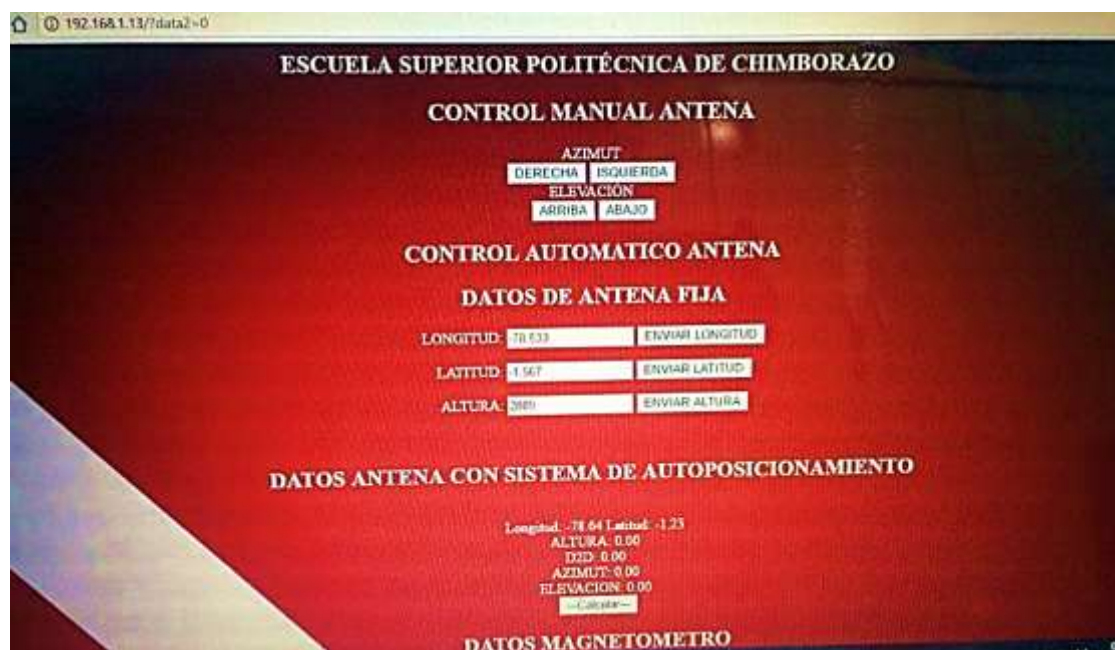


Figura 44-2: Interfaz de control de la antena

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

2.5.2 Estructura secuencial del sistema de control

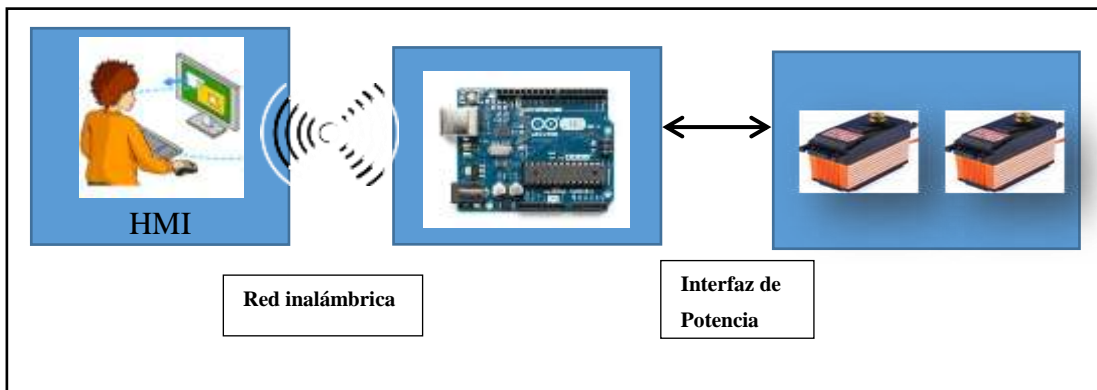


Figura 45-2: Estructura secuencial del sistema de control

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

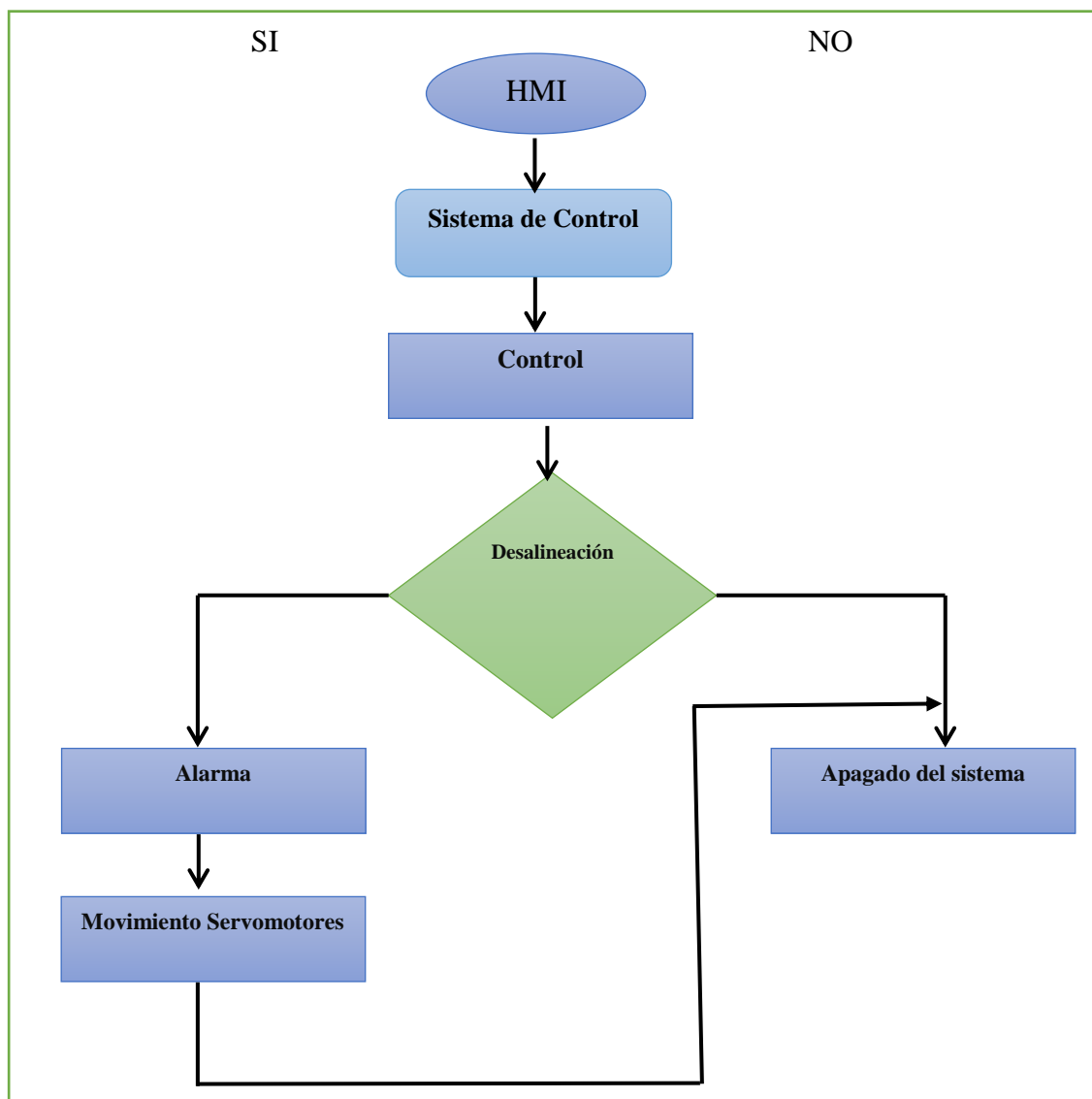


Figura 46-2: Algoritmo de funcionamiento del sistema de control

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

2.6 Diseño de la interfaz del sistema de control

A continuación se detalla cada uno de las características del módulo que permite la interactividad con el usuario para el desarrollo del mismo se usó la tarjeta Ethernet que es compatible con Arduino.

Arduino Ethernet Shield.

Es un módulo que permite tener interconectividad hacia la nube, además sobre este módulo se puede ejecutar aplicaciones tanto como TCP y UDP. Viene integrado la librería Ethernet, que permite crear o escribir programas para el monitoreo absoluto.

Este módulo se usa en el internet de las cosas (O.I.T) para el control y monitoreo de todos los dispositivos o equipos que se encuentran en el hogar. En el módulo viene incluido un conector con el estándar RJ45 el cual permite que el usuario se pueda conectar a un enrutador y pueda acceder a un servicio de internet.

Tabla 10-2: Características Arduino Ethernet Shield.

Tensión de alimentación	5V
Controlador Ethernet	Arduino Ethernet Shield.
Velocidad de conexión	10 Mb
Conexión	Puerto SPI
Conexiones simultaneas	Cuatro
Memoria interna	16 K
Protocolos que soporta	TCP/UDP

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

2.7 Implementación del estándar IP67 de protección y seguridad del sistema de control

Seguridad física

Para el método de protección del sistema de control se procedió a utilizar el estándar IP67 y el sistema de pararrayos.

Este tipo de estándar ha sido creado para calificar la protección de un sistema, este modelo viene dado en forma alfanumérica el cual cada letra y número tiene un significado, para este caso se utilizara el IP67, mientras más elevado es el número el sistema tiene más protección. En este el sistema es protegido de materiales extraños como polvo y lluvia garantizando una caja hermetizada y protegida de factores externos propios del medio ambiente. (Ayach, 2012)

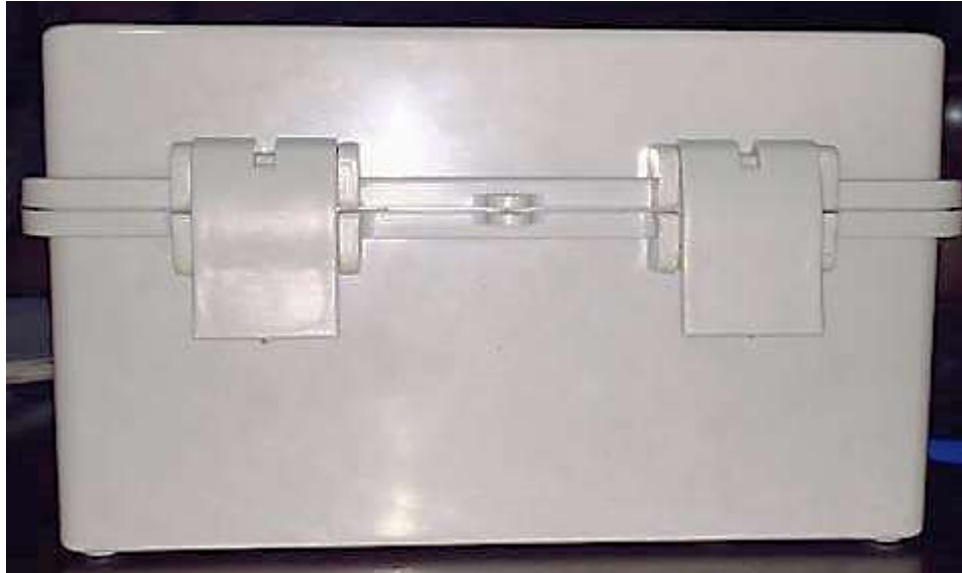


Figura 47-2: Seguridad caja hermética (Exterior)

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

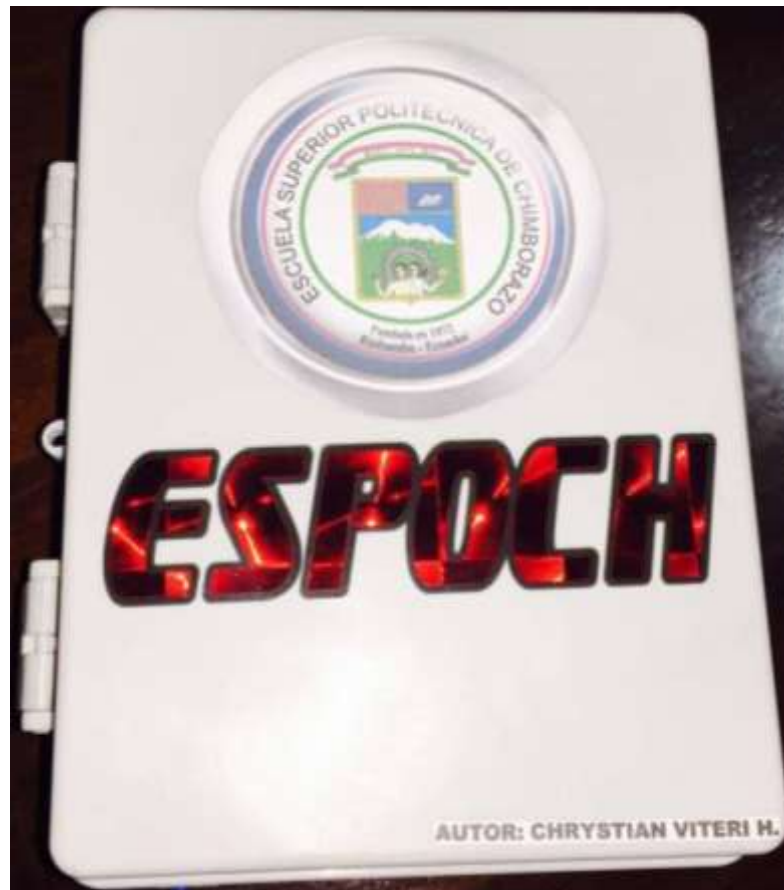


Figura 48-2: Caja hermética (Frontal)

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

Sistema de Pararrayos

El pararrayos consiste en dar protección a los equipos en caso de caídas de rayos o tormentas eléctricas desviando hacia la tierra evitando daños materiales o a los humanos.

Es de suma importancia proteger al sistema y a los equipos de los rayos emitidos por la atmósfera, es así que se instaló un pararrayos en la cima de la torre mástil para protección del mismo.



Figura 49-2: Pararrayo instalado

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

2.8 Diagrama de bloques

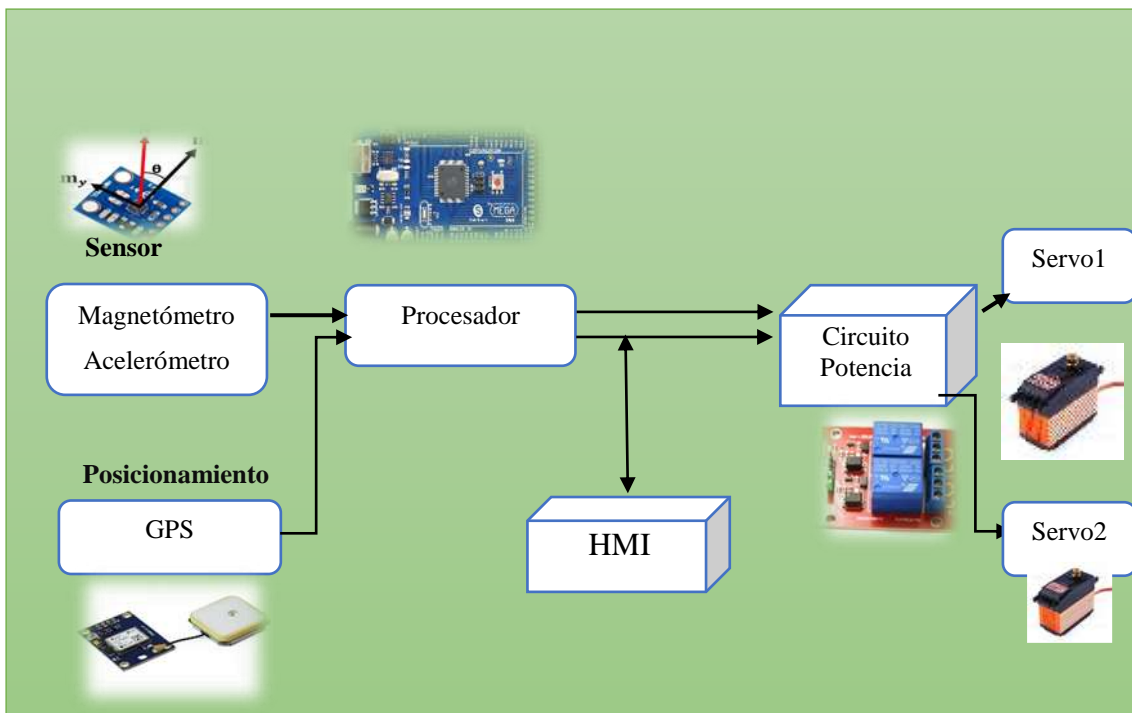


Figura 50-2: Diagrama de bloques Sistema de Control de la alineación de la antena

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

2.9 Implementación del sistema de radioenlace en la alineación manual y automática.

Alineación manual de la antena

Para la alineación de la antena de manera manual previo se realizó la implementación del radioenlace en las diferentes localidades considerando las alturas de las antenas.

2.9.1 Ajuste de los parámetros Azimut y elevación

Para realizar los ajustes correspondientes a azimut y elevación de las antenas se hizo un análisis de la simulación antes ya mencionada en el software Radio Mobile, basándose en la simulación realizada se procedió al ajuste tanto el movimiento de forma horizontal para azimut y movimiento de forma vertical para elevación esto de manera manual hasta que los equipos en las diferentes localidades se encuentren, obviamente moviendo hasta que la señal sea óptima para el funcionamiento del radioenlace.



Figura 51-2: Alineación de manera manual antena

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

2.9.2 Alineación automática de la antena

Para la alineación de la antena de manera automática se ingresó las coordenadas del receptor ubicado en Nitón mediante la interfaz gráfica.

Una vez ingresado las coordenadas el operador deberá dar clic en el botón calcular y se podrá observar el movimiento de la antena en base a las coordenadas ingresadas.

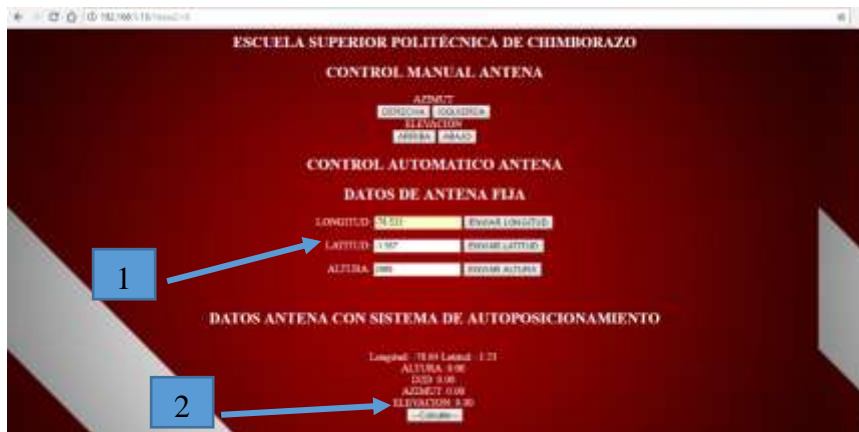


Figura 52-2: Interfaz HMI del sistema de control automático

Fuente: VITERI, Chrystian, 2017

1.- Coordenadas del receptor

2.- Botón para efectuar el cálculo y movimiento de la antena

CAPITULO III

3. MONITOREO Y ANALISIS DEL SISTEMA DE RADIOENLACE AUTOMÁTICO

Una vez finalizada la instalación de cada uno de los terminales se procedió a verificar el rendimiento en la red.

Las pruebas se realizaron en el receptor ubicado en el cerro Nitón como enlace principal y transmisor ubicado en la parroquia de Pinllo.

3.1 Parámetros de evaluación del sistema

Los parámetros que se tomó en cuenta para medir el rendimiento del radioenlace son:

- Latencia.
- Intensidad señal recibida.
- Tiempo de configuración.
- CCQ (calidad de conexión del cliente).

3.1.1 Intensidad señal recibida

Se realizó el análisis de la alineación de la antena tanto manual como automático en donde se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en la tabla 10-3.

Tabla 11-3: Promedio de alineación del sistema de control

Número de pruebas	Alineación Manual(dbm)	Tiempo empleado	Alineación Automática(dbm)	Tiempo empleado
1	-77 dbm	5 min	-75 dbm	2 min
2	-76 dbm	4 min	-72 dbm	2 min
3	-72 dbm	3 min	-69 dbm	1 min
4	-70 dbm	3 min	-67 dbm	50 seg
5	-67 dbm	2 min	-64 dbm	1 min
6	-65 dbm	4 min	-61 dbm	1 min
7	-65dbm	3 min	-59 dbm	1 min
8	-62dbm	1 min	-58 dbm	1 min
9	-58 dbm	2 min	-56 dbm	1 min
10	-58 dbm	1 min	-49 dbm	40 seg
Promedio	-67 dbm	3 min	-62 dbm	0,8 min

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

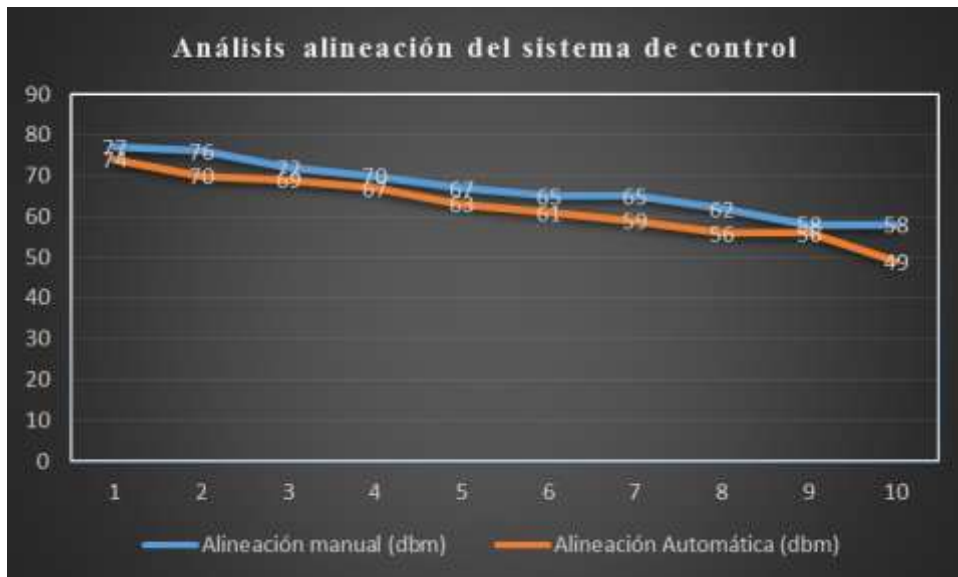


Figura 53-3: Análisis alineación del sistema de control

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Además se realizaron un análisis minucioso utilizando el software R el cual ayudó a evaluar la efectividad del proyecto tanto en niveles de señal como el tiempo utilizado para la alienación.

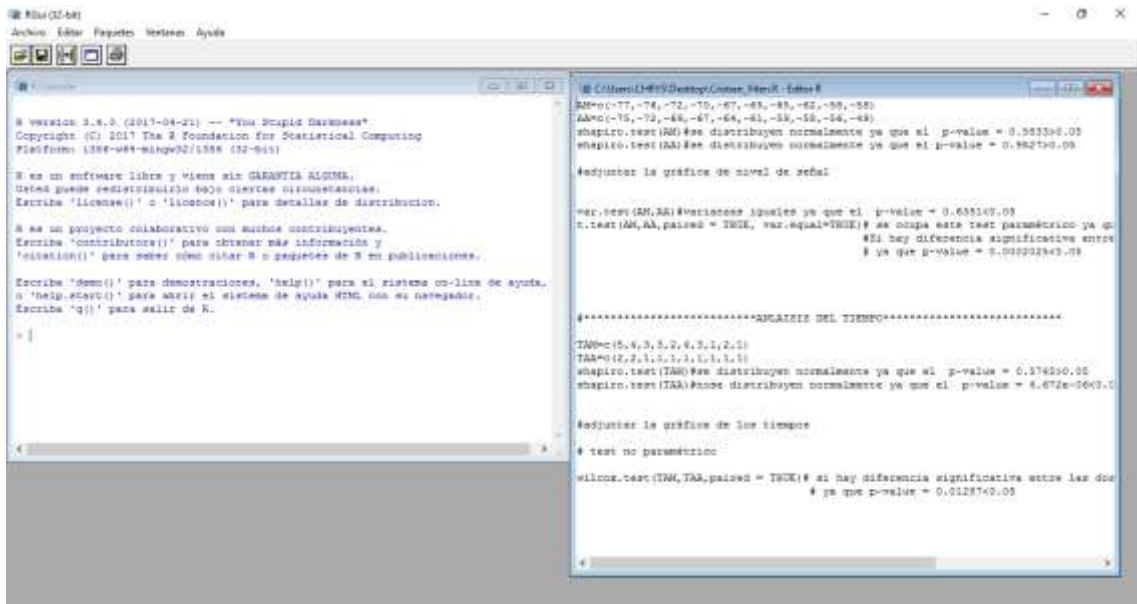


Figura 54-3: Ingreso de parámetros analizar mediante el Software R

Fuente: Software R, 2017

Como primer paso se realizó un análisis de normalidad obteniendo que la alineación de forma manual se distribuye normalmente dado que el $p\text{-value} = 0.5833 > 0.05$, de igual manera los datos del nivel de señal de la alineación automática se distribuyen normalmente ya que el $p\text{-value} = 0.9827 > 0.05$

Para el análisis de efectividad se usó el test T-Student dado que los valores tanto de la alineación manual como automática se distribuyeron normalmente, obteniendo así una diferencia significativa entre las dos distribuciones con un $p\text{-value} = 0.0002025 < 0.05$ y como consecuencia comprobando que si hay una mejora en el nivel de señal y calidad de la transmisión.

De los 10 datos la media tomada de manera manual la máxima señal es -67 dBm, el cual en el datasheet del equipo la sensibilidad es de -74 dBm, por lo que la alineación de forma manual esta próxima al umbral mínimo de sensibilidad.

De los 10 datos medidos, la media tomada de manera automática es de -62 dBm evidenciando 5 dBm sobre la alineación manual, proporcionando un aumento en la intensidad de la señal de aproximadamente 25%.

3.1.2 Conectividad y latencia

La velocidad de transmisión se define como la reciprocidad que existe entre los datos que se transporta por la red de comunicaciones y tiempo que se emplea para ello.

Los parámetros a evaluar son los siguientes:

- Distancia .-La transmisión y el nivel de señal va a depender de la distancia que este el receptor para este caso se encuentra a 14 Km
- Potencia. La potencia genera el radio en este caso se ocupó un Rocket M5 con una potencia de 27 dBm, esta potencia ya viene dada por los equipos
- Sensibilidad.-Este parámetro también viene dado por el fabricante, indica cuan buena percepción tiene la antena receptora.

3.1.2.1 Tasa de pérdida de paquetes en la red

Por medio de este parámetro ICMP se puede comprobar si el equipo receptor esta visible o está en operatividad con el equipo de transmisión, además se puede determinar el tiempo de vida del paquete TTL y cuantos paquetes se pierden en el transcurso del envío.

Para hacer el análisis de tiempo de vida del paquete se utilizó la herramienta Ping que viene en el equipo Rocket M5 y se obtuvo los siguientes resultados como se detalla en la tabla 11.3 se detalla los tiempos medidos de vida que tiene cada paquete que se encuentra alineado a la antena de manera automática

Tabla 12-3: Promedio de tiempo de respuesta TTL

N° de Paquetes enviados.	N° de Paquetes perdidos.	Tiempo de respuesta TTL (ms)		
		Mínimo	Máximo	Promedio
100	2	4	320	162
200	0	6	8	7
50	0	1	5	3
100	0	2	4	3
200	0	2	7	4,5
100	0	4	7	4.5

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

3.2 CCQ (calidad de conexión del cliente)

El parámetro CCQ es un valor que es medido de manera porcentual el cual indica la eficiencia del radioenlace, es una herramienta que viene en la mayoría de equipos Ubiquiti, considerando los siguientes rangos de eficiencia optima del radioenlace como se muestra en la tabla 12-2

Tabla 13-3: Alineación Automática (CCQ)

Nivel de señal(dBm)	CCQ(calidad de conexión del cliente)
-83 dBm	No hay señal
-79 dBm	22%
-74 dBm	68%
-68 dBm	92%
-65 dBm	95%

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Se puede evidenciar que la alineación automática indica el nivel de señal en un -68 dBm como se muestra en las figuras consecuencia se tiene un CCQ del 92 % lo que quiere decir que el enlace está operando en óptimas condiciones.



Figura 55-3: Nivel de señal del radioenlace implementado

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

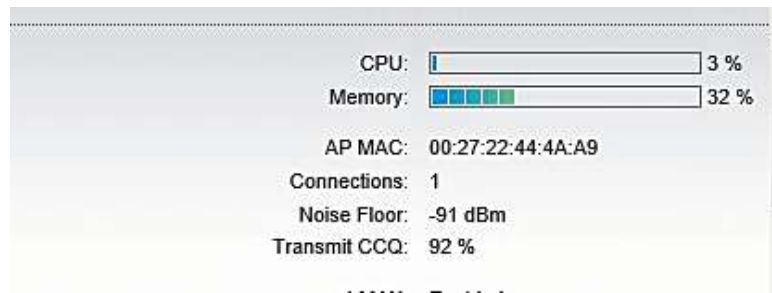


Figura 56-3:CCQ nivel de señal -68 dbm

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

CONCLUSIONES

- Con la implantación del sistema de control para la alineación automática de una antena Mikrotik Mant 30 se pudo comprobar el incremento en la intensidad de señal recibida en el receptor así como la verificación de conexión del radioenlace permitiendo operar a los equipos bajo mejores condiciones.
- Se implementó un sistema de monitoreo y corrección de posicionamiento de la antena transmisora mediante un servidor web ubicado en la intranet de la Empresa Eléctrica Ambato, logrando mejorar la estabilidad en la comunicación, calibrando desviaciones provocadas por el viento. Además la interfaz de potencia ayudó al control y movimiento de los servomotores para controlar el posicionamiento de la antena.
- Se logró optimizar recursos de una manera eficiente mediante la interfaz hombre máquina (HMI), para que el operador del sistema realice el monitoreo en forma remota de la antena transmisora.
- El parámetro CCQ basa su calificación en base a la calidad del servicio del radioenlace, así en la configuración automática se pudo comprobar el valor de 95%, implicando que el sistema de comunicaciones trabaja en su capacidad óptima.
- Se pudo comprobar el rendimiento en el enlace de comunicación a través del análisis de los parámetros de evaluación sugeridos en ambas configuraciones manual y automática, evidenciando así que en la configuración automática el nivel de señal incrementa y el CCQ (calidad de conexión al cliente) es muy eficiente dentro de la escala dada por el fabricante.

- Se implementó un radioenlace para tener comunicación entre la estación Pinllo y estación ubicada en Nitón con la finalidad de brindar a futuro un servicio a la Empresa Eléctrica Ambato para la nueva red a implementarse en su nueva agencia.

RECOMENDACIONES

- Antes de comenzar con la implementación del sistema es prudente revisar el manual de implementación y montaje de la antena Mikrotik Mant 30 incorporado con el mecanismo de control y el manual de aplicación.
- Establecer de forma correcta los parámetros de red a implementarse para no tener conflictos de red o problemas de seguridad.
- Es importante proteger y garantizar el funcionamiento del sistema, contra fenómenos naturales por esta razón se ha tenido que implementar un pararrayos, y una caja hermetizada para evitar que el sistema colapse.
- Cabe mencionar que los servomotores normalmente funcionan 180 grados dando como consecuencia que el movimiento se realice grado a grado de forma entera, para lo cual que se tuvo la necesidad de hacer un circuito de operación para que gire a cualquier grado que se desee.

GLOSARIO

TCP/IP	Protocolo de transición, protocolo de internet
ETHERNET	Estándar de redes de área Local
MIKROTIK	Compañía que fabrica antena del mismo nombre
LABVIEW	Software de entorno gráfico para simulaciones
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
FSL	Perdidas en el espacio libre
GPS	Sistema de posicionamiento global
EEPROM	Tipo de memoria ROM que puede ser programada
I2C	Tipo de comunicación serial
PWM	Modulación por ancho de pulso
WINBOX	Software de configuración nativo de Mikrotik
IP67	Estándar de protección
HMI	Interactividad hombre maquina
SPI	Estándar usado para transferencia de información
JITTER	Cambio en lapso de envío de información
PING	Utilidad diagnóstica en redes
P.O.E	(Power over Ethernet)

BIBLIOGRAFÍA

ANGULO BAHÓN, Cecilio y Raya Giner, Cristóbal. 2014. *Tecnología de sistemas de control*. Barcelona-España : UPC, 2014. p. 34.

PÉREZ GALDÓS, Benito. 2011. *Fundamentos de Arduino*. España :cervantesvirtual, 2011, pp. 1-2.

ARRIETA, O y VILANOVA, R. 2009. *Control de Dos-Grados-de-Libertad*. Costa Rica : s.n., 2009. Vol. 6,p. 56

AYACH, Wajdi A. 2012. IP67 y su significado. [En línea] 19 de Julio de 2012. <http://blog.tresw.com/general/ip67-y-su-significado/>.

BALANIS, Constanine. *Antenna Theory.Analysis and Design*. EEUU : A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 1982. Vol. THIRD,pp 56-70

BUETTRICH, Sebastian. *Cálculo de Radioenlace*. TRICALCAR. Brasil : TRICALCAR |, 2007. p. 4. Octubre 2007.

CARLETTI, E.J. *Introducción a los Servomotores*. España : aurova, 2007.

GARCÍA, Fernando Morilla. *CONTROLADORES PID*. Madrid : s.n., 2007.

GIMÉNEZ RÓDRIGUEZ, Tamara y Ros Bernabeu, María Elena. 2009-2010. *Sistema de Posicionamiento Global (GPS)*. España : s.n., 2009-2010. pp. 2-3-4.

GONGORA, Omar. *Antena Yagi-UDA*. La Abana-Cuba : s.n., 2011.

IEEE. *Standard Definitions of Terms for Antennas*. s.l. : Revision of ANSI/IEEE, Ecuador.,1983.

ING.LAGARSO. 2003. *Polarización de la onda Electromagnética*. [En línea] 2003. http://www.antenaruval.mex.tl/imagesnew2/0/0/0/2/0/5/4/9/3/1/P_6_2003.pdf.

J. IRWIN , David. 1997. *The Industrial Electronics Hand Book*. Pennsylvania : CRC Press, 1997, 1997. p. 753.

JARAMILLO GRANDA, Darwin Javier y Quispe Rea, Luis Giovanni. 2014. Estudio, Diseño y construcción de un prototipo de arreglo de antenas microstrip para recepción en la banda x comparable a la ganancia de una antena parabólica. Quito : QUITO/EPN/2014, 20 de Enero de 2014, pp 34-67

JEAN-François. *Diagrama de Bloques*. ULA, México : s.n.

Kuo, Benjamin. 1996. *Sistemas de control Automático*. Mexico : Séptima, 1996. 53500.

Laboratorio de Astronomía Geodesía y Cartografía. 2000. *SISTEMAS GNSS: Funcionamiento, Posicionamiento y Presición*. España : 2000. ,pp 98-108

LLATA GARCÍA, José Ramon, y otros. 2013. *Modelado de Sistemas de Control*. España : unican, 2013.

MIKROTIK. 2017. Introducción y conceptos. [En línea] 4 de Junio de 2017. ftp://kucker.com/pub/manuales/mikrotik/otros/Capitulo_1.pdf.

MANT30 SERIES. Pernavas iela 46, Riga, LV-1009 LATVIA : s.n., 2017.

MONACHESI, Emilio, Frenz, Ana Maria y Chaile, Guillermo . 2011. Conceptos generales de Antenas. Argentina : PID25/P031 , 2011.

Pérez, Albaro Luis Tixi. 2015. *Antenas para Radioenlaces*. Riobamba : s.n., 2015. pp. 2-4.

PÉREZ, Mario Alberto, Pérez Hidalgo, Analía y Pérez Berenguer, Elisa. 2008. *INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO*. Argentina : unsj, 2008. pp. 10-11.

PINTO, Felix. 2016. RADIOENLACES. [En línea] 24 de 01 de 2016. <http://geo.10-multa.com/pravo/12492/index.html>.

PONS, Rafael. 2017. Entendiendo el Azimut y la Elevación. [En línea] 2017. <http://es.photopills.com/articulos/entendiendo-el-azimut-la-elevacion>.

PUERTAS, Cap. José Luis. 2016. A.I. RADIOCOMUNICACIONES . *Guia de Radiocomunicación*. [En línea] 2016. <https://es.scribd.com/doc/293548964/A-I-RADIOCOMUNICACIONES-Guia-de-Radiocomunicacion-pdf>.

PUIG, Martí. 2017. *Brújula digital HMC5883L*. España : s.n., 2017.

Radiobalizas y Radiogoniometria identificación y localización. **Ceferino, Bermejo Díaz ANTONIO. 2014.** 2014, pp. 39,40.

Rc.Net. Teoría de Antenas. [En línea] <http://www.radiocomunicaciones.net/teoria-antenas.html>.

REYES PORTILLO, Ana Laura. 2011. Radioenlaces de Microondas. [En línea] Mayo de 2011. http://radioenlaces-dear-microondas.blogspot.com/2011/05/definicion_6200.html.

SANAGUANO MORENO, Daniel Alfredo y Zzbala Haro, Monica Andrea. 2011. ESTUDIO, ANALISIS E IMPLEMENTACION DE UNA RED INALÁMBRICA COMUNITARIA ORIENTADA AL SECTOR EDUCATIVO RURAL DEL CANTON CHAMBO. Riobamba-Ecuador : s.n., 2011. pp. 120-140.

TORRES, J. 2014. Arduino qué es y como funciona. [En línea] 17 de Marzo de 2014. <https://hipertextual.com/archivo/2014/03/hardware-novatos-arduino/>.

ULRICH, Silvina. 2014. *Coordenadas Geograficas: latitud y longitud*. 2014.

VALDIVIA MIRANDA, Carlos. 2012. *Sistemas de control continuos y discretos.* España : Parainfo, 2012. p. 12.

VELA, Andres y Remache, Pablo. 2015. Estudio y Diseño de un radioenlace para la transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indigena "ALFA Y OMEGA" utilizando equipos airmax de Ubiquiti. Quito : s.n., Abril de 2015. p. 23.

VIGURIA, Nilo Estañiz. 2013. *Radioenlaces de transmisión.* Peru : EPIS-UNAJMA, 2013. pp. 2-3.

VILLALBA, Hervás. 2016. Elementos de Máquinas y Sistemas. 2016, pp. 1-9.

330ohms. 2016. Arduino. [En línea] 2016.
<https://www.330ohms.com/products/arduino-mega-2560-r3>.

5hertz Electrónica. 2014. Introducción Al Giroscopio. [En línea] 21 de 02 de 2014.
<http://5hertz.com/tutoriales/?p=431>.

ANEXOS

ANEXO A

Servidor web de monitoreo del sistema de control

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CONTROL MANUAL ANTENA

AZIMUT
DERECHA | IZQUIERDA
ELEVACION
ARRIBA | ABAJO

CONTROL AUTOMATICO ANTENA

DATOS DE ANTENA FIJA

LONGITUD: 78.633

LATITUD: -1.567

ALTURA: 2000

DATOS ANTENA CON SISTEMA DE AUTOPOSICIONAMIENTO

Longitud: -78.64 Latitud: -1.25
ALTURA: 0.00
DSD: 0.00
AZIMUT: 0.00
ELEVACION: 0.00

DATOS MAGNETOMETRO

ANEXO B

Manual de usuario

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

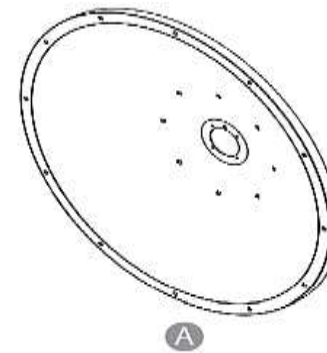
Para una mayor facilidad de manipulación por parte del personal encargado es necesario la realización de un manual de usuario, que ayude a la implantación del sistema de control tanto en el ensamblaje de sistema mecánico y monitorización del mismo.

En el manual se detalla cada uno de los componentes y elementos que componen la parte mecánica, además el uso de la interfaz hombre máquina que será indispensable para el monitoreo de la posición y alineación de la antena.

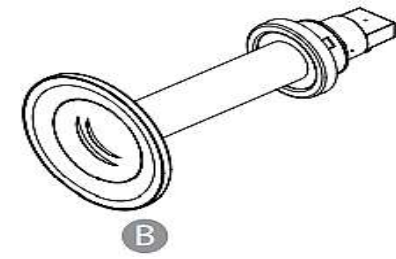
Acoplamiento de las piezas de la estructura de la antena

Para la implementación de cada uno de las piezas de la antena tendrá el personal encargado que seguir los siguientes pasos.

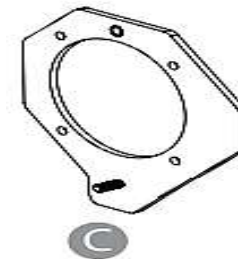
Contenido del paquete



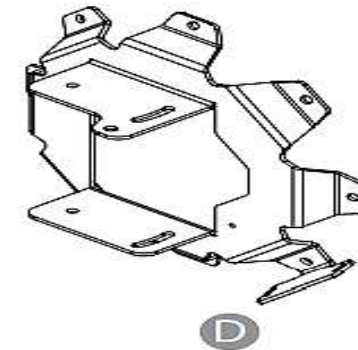
Plato Parabólico



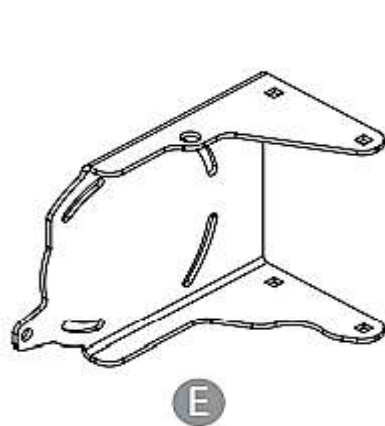
Fuente de alimentación



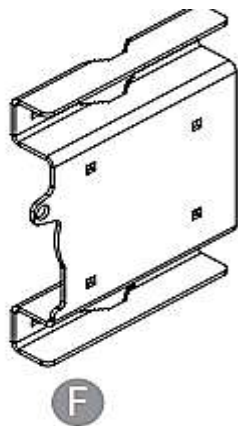
Soporte de alimentación



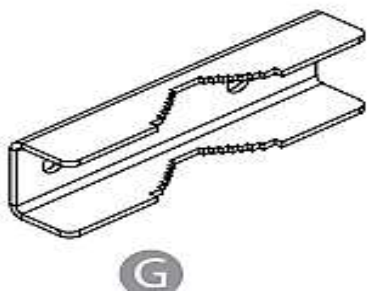
Placa trasera



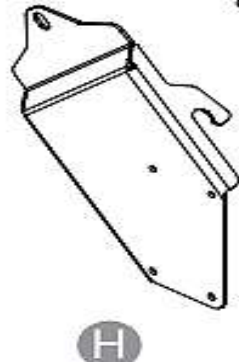
Soporte de alineación



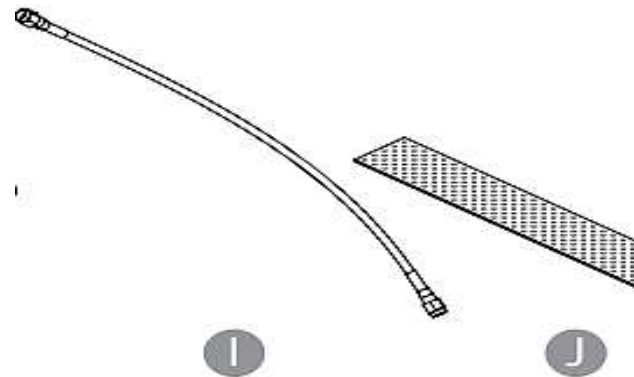
Soporte de mástil o torre



Abracadera de mástil o torre

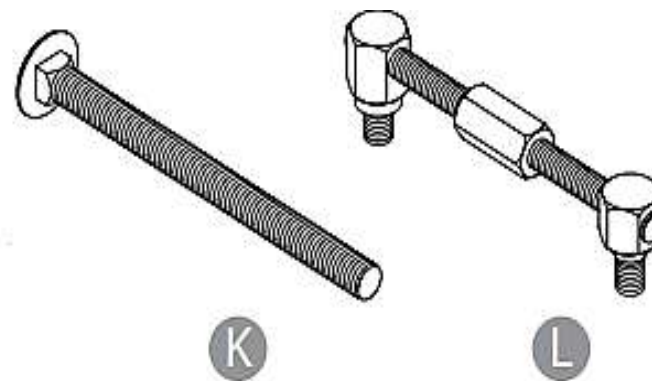


Soporte de equipo



Cable RF

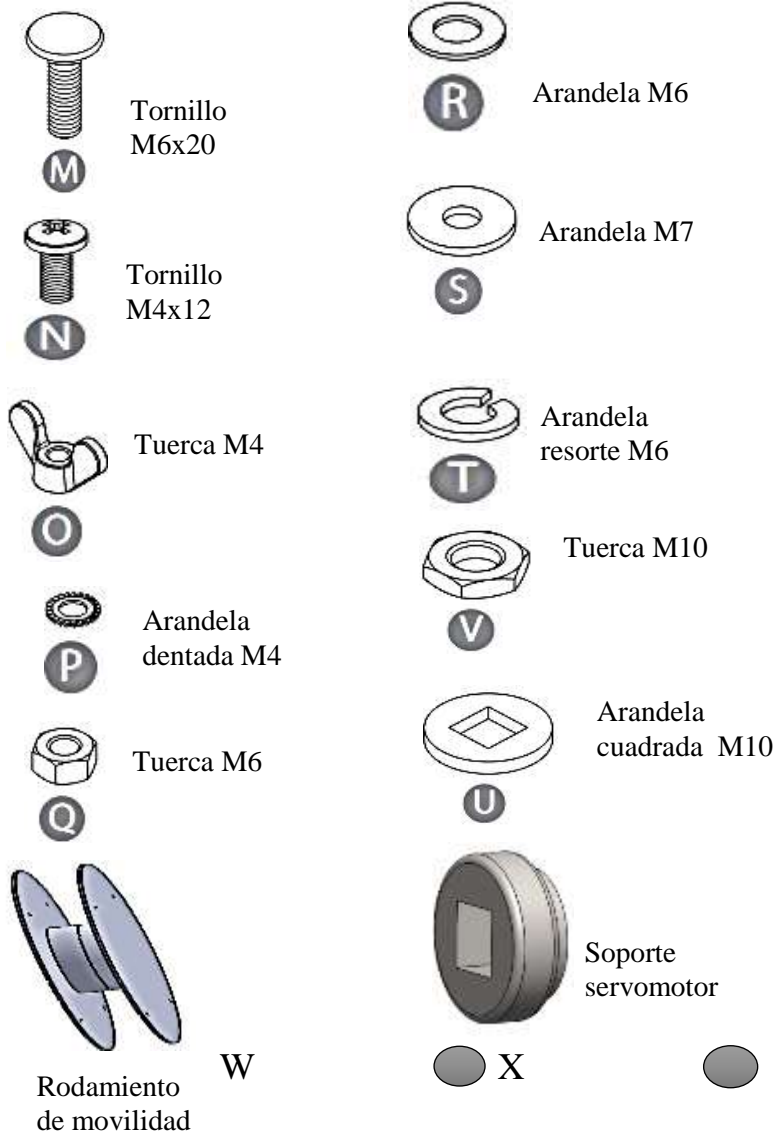
Cinta adhesiva



Tornillo M10x130

Mecanismo de alineación

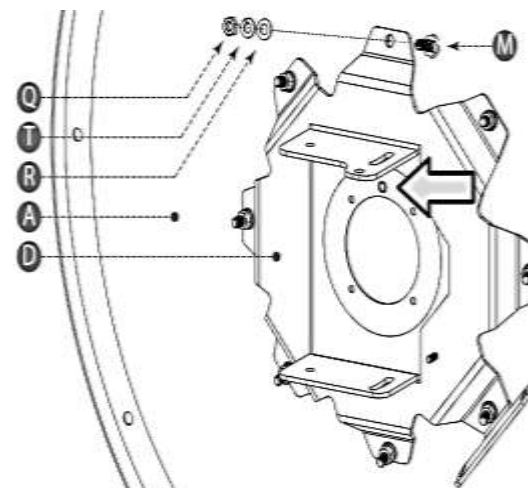
Lista de Tipos de tornillos y complementos



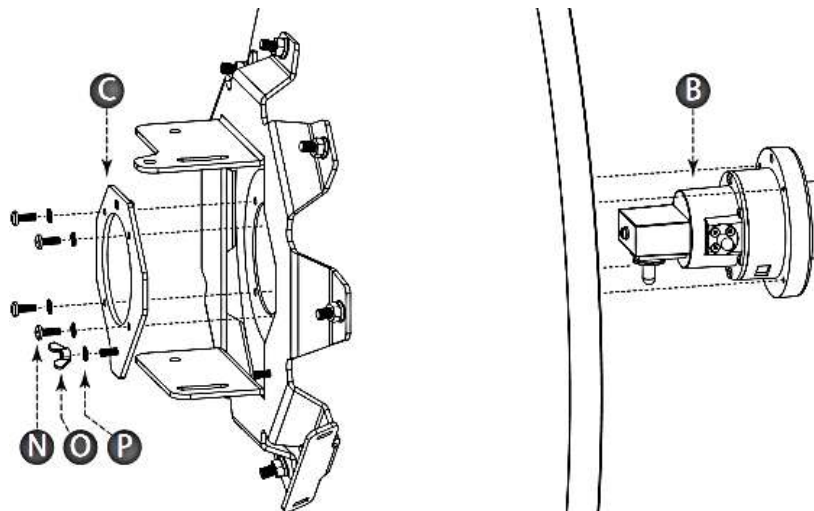
Guía de Instalación

Para la implementación de la estructura de la antena es necesario que el técnico requiera de una llave de tuercas número 10 y 17 mm.

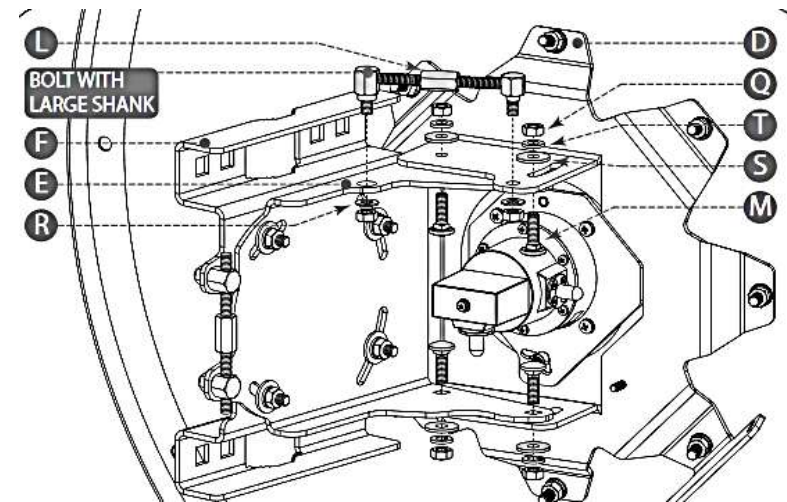
A continuación monte la placa trasera sobre el plato parabólico usando las piezas descritas a continuación.



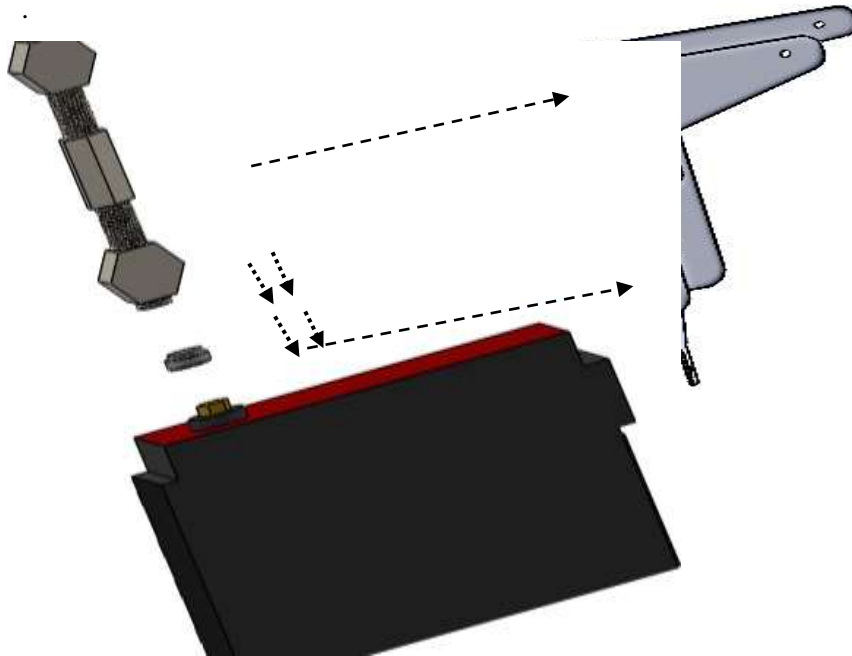
En la siguiente figura implemente el alimentador de la antena al palto parabólico.



Seguidamente se deberá colocar el mecanismo que servirá para la alineación automática de la antena como se muestra en la figura siguiente.



Una vez que se ha montado la figura anterior se debe colocar el rodamiento (Pieza W) sobre la pieza E con el fin de que sea la movilidad más fácil como se muestra en la siguiente figura.



Procedimiento para la implementación de la red

Para la implementación e instalación del radioenlace es necesario que la persona que lo va a implementar tome ciertos parámetros como: configuración, implementación, y herramientas; las mismas que se detalla a continuación:

Configuración los equipos.-Se procedió a realizar la debida configuración del radioenlace con cada una de las direcciones y parámetros de la red en el radioenlace.

Montar la infraestructura de la antena.-para el montaje de la infraestructura de la antena se sujeta cada una de las piezas que se encuentran en la torre para más información ver manual del usuario.

SEGURIDAD AL INSTALAR

Seguridad personal.-una vez que están listos los equipos se tuvo que tomar todas las debidas precauciones para lo se utilizó correas de seguridad. En la cima del mástil sirve para brindar una mayor facilidad y estabilidad.

MANUAL HMI (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA)



Mediante esta interfaz el operador podrá hacer el control total de la antena en donde encontrara parámetros como los siguientes:

Menú Control Manual Antena.

El operador aquí podrá mover la antena los grados el crea conveniente mediante botones de azimut (Derecha e izquierda) y elevación (Arriba, Abajo).

Menú Control Automático Antena.

Cabe mencionar que el usuario antes de encender el sistema, deberá percatarse que se enciende el led del GPS esto indicara que el mismo se conectó con los satélites correspondientes.

En el menú el operador deberá ingresar datos de la antena fija como son longitud, latitud y altura previamente obtenidas con el GPS.

En el menú de auto posicionamiento el operador visualizara la longitud y altitud proveídas por el GPS en el transmisor y datos del presupuesto del radioenlace como son AZIMUT Y LEACION Y LA DISTANCIA D2D.

A continuación el operador deberá dar clic en el botón calcular y se comenzará a mover la antena automáticamente respecto a las coordenadas previamente ingresadas.

ANEXO C

Diseño de la interfaz de potencia

Para lograr el movimiento de cada uno de los servomotores fue necesario implementar una interfaz de potencia utilizando los sensores como son el GPS, magnetómetro y giroscopio.

Para la simulación de cada uno de las interfaces se utilizó el software Proteus como se muestra las siguientes gráficas.

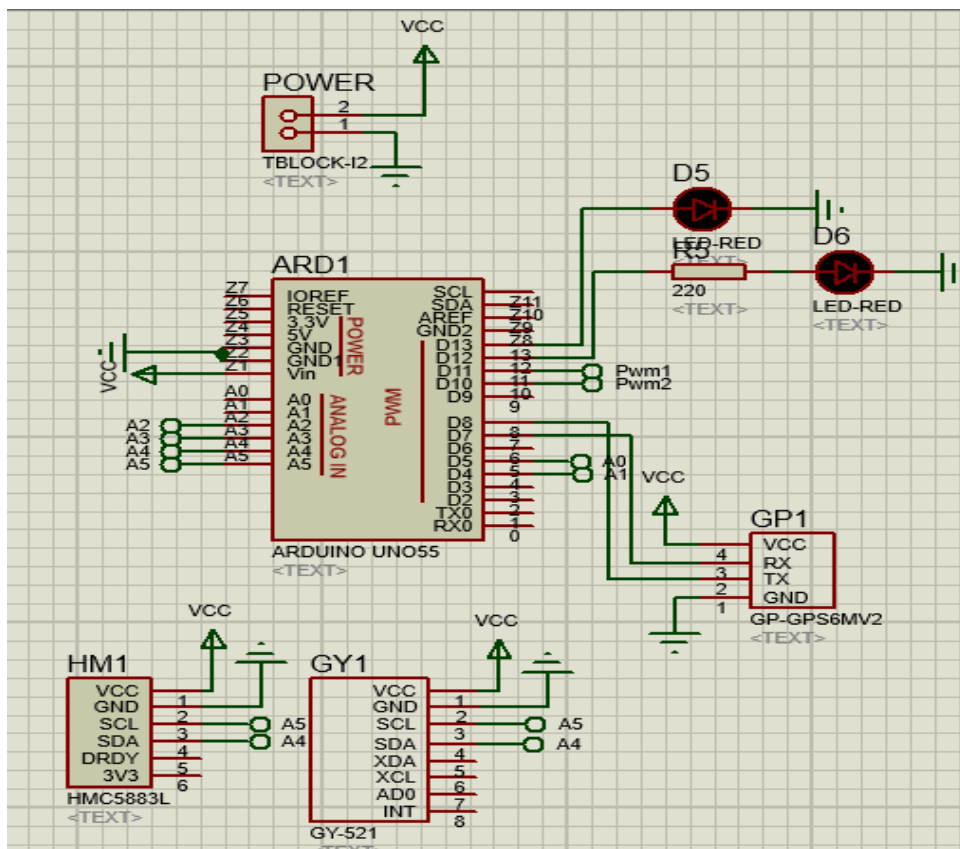


Figura 57-3: Bloque sensores GPS, acelerómetro y magnetómetro

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

Bloque movimiento de servomotores

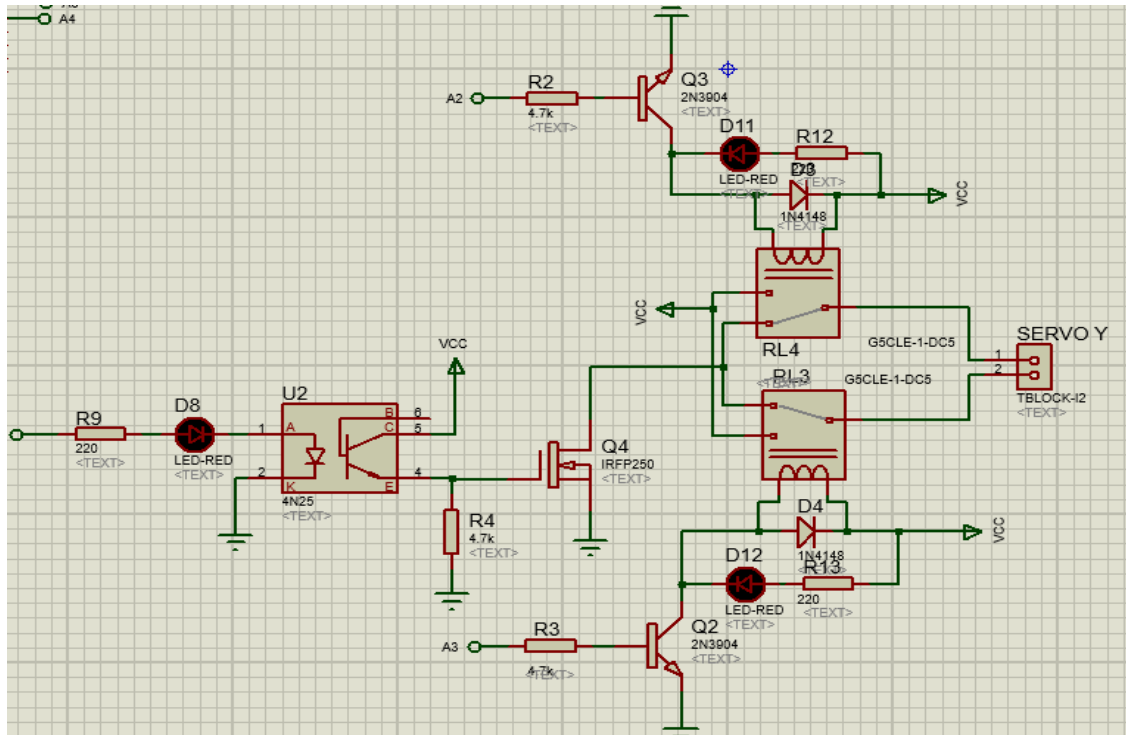


Figura 58-3: Movimiento variable elevación

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

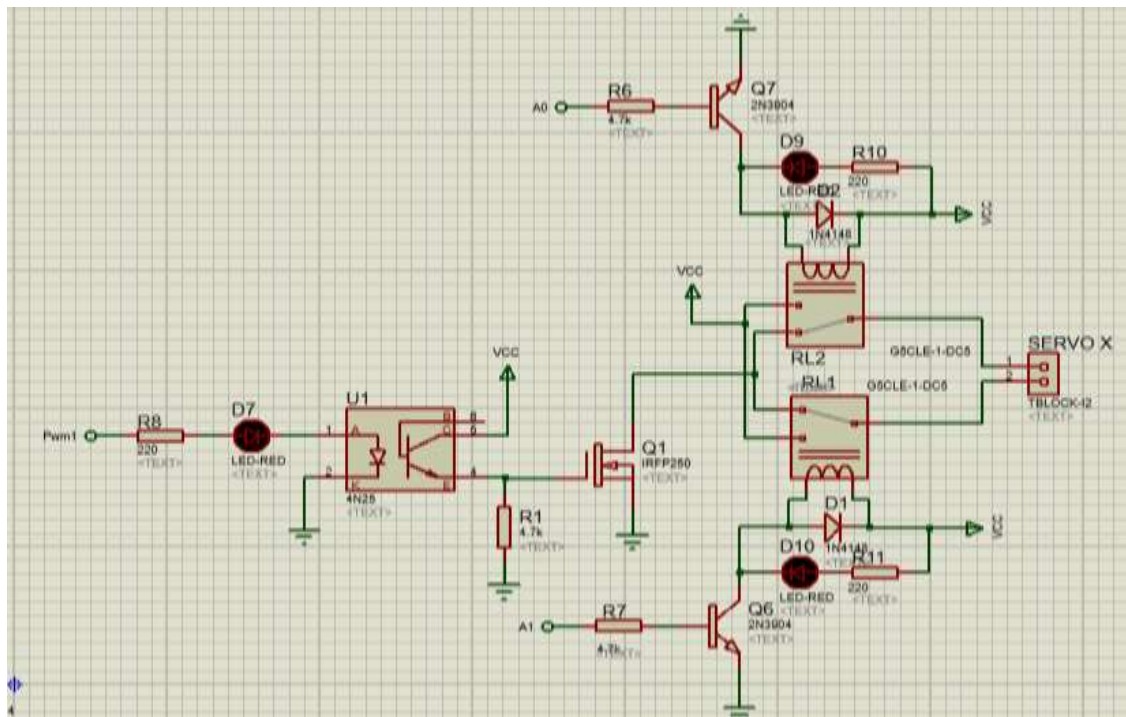


Figura 59-3: Movimiento variable azimut

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

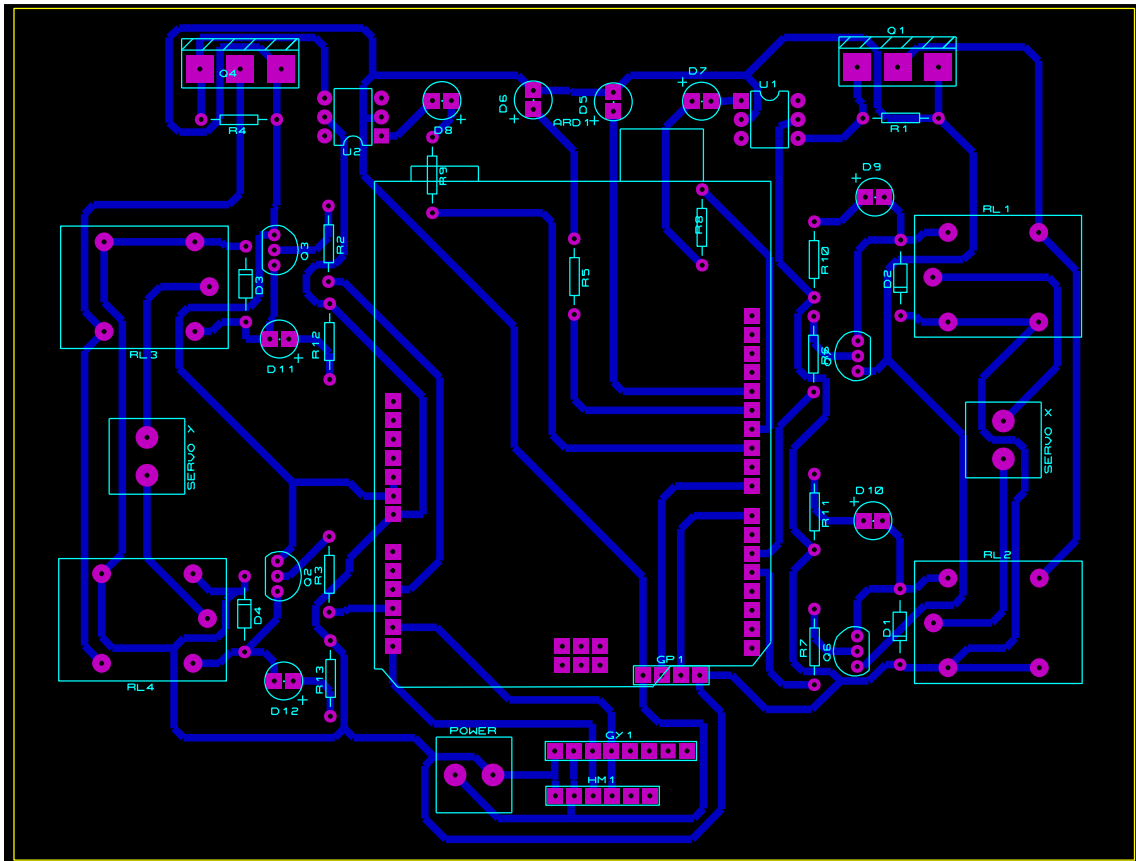


Figura 60-3: Placa interfaz de potencia

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

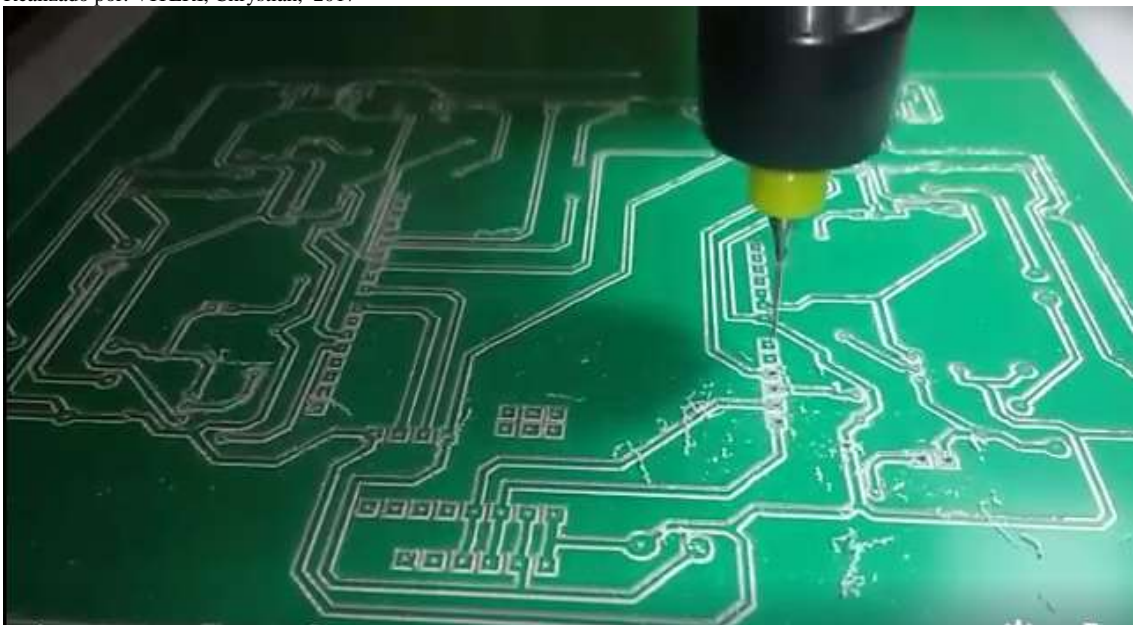


Figura 61-3: Circuito impreso

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

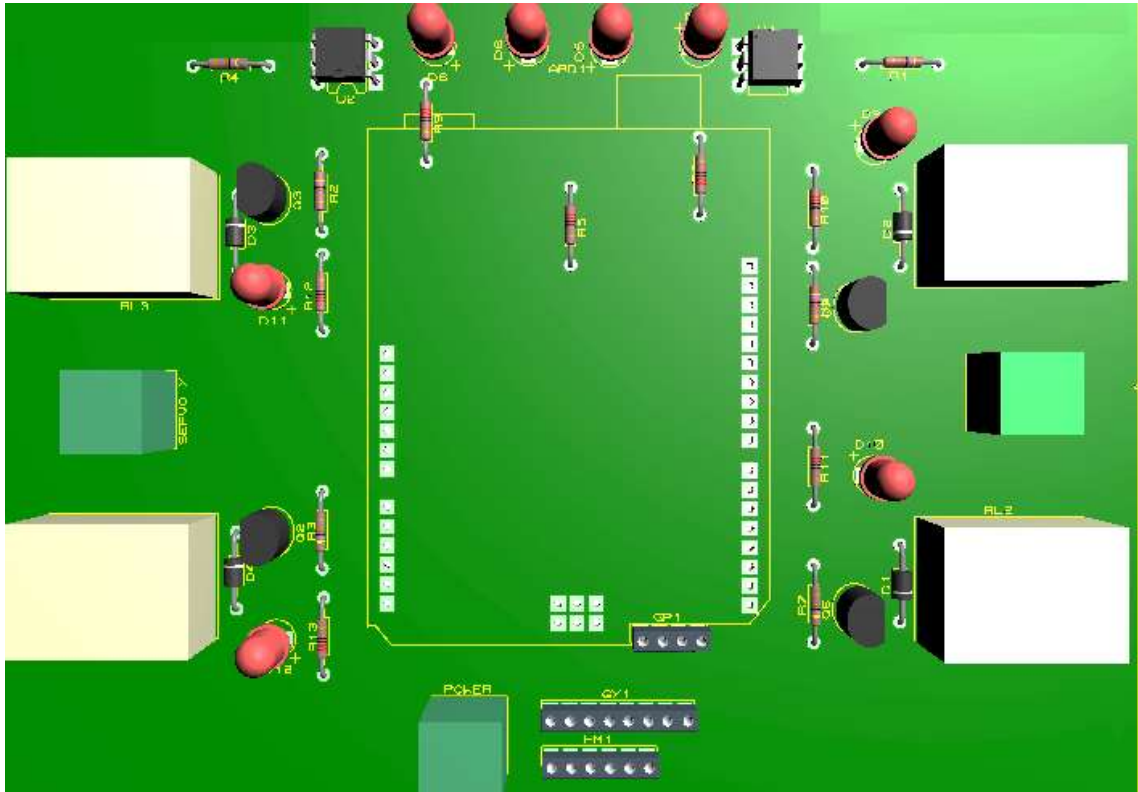


Figura 62-3: Vista circuito 3D

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017



Figura 63-3: Implementación interfaz de potencia y comunicación

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017



Figura 64: Panel de control y GPS

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

ANEXO D

Implementación radioenlaces



Figura 65-3: Implementación del Transmisor en la parroquia de Pinllo (A)

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017



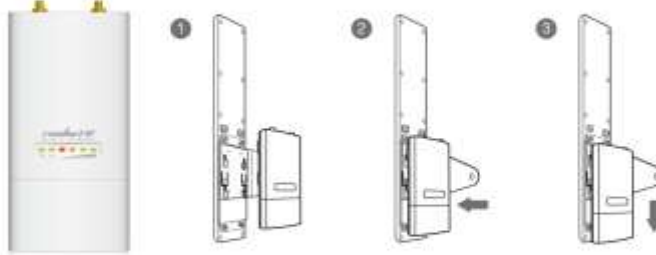
Figura 66-3: Implementación del Transmisor en la parroquia de Pinlo (B)

Realizado por: VITERI, Chrystian, 2017

ANEXO E

Especificaciones técnicas del equipo Ubiquiti Rocket M5

ROCKET M5: 5GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation



airMAX
MIMO TDMA Protocol

COMPATIBLE ANTENNAS

- AirMax Sector 5G-17-90
- AirMax Sector 5G-16-120
- AirMax Sector 5G-20-90
- AirMax Sector 5G-19-120
- Rocket Dish 5G-30

SYSTEM INFORMATION	
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface

REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION	
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE
RoHS Compliance	YES

OPERATING FREQUENCY 5470MHz-5825MHz							
5GHz TX POWER SPECIFICATIONS				5GHz RX SPECIFICATIONS			
	DataRate	Avg. TX	Tolerance		DataRate	Sensitivity	Tolerance
11a	6-24Mbps	27 dBm	+/-2dB	11a	6-24Mbps	-94 dBm min	+/-2dB
	36Mbps	25 dBm	+/-2dB		36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	23 dBm	+/-2dB		48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	22 dBm	+/-2dB		54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
5GHz 11n	MCS0	27 dBm	+/-2dB	5GHz 11n	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	27 dBm	+/-2dB		MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	27 dBm	+/-2dB		MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	27 dBm	+/-2dB		MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	26 dBm	+/-2dB		MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	24 dBm	+/-2dB		MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	22 dBm	+/-2dB		MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	21 dBm	+/-2dB		MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	27 dBm	+/-2dB		MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	27 dBm	+/-2dB		MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	27 dBm	+/-2dB		MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	27 dBm	+/-2dB		MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	26 dBm	+/-2dB		MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	24 dBm	+/-2dB		MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	22 dBm	+/-2dB		MCS14	-78 dBm	+/-2dB
MCS15	21 dBm	+/-2dB	MCS15	-75 dBm	+/-2dB		

PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Enclosure Size	16cm length x 8cm width x 3cm height
Weight	0.5 kg
RF Connector	2x RPSMA (Waterproof)
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	8 Watts
Power Supply	24V, 1A POE Supply Included
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-30C to 75C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETS1300-019-1.4

802.11n / Airmax Support Only at this Time. 802.11a support expected with AirOS 5.1 Release by end of Year