

ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
POSICIONAMIENTO AZIMUTAL PARA UNA ANTENA
DEL LABORATORIO SAT DEL DEPARTAMENTO DE
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

ALEX EDUARDO CARRERA ESCOBAR

**SANGOLQUÍ-ECUADOR
2007**

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente, certificamos que el proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniería titulado “Diseño e Implementación de un sistema de posicionamiento azimutal para una antena del laboratorio SAT del Departamento de Eléctrica y Electrónica” fue desarrollado en su totalidad por el señor ALEX EDUARDO CARRERA ESCOBAR.

Atentamente

Ing. Fabián Sáenz
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

RESUMEN

Para la realización del presente proyecto, se utilizaron conocimientos básicos de ingeniería electrónica para el desarrollo del Sistema de Posicionamiento, se efectuaron prácticas del funcionamiento del mismo y se diseñó una interfaz gráfica que permite el ingreso de los grados que el usuario desea que la antena se mueva.

Se establecieron estudios teóricos acerca de los enlaces satelitales, sus componentes, tipos de antena que se utilizan y se verificó el estado de los equipos que se encuentran en el laboratorio SAT.

Además se efectuó un estudio comparativo entre los sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado para poder seleccionar el controlador más efectivo para este proyecto, se tiene cuenta también el sistema de giro que posee la antena para dicha selección

Se explica detalladamente la programación de la interfaz gráfica realizada en Visual Basic 6.0, de la misma manera se especifica los subsistemas que conforman el Sistema de Posicionamiento, los cuales fueron instalados en el laboratorio.

Por último se observan los resultados de las pruebas realizadas en el Sistema de Posicionamiento las cuales se encuentran en tablas para mejor comprensión, conclusiones y recomendaciones sobre este proyecto

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primero a Dios por su infinita ayuda, a mis padres, hermanos y a mis familiares en especial a mi abuelito y a mi tía Victoria y a mi novia Belén

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la bendición de tener una familia como la mía, por darme la oportunidad de poder desarrollarme como persona y como profesional.

A los ingenieros Fabián Sáenz y Rodolfo Gordillo por toda su ayuda y orientación para la culminación de este proyecto.

A mis padres por su enorme apoyo, a mis hermanos por sus palabras de aliento, a mi abuelito y a mi tía por siempre estar preocupados por mí, y a mis familiares y todos mis amigos por sus palabras de aliento.

Por último pero no menos importante agradezco a Belén por siempre estar apoyándome en toda mi carrera universitaria y por antes que novia es mi mejor amiga.

PRÓLOGO

La televisión por satélite surge como solución para eliminar los espacios de sombra que provocan los sistemas montañosos y, sobre todo, como extensión del mundo televisivo al posibilitar la cobertura transnacional e intercontinental. La oferta de canales por este medio es actualmente muy amplia, distinguiéndose entre la privada con canales temáticos y generalmente transmitidos en los modos codificado y abierto y la oferta pública a través de los satélites denominados DBS.

Desde el lado de la recepción, las señales retransmitidas por los satélites son captadas mediante antenas de configuración parabólica o plana y conducidas a demoduladores para extraer la información audiovisual, la cual se aplica en bandas base o en RF (radiofrecuencia) al receptor de televisión convencional. El demodulador a su vez puede ser un equipo externo al receptor o estar incorporado a éste.

Dado que es un medio de retransmisión, el satélite recibe las portadoras del denominado enlace ascendente (tierra-satélite) mediante una antena parabólica y procede a cambiar los valores de frecuencia para evitar la doble imagen que supondría la presencia de dos frecuencias sólo desplazadas en el tiempo, a amplificarlas para compensar las grandes atenuaciones que se producen y a retransmitirlas con la misma u otra antena parabólica, dando lugar con ello al enlace descendente (satélite-tierra).

La estación de recepción se compone fundamentalmente de la unidad de captación compuesta por el reflector y sus elementos asociados, y por el demodulador de la portadora, consiguiendo con ello obtener la información en banda base.

La orientación y montaje de una antena satelital depende del modelo concreto de antena, aunque el cálculo de los parámetros para su orientación es muy similar, y los conceptos son iguales en todos los tipos.

El máximo error de ángulo admisible para captar la señal del satélite adecuadamente es muy pequeño, del orden de $0,2^\circ$. Por ese motivo, luego de la orientación

en base a los cálculos previos, generalmente hay que realizar un ajuste fino moviendo un poco la antena hasta encontrar el máximo nivel de señal satelital.

Para determinar la orientación de una antena, hay que tener en cuenta la localización geográfica del lugar de recepción (latitud y longitud) y la ubicación del satélite geoestacionario sobre el plano ecuatorial (longitud).

El azimut es el ángulo horizontal al que hay que girar el eje de la antena, desde el polo norte geográfico terrestre hasta encontrar el satélite. A veces se indica este ángulo con relación al polo sur. El ángulo de elevación es el ángulo que la antena se debe levantar para poder recibir señales de un satélite particular.

El actuador, es el elemento encargado de colocar automáticamente la antena orientada hacia un satélite determinado. Suele utilizarse en las antenas de montaje polar cuando se desean recibir varios satélites mediante la misma antena parabólica, proporciona el movimiento y control para que la antena pueda rastrear el satélite, se necesita un sólo actuador para el seguimiento y orientación de la antena a todos los satélites geoestacionarios.

Este trabajo pretende dar criterios básicos de diseño e implementación de un Sistema de Posicionamiento para una antena satelital, siendo el objetivo final el de posicionar la antena en los grados que el usuario requiera. Además se espera que este proyecto ofrezca la posibilidad de ser utilizado como equipo de prácticas de laboratorio y que además constituya la base para futuros trabajos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	II
RESUMEN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
PRÓLOGO.....	VI
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 SISTEMA SATELITAL.....	2
1.2.1 Componentes de un Sistema Satelital.....	5
1.2.2 Antenas Satelitales.....	9
1.2.2.1 Tipos de Antenas Satelitales.....	9
1.2.2.2 Características.....	12
1.2.3 Equipamiento del Laboratorio SAT del DEE.....	14
CAPÍTULO 2.....	17
DESARROLLO DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.....	17
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	17
2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL MOTOR.....	20
2.2.1 Criterios de Diseño.....	23
2.2.2 Instrumentación.....	25
2.2.3 Selección del Controlador.....	26
2.3 DISEÑO DEL ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA DE GIRO DEL MOTOR.....	26

CAPÍTULO 3.....	28
DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO.....	28
3.1 PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO.....	28
3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PANTALLAS.....	33
CAPÍTULO 4.....	40
IMPLEMENTACIÓN.....	40
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.....	40
4.2 CONEXIÓN TOTAL DE LOS SISTEMAS.....	40
4.3 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA TOTAL.....	45
CAPÍTULO 5.....	49
PRUEBAS Y RESULTADOS.....	49
5.1 PRUEBAS DEL SISTEMA TOTAL.....	49
5.2 RESULTADOS.....	49
CAPÍTULO 6.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
6.1 CONCLUSIONES.....	57
6.2 RECOMENDACIONES.....	58
ANEXO I.....	59
CÓDIGO DEL PROGRAMA.....	59
ANEXO II.....	65
HOJAS TÉCNICAS.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Características de la antena Radio Shack.....	15
---	----

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1 Características del Computador.....	41
---	----

CAPÍTULO 5

Tabla 5.1 Resultado de Movimiento 30 grados.....	49
Tabla 5.2 Resultado de Movimiento 45 grados.....	50
Tabla 5.3 Resultado de Movimiento 60 grados.....	51
Tabla 5.4 Resultado de Movimiento 90 grados.....	51
Tabla 5.5 Velocidades de Movimiento.....	54
Tabla 5.6 Tabla de Especificaciones.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1. Banda de Frecuencias.....	2
Figura 1.2. Líneas de Latitud y Longitud.....	4
Figura 1.3. Ángulos de Azimut y Elevación.....	5
Figura 1.4. Sistema Satelital.....	6
Figura 1.5. Modelo de Subida del Satélite.....	7
Figura 1.6. Transponder del Satélite.....	8
Figura 1.7. Modelo de Bajada del Satélite.....	9
Figura 1.8. Antena Foco Central.....	10
Figura 1.9. Antena Offset.....	11
Figura 1.10. Antena Plana.....	12
Figura 1.11. Duplexor de 2 canales.....	12
Figura 1.12. Duplexor de 4 canales.....	13
Figura 1.13. Equipamiento laboratorio SAT.....	16

CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Diagrama de Bloques del Sistema.....	17
Figura 2.2. Distribución de pines del puerto paralelo.....	19
Figura 2.3. Diagrama de un motor dc.....	20
Figura 2.4. Esquema General de un sistema de control.....	21
Figura 2.5. Control Lazo Cerrado vs Control Lazo Abierto.....	23
Figura 2.6. Gráfico Grados vs Tiempo de subida.....	24
Figura 2.7. Gráfico Grados vs Tiempo de bajada.....	25
Figura 2.8. Diagrama Electrónico del Sistema.....	26
Figura 2.9. Sistema Mecánico de la Antena.....	27

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Pantalla Principal.....	34
Figura 3.2. Pantalla Fuera del Rango.....	35
Figura 3.3. Pantalla Límite Superior.....	36
Figura 3.4. Pantalla Límite Inferior.....	37
Figura 3.5. Submenú Archivo.....	37
Figura 3.6. Submenú Polarización.....	38
Figura 3.7. Submenú Acera De.....	38

CAPÍTULO 4

Figura 4.1. Diagrama de Subsistemas.....	40
Figura 4.2. Sistema de Interconexión.....	42
Figura 4.3. Panel Frontal del Vector Trak.....	43
Figura 4.4. Bus de Datos utilizado.....	43
Figura 4.5. Cable UTP.....	44
Figura 4.6. Sistema de Potencia.....	44
Figura 4.7. Sistema de Posicionamiento.....	45
Figura 4.8. Archivo Ejecutable.....	46
Figura 4.9. Pantalla Principal.....	46
Figura 4.10. Circuito Amplificador.....	47
Figura 4.11. Circuito Envío de Dato Amplificado.....	47
Figura 4.11. Diagrama de Flujo del Sistema Total.....	48

CAPÍTULO 5

Figura 5.1. Antena en 30 grados.....	51
Figura 5.2. Antena en 45 grados.....	52
Figura 5.3. Antena en 60 grados.....	52
Figura 5.4. Antena en 90 grados.....	53

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A.- Amperios.

Banda C.- La Banda-C fue el primer rango de frecuencia satelital utilizado en transmisiones, utilizan frecuencias entre 3,7 y 4,2 GHz y desde 5,9 hasta 6,4 GHz.

Banda Ku.- La banda Ku se usa principalmente en las comunicaciones satelitales, siendo la televisión uno de sus principales usos, el rango de las microondas que va de los 12 a los 18 GHz.

Bit.- Es una señal electrónica que puede estar encendida (1) o apagada (0).

Byte.- Es la unidad fundamental de datos en los ordenadores personales, un byte son ocho bits contiguos.

dB.- Es un término utilizado para referirse a, Decibelio, siendo el acrónimo de la unidad.

DC.- Corriente Continua.

Fibra Ópticas.- La fibra óptica es un conductor de ondas en forma de filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos. La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna. Normalmente la luz es emitida por un láser o un LED.

FM.- Frecuencia Modulada.

GHz.- Giga Hertzios

HPA.- Amplificador de Alta Potencia.

IF.- Frecuencia Intermedia.

LNA.- Amplificador de Bajo Ruido.

ms.- Milisegundos

PIRE.- Potencia Isotrópica Radiada Efectiva. Valor relativo a la potencia de la emisión satélite recibida en el suelo. A la vez, resulta de la potencia del emisor y de la ganancia de la antena de emisión. El pire se explica en dBW (decibelio/Watios). Cuanto mayor es el valor en dBW, más simplificada será la recepción. También podemos calcular el tamaño ideal de las antenas e recepción en función del pire y de la localización geográfica de la antena de recepción

PSK.- Modulación por desplazamiento de fase.

QAM.- Modulación de amplitud en cuadratura.

Rack.- Es un bastidor destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones. Sus medidas están normalizadas para que sea compatible con equipamiento de cualquier fabricante.

RF.- Radio Frecuencia.

Transponder.- Es un dispositivo que emite una señal identificable en respuesta a una interrogación. El término surge de la fusión de las palabras Transmitter (Transmisor) y Responder (Respondedor).

UTP.- Siglas de Unshielded Twisted Pair, en español Par Trenzado no Blindado.

V.- Voltios.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

En áreas altamente urbanizadas, la exigencia de información está siendo saciada a través de las conexiones de altos anchos de banda y alta calidad de fibras ópticas. Cada vez más, las instituciones y las personas naturales están utilizando conexiones de banda ancha para tener acceso al Internet, operar computadoras en red, etc. Pero, al salir de las ciudades, estos servicios de telecomunicaciones similares a fibras ópticas resultan de un costo prohibitivo o sencillamente no se encuentran por ningún precio.

El mercado potencial de usuarios de servicios vía satélite es universal. Se puede realizar una división en dos grandes grupos: usuarios finales y empresas. Para los usuarios finales los servicios más atractivos son todos aquellos relacionados con el entretenimiento, así como el acceso a Internet, en cuanto a las empresas, lo que necesitan saber los administradores de red y comunicaciones es por qué necesitan utilizar satélites. A menudo es la única forma de acceder a localizaciones remotas, terrenos montañosos impiden infraestructuras de fibra debido a su alto costo no amortizable, siendo los satélites la solución óptima. También se extiende este escenario a las comunicaciones entre ciudades o pueblos subdesarrollados donde las infraestructuras son pobres [1]

1.2 SISTEMA SATELITAL

Un sistema satelital consiste de un transponder, una estación basada en tierra, para controlar su funcionamiento, y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona

las facilidades para transmisión y recepción del tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite [1].

Un satélite de comunicaciones proporciona una plataforma en la órbita geostacionaria para la retransmisión de comunicaciones de voz, vídeo y datos.

Frecuencias y Bandas.

En comunicaciones por satélite se utilizan principalmente dos bandas: Banda C: frecuencias entre 6/4 GHz., Banda Ku: frecuencias entre 14/11 GHz.

La Banda C es más popular debido a que presenta menos problemas de propagación que la Ku ante lluvia densa, aunque las antenas de ésta última pueden poseer haces más estrechos y mayor control sobre el patrón de cobertura [2]. En la figura 1.1 se observa un gráfico que nos indica las bandas y frecuencias.

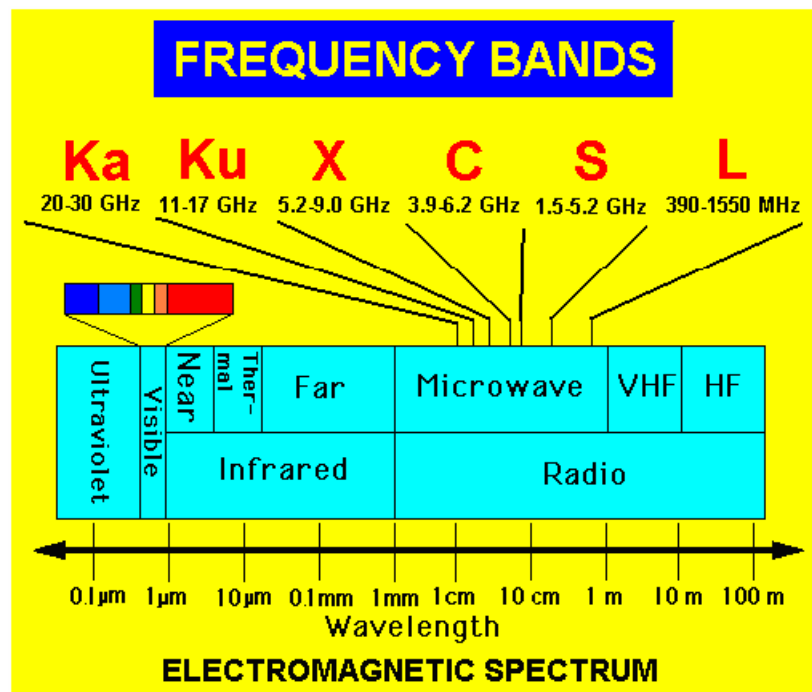


Figura. 1.1. Banda de Frecuencias

Latitud y Longitud

Las líneas de Longitud se extienden desde el Polo Norte al Polo Sur, es decir que son círculos iguales al contorno de la Tierra que se interceptan en los polos. Se ha definido por convención, como primer meridiano o Longitud cero grados, al meridiano que pasa por la ciudad de Greenwich, tomando el nombre de dicha ciudad.

En total son 360 líneas, lo que equivale a 18 círculos completos. De esta manera se componen los 360 grados de Longitud, partiendo desde la línea de Longitud 0^0 hacia el Este.

Las líneas de Latitud están conformadas por 180 círculos paralelos y horizontales, siendo el círculo mayor el ubicado en la línea del Ecuador denominada Latitud cero grados.

De esta forma existen 90^0 hacia el hemisferio Norte, denominados Latitud Positiva y 90^0 hacia el hemisferio Sur, denominados Latitud Negativa.

Por lo tanto mediante la intersección de las coordenadas de Latitud y Longitud podremos localizar un punto que este sobre la superficie de la Tierra. En la figura 1.2 se muestra un gráfico explicativo sobre latitud y longitud.

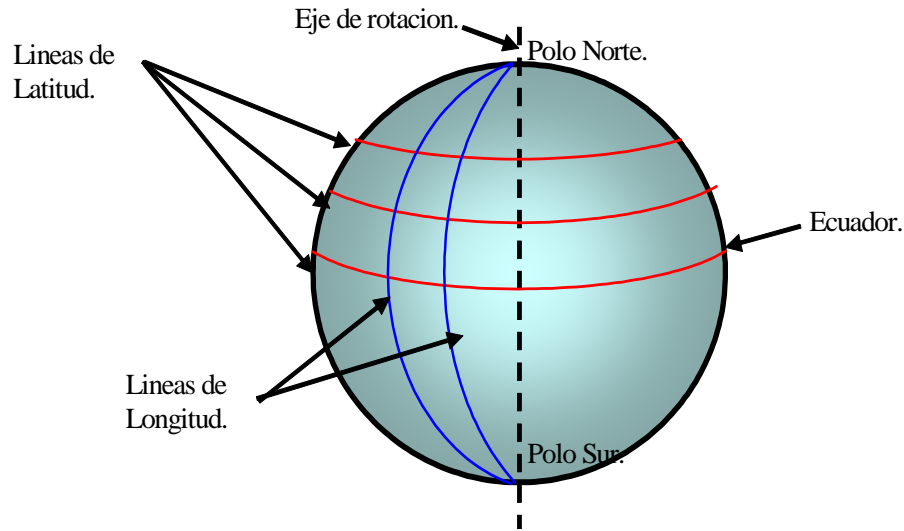


Figura. 1.2 Líneas de Latitud y Longitud

Ángulos de Vista

Para orientar una antena desde una estación terrena hacia un satélite, es necesario conocer el ángulo de elevación y azimut. Estos se llaman ángulos de vista.

Angulo de elevación

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la Tierra. Como cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la Tierra, sufre absorción y, también, puede contaminarse severamente por el ruido. De esta forma, si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda que esta dentro de la atmósfera de la Tierra es demasiado larga, la onda puede deteriorarse hasta el grado que proporcione una transmisión inadecuada. Generalmente, 5° es considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable [1].

Azimut

Azimut se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Se toma como referencia el Norte como cero grados, y si continuamos girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el Este, llegaremos a los 90° de Azimut.

Hacia el Sur tendremos los 180° de Azimut, hacia el Oeste los 270° y por ultimo llegaremos al punto inicial donde los 360° coinciden con los 0° del Norte.

El ángulo de elevación y el azimut, dependen ambos, de la latitud de la estación terrena, así como el satélite en órbita. En la figura 1.3 se observa un gráfico de los ángulos de elevación y de azimut

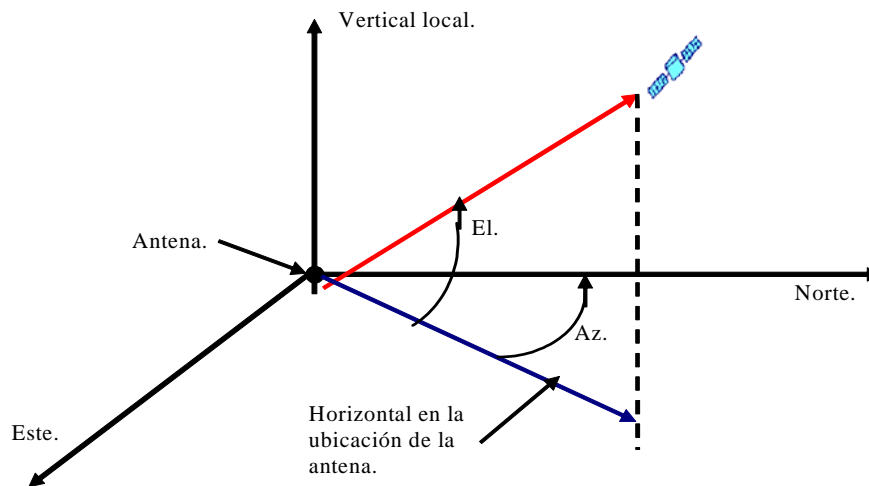


Figura. 1.3 Ángulos de Azimut y Elevación.

1.2.1.- Componentes de un Sistema Satelital

Esencialmente, un sistema satelital consiste de tres secciones básicas: una subida, un

transponder satelital y una bajada, como se observa en la figura 1.4

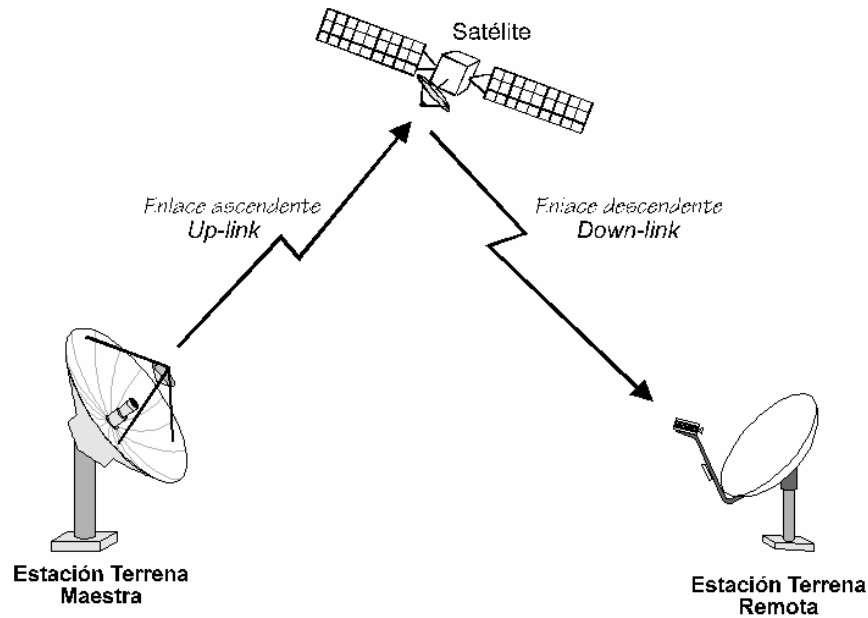


Figura. 1. 4 Sistema Satelital

Modelo de subida

El principal componente dentro de la sección de subida, de un sistema satelital, es el transmisor de la estación terrena. Un típico transmisor de la estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del espectro de salida (por ejemplo un filtro pasa-banda de salida).

La Figura 1.5. muestra el diagrama a bloques de un transmisor de estación terrena satelital. El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-banda) convierte la IF a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite.

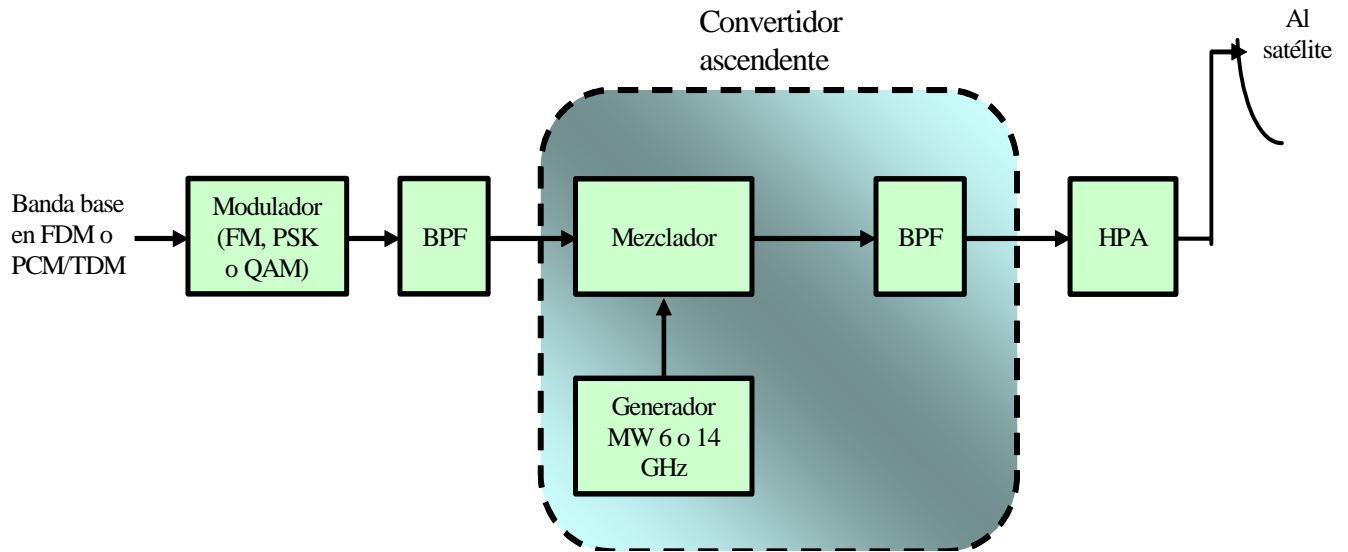


Figura. 1.5 Modelo de subida del satélite.

Transponder

Un típico transponder satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA) , un translador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida.

La Figura 1.6. muestra un diagrama a bloques simplificado de un transponder satelital. Este transponder es un repetidor de RF a RF.

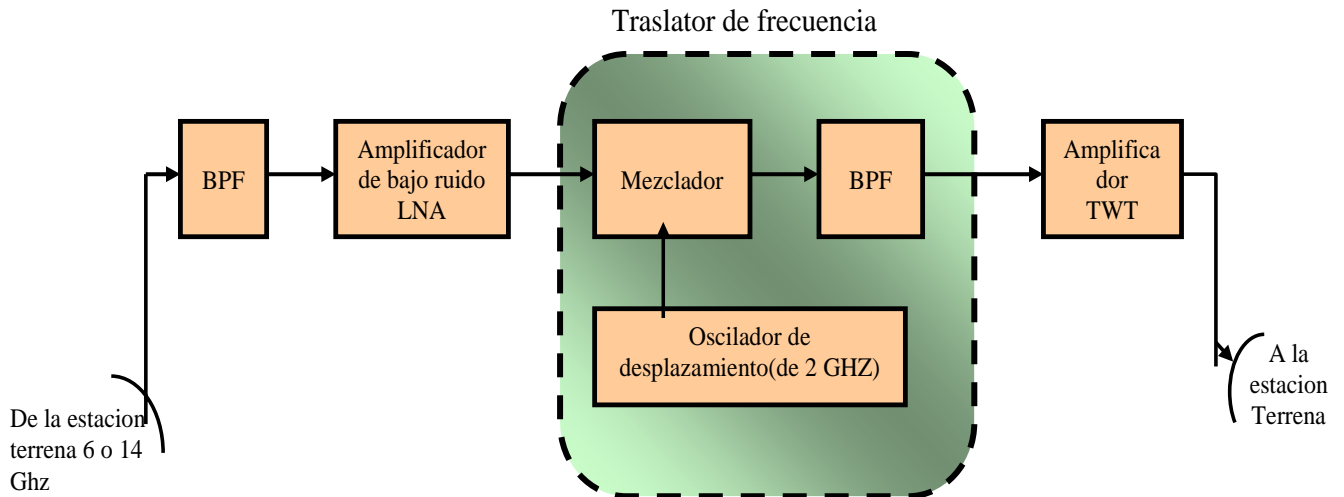


Figura. 1.6 Transponder del satélite.

Modelo de bajada

Un receptor de estación terrena incluye un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. La Figura 1.7. muestra un diagrama a bloques de un receptor de estación terrena típico. Nuevamente el BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA. El LNA es un dispositivo altamente sensible, con poco ruido, tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor de RF a IF es una combinación de filtro mezclador/pasa-bandas que convierte la señal de RF a una frecuencia de IF.

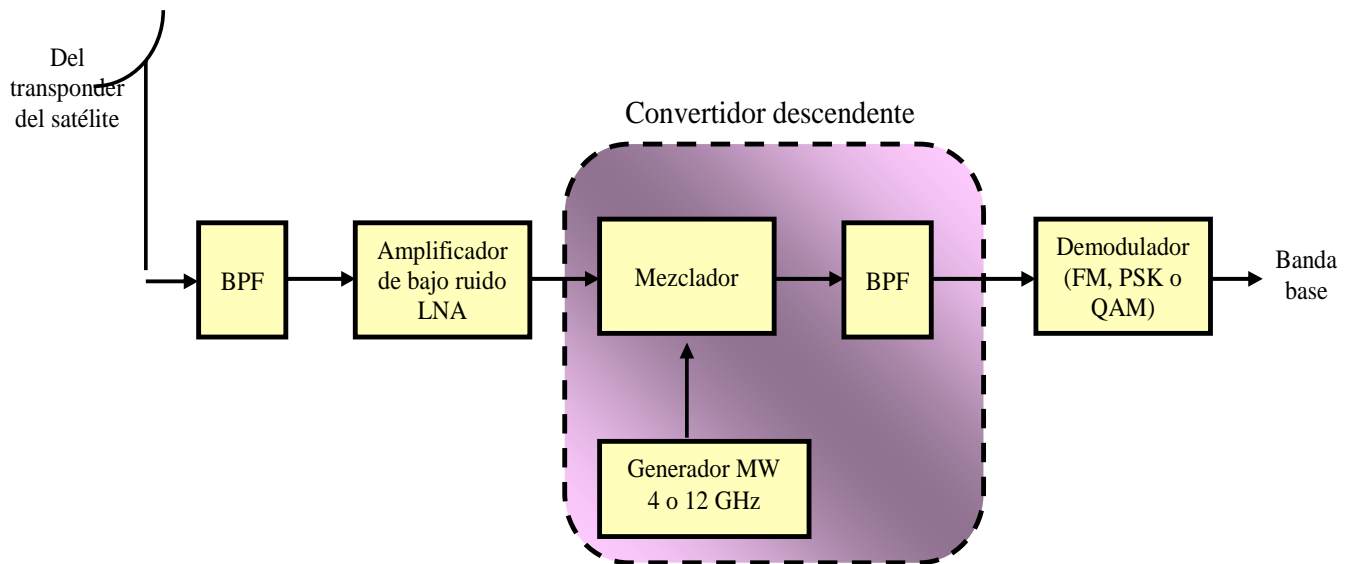


Figura. 1.7 Modelo de bajada del satélite.

1.2.2 Antenas Satelitales

La definición formal de una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.

Una antena con alimentación en el centro de la paraboloide (eje simétrico), representa la configuración más simple, con la capacidad de reunir las especificaciones de RF para las aplicaciones en una estación terrena. La ventaja de esta configuración es su mecanismo relativamente simple, compacto y en general su bajo costo.

1.2.2.1 Tipo de antenas satelitales

Antena de Foco Central

La forma más simple de la configuración de eje simétrico es un reflector paraboloide con una alimentación central en forma de bocina localizado en el foco. Esto tiene un inconveniente debido a la guía de onda entre el alimentador y la caja electrónica de la antena, que representa una reducción en la potencia de la señal e incremento de ruido. Una configuración más compacta, especialmente para las antenas que presentan un gran diámetro es la introducción de un subreflector.

El alimentador en forma de bocina se encuentra en la parte posterior del reflector principal, eliminando la guía de onda y las pérdidas que esta conlleva. Esta antena es conocida como Cassegrain. El subreflector es una sección de hiperboloide situado dentro del foco del reflector principal.

Sin embargo, en este tipo de antenas se espera el decrecimiento de ganancia de 0.1 a 0.5 dB y también que el subreflector no intercepte todas las radiaciones hacia el alimentador principal, lo que puede llevar a degradar el desempeño de los lóbulos laterales de la antena. Para mejorar esto se requiere de un compromiso entre el desempeño de los lóbulos laterales o la eficiencia de la antena. La figura 1.8 muestra un gráfica de una antena de foco central

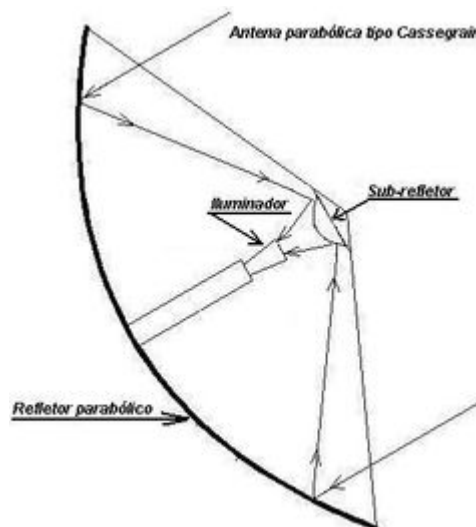


Figura. 1.8 Antena Foco Central.

Antenas tipo Offset

Estas antenas son conocidas como no simétricas y son usadas en pequeñas estaciones terrenas por sus problemas de construcción y alto costo. En estas se logra un mejor patrón de radiación por la menor apertura. El foco está descentrado, situándose en un brazo por debajo del reflector, con lo cual no proyecta sombra sobre el mismo. Debido a esto, el rendimiento es algo mayor que en la antena de foco primario, llegando a ser un 70% o algo más, siendo su tamaño menor. En la figura 1.9 se observa una antena de tipo offset [3]

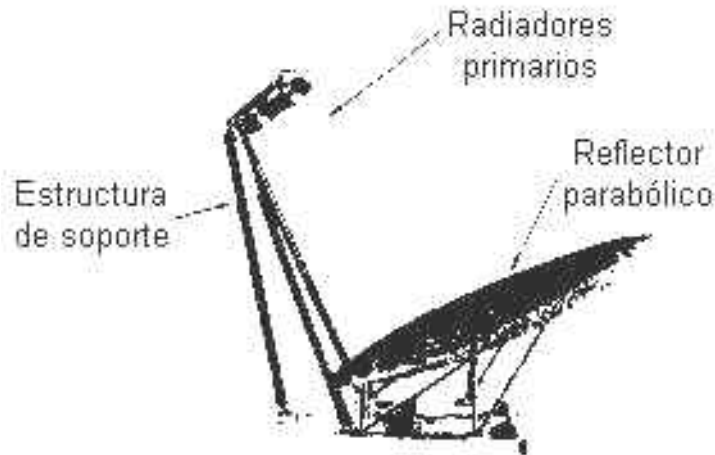


Figura. 1.9 Antena Offset.

Antena de tipo Plano

Se están utilizando mucho actualmente para la recepción de los satélites de alta potencia (DBS), como por ejemplo, el Hispasat.

Este tipo de antena no requiere un apuntamiento al satélite tan preciso, aunque lógicamente hay que orientarlas hacia el satélite determinado [3]. En la figura 1.10 se observa una antena plana.

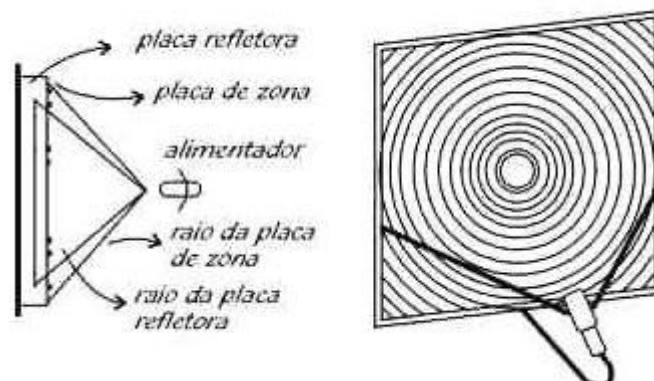


Figura. 1.10 Antena Plana.

1.2.2.2 Características de las Antenas Satelitales

Las antenas para comunicación satelital tienen como características principales:

Sistema de Alimentación: El sistema de alimentación está compuesto principalmente por la fuente primaria, un duplexor con 2 puertos (transmisión y recepción) o con 4 puertos (2 de transmisión y 2 de recepción en sistemas de doble polarización) y un sistema de polarización (en sistemas de polarización circular). En las figuras 1.11 y 1.12 se observan un duplexor de 2 puertos y de 4 puertos respectivamente.



Figura. 1.11 Duplexor de 2 canales



Figura. 1.12 Duplexor de 4 canales

Diseño Mecánico: La antena y el sistema de alimentación están sujetos por un pedestal, el cual necesita un diseño mecánico para orientar el rayo de la antena hacia el satélite. Este pedestal está compuesto generalmente por 2 ejes ortogonales móviles, cada uno equipado con un subsistema de control. En el caso de grandes antenas, estos subsistemas están motorizados y controlados por un sistema de seguimiento.

Sistema de Seguimiento: En las antenas grandes debe incluirse un sistema de seguimiento cuya finalidad es mantener el rayo de la antena en la dirección exacta del satélite.

Incluso en el caso de antenas pequeñas sin sistemas de seguimiento, al menos se debe proporcionar la capacidad de una orientación manual.

En el caso de antenas medianas, la solución consiste en programar el seguimiento, es decir, se actúa sobre la antena con motores controlados por programa que recibe permanentemente la posición del satélite. Estos datos de la posición pueden calcularse localmente o bien ser provistos por una estación de control.

Requerimientos de Diseño: En una comunicación por satélite, son necesarios unos requerimientos de diseño de las antenas utilizadas, los cuales se pueden resumir en estos 5

puntos:

1. Gran ancho de banda: Del orden de 4 GHz para el enlace descendente y de 6 GHz para el enlace ascendente.

2. Gran ganancia de antena: Para conseguir una alta figura de mérito (G/T) en recepción y una alta Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) de transmisión. Para ello son necesarios grandes reflectores y altas eficiencias de antena, lo que se consigue con una iluminación casi uniforme y una alta precisión en la fabricación.

3. Mínima temperatura de ruido: Para conseguir igualmente una alta G/T. Para ello, entre otras cosas, es necesario una baja radiación en la dirección del suelo.

4. Bajo nivel de radiación del lóbulo secundario: Para minimizar la recepción y transmisión de señales interferentes.

5. Alta pureza de polarización: Para evitar interferencias de señales de polarización cruzada, especialmente en el caso de sistemas de satélite de doble polarización.

1.2.3 Equipamiento del Laboratorio SAT del DEE

El laboratorio SAT consta de los siguientes componentes:

- Antena Parabólica de Foco Primario Radio Shack
- Receptor, Decodificador Fortec Star Lifetime Ultra
- Datum Systems PSM- 4900 Stellite MODEM
- Tarjeta de Captura de y Edición de Video
- Analizador de señales- TV & Sat Level Meter apm 745

- Transceiver o Transceptores
- Rack abierto de 7 pies
- Computador Genérico Pentium ®
- Monitor Samsung 15”

La antena Radio Shack es una antena para televisión satelital, a continuación se muestra una tabla con sus características

Tabla. 1.1 Características de la antena Radio Shack

Dish Gain	
C-Band.....	39.6 dB
Ku-Band.....	47.1 dB
Dish F to D.....	0.38
Dish Efficiency	
C-Band.....	70%
Ku-Band.....	43%
Dish Gain Over Temp.....	17dB/K degrees
Dish-Drive Motor.....	27 VRMS, 0.5 Amp
Length of Pole.....	4' 9"
Diameter.....	3' 6"

El receptor Fortec Star posee las siguientes características:

- Compatible con emisiones MPEG-2 Digital & DVB
- Frecuencia de entrada 950~2150 MHz.
- Symbol Rate de entrada variable (1.5~45 Msps)
- Menú en pantalla en diferentes idiomas.
- Conversión automática PAL/NTSC
- Rápido cambio de canal
- Memoria de 3000 canales (TV & Radio)
- Recepción flexible de señales SCPC & MCPC de satélites en banda C/Ku
- Actualizable mediante RS-232C (receptor a receptor, PC a receptor)

Las características del analizador de señales TV & SAT se muestran a continuación:

- Impedancia de 75 Ohms
- Conector tipo BNC
- Rango de Frecuencia 920 ~ 2150 MHz.

En la figura 1.13 se muestra la distribución de los elementos dentro del laboratorio de SAT y la antena que se va a utilizar en este proyecto.

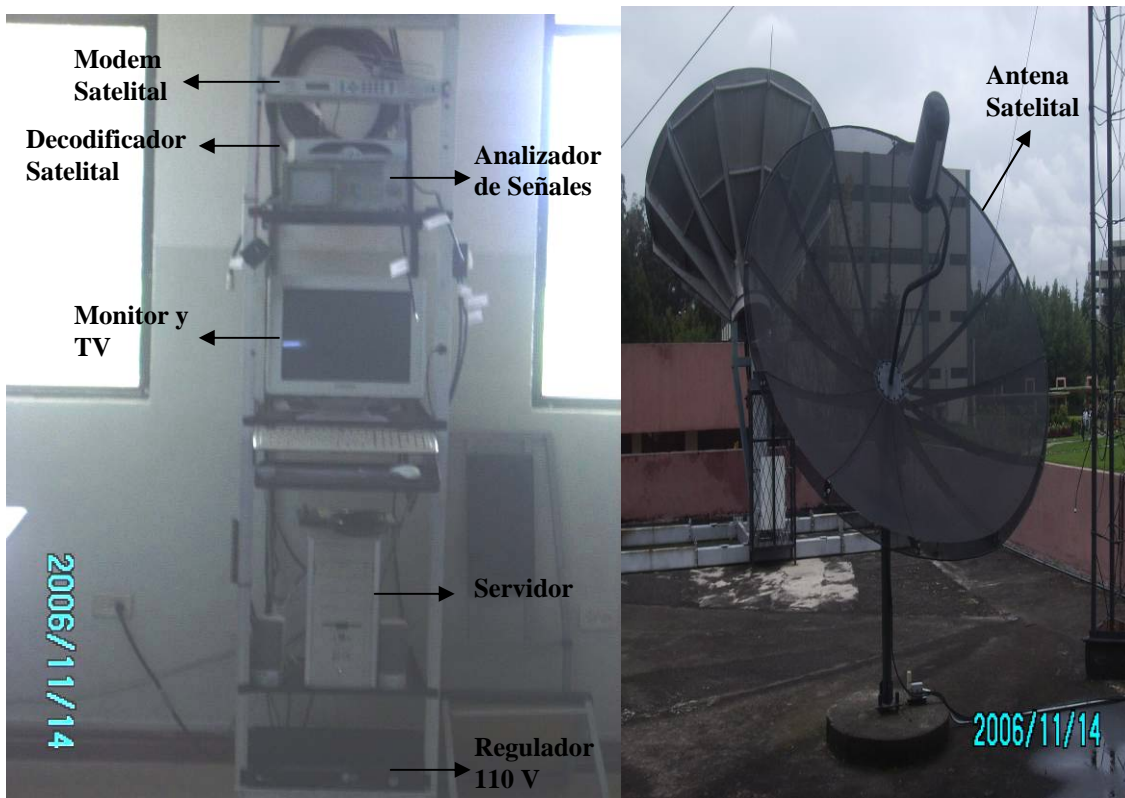


FIGURA. 1.13 Equipamiento del Laboratorio SAT

CAPITULO 2

DESARROLLO DEL SISTEMA DE POSICIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema de posicionamiento esta constituido por un motor DC, una interfaz gráfica realizada en Visual Basic 6.0, comunicándose por medio del puerto paralelo y una etapa de potencia para poder mover el motor. La incorporación del sistema de posicionamiento brinda la posibilidad de orientar de forma automática la antena hacia una posición específica. En la figura 2.1 se observa el diagrama de bloques del sistema de posicionamiento.

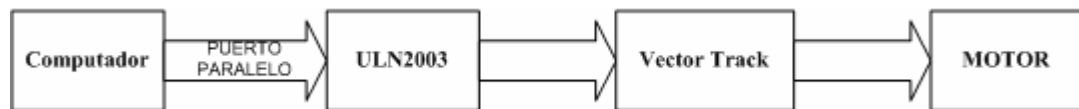


Figura. 2.1. Diagrama de Bloques del Sistema

Puerto Paralelo

Un puerto paralelo es una interfaz entre un ordenador y un periférico cuya principal característica es que los bits de datos viajan juntos enviando un byte completo o más a la vez. Es decir, se implementa un cable o una vía física para cada bit de datos formando un bus.

El cable paralelo es el conector físico entre el puerto paralelo y el periférico. En un puerto paralelo habrá una serie de bits de control en vías aparte que irá en ambos sentidos por caminos distintos.

El sistema operativo DOS cargado en dichos PC soporta hasta tres puertos paralelos asignados a los identificadores LPT1, LPT2 y LPT3, y cada puerto requiere tres direcciones consecutivas del espacio de E/S (entrada-salida) del procesador para seleccionar todas sus posibilidades.

Desde el punto de vista del hardware, el puerto consta de un conector hembra DB25 con doce salidas latch (poseen memoria/buffer intermedio) y pueden programarse vía instrucciones IN/OUT del PC y cinco entradas que pueden programarse vía instrucciones IN del PC, con ocho líneas de tierra.

Desde el punto de vista del software, el puerto paralelo consta de tres registros (datos, estado y control) de 8 bits cada uno, que ocupan tres direcciones de entrada/salida (I/O) consecutivas de la arquitectura x86

Registro de datos: Es el PORT 378h se compone de 8 bits, por este registro se envían los datos al exterior de la PC o también se reciben datos. Escribir un dato en el registro causa que dicho dato aparezca en los pines 2 a 9 del conector del puerto. Al leer el registro, se lee el último dato escrito, no lee el estado de los pines; para ello hay que usar un puerto bidireccional, puesto que por defecto este registro solo funciona como salidas, pero es posible hacerlo funcionar como entrada, para esto hay que modificar el bit correspondiente a C5 del registro de control.

Registro de estado: Es el PORT 379h se trata de un registro de entrada de información de 5 bits, al cual le corresponde los pines del 10, 11, 12, 13 y 15. El registro de estado indica la situación actual de la impresora conectada al puerto, de acuerdo con los niveles de tensión que tengan las líneas ACK, BUSY, PAPER y OF/ON, lo que permite controlar el comportamiento de la impresora, es decir por medio de este registro se enviarán señales eléctricas al ordenador.

Registro de control: Es el PORT 37Ah, es un registro de 4 bits al cual le corresponde los pines 1, 14, 16 y 17, este registro es muy importante, ya nos permite colocar al puerto paralelo en modo bidireccional. Es decir se puede también recibir datos por el registro de datos

y para ello se tendría que colocar el bit equivalente a C5 en '1', el uso de este registro se limita al manejo de las impresoras. [4]

En la figura 2.2 se muestra la distribución de los pines del puerto paralelo.

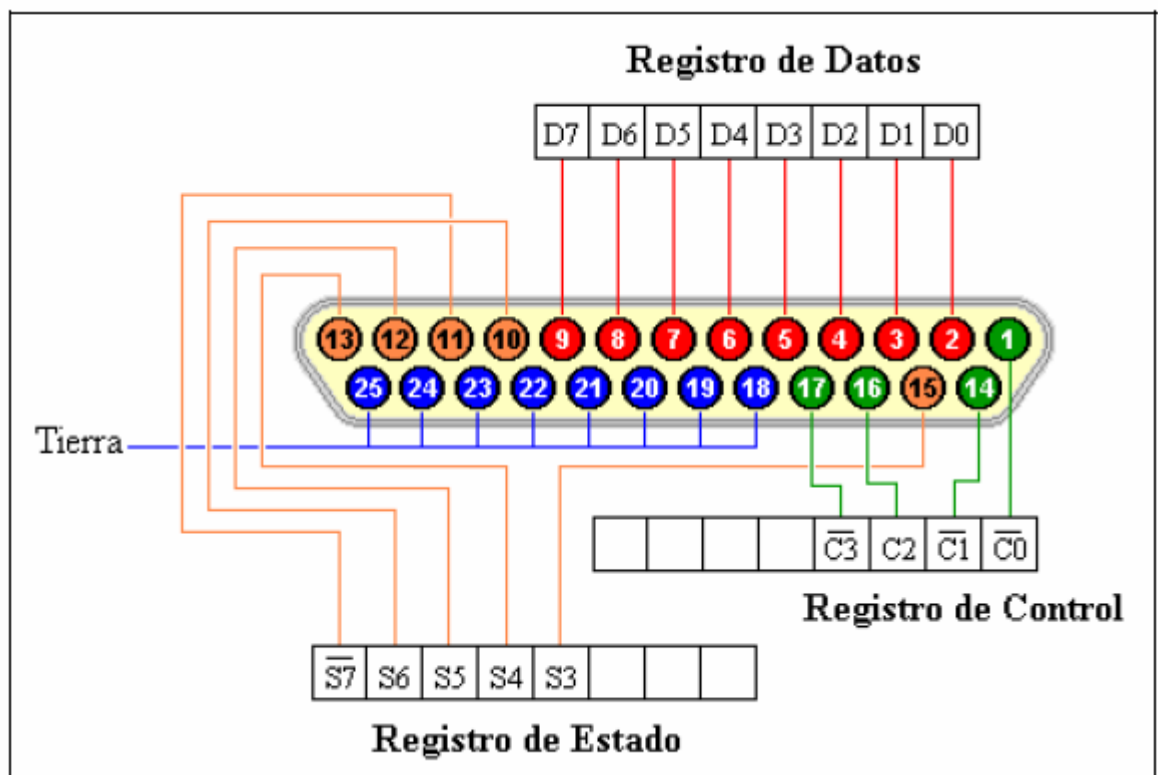


Figura. 2.2. Distribución de pines del puerto paralelo

Motor DC

El motor de corriente continua es aquel que se alimenta de corriente continua, accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto. Los motores DC constan de las siguientes partes:

Inductor o Estator.- Es un electroimán formado por un número de polos. Las bobinas que los arrollan son las encargadas de producir el campo inductor.

Inducido o Rotor.- Es una pieza giratoria formado por un núcleo magnético alrededor del cual va el devanado del inducido, sobre el que actúa el campo magnético.

Colector de delgas.- Es un anillo de láminas de cobre llamadas delgas, dispuesto sobre el eje del rotor que sirve para conectar las bobinas del inducido con el circuito exterior a través de las escobillas.

Escobillas.- Son unas piezas de grafito que se colocan sobre el colector de delgas, permitiendo la unión eléctrica de las delgas con los bordes de conexión del inducido. [5]

En la figura 2.3 se puede observar las partes de un motor dc.

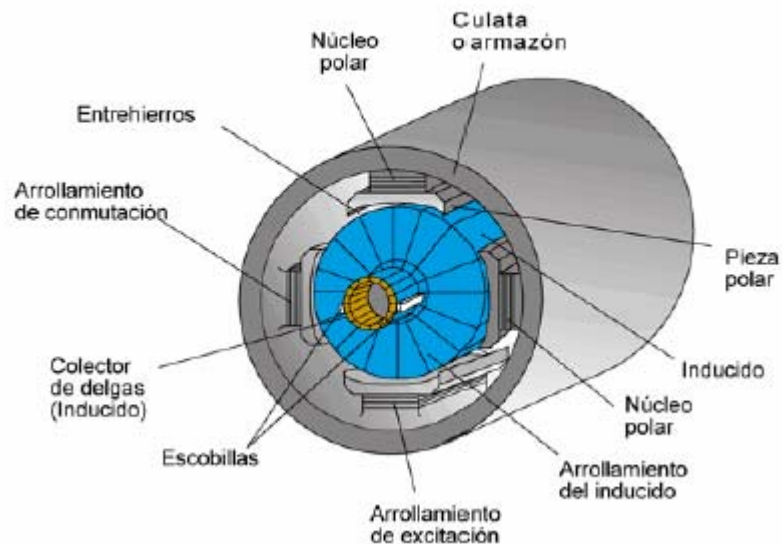


Figura. 2.3. Diagrama de un motor DC

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL MOTOR

Primero se va a definir que es un sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante

la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida de modo que estas alcancen unos valores prefijados. [6]

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

Sensores.- Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

Controlador.- Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.

Actuador.- Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

En la figura 2.4 se observa un esquema general de un sistema de control

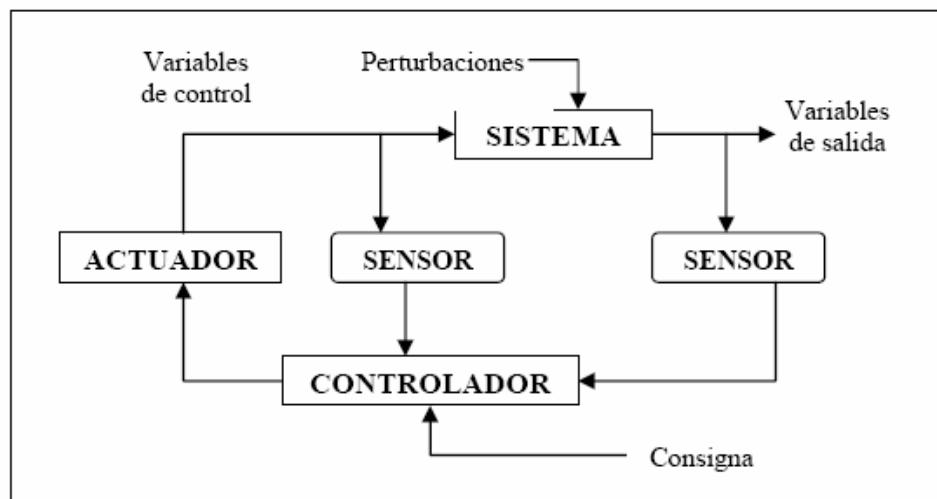


Figura. 2.4. Esquema General de un Sistema de Control.

Los sistemas de control se dividen en sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado. El sistema de control en lazo abierto es aquel sistema en que solo actúa el proceso

sobre la señal de entrada, y da como resultado una señal de salida independiente. Estos sistemas se caracterizan por: **[6]**

- Sencillos y de fácil concepto.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación
- La salida no se compara con la entrada
- Afectado por la perturbaciones
- La precisión depende de la previa calibración del sistema

El sistema de control en lazo cerrado son aquellos sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Sus características son: **[6]**

- Complejos, pero amplios de parámetros
- La salida se compara con la entrada y la afecta para el control del sistema.
- Estos sistemas se caracterizan por su propiedad de retroalimentación.
- Más estable a perturbaciones y variaciones internas

En la figura 2.5 se muestra un gráfico comparativo entre el Sistema de Control en Lazo Abierto y el Sistema de Control en Lazo Cerrado.

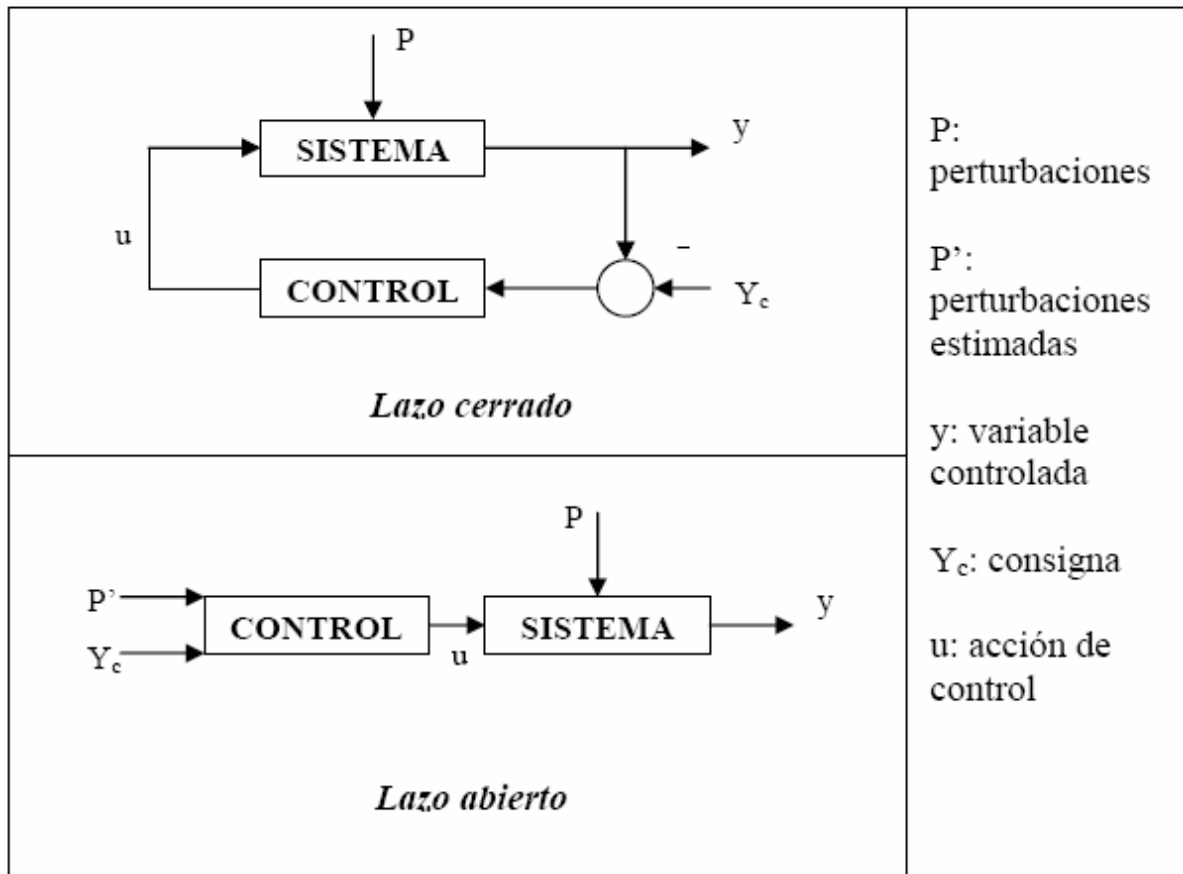


Figura. 2.5. Control Lazo Cerrado vs Control Lazo Abierto

2.2.1 Criterios de Diseño

El sistema de posicionamiento no posee un controlador muy complejo, simplemente se necesita manejar la antena en el rango de 0 a 90 grados, dicho manejo se realiza por medio de la PC mandando datos por un tiempo determinado. Ya que el sistema Vector Track utiliza el método de pulsos para realizar el movimiento, se debe realizar una transformación de pulsos a tiempo y relacionar con los grados que se mueve la antena. En este caso específico el tiempo que se tarda la antena para moverse de 0 a 90 grados es de 32 segundos y el tiempo en el cual vuelve al estado inicial es decir 0 grados es de 45, 5 segundos, como dijimos antes el sistema será un sistema en lazo abierto, una de las características de este tipo de sistema es que la precisión depende de la calibración del sistema.

Para lograr esta calibración se obtuvo una ecuación que relaciona grados con el tiempo tanto de subida como de bajada mediante el método de punto pendiente.

Tiempo de Subida

La figura 2.6 muestra un gráfico en el que se puede concluir que la ecuación que se obtuvo para el tiempo de subido es una ecuación lineal

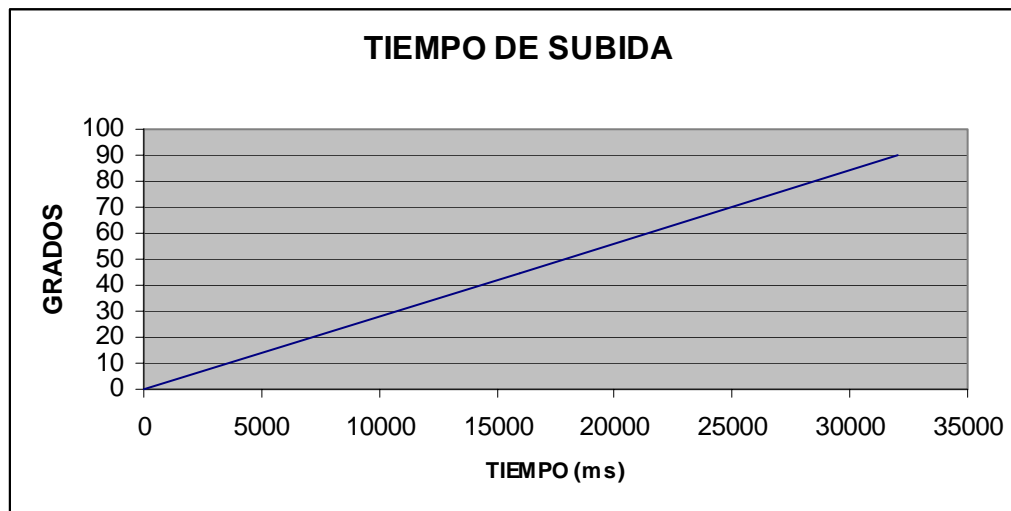


Figura. 2.6. Gráfico Grados vs Tiempo de subida

Para obtener la ecuación del tiempo de subida se aplicó la fórmula de punto-pendiente, de la siguiente manera

$$m = 0.005625$$

$$\text{grados} = m * \text{tiempo}$$

$$\text{tiempo} = \frac{\text{grados}}{m}$$

$$\text{tiempo} = 177.778 * \text{grados}$$

Tiempo de Bajada

En la figura 2.7 se puede observar que el tiempo de bajada cumple con una ecuación lineal

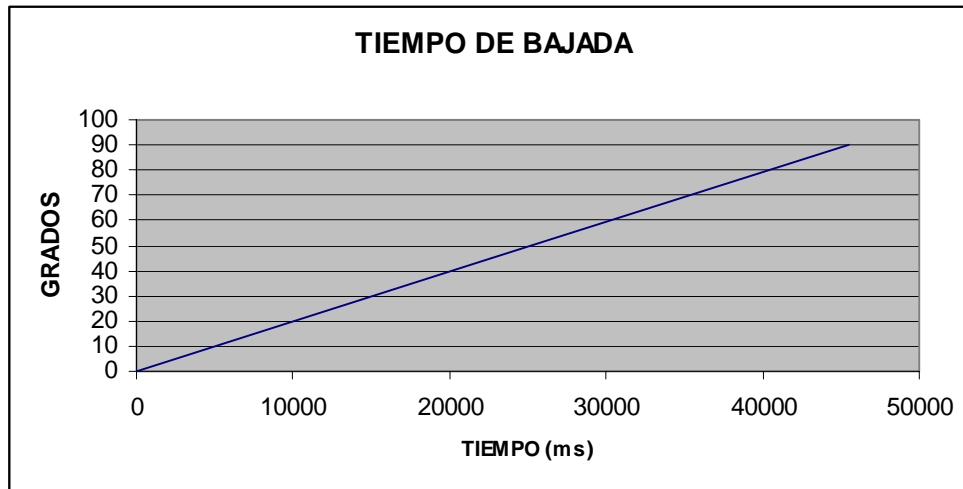


Figura. 2.7. Gráfico Grados vs Tiempo de bajada

Para el tiempo de bajada se utilizó la misma fórmula que en el tiempo de subida para obtener la siguiente ecuación

$$m = 0.003956$$

$$\text{grados} = m * \text{tiempo}$$

$$\text{tiempo} = \frac{\text{grados}}{m}$$

$$\text{tiempo} = 252.778 * \text{grados}$$

De esta manera se va a realizar de forma precisa la posición de antena mediante el número de grados en los que se la quiera colocar.

2.2.2 Instrumentación

Para la parte de instrumentación del sistema se utilizará el Vector Trak que es un aparato analógico de posicionamiento, el cual se va a encargar específicamente de la etapa de potencia, se va a recurrir a relés que serán controlados por medio de la PC teniendo un estado de amplificación de corriente utilizando el integrado ULN2003 (ver anexos), en la figura 2.8

se observa el diagrama electrónico total del sistema

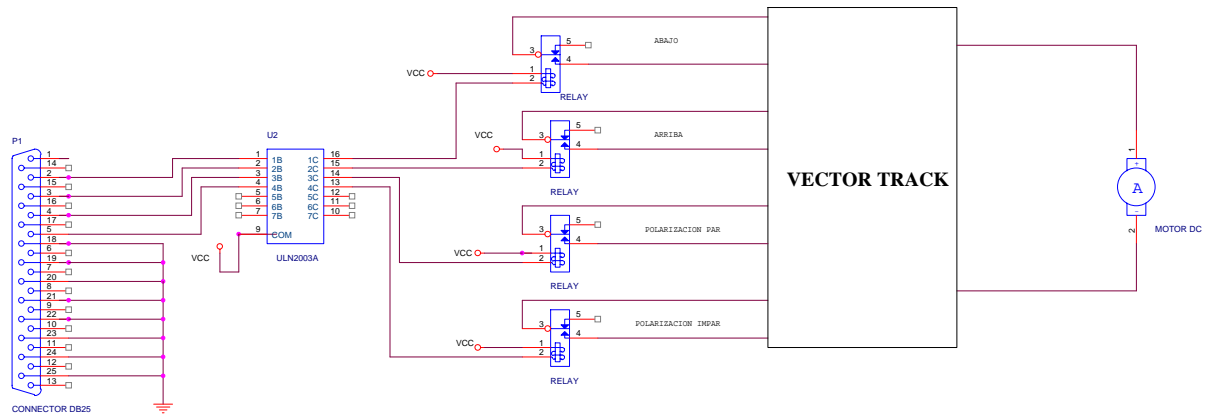


Figura. 2.8 Diagrama Electrónico del Sistema.

2.2.3 Selección del Controlador

El controlador seleccionado es el más factible para la realización de este proyecto, debido a que el motor necesita un voltaje de 36V y una corriente de 4 A, corriente y voltaje que nos proporciona el Vector Trak, todo el sistema de posicionamiento automático de la antena se realiza desde el computador mediante el movimiento por grados mas no por pulsos como en el aparato analógico, además mediante la calibración del sistema en lazo abierto se obtendrá la precisión necesaria en el movimiento de la antena

2.3 DISEÑO DEL ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA DE GIRO DE MOTOR

El sistema de giro del motor se basa en un sistema de una semirueda dentada y un tornillo sin fin. En ingeniería mecánica se denomina tornillo sin fin a una disposición que transmite el movimiento entre ejes que están en ángulo recto. Cada vez que el tornillo sin fin

da una vuelta completa, el engranaje avanza un diente. [7]

El sistema de giro del motor hace que la antena se mueva en forma descendente o ascendente según entre la corriente hacia el motor, es decir que si la corriente entra al motor de forma positiva la antena se moverá ascendentemente y caso contrario si la corriente entra en forma negativa al motor la antena se moverá en forma descendente, en la figura 2.9 se muestran el sistema de giro de la antena.

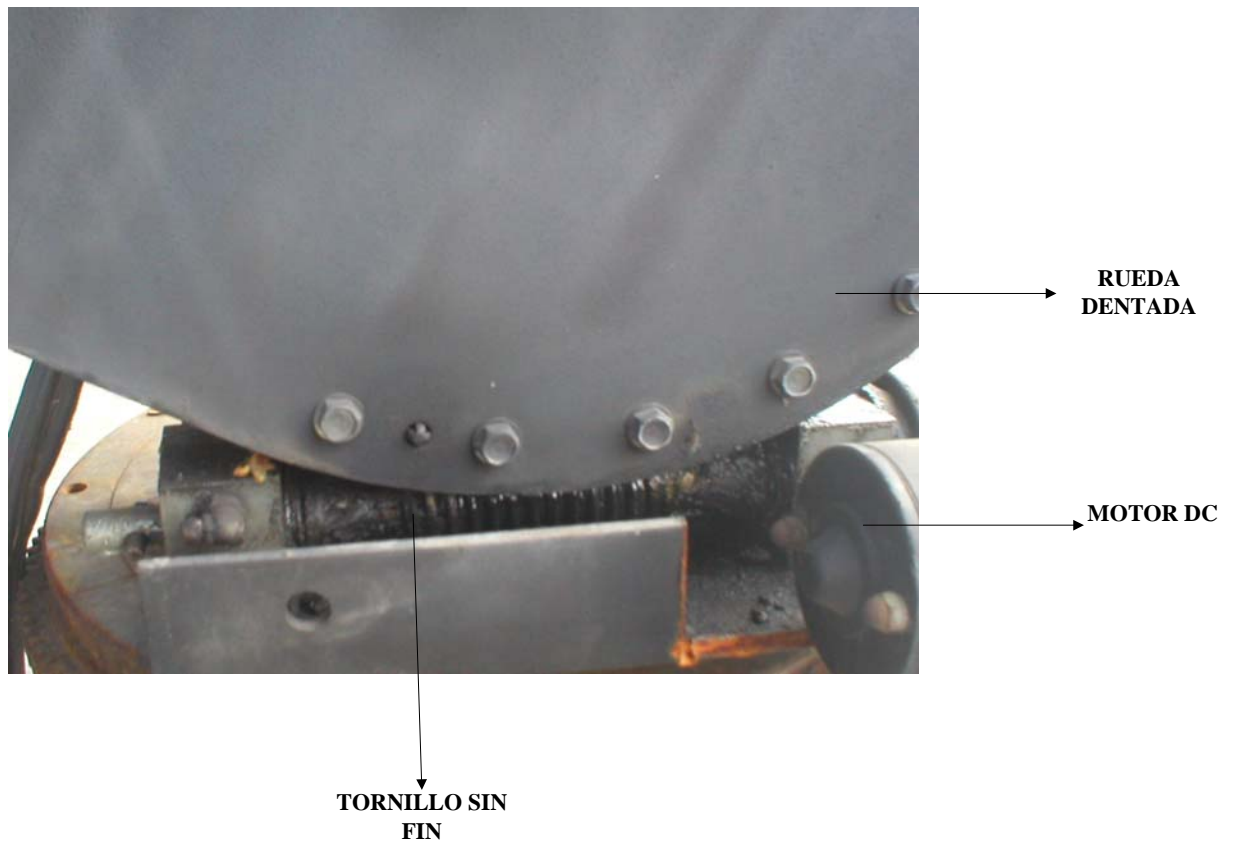


Figura. 2.9 Sistema Mecánico de la Antena

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

3.1 PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz gráfica que sirve como un canal de comunicación entre el usuario y el computador. Para llevar a cabo este proyecto se utilizó como software Visual Basic 6.0, puesto que es un lenguaje de programación que se ha diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones en un entorno gráfico. En una aplicación en Visual Basic, el programa está formado por una parte de código desarrollado por el programador, y otras partes asociadas a los objetos que forman la interfaz gráfica. Es por tanto, un término medio entre la programación tradicional, formada por una sucesión lineal de código estructurado, y la programación orientada a objetos.

A continuación se tiene la explicación de la programación de la interfaz, como primera parte tenemos la declaración de las variables y librerías externas a Visual Basic que se van a utilizar, las librerías utilizadas para esta HMI fueron, la librería llamada Kernel32 que posee una función llamada sleep que se utiliza para logra enviar el dato por el puerto paralelo por un lapso determinado tiempo medido en milisegundos. A continuación se indica la forma de realizar la declaración de las variables

Option Explicit

Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)

Public mov As Long

Public compara As Long

Public mov1 As Long

```
Public tb As Single
Public ts As Single
Public Dato As Double
Public down As Double
Public encera As Single
Public up As Double
Public recibir As Byte
Public error As String
Public flag As Integer
Public cero As Double
Public polar As Integer
```

Luego de tener las variables declaradas se realiza la conversión de los grados ingresados en un text box, de texto a número con la función `grados_change()`, luego de este procedimiento se efectúa una validación para que el dato esté dentro del rango de 1 y 90 grados utilizando la función `grados_Lostfocus()`, a continuación se muestra la programación de dichas funciones

```
Private Sub grados_Change()
    mov = Val(grados.Text)
    mov1 = mov * 2
    Dato = (177.7778 * mov1)
    cero = (252.7778 * mov1)
End Sub

Private Sub grados_LostFocus()
    Dim error As String
    If Val(grados.Text) < 1 Or Val(grados.Text) > 90 Then
        error = MsgBox("Valor fuera del Rango", vbOKOnly, "Valor Incorrecto")
    End If
End Sub
```

Una vez que se tiene el dato en formato número se realiza la conversión de los grados ingresados a milisegundos, esto dentro de la función `grados_change`, de la siguiente manera:

`Dato = (177.7778 * mov1)`, Dato es el valor para el movimiento ascendente
`cero = (252.7778 * mov1)`, cero es el valor para el movimiento descendente

Luego de obtener el cambio de grados a milisegundos se tiene las opciones de los botones de control (arriba, abajo, y Home), los cuales están programados para que realicen el envío de datos respectivos hacia la etapa de potencia para mover la antena, estos movimientos estan programados en las funciones `abajo_click`, `arriba_click` y `encera_click` que se muestran a continuación

```
Private Sub abajo_Click()  
  If flag = 1 Then  
    error180.Visible = False  
    warning.Visible = False  
    arriba.Visible = True  
  End If  
  If polar = 1 Then  
    down = cero + down  
    PortOut &H378, 1  
    Sleep (down)  
    PortOut &H378, 0  
    grados.Text = " "  
    PortOut &H378, 8  
  End If  
  If polar = 0 Then  
    down = cero + down  
    PortOut &H378, 1  
    Sleep (down)  
    PortOut &H378, 0
```

```
    grados.Text = " "  
    PortOut &H378, 4  
End If  
  
ts = (177.7778 * down) / 252.7778  
If ts = up Then  
    error0.Visible = True  
    warning.Visible = True  
    abajo.Visible = False  
    encerar.Visible = False  
    flag = 0  
  
End If  
End Sub  
  
Private Sub arriba_Click()  
If flag = 0 Then  
    error0.Visible = False  
    warning.Visible = False  
    abajo.Visible = True  
    encerar.Visible = True  
End If  
If polar = 0 Then  
    up = Dato + up  
    PortOut &H378, 2  
    Sleep (Dato)  
    PortOut &H378, 0  
    grados.Text = " "  
    PortOut &H378, 4  
End If  
If polar = 1 Then
```

```
up = Dato + up
PortOut &H378, 2
Sleep (Dato)
PortOut &H378, 0
grados.Text = " "
PortOut &H378, 8
End If
If up = 32000.004 Or up > 32000 Then
    error180.Visible = True
    warning.Visible = True
    arriba.Visible = False
    flag = 1
End If
End Sub
```

```
Private Sub encerar_Click()
tb = (252.7778 * up) / 177.7778
encera = tb - down
If polar = 0 Then
    PortOut &H378, 1
    Sleep (encera)
    error0.Visible = True
    warning.Visible = True
    PortOut &H378, 4
    encerar.Visible = False
    abajo.Visible = False
    arriba.Visible = True
End If
If polar = 1 Then
    PortOut &H378, 1
    Sleep (encera)
```

```
error0.Visible = True
warning.Visible = True
PortOut &H378, 8
encerar.Visible = False
abajo.Visible = False
arriba.Visible = True
End If
End Sub
```

Para lograr el manejo del puerto paralelo se utilizó un módulo llamado IO.bas, este módulo debe ser agregado al proyecto original para que funcione. La función que se utiliza de este módulo es la PorOut que sirve para enviar datos por el puerto paralelo y consta de 2 elementos, el primero que es la dirección del puerto paralelo y el segundo es el dato que se envía, a continuación un ejemplo del uso de esta función

```
PortOut &H378, 8
```

Además se necesita instalar una DLL del mismo nombre que el módulo antes mencionado es decir IO. DLL. Visual Basic no dispone de una forma directa para acceder al puerto paralelo por eso depende de archivos que usan características de Windows llamados librerías de enlace dinámico (DLL por sus siglas en inglés) que básicamente son funciones y recursos que pueden ser llamados por los programas y por otras DLL para realizar ciertos trabajos.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS PANTALLAS

A continuación se muestran las pantallas que el usuario observará al momento que use la HMI. Primero se tiene la pantalla principal que se muestra en el gráfico siguiente

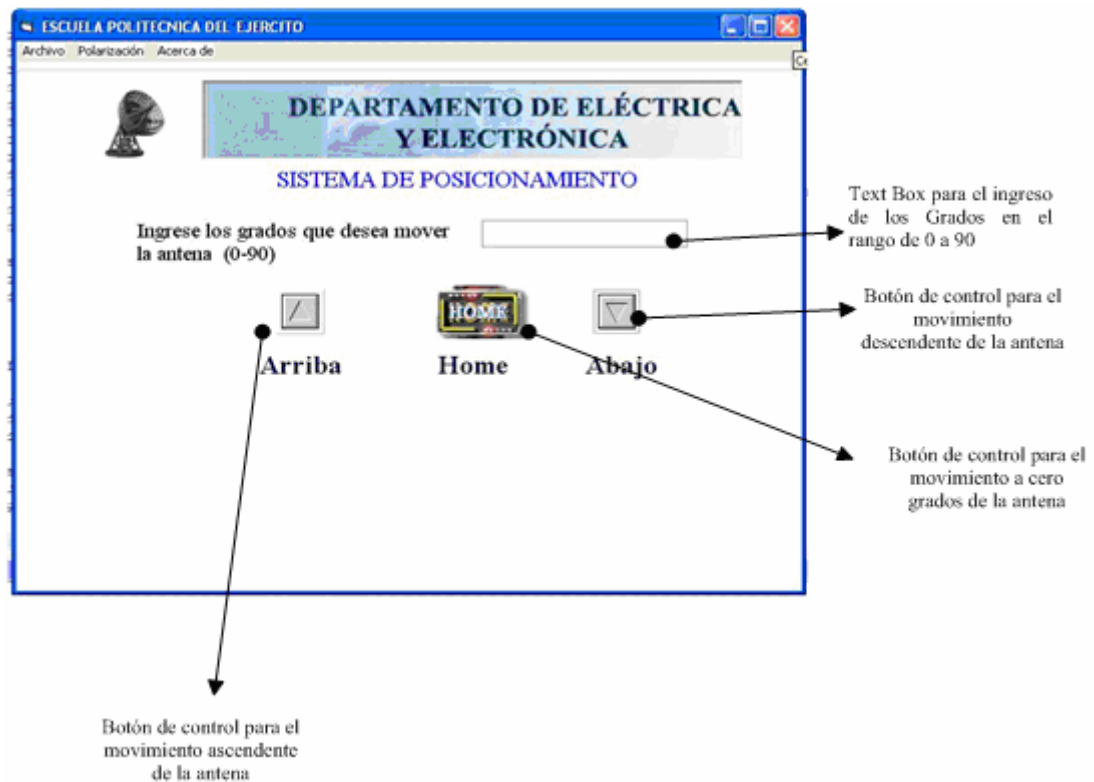


Figura. 3.1 Pantalla Principal.

A continuación se muestra la pantalla donde se indica que el valor ingresado por el usuario esta fuera del rango de 1 a 90 grados.

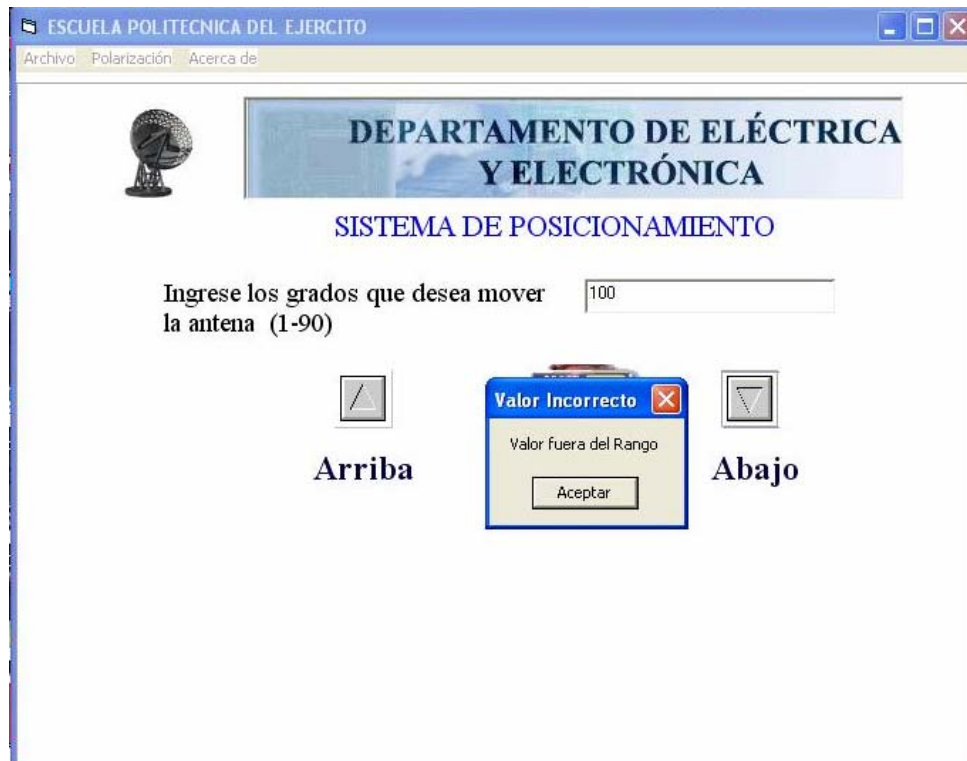


Figura. 3.2 Pantalla Fuera del Rango.

La siguiente pantalla nos muestra cuando la antena se mueve hasta el límite superior (90 grados)



Figura. 3.3 Pantalla Limite Superior.

La siguiente figura muestra la pantalla que el usuario observará cuando de dirija hasta el límite inferior (0 grados).

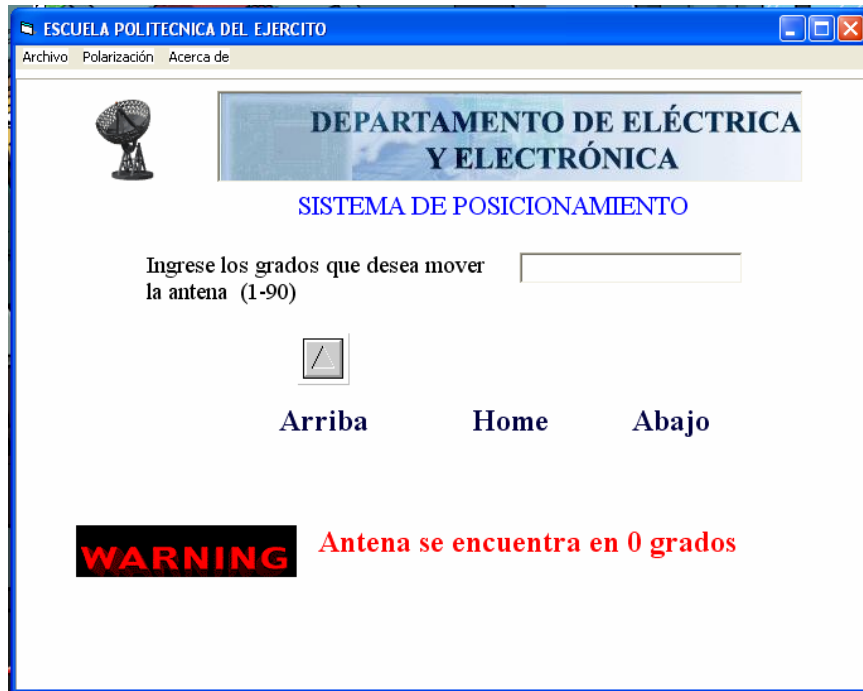


Figura. 3.4 Pantalla Límite Inferior

Esta HMI posee 3 submenús que son: archivo, polarización y acerca de. En la primera la opción que se tiene dentro de este submenú es la de salir, que sirve para salir de la HMI



Figura. 3.5 Submenú Archivo.

Por otra parte el submenú polarización, tiene la opción de elegir que la polarización de la antena sea vertical u horizontal, el gráfico siguiente muestra la pantalla de la HMI que se observa cuando el usuario haga uso de este submenú.



Figura. 3.6 Submenú Polarización.

Para finalizar, el submenú Acerca de nos da información acerca del programa, programador y colaboradores, al seleccionar este submenú se abrirá otra pantalla con los datos mencionados, a continuación se observa la pantalla que se observa al hacer click en el submenú Acerca de

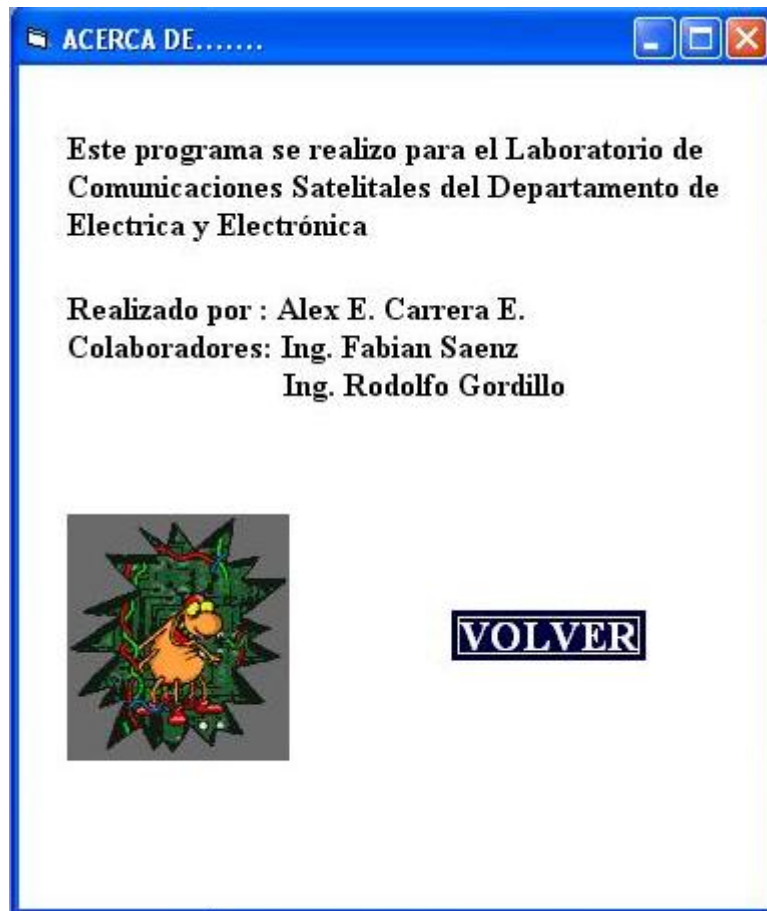


Figura. 3.7. Submenú Acerca De

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La implementación del Sistema de Posicionamiento se realizó en el laboratorio de Sistemas Satelitales del Departamento de Eléctrica y Electrónica, ya que aquí se encuentran ubicadas en un rack las conexiones para la polarización del motor de la antena.

Para realizar la implementación del sistema de posicionamiento, se dividió en tres subsistemas que son: sistema de programación, sistema de interconexión y el sistema de potencia, cada uno explicado detalladamente más adelante. En la figura 4.1 se muestra un diagrama de los subsistemas.

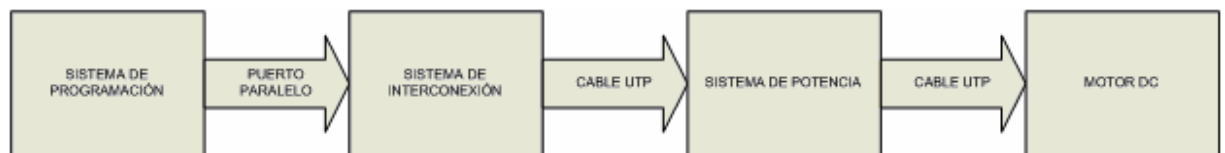


Figura. 4.1. Diagrama de Subsistemas

4.2 CONEXIÓN TOTAL DE LOS SISTEMAS

Los sistemas que se deben conectar son tres: sistema de programación, el sistema de interconexión y el sistema de potencia, a continuación se van a explicar cada uno de ellos:

Sistema de Programación.- El sistema de programación básicamente consta del software para lograr el movimiento de la antena. En el laboratorio de Sistemas Satelitales se encuentra una computadora desktop que se utilizó para instalar el programa de posicionamiento, las características de este computador son las siguientes:

Tabla. 4.1. Características del Computador

Características del Computador	
Procesador	Procesador Intel, Pentium IV, 2.8 Ghz, 2MB de caché
Sistema Operativo	Windows XP SP2
Memoria de serie	512 MB
Tipo de Memoria	SDRAM DDR
Unidad de Disco Duro interna	80 GB

Sistema de Interconexión.- El sistema de interconexión consta de un conector DB25 hembra, un amplificador de corriente ULN 2003, y 4 relés de 5V, que se conectaron al sistema analógico de posicionamiento mediante cable UTP categoría 5e. El sistema de interconexión se encuentra en baquelita con toda la información necesaria para que el usuario pueda manejar de forma sencilla este subsistema. La alimentación que necesita el sistema de interconexión es de +5V, los cuales son tomados de una fuente externa. En la figura 4.2 se muestra una imagen del sistema de interconexión.

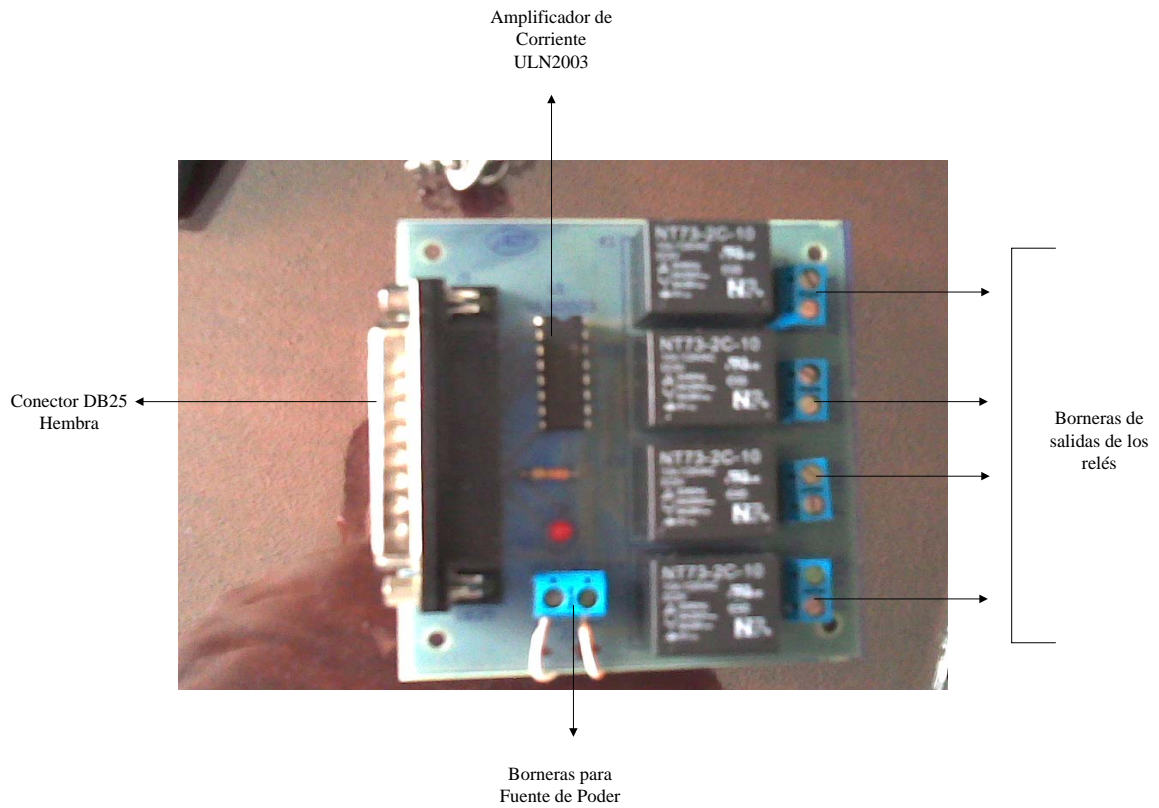


Figura. 4.2. Sistema de Interconexión

Sistema de Potencia.- Por último se encuentra el sistema de potencia que es básicamente el sistema de posicionamiento analógico llamado Vector Trak, este dispositivo se encuentra discontinuado en el mercado por lo cual no se ha encontrado datos técnicos del mismo. Las entradas de este aparato conectaron en paralelo con la salida de los relés del sistema de interconexión para lograr el movimiento ascendente, descendente y para seleccionar la polarización de la antena. La figura 4.3 muestra el panel frontal del Vector Trak.



Figura. 4.3. Panel Frontal del Vector Trak

Para lograr la funcionalidad total del sistema se debe conectar los sistemas antes mencionados, el sistema de programación se conecta con el sistema de interconexión mediante un bus de datos para puerto paralelo, con conectores DB25 macho y hembra, la figura 4.4 muestra el bus de datos que se utilizó

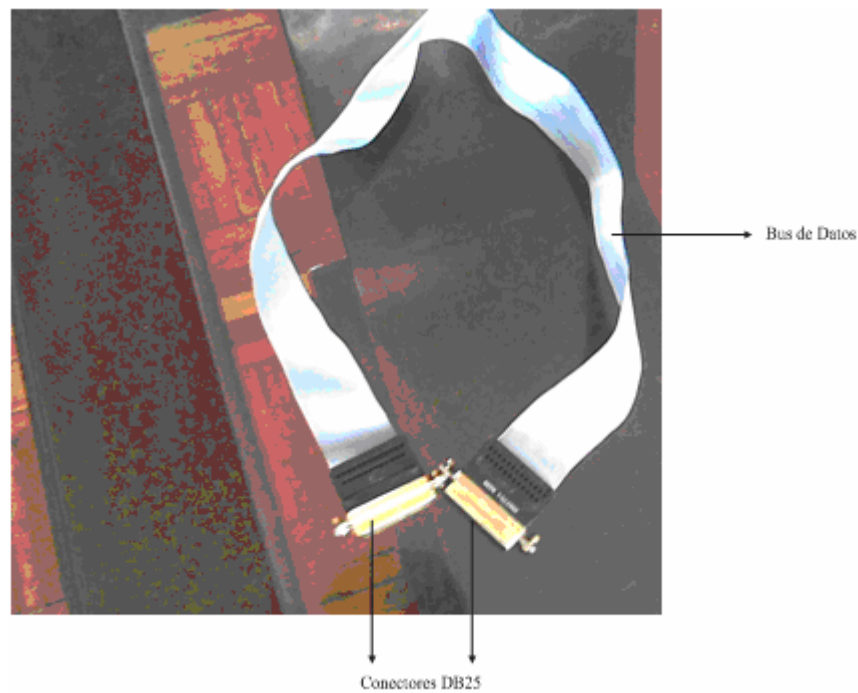


Figura. 4.4. Bus de Datos utilizado

Para conectar el sistema de potencia hasta el rack donde se encuentran las conexiones del motor de la antena se utilizó cable UTP categoría 5e, en las figuras 4.5 y 4.6 se muestran el cable y el sistema de potencia ya conectado al rack.



Figura. 4.5. Cable UTP

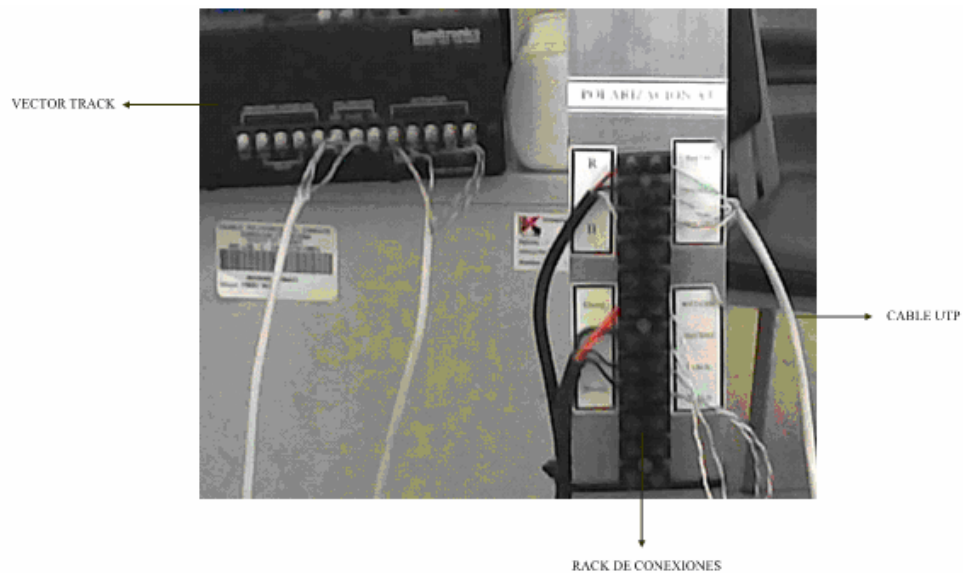


Figura. 4.6. Sistema de Potencia

En la figura 4.7 se muestra el sistema de posicionamiento ya conectado todos sus subsistemas.

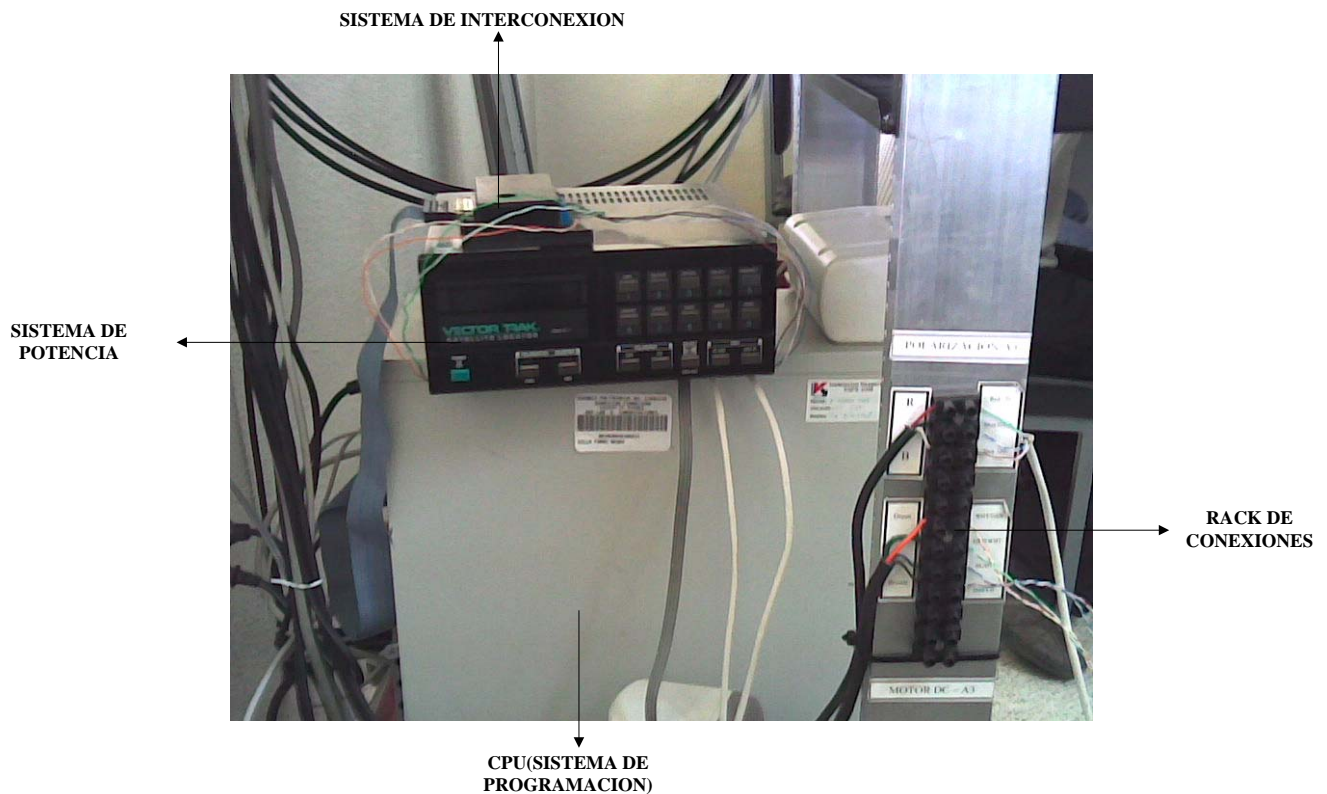


Figura. 4.7. Sistema de Posicionamiento

4.3 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA TOTAL

El sistema de posicionamiento satelital funciona de la siguiente manera:

- 1.-** Se ingresa al archivo ejecutable llamado “Sistema de Posicionamiento” ubicado en el escritorio del computador del laboratorio.

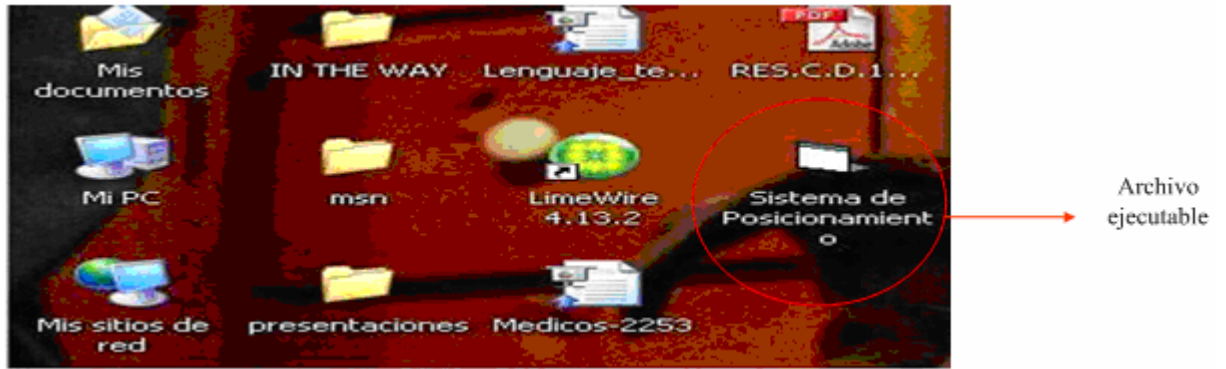


Figura. 4.8. Archivo Ejecutable del Sistema de Posicionamiento

2.- Una vez que se tiene la pantalla principal del software se ingresa los grados que se desea mover la antena y se selecciona el tipo de movimiento sea ascendente o descendente, dando un click en los botones de control.

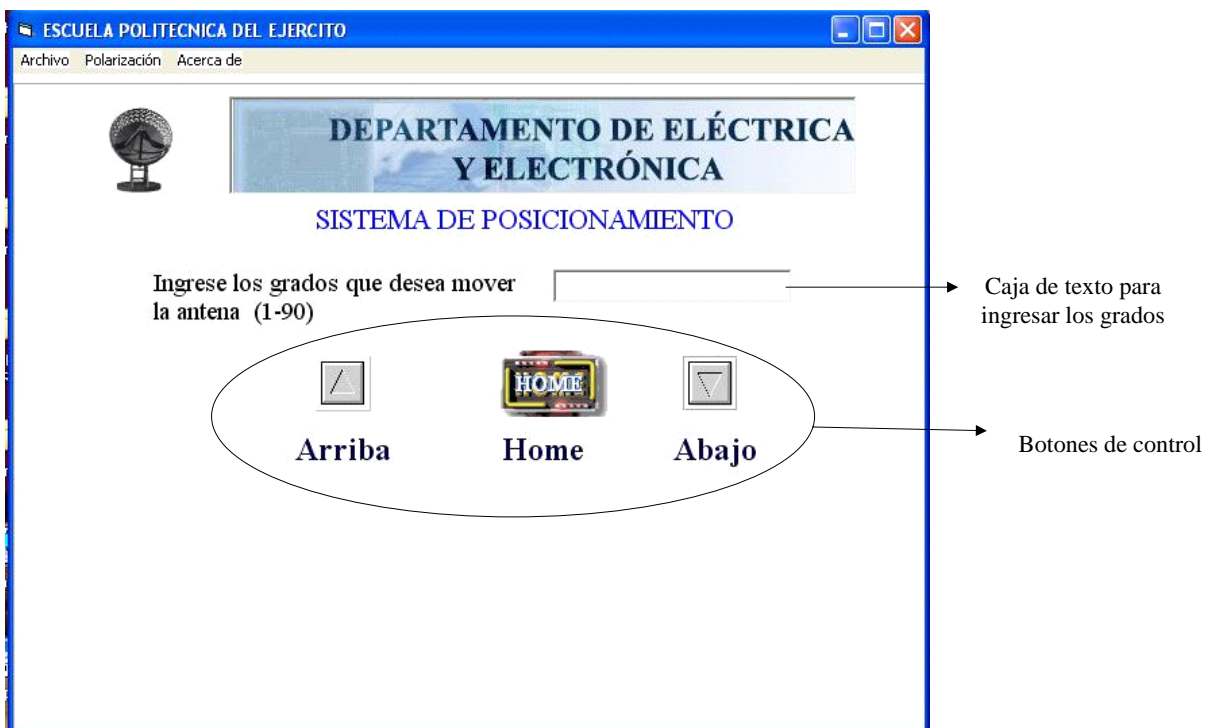


Figura. 4.9. Pantalla Principal

3.- Después que el movimiento fue escogido se envía por el puerto paralelo un dato en alto hacia el amplificador de corriente.

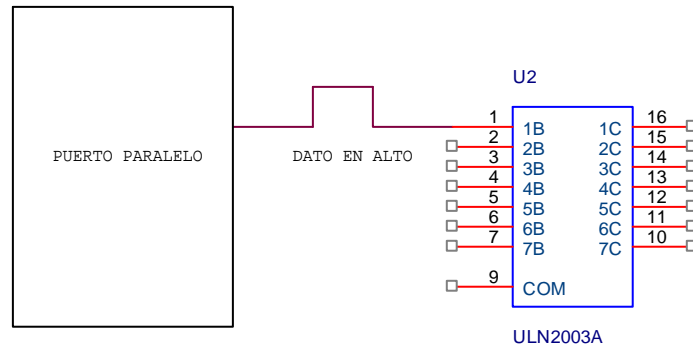


Figura. 4.10. Circuito Amplificador

4.- El amplificador de corriente envía el dato amplificado hacia uno de los relés el cual activa el contacto normalmente abierto del mismo y hace que el switch del teclado en el Vector Trak se cierre por un determinado lapso de tiempo logrando así el movimiento de la antena.

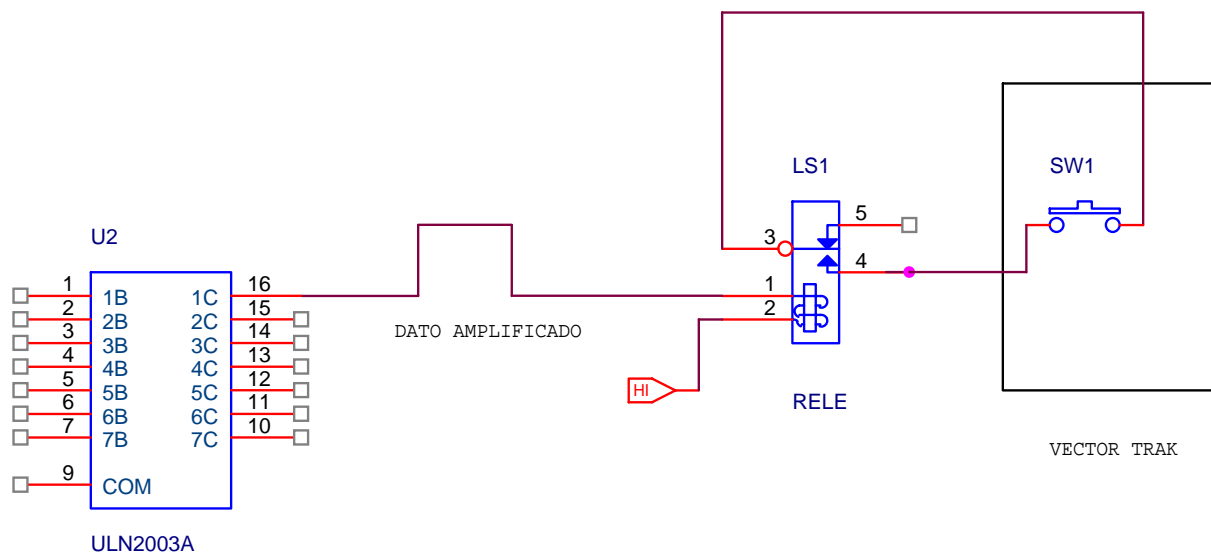


Figura. 4.11. Circuito de Envío de Dato amplificado

Para indicar de mejor manera la funcionalidad del Sistema de Posicionamiento, en la siguiente figura se observa un diagrama de flujo

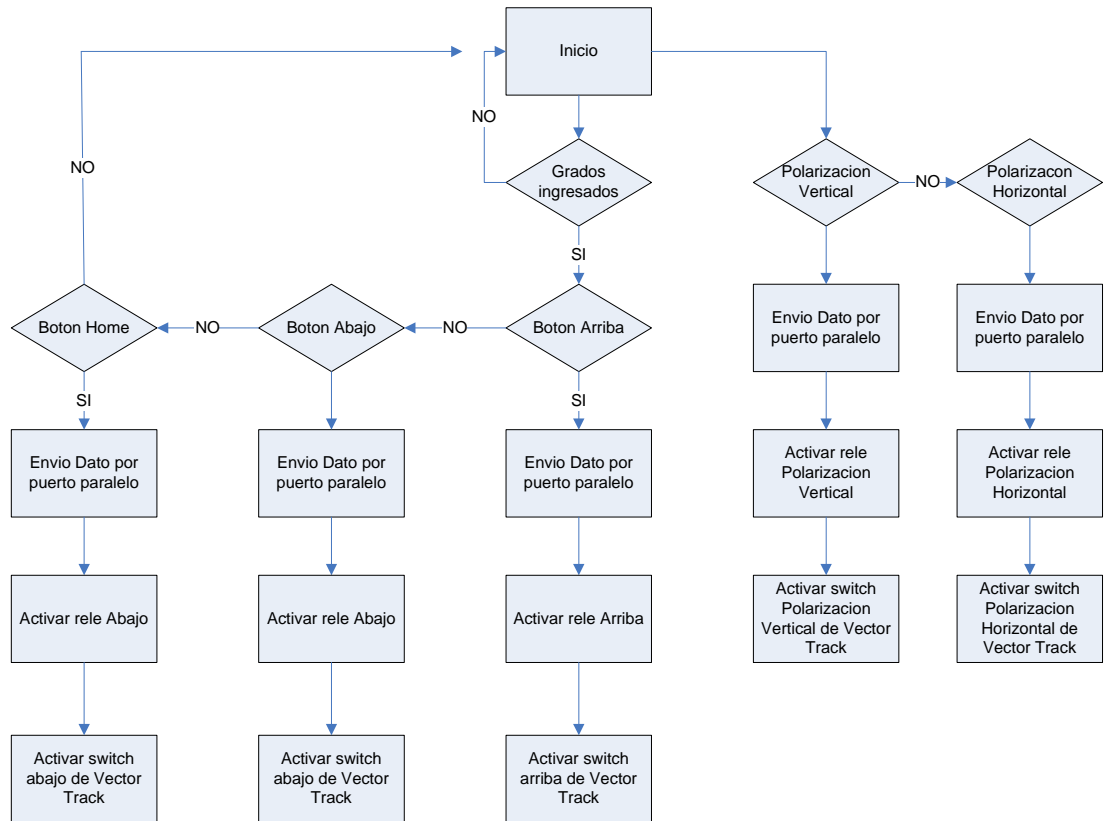


Figura. 4.12. Diagrama de Flujo del Sistema Total

CAPITULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 PRUEBAS DEL SISTEMA TOTAL

Para comprobar que el Sistema de Posicionamiento funciona de una manera adecuada se realizaron pruebas de movimiento de la antena en ángulos de 30, 60, 45 y 90 grados debido a que estos son los más comunes para la ubicación de los satélites.

Además con estas pruebas de movimiento se tiene previsto conocer datos técnicos del sistema de posicionamiento como por ejemplo precisión, velocidad, corriente de funcionamiento, voltajes entre otras.

5.2 RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las pruebas son las siguientes:

Movimiento.- En la parte del movimiento de la antena, se realizaron 10 pruebas para cada ángulo, para poder obtener así la precisión y exactitud del sistema de posicionamiento, se observa las diferentes tablas con los resultados de la posición para cada ángulo de prueba.

Tabla 5.1. Resultado de Movimiento 30 grados

Número de Muestra	Valor de Entrada	Valor Medido
1	30 grados	30 grados

2	30 grados	30 grados
3	30 grados	30 grados
4	30 grados	30 grados
5	30 grados	30 grados
6	30 grados	30 grados
7	30 grados	30 grados
8	30 grados	30 grados
9	30 grados	30 grados
10	30 grados	30 grados
	TOTAL	30 grados

Tabla 5.2. Resultado de Movimiento 45 grados

Número de Muestra	Valor de Entrada	Valor Medido
1	45 grados	45 grados
2	45 grados	45 grados
3	45 grados	45 grados
4	45 grados	45 grados
5	45 grados	45 grados
6	45 grados	45 grados
7	45 grados	45 grados
8	45 grados	45 grados
9	45 grados	45 grados
10	45 grados	45 grados
	TOTAL	45 grados

Tabla 5.3. Resultado de Movimiento 60 grados

Número de Muestra	Valor de Entrada	Valor Medido
1	60 grados	60 grados
2	60 grados	60 grados
3	60 grados	60 grados
4	60 grados	60 grados
5	60 grados	60 grados
6	60 grados	60 grados
7	60 grados	60 grados
8	60 grados	60 grados
9	60 grados	60 grados
10	60 grados	60 grados
	TOTAL	60 grados

Tabla 5.4. Resultado de Movimiento 90 grados

Número de Muestra	Valor de Entrada	Valor Medido
1	90 grados	90 grados
2	90 grados	90 grados
3	90 grados	90 grados
4	90 grados	90 grados
5	90 grados	90 grados
6	90 grados	90 grados
7	90 grados	90 grados
8	90 grados	90 grados
9	90 grados	90 grados

10	90 grados	90 grados
	TOTAL	90 grados

A continuación se observan gráficos de la antena en los ángulos de prueba



Figura. 5.1. Antena en 30 grados



Figura. 5.2. Antena en 45 grados.



Figura. 5.3. Antena en 60 grados



Figura. 5.4. Antena en 90 grados.

Como parte de los resultados obtenidos en el movimiento de la antena se debe tener en cuenta lo que es precisión y exactitud en el posicionamiento de la misma, para esto vamos a definir que es cada una de ellas.

Precisión.- La precisión queda determinada por la dispersión de los valores de los datos, especificada por la desviación estándar o la relación señal / ruido. [7]

Exactitud.- La exactitud es la diferencia entre el valor verdadero y el valor medio o promedio de un proceso del cual se toman los datos. [7]

Después de explicar la diferencia entre estos dos conceptos y observar las tablas de resultados de movimiento del Sistema de Posicionamiento se puede concluir que es un sistema preciso y exacto.

Velocidad.- El sistema de posicionamiento posee un sistema de control en lazo abierto, para lo cual se obtuvieron fórmulas para establecer el movimiento ascendente y descendente de la antena, dichas fórmulas son:

$$tiempo \text{ subida} = 177.778 * \text{grados}$$

$$tiempo \text{ bajada} = 252.778 * \text{grados}$$

Después de establecer las fórmulas que relaciona tiempo y grados se determinan variables como la velocidad que alcanza la antena en moverse ascendentemente de 0 a 90 grados y viceversa, teniendo estos resultados

Tabla 5.2. Velocidades de Movimiento

Velocidad de Subida (0 a 90 grados)	32 segundos
Velocidad de Bajada (90 a 0 grados)	45.5 segundos

Para finalizar se muestra a continuación una tabla con todas las especificaciones que se obtuvieron después de las pruebas

Tabla 5.3. Tabla de Especificaciones

ESPECIFICACIONES	
Voltaje de Funcionamiento (Sist. Interconexión)	5 V
Corriente de Entrada (Sist. Interconexión)	0,5 A
Corriente de Salida (Sist. Interconexión)	1A
Voltaje de Salida (Sist. Potencia)	36 V

Corriente de Salida (Sist. Potencia)	4A
Velocidad por grado ascendente	177,77 ms
Velocidad por grado descendente	252,77ms
Precisión	100%
Exactitud	100%

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El Sistema de Posicionamiento sirve para ubicar a satélites geoestacionarios ya que tienen la ventaja de permanecer fijos con respecto a un punto específico de la Tierra, por lo tanto para comunicarse con ellos, la antena permanece estática, por que no necesitan seguir al satélite.
- El Sistema de Posicionamiento posee un controlador en lazo abierto, debido a que la antena no cuenta con sensores que nos indican la posición actual en la que se encuentra.
- La antena solamente podrá moverse automáticamente en el rango de 0 a 90 grados en el ángulo de elevación.
- El puerto paralelo utiliza para este sistema 4 de los 8 bits de datos que posee, estos funcionan solo como envío desde la PC hasta el sistema de interconexión.
- El Sistema de Posicionamiento posee una interfaz gráfica de fácil manejo para el usuario lo que brinda una ventaja sobre el sistema anterior ya que deja de ser manual para convertirse en un sistema automático de posicionamiento.

- El Sistema de Posicionamiento tiene la capacidad de funcionar en cualquier momento controlando automáticamente la posición de la antena parabólica.
- El Sistema de Posicionamiento gracias a su controlador y después de varias pruebas del mismo se puede decir que es un método preciso y exacto.

6.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo por lo menos cada seis meses para un correcto funcionamiento de la antena parabólica.
- Tener cuidado con la polarización del sistema de interconexión para que no exista un daño del circuito integrado ULN2003.
- Realizar más sistemas automáticos para el resto de antenas que posee el laboratorio de Sistemas Satelitales de la DEE.
- Tener presente el proceso de encendido del sistema de posicionamiento, es decir que la fuente de voltaje y el Vector Trak deben estar encendidos antes de utilizar el software de posicionamiento

ANEXO I

CÓDIGO DEL PROGRAMA

CÓDIGO DEL PROGRAMA

Option Explicit

Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)

Public mov As Long

Public compara As Long

Public mov1 As Long

Public tb As Single

Public ts As Single

Public Dato As Double

Public down As Double

Public encera As Single

Public up As Double

Public recibir As Byte

Public error As String

Public flag As Integer

Public cero As Double

Public polar As Integer

Private Sub abajo_Click()

If flag = 1 Then

 error180.Visible = False

 warning.Visible = False

 arriba.Visible = True

End If

If polar = 1 Then

```
down = cero + down
PortOut &H378, 1
Sleep (down)
PortOut &H378, 0
grados.Text = " "
PortOut &H378, 8
End If
If polar = 0 Then
down = cero + down
PortOut &H378, 1
Sleep (down)
PortOut &H378, 0
grados.Text = " "
PortOut &H378, 4
End If
ts = (177.7778 * down) / 252.7778
If ts = up Then
    error0.Visible = True
    warning.Visible = True
    abajo.Visible = False
    encerrar.Visible = False
    flag = 0
End If
End Sub
```

```
Private Sub arriba_Click()
If flag = 0 Then
    error0.Visible = False
    warning.Visible = False
    abajo.Visible = True
```

```
    encerar.Visible = True
End If
If polar = 0 Then
    up = Dato + up
    PortOut &H378, 2
    Sleep (up)
    PortOut &H378, 0
    grados.Text = " "
    PortOut &H378, 4
End If
If polar = 1 Then
    up = Dato + up
    PortOut &H378, 2
    Sleep (up)
    PortOut &H378, 0
    grados.Text = " "
    PortOut &H378, 8
End If
If up = 32000.004 Or up > 32000 Then
    error180.Visible = True
    warning.Visible = True
    arriba.Visible = False
    flag = 1
End If
End Sub
```

```
Private Sub encerar_Click()
    tb = (252.7778 * up) / 177.7778
    encera = tb - down
    If polar = 0 Then
        PortOut &H378, 1
```

```
Sleep (encera)
    error0.Visible = True
warning.Visible = True
PortOut &H378, 4
encerar.Visible = False
abajo.Visible = False
arriba.Visible = True
End If
If polar = 1 Then
    PortOut &H378, 1
    Sleep (encera)
```

```
error0.Visible = True
warning.Visible = True
PortOut &H378, 8
encerar.Visible = False
abajo.Visible = False
arriba.Visible = True
End If
End Sub
```

```
Private Sub grados_Change()
    mov = Val(grados.Text)
    mov1 = mov * 2
    Dato = (177.7778 * mov1)
    cero = (252.7778 * mov1)
End Sub
```

```
Private Sub grados_LostFocus()
    Dim error As String
    If Val(grados.Text) < 1 Or Val(grados.Text) > 90 Then
```

```
error = MsgBox("Valor fuera del Rango", vbOKOnly, "Valor Incorrecto")
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuimpar_Click()
```

```
polar = 1
```

```
PortOut &H378, 8
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnupar_Click()
```

```
polar = 0
```

```
PortOut &H378, 4
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuProg_Click()
```

```
motor.Visible = False
```

```
acerca.Visible = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuSalir_Click()
```

```
End
```

```
End Sub
```

ANEXO I

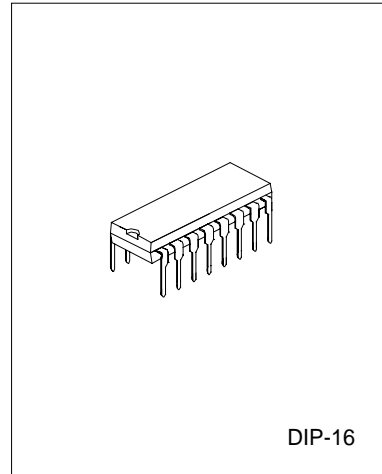
HOJAS TÉCNICAS

HIGH VOLTAGE AND HIGH CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

DESCRIPTION

The ULN2003 is a monolithic high voltage and high current Darlington transistor arrays. It consists of seven NPN darlington pairs that features high-voltage outputs with common-cathode clamp diode for switching inductive loads. The collector-current rating of a single darlington pair is 500mA. The darlington pairs may be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers,hammer drivers, lampdrivers,display drivers(LED gas discharge),line drivers, and logic buffers.

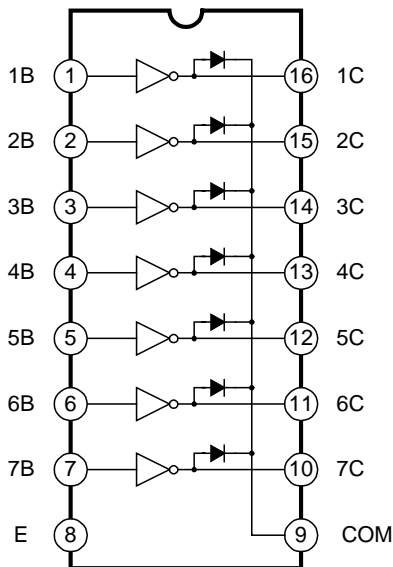
The ULN2003 has a 2.7kΩ series base resistor for each darlington pair for operation directly with TTL or 5V CMOS devices.



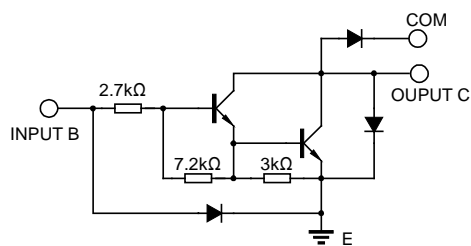
FEATURES

- * 500mA rated collector current(Single output)
- * High-voltage outputs: 50V
- * Inputs compatible with various types of logic.
- * Relay driver application

LOGIC DIAGRAM



SCHEMATIC(EACH DARLINGTON PAIR)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS($T_a=25^{\circ}\text{C}$)

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	VCE	50	V
Input Voltage	VI	30	V
Peak Collector Current	Io	500	mA
Total Emitter-terminal	IOK	500	mA
Power Dissipation	Pd	950 $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$	mW
		495 $T_{amb}<85^{\circ}\text{C}$	mW
Operating Temperature	Topr	-20~ +85	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	Tstg	-65 ~ +150	$^{\circ}\text{C}$

Note: All voltage values are with respect to the emitter/substrate terminal E, unless otherwise noted.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS($T_a=25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

Characteristic	Test Figure	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
On-state Input Voltage	6	VI(ON)	VCE=2V, Ic=200mA			2.4	V
			VCE=2V, Ic=250mA			2.7	
			VCE=2V, Ic=300mA			3	
Collector-Emitter Saturation Voltage	5	VCE(SAT)	Ii=250 μA , Ic=100mA		0.9	1.1	V
			Ii=350 μA , Ic=200mA		1	1.3	
			Ii=500 μA , Ic=350mA		1.2	1.6	
Collector Cutoff Current	1	ICEX	VCE=50V, Ii=0			50	μA
	2		VCE=50V, Ii=0, $T_a=70^{\circ}\text{C}$			100	
Clamp Forward Voltage	8	VF	IF=350mA		1.7	2	V
Off-state Input Current	3	Ii(OFF)	VCE=50V, Ic=500mA, $T_a=70^{\circ}\text{C}$	50	65		μA
Input Current	4	Ii	VI=3.85V		0.95	1.35	mA
Clamp Reverse Current	7	IR	VR=50V			50	μA
			VR=50V, $T_a=70^{\circ}\text{C}$			100	
Input Capacitance	--	CI	VI=0, f=1MHz		15	25	pF
Propagation delay time, low-to-high-level output	9	tPLH			0.25	1	μs
Propagation delay time, high-to-low-level output	9	tPHL			0.25	1	μs
High-level output Voltage after switching	10	VOH	Vs=50V, Io=300mA	Vs-20			mV

TEST CIRCUITS

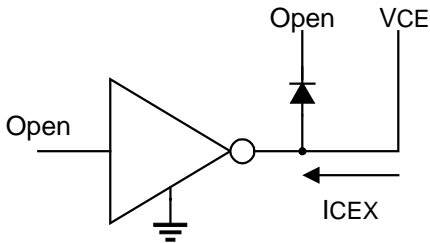


Figure 1 ICEX Test Circuit

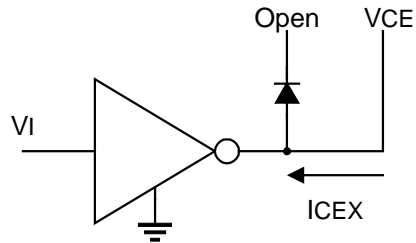


Figure 2 ICEX Test Circuit

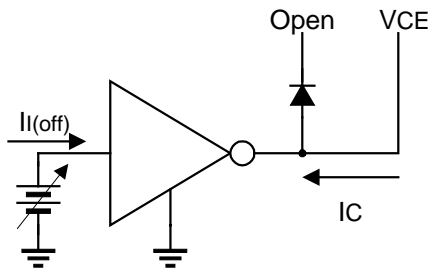


Figure 3 II(off) Test Circuit

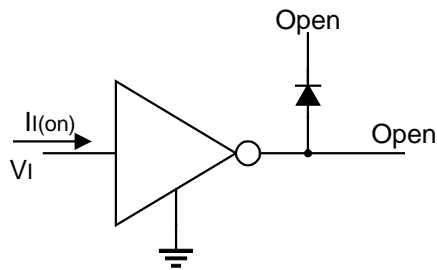


Figure 4 II(on) Test Circuit

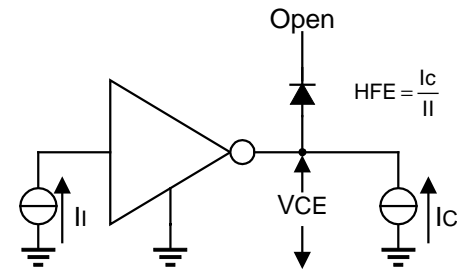


Figure 5 HFE, VCE(sat) Test Circuit

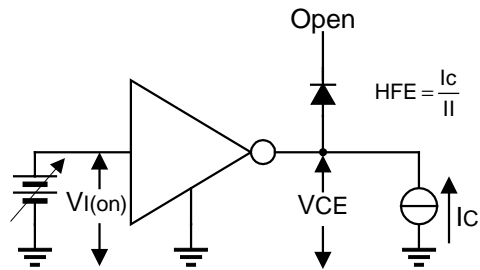


Figure 6 VI(on) Test Circuit

Note: II is fixed for measuring VCE(sat), variable for measuring HFE.

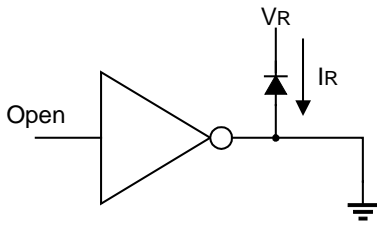


Figure 7 IR Test Circuit

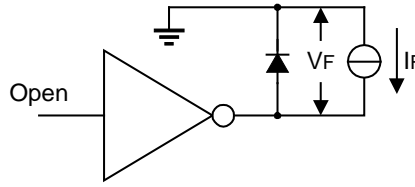


Figure 8 VF Test Circuit

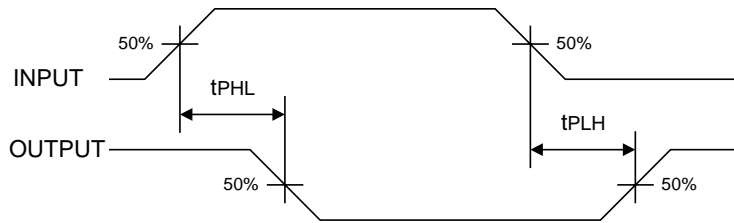
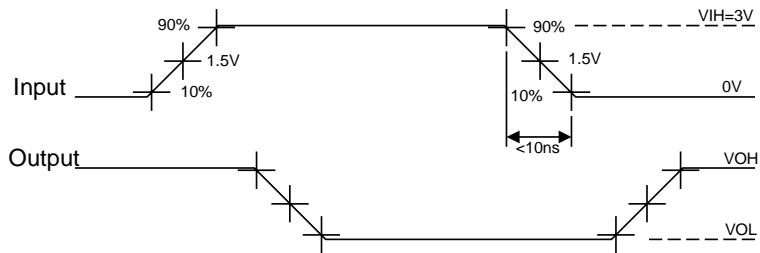
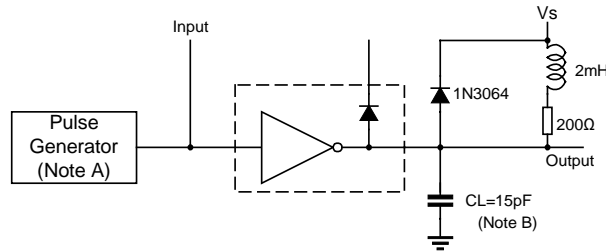


Figure 9. Propagation Delay Time Waveforms

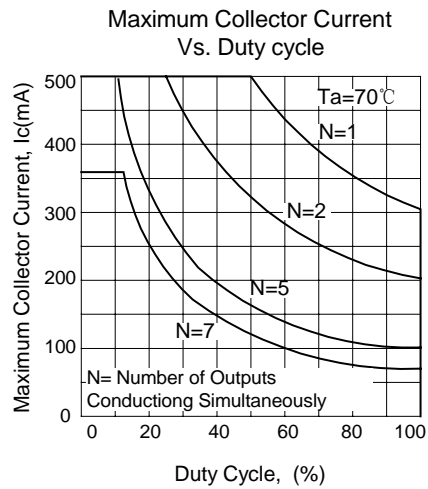
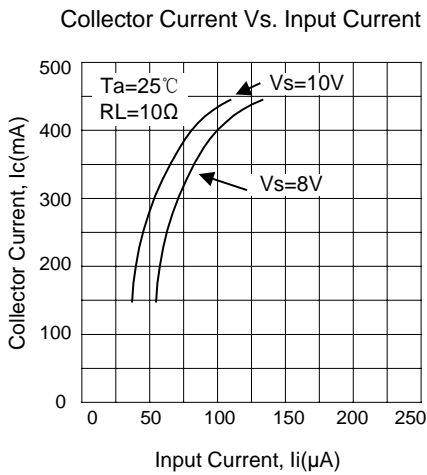
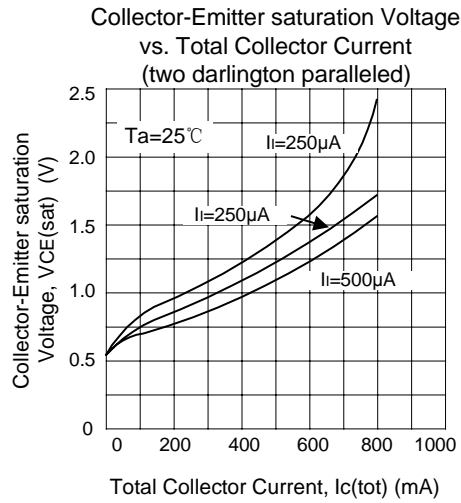
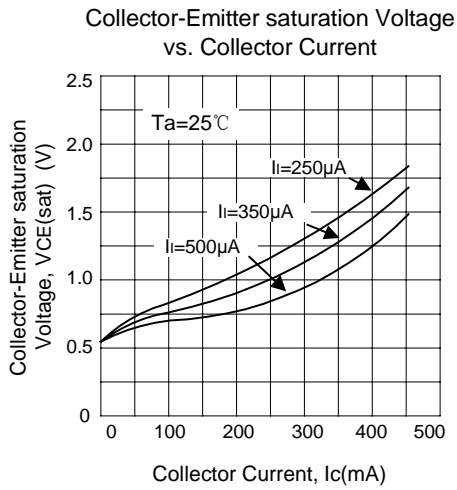


Note: A. The Pulse generator has the following characteristics: PRR=12.5kHz, Zo=50Ω

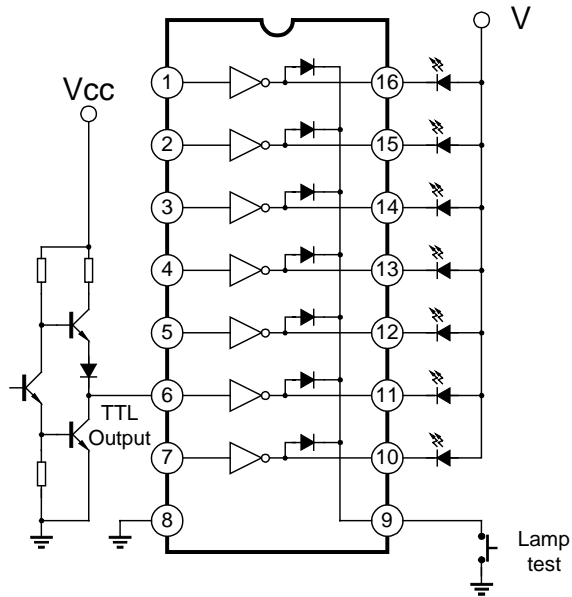
B. CL includes probe and jig capacitance.

Figure 10. Latch-up Test Circuit and Voltage Waveforms

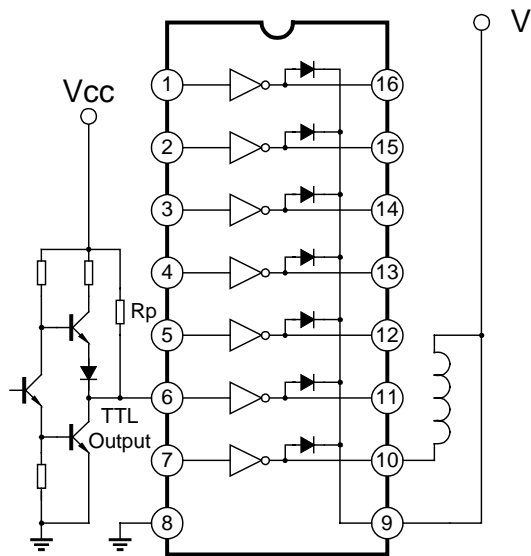
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



TYPICAL APPLICATION CIRCUIT



TTL to Load



Use of pullup Resistor to increase drive Current

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 TOMASI, Wayne, *Sistemas de Comunicación Electrónica*, Segunda Edición.
- 2 SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES DE UN SATÉLITE
<http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupo2/intro/comsubs.html>
- 3 Instalación de Antenas Satelitales
<http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002terc/tecnologia/sica83.html>
- 4 El Puerto Paralelo del PC,
http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/control/puerto_paralelo.htm, 2007/02/13.
- 5 Motor de Corriente Continua
http://www.infowarehouse.com.ve/pugoz/ingelect/ingelec_motorcc.pdf
- 6 Sistemas de Control
http://esiweb1a.esi.tsai.es/paraninfo_nuevo/estaticas/sistemas_control.pdf.
- 7 Tornillo sin Fin
http://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo_sin_fin

8 Exactitud y Precisión

<http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/electronica/revista/Revista%20N3/Exactitud%20.htm>

FECHA ENTREGA DEL PROYECTO

El presente proyecto de grado fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica, reposando en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí a_

MSC. Ing. Gonzalo Olmedo.

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Dr. Jorge Carvajal
SECRETARIO ACADÉMICO

Alex E. Carrera E.
AUTOR