

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Líder en Ciencia y Tecnología

FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

CARRERA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ANTENA  
PARABÓLICA Y SU CONTROL AUTOMÁTICO DE ORIENTACIÓN PARA  
ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN DE LA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE INGENIERÍA**

Autor:

Elías Caleb Fley Soza      2007-21465

Tutor:

M. Sc. Ing. Camilo Rooselveth Lindo Carrión

Noviembre 2014



## **AGRADECIMIENTOS**

Debo decir primeramente que todo esfuerzo da sus frutos. Debido a la persistencia y perseverancia lograremos nuestros objetivos.

La mejor lección aprendida es esforzarse al máximo, y buscar las soluciones posibles a los problemas, los problemas siempre hay, lo que no hay que hacer es echarse para atrás y confiar en que Dios le ayudará a resolver los problemas de la mejor manera. Dios es quien me ayudó a salir adelante y por eso el debe estar en primer lugar.

Es de agradecer al profesor tutor Ing. Camilo Roosevelt quien de manera constante y eficiente ha realizado una magnífica y grandiosa labor, quien estuvo dispuesto a enfrentar el desafío de trabajar y supervisar de manera constante el proyecto, brindando su experiencia, conocimientos y esfuerzo para que el proyecto tuviera las mejores prestaciones.

Es importante agradecer de manera a mis padres cuya ayuda indefinida e infinita ha permitido que por ayudarme a terminar el proyecto.

## **DEDICATORIA**

El presente documento está dedicado a Dios quien es el que controla los tiempos, las estaciones y cualquier acontecimiento de la tierra.

## **RESUMEN**

Este trabajo está enfocado en diseñar e implementar un prototipo de antena parabólica con las características suficientes para recibir las señales de varios satélites geoestacionarios con cobertura para Nicaragua.

Este proyecto brinda la oportunidad al estudiante pueda conocer un sistema real y práctico en el área de las comunicaciones por satélite y como llevar a cabo la automatización del sistema de comunicaciones.

El documento está elaborado con un lenguaje sencillo para facilitar su lectura y aprendizaje a quienes trabajan como técnicos o profesionales en áreas similares.

Las corporaciones y operadoras de comunicaciones inalámbricas restringen el acceso a la información y aprendizaje de la tecnología que utilizan, debido a sus medidas de protección de su negocio.

La antena escogida para su construcción es una antena de foco primario de 1.2m de diámetro que opera en la banda C (3.7 a 4.2 GHz) y en la banda KU (11 a 14 GHz). Esta antena está limitada solo para recepción de señal, no para transmitir.

En la elaboración del plato parabólico se detalla todo el procedimiento empleado para su construcción, asimismo, la lista de materiales y el presupuesto económico invertido.

Para lograr la recepción de varios satélites geoestacionarios, se precisa de un sistema dinámico que permita dicha recepción de cualquier satélite disponible en el área de cobertura donde esté ubicada la misma.

El sistema dinámico o mecanismo de automatización utilizado en este trabajo, consiste en dos motores pasos a paso, el primer motor para el movimiento de azimut (en el plano horizontal) y el segundo motor para el movimiento de elevación de la antena. Para facilitar el control de los motores se utiliza una interfaz de potencia y un control por computadora para lograrlas coordenadas precisas del satélite de comunicaciones geoestacionario.

Existe una descripción de cada uno de los elementos que componen el sistema de comunicación y el sistema de control, su interconexión y su funcionamiento en conjunto. A su vez, se hace una valoración económica del costo total del proyecto, que contiene: materiales, equipos y accesorios, y mano de obra utilizada en el proyecto.

Una de las contribuciones con un carácter educativo de este trabajo, y que era parte de los objetivos particulares, es la elaboración de tres guías de

laboratorios, proporcionadas con el propósito de facilitar el aprendizaje, y la adquisición de habilidades sobre el tema de sistemas de comunicación, en la formación de los estudiantes, a través de pruebas y experimentación que pueden realizarse en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electrónica

Se concluye que el objetivo general del proyecto propuesto fue alcanzado, logrando analizar, diseñar e implementar un prototipo de Antena Parabólica para comunicarse con un Satélite Geoestacionario de TV, junto con su sistema de control de posición y orientación. Sin embargo, se mencionan algunos aspectos adicionales con el fin de mejorar este trabajo, como es el caso de introducir un sensor para detectar la posición exacta de los motores, un Display para mostrar la posición en grados de los motores, un control a distancia (control remoto), entre otros.

Además, se propone que en un futuro cercano, se puedan realizar proyectos en el área de las Comunicaciones relacionados a este tema como: tele seguimiento por satélite, internet por satélite, satélite de meteorología, vsat remotas, gps, estaciones radares, entre otros.

# **TABLA DE CONTENIDO**

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	4
RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL:	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1 Satélite de Comunicaciones	5
4.2 Antenas de telecomunicaciones	5
4.3 Antena Parabólica	7
4.4 El foco o bloqueador de bajo ruido (LNBF)	7
4.5. Tipos de antenas parabólicas	7
4.6. El receptor digital satelital	10
4.7. Automatización	10
4.8. Sistema de control	10
4.9. Antena automatizada por motores paso a paso	11
V. DESARROLLO DEL TEMA	13
5.1 Metodología de diseño de antena parabólica	13
5.2 Cálculos de parámetros de diseño de antena de foco primario	13
5.3 Construcción de plato parabólico de foco primario	17
5.4 Pasos a seguir para elaboración de plato parabólico	18
5.5 Lista de materiales y costo para elaborar plato parabólico	21
5.6 Lista de materiales de sistema de comunicación	22
5.7 Pruebas de funcionamiento y resultados de antena construida	23
5.8 Diseño del sistema de control de motores paso a paso	25
5.9 Computadora y Software SureStep Pro	36
5.10 Medidor/Rastreador de Señal	37
5.11 Balance general del proyecto	38
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39

VII. BIBLIOGRAFÍA	41
APÉNDICE	43

# **I. INTRODUCCIÓN**

En el mundo moderno de las comunicaciones inalámbricas “wireless”, los ingenieros que desean especializarse en el campo de las comunicaciones deben por lo menos tener un conocimiento básico del funcionamiento de la radiación electromagnética, antenas y radio propagación en el espacio libre. Nosotros a diario utilizamos las antenas, las que sin ellas, ningún tipo de comunicación es posible, donde instalar grandes líneas de cables llevaría mucho tiempo y dinero.

Este creciente y rápido desarrollo tecnológico demanda que los actuales estudiantes y profesionales se mantengan actualizados, y estén siempre en constante aprendizaje.

No se puede obviar que las tecnologías actuales tienen una tendencia de comunicaciones inalámbricas, las facilidades y ventajas son numerosas, sobre todo porque facilitan la comunicación en cualquier parte del planeta.

Los satélites de comunicaciones tienen una cobertura global en todo el planeta, es decir, no existe un área geográfica sin cobertura, sitios donde posiblemente no exista aparentemente ninguna forma de comunicación posible, sin embargo, existe un satélite que cubre esa área. Por ejemplo, puede ser en un desierto de África, puede ser en el extenso Océano Pacífico, o en un punto distante.

Instalar cables o realizar trabajos de cableado hasta el lugar donde usted se encuentra puede ser muy costoso y poco rentable porque posiblemente no se encuentre rodeado de otras posibles personas que estén interesadas en comunicarse.

El sistema de comunicación GPS tiene su base de existir debido a una serie de satélites en el espacio que se encargan de comunicarse con los dispositivos GPS que se encuentran en la tierra.

Los satélites GPS tienen un funcionamiento similar a los satélites Geoestacionarios que son los encargados de las comunicaciones de radio, TV, internet y otras aplicaciones específicas.

El principal planteamiento en el que se desarrolla el proyecto es poder brindar al estudiante un medio educativo para fortalecer el aprendizaje práctico en el área de las comunicaciones por satélite y automatización de la UNI.

La trascendencia práctica del proyecto es muy importante, éste presenta etapas de diseño e implementación, lo que fortalece el aprendizaje práctico y experimental de las telecomunicaciones y la automatización, que será de utilidad para los estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica de la UNI.

Debido a los distintos tipos y clases de antenas, el estudio de tesis, se centra en las antenas de reflector parabólico, dentro de este tipo se presenta el diseño de una antena de foco primario y un control automático de una antena offset, todo esto con una explicación detallada para favorecer la lectura y el aprendizaje del lector o estudiante.

A lo largo del documento nos encontraremos con una explicación detallada de cada uno temas de interés del proyecto para su fácil comprensión. Es importante destacar su importancia y relevancia práctica.

La primera parte del documento, tiene los objetivos y alcances del proyecto, y la Justificación del ¿por qué? se realiza dicho proyecto. El marco teórico, es una explicación breve de los conceptos y términos más importantes que nos encontraremos durante todo el documento. ¿Qué es una antena?, ¿Qué es un satélite de comunicaciones?, ¿Qué es una parábola?, entre otros.

En el Desarrollo del Tema se especifica el diseño paso a paso de un prototipo de antena parabólica a través de su modelo geométrico: ecuación característica, distancia focal, ganancia, directividad, ancho de haz. Además, éste incluye el sistema de control, en el que se describen los bloques de control, interfaz de potencia y actuadores del sistema.

Se realiza un balance general de la inversión de los sistemas de comunicación, sistema de control y mano de obra para la elaboración de los trabajos mecánicos y estructuras de soporte para montar el plato parabólico y el panel de control.

Existe un acápite con la bibliografía, donde se describe toda la literatura utilizada para la investigación y apropiación de dicho tema.

Al final aparece un Apéndice donde se incluye información adicional que se utilizó para el desarrollo del tema, así como tres guías de laboratorios elaboradas para inicializar en este tema de estudio a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la UNI.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar e Implementar un prototipo de Antena Parabólica para comunicación con un Satélite Geoestacionario de Radio y TV con su sistema de automatización motorizado de posición y orientación, con el propósito de integrar la parte práctica y experimental de comunicación digital de última generación en laboratorios de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Diseñar un prototipo de Antena parabólica, que permita comunicación con un satélite geoestacionario de radio y TV y que sirva para hacer experimentos en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Electrónica.
- Proporcionar el modelo matemático y modelo práctico para el diseño y construcción artesanal de un plato parabólico.
- Implementar un prototipo de antena parabólica que utilice el enlace con un satélite geoestacionario de radio y TV, para hacer experimentos en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Electrónica.
- Integrar al sistema de comunicación un sistema de control automatizado para lograr el posicionamiento y orientación de la antena parabólica para los satélites de órbitas geoestacionarias.
- Proporcionar documentos guías para que puedan ser utilizados por los estudiantes para hacer pruebas y experimentación en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La carencia de un sistema de comunicación satelital en el laboratorio de la carrera de ingeniería electrónica, que permita hacer experimentos y poder llevar a la práctica los conocimientos impartidos a los estudiantes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignaturas de telecomunicaciones, limita en gran parte la adquisición de las habilidades necesarias en la formación de los mismos en éste tema.

Esta propuesta de proyecto tiene entre sus propósitos fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, así como, permitir la familiarización a los estudiantes con una cantidad de elementos prácticos que permitan la prueba, experimentación y validez de los conocimientos teóricos a través de los laboratorios.

El contenido de información producto de este proyecto contribuirá en la preparación académica y profesional de los estudiantes, aspecto importante, ya que Nicaragua pretende operar su propio satélite de comunicaciones, y para ello precisa profesionales calificados y preparados en esta área. A su vez, el CNU está instando a que las Universidades hagan los ajustes y mejoras para garantizar la formación de profesionales requeridos para los mega proyectos del canal y el satélites concedidos a la empresa XinWei(01)

¿Por qué implementar un prototipo de antena?, porque con este se logrará captar señales provenientes de los satélites y esto sería una nueva herramienta en los laboratorios de telecomunicaciones, a su vez mejorará la tecnología existente en estos, y además permitirá hacer otros proyectos similares como son Vsats, enlace de microondas y otros proyectos de radio frecuencia que utilizan la antena parabólica.

La experiencia adquirida con el diseño, análisis e implementación del prototipo demostrará la importancia de las asignaturas de la carrera de ingeniería electrónica tales como matemática, física, electrónica analógica y digital, ondas electromagnéticas y otras, integradas en un producto final: el prototipo de antena.

## **IV. MARCO TEÓRICO**

### **4.1 Satélite de Comunicaciones**

Es básicamente un sistema de comunicación autónomo provisto de una serie de antenas, sistema de propulsión, sistema de radiofrecuencia, y un sistema de fuente de energía y un sistema térmico para proteger los componentes electrónicos.

Además se adicionan otros componentes como el “TT&C”, “*Tracking Telemetry*” and Control”, que sirve para dar un seguimiento al satélite desde una estación terrena

Las orbitas que son utilizadas por los satélites son las siguientes:

LEO – Baja orbita de tierra	160 km a 1,600 km
MEO – Mediana orbita de tierra	10,000 km a 20,000 km
GEO – Geoestacionaria	35,768 km

Son suficientes tres satélites geoestacionarios, colocados a una distancia de 120 grados el uno del otro, para cubrir todo el globo y asegurar un sistema de comunicaciones mundial.(02)

### **4.2 Antenas de telecomunicaciones**

En 1820, Hans Christian Orsted anunció el descubrimiento que el flujo de corriente a través de un cable producía un campo electromagnético.(03)

AndreMaria Ampere mostró que la fuerza magnética era aparentemente circular, produciendo un efecto cilíndrico alrededor del cable. Tal fuerza no se había observado antes, y Faraday fue el primero en entender lo que implicaba. Sus trabajos electromagnéticos permitieron que descubriera el motor eléctrico, la electrólisis, y sobre todo en cómo se propagaban los rayos de luz, al afirmar que las líneas eléctricas y fuerzas magnéticas asociadas con los átomos pueden servir de medio para que la luz se propague. Muchos años después esta fue la base que le sirvió a Maxwell para construir la teoría electromagnética.(04)

El físico alemán Heinrich Hertz estudió la teoría electromagnética de James Clerk Maxwell y mientras era profesor de física en la universidad de KarlsruhePolytechnic, produjo una serie de ondas electromagnéticas en su laboratorio, y logró medir su longitud y velocidad. El mostró que la naturaleza de

estas ondas eran susceptibles a la reflexión y refracción al igual que las ondas de luz y calor. Así sin duda estableció que la luz y el calor son radiaciones electromagnéticas.

Entre sus experimentos Hertz ideó la primera antena para probar la teoría de Maxwell, que la luz visible es solo un ejemplo de una clase grande de efecto electromagnético a través del espacio como una sucesión de ondas.

Hertz construyó un transmisor para tales ondas que consistía en dos platos lisos metálicos y una varilla que se unía a estos, a su vez estas se conectaban a dos esferas de metales cercanas entre sí.

Una bobina de inducción conectaba a las esferas causando una chispa a través del hueco, produciendo una corriente oscilante en las varillas. La recepción de ondas en un punto distante fue comprobando por las chispas que saltaban sobre el hueco de un lazo de cable. (05)

Guglielmo Marconi, el principal inventor de la telegrafía inalámbrica construyó varias antenas para ambas tareas, enviar y recibir información sin cables. (06)

Las antenas se fueron perfeccionando y a su vez tienen distintos usos y propósitos; telemetría, radares, comunicaciones terrestres, comunicaciones espaciales, radio enlaces, etc. La telefonía también ha incorporado la antena a los teléfonos lo que actualmente es la telefonía celular.

Existen arreglos de antenas que es una serie de antenas diseñadas para lograr una amplia cobertura, otras antenas de alta ganancia para transmitir señales a miles de kilómetros de la tierra, otras antenas especiales se encuentran en los artefactos espaciales quienes transmiten hacia la tierra datos capturados en el espacio. Un ejemplo es la sonda espacial SOHO, "Solar and Heliospheric Observatory", cuyo objetivo es explorar de manera cercana el sol. Como se puede apreciar en la *figura 1*, la sonda tiene varias antenas y le sirven tanto para explorar como para comunicarse con la tierra.



**Figura 1.** Antena de la sonda *SOHO Solar and Heliospheric Observatory*.  
Cortesía de la NASA

El concepto de antenas definido por el especialista de antenas aeroespaciales Marco Sabbadini en su libro “Antennasforspaceapplications” puede definirse de distintas formas según la perspectiva ingenieril. Desde el punto de vista electromagnético que es el dominante en el diseño de una antena se define como elemento transformador de una señal eléctrica en una señal electromagnética. (07)

Una antena puede ser diseñada específicamente para transmitir o recibir, sin embargo ambas funciones pueden ser realizadas por la misma antena (reciprocidad). Una antena transmisora tiene un mayor trabajo debido a que debe manejar mucho más energía eléctrica que una antena receptora. Una antena también es diseñada para ciertas frecuencias, y deben considerarse también aspectos de longitud de onda.

### **4.3 Antena Parabólica**

Es la antena receptora encargada de recibir las señales provenientes del satélite. La antena parabólica por sus propiedades reflectoras y de concentrar una señal electromagnética es la que nos permite recibir o enviar la señal del satélite.

Los componentes principales son un bloqueador de bajo ruido, un alimentador, y un reflector parabólico. En el foco se ubica el alimentador y el bloqueador de bajo ruido.

### **4.4 El foco o bloqueador de bajo ruido (LNBF)**

Es un resonador con una cavidad que recibe las señales del satélite ubicado en el punto focal, (punto en que se concentra la señal) y su función principal es amplificar la señal, bloquear el ruido y transmitir la señal hacia el decodificador.

Además incorpora un convertidor de frecuencia para minimizar la pérdida de señal en los cables de transmisión hacia el decodificador.

Cada LNBF sólo puede usarse para una sola banda de frecuencia, porque las bandas S, C y Ku requieren diferentes resonadores de cavidad. Hay también tipos individuales para señales lineales y circulares que principalmente difieren en la manera en que se colocan los dipolos.

### **4.5. Tipos de antenas parabólicas**

#### **4.5.1 Antena Foco primario**

Este tipo de antenas es una antena de un solo reflector parabólico principal, su foco está centrado, y su uso puede usarse tanto en la banda

C como en la banda Ku, siempre que el material de la superficie sea lo suficientemente menor que la longitud de onda de la señal recibida para evitar pérdidas de la señal sobre todo en altas frecuencias. Un ejemplo de este tipo de antena se muestra en la *figura 2*.



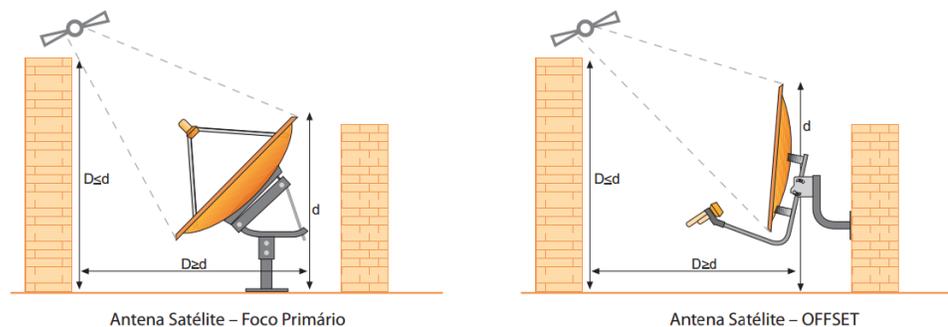
**Figura 2.** Antena de foco primario de Hispasat. Cortesía: Hispasat

#### 4.5.2 Antena Offset

Su nombre *offset*, traducido del inglés, quiere decir, desplazamiento o desplazado un poco. Es una antena de dimensiones pequeñas, en el que el diseño considera un trozo de la curva de la parábola de tal manera que la superficie reflectora y el foco quedan un poco desplazados de la ecuación de la parábola en la que está diseñada.

Es antena de pequeñas dimensiones, utilizada principalmente para aplicaciones de DTH, Direct To Home, o televisión satelital para casa. Sus dimensiones pequeñas la hacen adecuada para la banda Ku.

Es usual verla en los techos de las casas de clientes afiliados a televisión de paga por satélite como por ejemplo Sky, DirectTV o Claro TV.(08). Un ejemplo de este tipo de antenas ilustra en la *figura 3*.



**Figura 3.** Comparación de apuntamiento de antena foco primario y offset. Cortesía: Televes.es

### 4.5.3 Antena Cassegrain

Cassegrain o antena de doble reflector, tiene un reflector principal parabólico y un segundo reflector hiperbólico en el foco, de esta manera la señal se proyecta hacia el vértice del reflector parabólico principal.

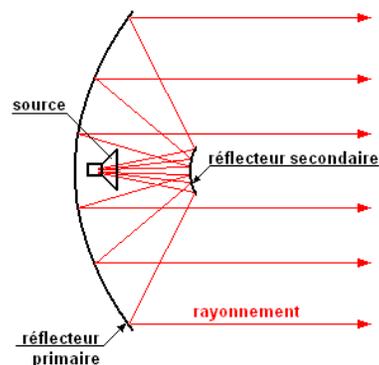
Este tipo de antenas son de dimensiones grandes, son las utilizadas para tele seguimiento de antenas y artefactos en el espacio, para recibir señales de radio frecuencia del espacio lejano, y para capturar señales a miles de kilómetros de la tierra.

Es considerada una antena muy poderosa, pero su costo de implementación, su tamaño, y también su geometría, hacen que esté utilizada principalmente por empresas y corporaciones grandes. Las podemos encontrar principalmente en las estaciones terrenas.

La antena Cassegrain es popular en el diseño de grandes estaciones terrenas por los siguientes motivos:

- La ganancia puede incrementarse aproximadamente 1 dB, relativo al reflector “front-feed” (alimentador frontal), mediante el dimensionamiento del sistema de alimentación dual.
- Pueden conseguirse bajas temperaturas de ruido en las antenas mediante el control del spillover (la parte que no se refleja) y la utilización de guía de ondas más corta o alimentadores de guiado de haz.
- Dichos alimentadores permiten además disponer los amplificadores de bajo ruido en posiciones más convenientes para reducir la temperatura de ruido resultante.

A continuación se muestra en la *figura 4* este tipo de antena.



**Figura 4.** Antena de doble reflector o Cassegrain(09)

#### **4.6. El receptor digital satelital**

También conocido como Decodificador o Set top Box. Es el dispositivo encargado de la recepción de señal proveniente del satélite haciendo uso del LNBF y se muestre en un televisor.

Los receptores de satélite digitales de hoy en día pueden recibir canales de TV, música o radio, canales interactivos y a la vez transmitir información al usuario en tiempo real.

Las señales de televisión vía satélite están moduladas en frecuencia, y por tanto, no son compatibles con las de los sistemas de radiodifusión terrestre, y es necesario modificar sus características para poder enviar dicha señal al televisor.

Esta función la realiza el receptor, que demodula la señal y extrae las señales de audio y vídeo, para que pueda ser recibida por el televisor

#### **4.7. Automatización**

La búsqueda de una mayor comodidad para los usuarios y de la eliminación de la posibilidad del fallo humano en la actividad tecnológica y los procesos manuales hace necesario implementar la **automatización**.

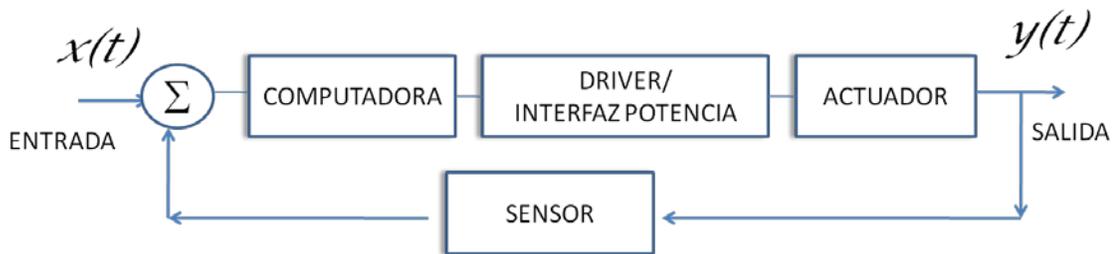
El objetivo es este caso, sustituir parte del trabajo del usuario que requiere de precisión o que requiere mucho **esfuerzo físico** por parte del operador, o que le puede requerir mucho tiempo en hacer dicha tarea. Por ejemplo, elevar una carga pesada mediante un ascensor supone que una sola persona, el ascensorista, puede realizar el trabajo de muchos y además sin cansarse.

Pasamos de necesitar varias personas a sólo una para levantar una carga, y además esa persona realiza un trabajo más cómodo que los antiguos porteadores. Luego pasamos a mejorar el sistema sustituyendo el ascensor anterior por una escalera mecánica; en este caso ya no necesitamos a alguien que suba y baje con la escalera, sino solamente que la ponga en marcha, la apague y la repare en caso de avería. (10)

#### **4.8. Sistema de control**

El sistema de control es un tipo de sistema que se define como un conjunto de bloques interconectados para realizar una tarea específica

El sistema de control básico tiene los siguientes bloques



**Diagrama 1.** Bloques de un sistema de control

La señal  $x(t)$  representa una o varias variables de entrada. En este caso puede ser una tensión o voltaje, o una serie de pulsos digitales.

El Convertidores el bloque que se encarga de adecuar la señal para que pueda ser leída por el bloque controlador, puede ser un ADC, puede ser un transductor, con tal que el elemento sirva para que la señal esté en el formato que pueda entender el controlador.

El controlador es el cerebro del sistema. En este bloque se ejecutan cada uno de las instrucciones y tareas. A su salida encontraremos las señales de control y acción para que puedan ser leídas por el bloque de actuador.

El Actuador es encargado de realizar la acción mecánica, transportar una carga, liberar un contacto, cerrar un interruptor, aquí por lo general los actuadores están integrado por motores que traducen una señal eléctrica en un trabajo mecánico.

El sensor se encarga de monitorear el sistema. Verifica los niveles y estados del sistema y envía señales de regreso al sistema para que sirvan como verificación si el sistema está funcionando correctamente. Además sirven como primera lectura para verificar si todo el sistema de control se encuentra en el estado correcto para trabajar.

La señal  $y(t)$  representa la variable de salida o resultado, esta variable es leída por parte del bloque sensor y esta realimenta al sistema para comparar el resultado con el valor requerido por el sistema de control.

#### **4.9. Antena automatizada por motores paso a paso**

Existen varios tipos de antenas que requieren orientación y posicionamiento de manera que permita el enlace con sitios llamados “cabeceras” donde se encuentran el conjunto de antenas de transmisión.

Una antena automatizada, implica que existe un mecanismo de ajuste que permite esta orientación de tal manera que no necesite la intervención manual de un usuario u operador.

Según el tipo de antena, y la aplicación a requerir, así se requiere del tipo de actuador sobre el cual permitirá el movimiento de la antena.

En el caso de las antenas parabólicas, debido a que su enlace es con un satélite que esta a una distancia aproximada de 36,000 Km en el espacio aéreo, y debido a los requerimientos precisos de enlace al satélite, el margen de imprecisión debe ser reducida lo más que se pueda para lograr el correcto y adecuadacomunicación con el satélite.

Existen antenas motorizadas con motores DC y AC, se usan estos motores debido a que están disponibles en varias tiendas y porque su control de movimiento es más simple. Estos motores tienen aplicaciones que no exigen mucha precisión. Por ejemplo ajuste de la antena de TV terrestre.

En el caso de orientar una antena parabólica, es necesario e indispensable utilizar un tipo de motores más precisos y de un control más sofisticado para lograr la posición automática de la antena y lograr el enlace con el satélite. El tipo de motores que cumplen estas condiciones, son motores paso a paso. Como su nombre lo dice, estos se mueven una serie de pasos precisos para ubicar "la carga" (lo que el motor moverá) en una posición angular deseada. Pueden ser a 90 grados, a 45 grados, o darle una vuelta completa 360 grados. Existen dos tipos de motores pasos a paso, los unipolares y los bipolares. Los bipolares se caracterizan por ser más preciso y ser una buena solución cuando se les demanda un buen torque (definir) para mover una carga.

## **V. DESARROLLO DEL TEMA**

### ***5.1 Metodología de diseño de antena parabólica***

Los pasos para el diseño de la antena parabólica tienen su punto de inicio en investigar la teoría y documentación que sirve como guía para elaborar el plato parabólico.

Luego de investigar la teoría que se ha registrado del tema, se procedió a elegir el tipo de antena parabólica de diseño y elaboración de menor complejidad, pero a su vez que fuese útil y cuyo costo de inversión fuera el menor posible. Así que el plato parabólico de foco primario fue seleccionado, debido a su geometría más “simple” con respecto a las antenas offset o Cassegrain.

Luego de definido el tipo de antena parabólica se siguió a investigar todas las ecuaciones, parámetros, características y los elementos necesarios para elaborar el plato parabólico.

En esta etapa, se debe realizar un estudio muy cuidadoso para elegir los correctos parámetros y características que debe tener el diseño de la antena para que sea útil y poder capturar una serie de satélites disponibles para Nicaragua.

A continuación se presentan los parámetros, ecuaciones y cálculos realizados para la antena de foco primario que son útiles y funcionales para realizar pruebas de enlace con satélites en el territorio Nicaragüense.

### ***5.2 Cálculos de parámetros de diseño de antena de foco primario***

Los cálculos para el diseño de una antena de foco primario, que fue la antena escogida para nuestro proyecto, se detallan a continuación.

La antena de foco primario la encontramos funcionando en la banda C. Las ecuaciones y datos iniciales son datos que puede obtener por usted mismo, o los puede determinar con ayuda de una cinta métrica y la hoja de datos del fabricante del dispositivo. Si requiere algún parámetro que se omitió, le recomendamos investigar el dato estándar utilizado por los fabricantes de antenas parabólicas.

#### ***5.2.1 Cálculo de parámetros de antena de foco primario para banda C***

Los datos a considerar para este caso, es la frecuencia de operación en banda C (3.7 GHz – 4.2 GHz) y un diámetro de plato que toma los valores de 1.2 metros a 3 metros.



**Nota:** Los cálculos siguientes están referidos únicamente a la recepción de señal, para la transmisión deben considerarse otros parámetros.

*Datos iniciales:*

- Diámetro (D): **1.2 metros**
- Profundidad (d) : **20 centímetros**
- Eficiencia de iluminación (  $\eta_i$ ): **0.6**
- Frecuencia (f) : **4.2 GHz**

La primera ecuación que utilizamos en nuestro cálculo es para determinar la distancia focal donde se colocará el LNBF.

Distancia focal (df)

$$df = \frac{D^2}{16d}; \quad \text{ecuación (7)}$$

$$df = \frac{(1.2m)^2}{16(0.2m)} = 0.45m$$

El foco se ubicará a 0.45 metros perpendiculares desde el vértice de la parábola.

*Ganancia (Gi)*

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 m/s}{4.2 GHz} = 0.071 m$$

$$Gi = 10 \log \left[ \eta_i \left( \frac{\pi * D}{\lambda} \right)^2 \right] = 0.6 \left( \frac{\pi * 1.2m}{0.071m} \right)^2 = 10 \log(1671.36) = 32.23 dBi$$

En este caso tenemos 2dBi por debajo de la ganancia de la antena offset, esto debido a que la frecuencia de trabajo es de banda baja o C. Para mejorar la ganancia es usual ver platos de varios diámetros debido además que el tipocobertura es global o hemisféricaes decir una señal más débil que en el caso de la antena offset y la banda Ku.

Para un satélite como el Intelsat 21 con cobertura para Nicaragua, la antena debe tener al menos 90 cm. Referencia:(11)

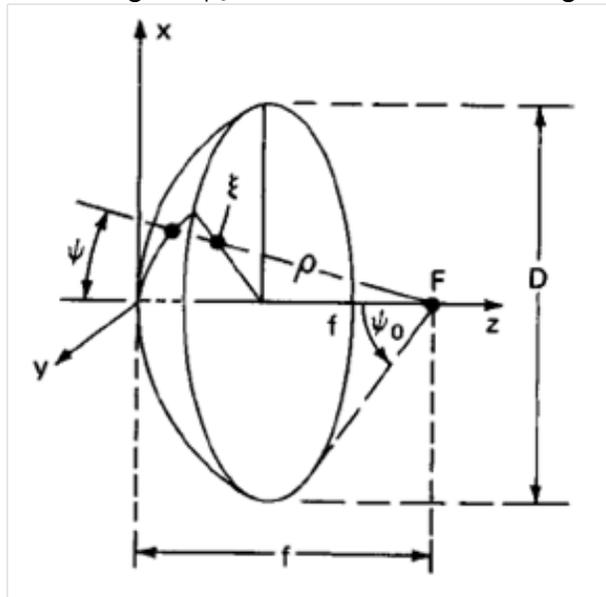
$$\tan \left( \frac{\Psi_0}{2} \right) = \frac{D}{4df}; \quad \text{ecuación (8)}$$

$$\frac{\psi_0}{2} = \tan^{-1}\left(\frac{D}{4df}\right) = \tan^{-1}\frac{1.2}{4 * 0.5} = \tan^{-1}0.6667$$

$$\psi_0 = 2 * \tan^{-1}(0.6667) = 33.69 * 2 = 67.38$$

$$\phi = 2 * 67.38 = 134.76 \text{ grados}$$

El ángulo  $\psi_0$  es el mostrado en la Figura 5.



**Figura 5.**Ángulo de apertura  $\psi_0$  y elementos de paraboloide.(12)

*Relación  $df/D$*

$$\frac{df}{D} = \frac{0.45m}{1.2m} = 0.38$$

Un valor recomendado por los fabricantes para la relación  $df/D$  es 0.38 para antenas de foco primario, debido a que en este caso no hay una sobre iluminación, ni tampoco pérdida por colocación fuera del punto focal.

*Cálculo de superficie de paraboloide*

$$S = \pi \frac{(a^2 D^2 + 1)^{\frac{3}{2}} - 1}{6a^2} S = \pi \frac{(0.55^2 * 1.2^2 + 1)^{\frac{3}{2}} - 1}{6(0.55^2)} \approx 0.4 \text{ m}^2$$

Esta es el área para cubrir por el material reflectivo. El material reflectivo puede ser aluminio, o metal.

### *Eficiencia de plato reflector*

Un parámetro importante en el diseño de un plato parabólico es la eficiencia de la antena. Los mejores diseños logran una eficiencia de 65%, esto gracias a equipos precisos.

Se ha establecido que la eficiencia debe estar comprendida entre 45 – 65 %. (13)

En nuestro caso utilizaremos una eficiencia promedio de 55 debido a que la antena sufre pérdidas por: bloqueo del LNBF, imperfecciones de la superficie.

#### *5.2.1.1 Resumen de ecuaciones para foco primario*

Nº	Nombre	Ecuaciones	Unidades
1	Parábola 2D	$y = ax^2 + bx + c;$	X
2	Superficie de paraboloides	$S = \pi \frac{(a^2 D^2 + 1)^{\frac{3}{2}} - 1}{6a^2}$	m <sup>2</sup>
3	Área de apertura	$Ap = \frac{\pi D^2}{4};$	m <sup>2</sup>
4	Área de apertura efectiva	$Ae = \eta_i * Ap$	m <sup>2</sup>
5	Ganancia isotrópica	$Gi = 10 \log \left[ \eta_i \left( \frac{\pi * D}{\lambda} \right)^2 \right]$	dBi
6	Ángulo de 3 Db	$\theta_{3dB} = \frac{70\lambda}{D}$	X
7	Cálculo de distancia focal. Foco primario	$df = \frac{D^2}{16d}$	M
8	Ángulo de apertura. Foco primario	$\tan\left(\frac{\theta_o}{2}\right) = \frac{D}{4df}$	Grados

**Tabla 1.** Ecuaciones para cálculo de parámetros para diseño de plato parabólico

### 5.2.1.2 Resumen de cálculos para diseño de antena foco primario

N°	Parámetro	Resultado	Explicación
1	Longitud de onda	0.071 m	El material reflectivo no debe tener huecos superiores a 7.1 cm
2	Ganancia	32.23dBi	Ganancia en dBi
3	df/D	0.38	Razón df/D para antenas de foco primario
4	Superficie	0.4m <sup>2</sup>	Cantidad de material a requerir para cubrir la superficie del plato
5	Eficiencia	0.55	X

**Tabla 2.** Parámetros calculados para antena de foco primario.

### 5.3 Construcción de plato parabólico de foco primario

La construcción del plato parabólico puede hacerse de dos formas:

- Utilizando molde de cemento o fibra de vidrio.
- Utilizando una plantilla de plywood con forma geométrica de una parábola. Con una hoja de cálculos de Excel es posible trazar la gráfica.

El molde utilizado para la construcción del plato parabólico de este proyecto se muestra en la *figura 6*. Es un molde de cemento obtenido de un plato "Andrew" de 1.2 metros de diámetro.



**Figura 6.** Molde de antena parabólica de cemento de 1.2m

Como nuestro molde es de cemento podemos trabajar con fibra de vidrio para realizar cada una de las capas que le darán forma a la antena. El material recomendado para las capas es fibra de vidrio, como se puede apreciar en la *figura 7*.



**Figura 7.** Trozos de fibra de vidrio para realizar las capas de la antena

El plato debe ser pintado con un color oscuro esto ayudará a disminuir que los rayos del sol se reflejen hacia el foco y provoque un recalentamiento del alimentador.

#### ***5.4 Pasos a seguir para elaboración de plato parabólico***

Antes de explicar los pasos a seguir para nuestro plato, nos preguntamos ¿Cómo obtener el molde de la antena?

Para obtener el molde debemos disponer de una antena ya hecha que puede ser de fibra o metálica.

Si la antena es metálica, podemos rellenarla con cemento y esperar a que se seque la mezcla y luego aplicar una macilla para cubrir los huecos.

Si la antena es de fibra de vidrio, en primer lugar debemos aplicar una capa de desmoldante para evitar que el molde se quede pegado a la superficie, a continuación, se cubre con una capa de fibra toda la superficie de manera uniforme. Esperar a que la fibra se seque, y aplicar de 3 a 4 capas.

Luego que tenemos el molde listo explicamos los pasos a seguir:

- (1). Sobre el molde de fibra de vidrio o cemento cubrir la superficie con desmoldante, sin dejar partes sin desmoldar y dándole varias capas para no tener problemas para despegar el plato. Debemos dejar secando por un tiempo de por lo menos 30 minutos por cada capa aplicada. Esto para eliminar los poros de la superficie del molde.
- (2). A continuación cubrimos toda la superficie con “Gel-co” procurando no dejar ningún espacio sin el fluido. Esta es una especie de pintura que nos ayudará en el acabado de la superficie reflectora.
- (3). Luego cortamos trozos de fibras de vidrio en forma de raciones de “pizza” y las colocamos sobre el molde hasta cubrirlo totalmente, y aplicamos la

resina con ayuda de una brocha. Recomendamos usar guantes en las manos como medida de protección.

- (4).Para que la resina trabaje correctamente debe agregarse el 1% de catalizador de acuerdo a la cantidad de resina a aplicar. Debemos tener en cuenta que al cabo de 15 minutos la mezcla de resina comienza a endurecer por lo que debemos tomar cantidades pequeñas para evitar que se endurezca en el recipiente. Debemos aplicar por lo menos 3 capas de fibra de vidrio. En cada capa aplicada, debemos esperar que se seque, en un tiempo de por lo menos de 5 horas.
- (5).A continuación despegamos el plato del molde y afinamos la superficie con una lija de para metal número 500.
- (6).Luego colocamos resina sobre la superficie reflectora e inmediatamente colocamos el papel aluminio tratando en lo posible de mantener la uniformidad de la misma.
- (7).Pintamos la superficie para evitar que sea un reflector solar y pueda dañar el LNB
- (8).Armamos un cajetín donde irá soportado el plato por medio de angulares y también un segundo cajetín para el soporte del tubo, articulado por una varilla lo que nos ayudará a conseguir una especie de bisagra con el objetivo de manejar la **elevación** de la antena. El cajetín del plato debe ser parte del plato parabólico, es decir hay que pegarlo al plato por medio de la fibra de vidrio.



**Figura 8.** Agregando capa de fibra y resina.

- (9).Colocamos una varilla enroscada en el extremo contrario a la bisagra, esta irá colocada en el cajetín del tubo, que estará sujeta por una tuerca y esta a la vez a una varilla que está en el cajetín del tubo. La varilla enroscada debe tener una arandela con tornillo en ambos extremos del cajetín del plato, para que esta, pueda ser capaz de tener un movimiento circular y controlar el movimiento de inclinación del plato, a medida que está da vuelta.

- (10). Colocamos un pequeño soporte circular sobre el cajetín del tubo en el cual se acoplará un tubo ligeramente más pequeño para que el plato pueda moverse circularmente sin mover todo el conjunto. Así controlaremos el azimut de la antena.
- (11). Soldamos en la parte inferior del tubo que soporta la antena, una lámina metálica con el objetivo de que la antena parabólica pueda colocarse en el suelo.
- (12). Pegamos tres soportes metálicos al plato con resina en los cuales irán las gazas que sujetarán las varillas del LNB. Colocamos las varillas de aluminio para sujetar el foco según la distancia calculada del foco al vértice de la parábola.
- (13). La Tabla 3 nos ayudará a saber la cantidad de material y su medida para poder construir el plato parabólico con fibra de vidrio. Los precios están actualizados al mes de mayo 2014.



**Figura 9.** Muestra de materiales para elaborar plato de fibra de vidrio.

### 5.5 Lista de materiales y costo para elaborar plato parabólico

Cantidad	Medida	Sistema de medida	Descripción de material	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
6	X	Kilogramos	Fibra de vidrio	15	90
1	X	Litro	Desmoldante	5	5
1	¼	Galón	Bote de Gel-co	20	20
2	X	Rollos	Papel Aluminio	1	2
1	1.5X1.5X80	Pulgadas	Varilla angular	5.5	5.5
5	X	Libras	Varilla para soldar	1.5	7.5
3	X	Galón	Resina para fibra	20	60
1	½	Litro	Catalizador	1	1
1	X	Litro	Thinner	2.5	2.5
1	2 ¼ x 60	Pulgadas	Tubo vertical	23	23
1	3.76 x 0.1	Metros	Cinta de plywood	3	3
1	0.75 x 20.5	Pulgadas	Varilla enroscada	1.7	1.7
1	0.5 x 22	Pulgadas	Varilla metálica	1.5	1.5
1	Número 500		Lija para metal	0.5	0.5
1	0.375 x 120	Pulgadas	Varilla de aluminio	4.5	4.5
3	2 x 1.5	Pulgadas	Gazas ajustables	2.3	6.9
1	21 x 20	Pulgadas	Lámina rectangular	2.7	2.7
TOTAL					237.3

**Tabla 3.** Lista de materiales para elaboración de plato parabólico

### 5.6 Lista de materiales de sistema de comunicación

La Tabla 4, describe los dispositivos que integran el sistema de comunicación como lo son el receptor digital satelital, el foco y un medidor de señal para ubicar el satélite. Por cada antena es necesario un receptor y un foco.

Cantidad	Descripción	Precio u (\$)	Precio t(\$)
2	Receptores digitales satelitales	200	400
2	LNBF (Alimentador/Foco)	60	120
1	Medidor de señal SAT Meter	25	25
X	Accesorios: cable coaxial, regleta eléctrica, conectores, (no incluye televisor).		50
TOTAL			595

**Tabla 4.** Lista de materiales sistema de comunicación no incluye prototipo de plato



**Figura 10.** Receptor digital satelital y LNBF para la banda C/Ku

### 5.7 Pruebas de funcionamiento y resultados de antena construida

A continuación se presenta un resumen técnico y se agregan fotografías de las pruebas realizadas con la antena construida.

#### 5.7.1 Datos técnicos del plato parabólico, alimentador y receptor

Diámetro y profundidad	1.2 x 0.2 metros
Polarización	Lineal , Vertical y Horizontal
Banda de Frecuencia	Banda C y Banda Ku
Tipo de alimentador	Low Noise Block Feed, Band C & Ku 5150 , 1750
Receptor	Receptor digital satelital marca LinkBox 8000
Receptor FTA/Comercial	Receptor FTA con función USB
Salidas de vídeo de receptor	HDMI, Composite, Audio y vídeo análogo

**Tabla 5.** Resumen de características de los elementos del sistema de comunicación

#### 5.7.2 Datos técnicos del satélite con cobertura para Nicaragua

Nombre	Intelsat 21	
Posición	302 grados Este, (58 Oeste)	
Banda C	Total de transpondedores	24 X 36 MHz
	Frecuencia de subida	5925 – 6425 MHz
	Frecuencia de bajada	3700 – 4200 MHz
	Polarización	Vertical / Horizontal
	Típica Potencia EIRP	31.3 dBW
Banda Ku	Total de transpondedores	36 X 36 MHz
	Frecuencia de subida	14.00 – 14.5 GHz
	Frecuencia de bajada	11.45 – 12.2 GHz
	Polarización	Vertical / Horizontal
Típica Potencia EIRP	45 dBW	

**Tabla 6.** Parámetros más importantes del satélite Intelsat 21

## 5.7.2 Fotografías de pruebas realizadas con satélite Intelsat 21



**Figura 11.** Antena orientada a IS21



**Figura 12.** Ajustes de punto focal

Las figuras 11 y 12 muestran los ajustes previos para realizar el enlace con el satélite. Para ello es imprescindible darle mantenimiento a la superficie reflectora del plato.

De la figura 12 también podemos destacar la necesidad de ajustar de manera precisa el punto focal. Para ello con ayuda de dos cintas determinamos el centro de la figura y luego, con una tercera cinta medimos la distancia focal es decir, el punto donde colocaremos el foco o alimentador. Siempre esta distancia se mide desde el vértice de la parábola.



**Figura 13.** Canal de IS21



**Figura 14.** Lista de canales de IS21

Luego de varias horas de ajuste, colocamos el medidor de intensidad de señal, este nos indicará el nivel de potencia de cualquier señal disponible para nuestro territorio. Luego de obtener el máximo nivel de señal, obtendremos la lista de frecuencias y canales provenientes del satélite con que hemos hecho el enlace. La figuras 13, y 14 muestran los resultados.

Se obtuvo una cantidad de canales gratuitos, vamos a mencionar los más importantes:

ENLACE, DW Latinoamérica, RT ESP HD, 3ABN, NHK, CCTV, Hispan TV, France 24

## **5.8 Diseño del sistema de control de motores paso a paso**

### **5.8.1 Consideraciones previas**

Una consideración importante, es que la antena construida en el proyecto no fue automatizada debido a las dimensiones del plato y peso, sobre todo por el espacio incómodo y la gran estructura necesaria para hacerla mover. Por ese motivo, para efectos prácticos y demostrativos se prefirió automatizar una antena más pequeña y más liviana, como podemos observar en la figura 15.

### **5.8.2 Elementos principales del sistema de control**

El sistema de control para nuestra antena tiene integrado los siguientes componentes: una computadora, una tarjeta de interfaz de potencia, botones de control de acción/paro, dos motores paso a paso bipolares, entre otros.



**Figura 15.** Antena offsety los motores paso a paso.

Para poder aplicar el Sistema de Control se hace necesario considerar ¿qué tipo de antena será utilizada?, en términos de dimensiones y peso.

Debido a detalles técnicos la implementación de un sistema de control de plato de foco primario representa varios inconvenientes:

- El tamaño de la antena de foco primario requiere al menos un espacio considerable.
- El peso de la antena requiere de motores y de una interfaz de alta potencia
- Requiere un torque elevado para el azimut y la elevación
- La adaptación de los motores requiere de una estructura mecánica de altos costos.

Ante esta situación se propone implementar el sistema de control a una antena offset, debido a que en primer lugar ocupa menos espacio, es más liviana, y la demanda de potencia es mucho menor que implementar el sistema de control a la antena de foco primario.

Descripción de plato parabólico offset	
Diámetro mayor	115 cm
Diámetro menor	103 cm

**Tabla 7.** Descripción de plato parabólico

### 5.8.3 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques está compuesto por computadora, driver/interfaz de potencia y actuador.

El computador es el encargado de generar la señal de mando y enviarla al driver de potencia quien convierte dicha señal en una señal adecuada al motor y este pueda realizar la orden o el comando a ejecutar.



**Diagrama 2.** Bloques del sistema de control

## 5.8.4 Descripción de elementos del sistema de control

### 5.8.4.1 Computadora

- Software SureStep Pro
- Puerto de comunicaciones COM
- Sistema Operativo Windows

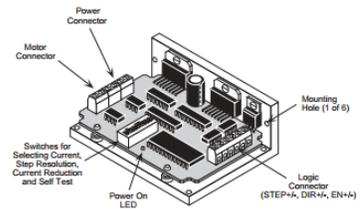


Figura 16. Driver DRV4035<sup>1</sup>

### 5.8.4.2 Driver/interfaz de potencia **STP-DRV 4035**. Ver figura 16

- Interfaz de potencia integrada
- Control de corriente de motor, filtrado de ruido
- Alimentación de 12 V a 48 V DC

### 5.8.4.3 Actuador motor **STP-MTR 34066**. Ver figura 17

- Motor bipolar stp-34066
- NEMA 34
- 2.6 amp/fase
- 1.8 grados/paso



Figura 17. Motor stp34066<sup>2</sup>

### 5.8.4.5 Panel de control

Se utiliza un panel de control, para tener organizado y ordenado todos los componentes y protecciones que integran el sistema de control y además se incluyen luces de señalización y estado.

Aquí se encuentran los interruptores on/off, transfer switch para los motores y botones adicionales de sentido de giro y reset. La *figura 18* y *19* nos muestran las luces de estado y en la parte derecha los botones de control.

<sup>1</sup>Imagen extraída de manual de SureStep 4035 Driver.

<sup>2</sup>Imagen extraída de Automationdirect.com

Luces de estado



Figura 18. Figura de panel frontal.

Panel de control



Figura 19. Figura panel lateral

### 5.8.5 El controlador y la interfaz de potencia

El driver que estamos utilizando es el **STP-DRV-4035** del fabricante **SureStep Motors**.

Su tarea principal consiste en establecer una secuencia de giro del motor según la señal digital de entrada recibida del computador, ajustar el tamaño de paso y controlar la corriente de salida que recibirá el motor. La *figura 20* nos muestra los bloques del driver.

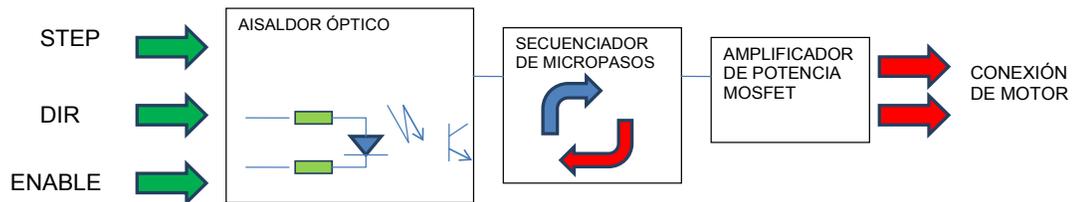


Figura 20. Bloques del driver stp-drv-4035

### SEÑALES DE ENTRADA

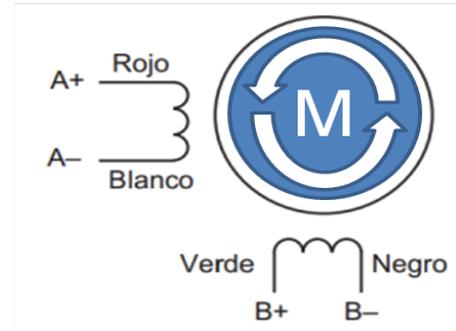
**Step:** es una entrada de pulsos digitales o como mejor dicho una señal cuadrada que es la activadora de la secuencia de pasos del motor.

**Dir:** Controla el sentido de giro del motor. CW, en sentido de reloj, y en sentido contrario. Si se habilita cambia el sentido de giro, mientras tanto el motor permanece en el mismo sentido. Esta señal se habilita con +5V

**Enable:** es una señal que habilita/deshabilita la corriente que recibe el motor paso a paso. Si no se habilita no se cortará el suministro de corriente al motor. Esta también se habilita con +5V.

## SEÑALES DE SALIDA

**FASES DEL MOTOR:** Tenemos como salida la señales de voltaje para el motor paso a paso. El driver está diseñado para motores bipolares, en configuración de dos fases. La conexión a seguir debe seguir *la figura 21*.



**Figura 21.** Conexión de las fases del motor paso a paso.

## Detalles técnicos del driver stp-drv-4035

SureStep DRV 4035 especificaciones		
Voltaje de alimentación	12-42 VDC (incluyendo ripple voltage)	
Output power	Output current selectable from 0.4 to 3.5 Amps/phase (maximum output power is 140 W)	
Current Controller	Dual H-bridge Bipolar Chopper (3-state 20 KHz PWM with MOSFET switches)	
Input signals	Input signal circuit	Opto-coupler input with 440 ohm resistance (5 to 15 mA input current), Logic low is input pulled to 0.8 VDC or less, Logic high is input 4 VDC or higher
	Pulse signal	Motor steps on falling edge of pulse with and minimum pulse width is 0.5 microseconds
	Direction signal	Needs to change at least 2 microseconds before a step pulse is sent
	Enable signal	Logic 0 will disable current to the motor (current is enabled with no hook-up or logic 1)
DIP Switch Selectable Functions	Self-Test	Off on (use half-step to rotate 1/2 revolution in each direction at 100 steps/second)
	Microstepping	400 (200x2), 1000 (200x5), 2000 (200x10), or 10000 (200x50) steps/rev
	Idle current reduction	0 or 50% reduction (idle current setting is active motor is at rest for 1 second or more)
	Phase current setting	0.4 to 3.5 Amps/phase with 32 selectable levels
Dimensions	3 x 4 x 1.5 inches [76.2 x 101.6 x 38.1 mm]	

**Tabla 8.** Características de driver stp-drv 4035

### 5.8.6 Lógica de funcionamiento de pasos

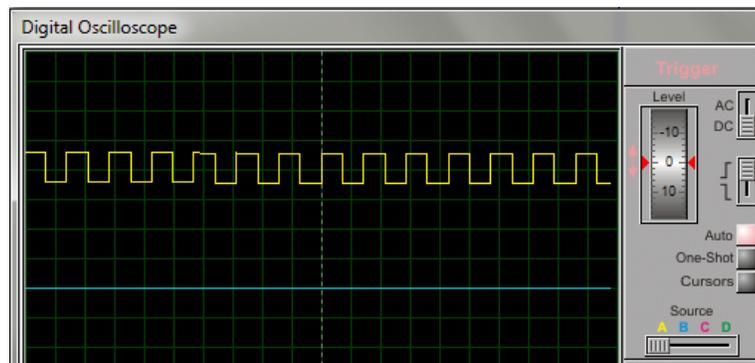
Para el movimiento del motor es necesaria una señal de entrada **clk**, es decir un pulso de reloj, esta es una señal digital, es decir, valores de 0 y 5V simultáneos a una frecuencia programada, que activan la secuencia de pulsos generada por el driver de potencia y que a su vez es recibida por el motor paso a paso.

#### 5.8.6.1 Señal de reloj CLK

Esta señal de entrada se conecta a la entrada **step** del driver del motor paso a paso. Cada flanco de bajada del reloj activa una secuencia de la lógica del driver, que a su vez es procesada y luego enviada al motor.

En el caso de la interfaz que utilizamos el fabricante especifica que la activación de la secuencia lógica es en el flanco de bajada, y la señal de ancho de pulso debe tener como 0.5  $\mu$ segundos.

La señal puede verificarse con la ayuda de un osciloscopio, ver *figura 22*.



**Figura 22.** Osciloscopio digital de Proteus

#### 5.8.6.2 Cálculo de frecuencia (opcional)

Para un ancho de pulso de 0.5  $\mu$ segundos consideramos un tiempo en bajo  $t_{bajo}$ , y un tiempo en alto  $t_{alto}$  simétrico para tener un período igual a  $T=1 \mu$ segundo.

$$f = 1 / T = 1 / 1 \mu\text{segundo} = 1 \text{MHz} \quad \text{frecuencia máxima}$$

Para la frecuencia mínima se quiere al menos que en un intervalo de unos pocos segundos sea útil por lo que por conveniencia podemos tomar un período de 5 segundos.

$$f = 1 / T = 1 / 5 = \text{dos} = 0.2 \text{ Hertz frecuencia mínima seleccionada por conveniencia.}$$

### 5.8.6.3 Señal de reloj con integrado 555.

El circuito 555 nos permite también diseñar un pulso de reloj adecuado para activar la secuencia de giro del motor.

Debemos configurar el rango del 555 en un intervalo de frecuencia comprendido entre una frecuencia de 1 Hz hasta 1MHz según el rango que se explicó anteriormente.

### 5.8.6.4 Resolución de pasos del motor

Cada pulso es una señal que se entrega al driver de potencia que a su vez es la entrada del motor paso a paso, lo que se hará que se mueva según la resolución establecida:

1 pulso equivale 1.8 grados	Full step	200 pasos/vuelta
1 pulso equivale 0.9 grados	Halfstep	400 pasos/vuelta
1 pulso equivale 0.18 grados	1/10	2000 pasos/vuelta
1 pulso equivale 0.036 grados	1/50	10000 pasos/vuelta

El selector consiste en un **dipswitch** para seleccionar la resolución de trabajo.

A continuación presentamos una tabla **lógica** con la resolución “full step” y “halfstep”, en un funcionamiento real del sistema el valor 1 sería el voltaje DC del motor paso a paso y el valor 0 un voltaje cercano a 0 voltios. Al recibir un pulso de reloj, se activan las salidas con la secuencia establecida.

El driver del motor tiene un interruptor para seleccionar el paso del motor ya sea medio paso, paso completo o un cuarto de paso. La siguiente tabla muestra la secuencia que se activaría por cada pulso de activación de la entrada step.

La *tabla 9* muestra la secuencia de paso completo o “full”

	A+	A-	B+	B-
Home position	0	1	0	1
	1	0	0	1
	1	0	1	0
	0	1	1	0

**Tabla 9.** Paso completo

En este caso, tenemos cuatro posiciones para el motor, 90, 180, 270 y 0 grados, multiplicado por el tamaño del paso (1.8°). La home position representa 0 grados.

La *tabla 10* muestra la secuencia de paso medio o “half”

	A+	A-	B+	B-
Home position	0	1	0	1
	0	0	0	1
	1	0	0	1
	1	0	0	0
	1	0	1	0
	0	0	1	0
	0	1	1	0
	0	1	0	0

**Tabla 10.** Tabla de medio paso

En este caso, tenemos ocho posiciones para el motor, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315 y 0 grados, multiplicado por el tamaño del paso (1.8°).

### **5.8.7 Motor paso a paso bipolar STP-MTR 34066**

El motor bipolar es un tipo de motor paso a paso de imán permanente, que funciona a través de un conjunto de bobina se que activan polarizándolas según una secuencia de voltaje que cambia sus polaridades en cada bobina por lo que se le llama bipolar.

Los motores bipolares se caracterizan por tener un par o torque bueno, y también por su excelente requerimientos de precisión.

El motor paso a paso STP-MTR 34066 es un motor bipolar con las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS DE MOTOR STP-MTR 34066		
Torque	32 onzas-pulgadas	
Corriente	2.8 Amps/fase	
Nema	34	
Precisión/grados motor	1.8 grados, 0.9 grados,	
Diámetro del shaft (eje)	1/2 pulgada	
Torque de mantenimiento	434 onzas-pulgada	
Resistencia por fase	1.1 $\Omega$	
Inductancia por fase Mh	6.6	
Insulationclass	130 °C [266°F] Class B; 300 V rms	
Rango de operación de temperatura	-20 a 50 °C [-4 a 122°F motor case should be kept below 100°C ]	
Peso	3.9 libras	

**Tabla 11.** Tabla de características de motor **stpmtr 34066**

Los 4 cables tienen un color asignado para cada fase. En la fase A se conectan los cables rojo y blanco, uno para la salida positiva y la otra para la salida negativa. Así mismo la fase B, cable verde en la salida positiva y el negro en la salida negativa, como se muestra en la *Tabla 12*.

PIN#	COLOR	
1	Rojo	A
2	Blanco	A-
3	Verde	B
4	Negro	B-

**Tabla 12.** Asignación de colores y pines a cables de motor bipolar

### 5.8.8 Lista de materiales y presupuesto sistema de control

La *tabla 11* muestra la lista de materiales utilizado en la implementación del sistema de control.

Por cada motor se requiere un driver. El motor MTR 34006 es controlado por el driver 4035, y el motor MTRH 34066 por el driver 4850. El primer motor controla la elevación de la antena y el segundo motor el azimut.

La fuente DC debe por lo menos tener una capacidad de 0 a 32 V y con una corriente de salida de al menos 12 Amperios. Debido al alto consumo de corriente es preferible el uso de batería de carro con capacidad de 30-50 AH.

El gabinete nos permite organizar todos los componentes y conexiones del sistema de control.

Los accesorios más importantes: fusibles de protección, interruptores on/off, las luces indicadoras y los cables para conectar los motores.

Cantidad	Descripción	Precio u (\$)	Precio t(\$)
1	Step Motor STPMTR 34066 NEMA 34	111	111
1	Step Motor STPMTRH 34066 NEMA 34	150	150
1	Driver para motor paso a paso 4035	155	155
1	Driver para motor DRV 4850	210	210
2	Baterías 12 V DC 30-50 AH usada	20	40
1	Gabinete de 38x47.5x23cm	50	50
X	Accesorios	Fusibles, resistores, capacitores, interruptores, luces indicadoras, cables, conectores, etc.	100
TOTAL			812

**Tabla 13.** Lista de materiales para implementar sistema de control

### 5.9 Computadora y Software SureStep Pro

El software **sure step pro** nos permite un control más preciso de nuestro sistema de control a través del uso del **ordenador/computadora**.

Como requisitos del **ordenador** para que funcione sure step pro

<b>Procesador</b>	Core Duo, 2 GHz o superior
<b>Disco duro</b>	120 GByte
<b>Sistema operativo</b>	Windows XP o superior
<b>Puerto de comunicaciones</b>	COM
<b>Sistema</b>	32 bits / 64 bits

Esta conexión se realiza a través del puerto de comunicaciones COM. Esto nos trae la ventaja de reducir la circuitería y cables necesarios para generar los pulsos de reloj, y otras señales de control para que el driver pueda recibirlas, procesarlas y enviarlas al actuador motor paso a paso.

El fabricante de motores paso a paso, nos brinda su software denominado **SureStep Pro Software**, el cual a continuación explicaremos sus partes.



**Figura 23. Software sure step pro y control de movimiento.**

En la ventana de trabajo, seleccionamos driver utilizado DRV4850/DRV80100, luego seleccionamos el tipo de control de movimiento de entrada/salida. Tenemos tres opciones, nosotros utilizaremos la denominada SCL, que es el

**Serial Command Language**, que es una serie de instrucciones que hacen configurar y mover el actuador motor paso a paso.

Esto logrará una mayor precisión de posición del motor y a la vez proporcionar el ordenador como método de entrada, envés de botones o interruptores.

El SCL consta de una serie de instrucciones, entre la más importantes Tenemos:

<b>AC</b>	Aceleración
<b>DE</b>	Des-aceleración
<b>VE</b>	Velocidad
<b>DI</b>	Posición X
<b>FL</b>	Alimentación de longitud

### **5.10 Medidor/Rastreador de Señal**

Datos del medidor de señal

- **22KHz** pass through indicator LED light.
- **H/V polarity indicator LED light.**
  - H: Horizontal or Left Hand (18V) Polarity signal indicator
  - V: Vertical or Right Hand (13V) Polarity signal indicator
- 11dB Gain
- -25 to -75dBm Input Level
- High sensitivity
- Built-in light for night dish adjustment
- Audible tune-in signal.
- Listening to signal tone and changing antenna direction makes it easy and quick to find the best signal reception.
- **75 Ohms** Input/Output impedance



### 5.11 Balance general del proyecto

En la *Tabla 14* se detallan la inversión total del proyecto, lo que incluye: el sistema de comunicación para recibir la señal del satélite, el sistema de control para el movimiento por motores paso a paso y el gasto de mano de obra.

	Sistema	Costo
Sistema	Sistema de comunicación (consulte pag.22)	\$595.00
	Sistema de control (consulte pag.35)	\$812.00
Materiales	Materiales de prototipo de plato (foco primario), (consulte pag.21)	\$237.30
	Materiales para mecánica de movimiento	\$120.00
Mano de obra	Taller de mecánica y torno	\$192.00
	Pintura, lijado y acabado de plato parabólico, mesa de soporte para panel de control	\$150.00
TOTAL		\$2,106.00

**Tabla 14.** Costo total del proyecto

Es importante destacar que para obtener un plato parabólico se tienen dos opciones: comprarlo con un costo aproximado de 450 dólares o hacer el plato usted mismo, en nuestro caso solo incurrimos en gasto de materiales como lo muestra la *tabla 12*, debido a que la mano de obra es realizado por usted mismo.

En el caso de la mano de obra mecánica se contrató el trabajo de un Taller de Torno para realizar la construcción de los soportes, y la estructura giratoria para poder acoplar los motores al plato parabólico. Fue necesario suministrar los materiales para realizar la estructura mecánica al taller de torno, así que se tuvo que comprar por separado los materiales que el taller utilizaría para la construcción del mecanismo de movimiento. Por último no debemos omitir el

gasto realizado en dar los acabados a los componentes del sistema debido a que la presentación y estética de un proyecto es siempre imprescindible.

## **VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se puede concluir que el objetivo general del proyecto fue alcanzado. Se logró analizar, diseñar e implementar un prototipo de Antena Parabólica para comunicarse con un Satélite Geoestacionario de TV, incluyendo su sistema de automatización motorizado de posición y orientación.

Con la realización de dicho proyecto he logrado integrar la parte práctica y experimental de comunicación digital de última generación, así mismo, poner en práctica los conocimientos adquiridos en las asignaturas durante mi preparación y que tienen que ver con este tema (Asignaturas como: matemática, física, electrónica analógica y digital, ondas electromagnéticas, entre otras) y cuyo resultado será utilizado para hacer experimentos en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Se proporciona un modelo matemático y práctico para el diseño y construcción artesanal de un plato parabólico, los pasos que se siguieron para la elaboración del plato, así como, un prototipo de antena parabólica y la implementación del sistema de control, para hacer enlaces con un satélite geoestacionario de radio y TV.

El énfasis práctico de este proyecto, además conlleva un énfasis educativo que motive al estudiante a mejorar el mismo, o que permita al estudiante entender de una manera práctica, según la premisa “haciendo aprendo”, las tecnologías actuales que muchas veces están limitadas o que se les restringe al estudiante debido a que es un negocio para las empresas de telecomunicaciones.

Por lo dicho anteriormente, se proporciona tres guías de laboratorios, que fueron elaboradas para que puedan ser utilizados por los estudiantes y facilitar el aprendizaje, así como, adquirirlas habilidades necesarias en la formación sobre este tema, a través de pruebas y experimentación en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

La guía N° 1, introduce los conceptos más importantes de comunicación por satélite y a su vez introduce al uso del medidor de señal sathunter, y nos muestra cómo usarlo. La guía N°2, consiste en hacer el cálculo de los parámetros y variables necesarias para establecer una comunicación con un satélite de comunicaciones con cobertura para la zona geográfica donde te encuentres. Y la guía N°3, es para realizar una prueba experimental de enlace

con un satélite usando haciendo uso de los conocimientos previos de las guías N°1 y 2. (Ver apéndice).

Este proyecto es simplemente un punto de partida para incentivar a los estudiantes a que realicen proyectos que demanden un diseño e implementación práctica de sistemas de comunicación y consolidar por lo tanto la parte teórica recibida durante sus estudios y llevarlos a la práctica.

Puedo decir que este tema tratado acá, es solo “la punta del iceberg”, pueden hacerse proyectos innovadores sobre todo en las áreas como tele seguimiento por satélite, posicionamiento por satélite, comunicación remota por satélite, establecimiento de un punto de comunicación remota con sitios remotos de Nicaragua, pueden realizarse proyectos de radares, todo esto conformará un sólido fundamento y avanzado conocimiento de las comunicaciones digitales actuales y futuras que demandará el mercado laboral y profesional.

Se recomienda que este proyecto se le mejore algunos aspectos que no fueron incluidos a la hora del diseño, entre los que podemos destacar: un sensor para detectar la posición exacta de los motores, un Display para mostrar la posición en grados de los motores, un control a distancia (control remoto), entre otros.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- 01, J. C. (22 de 06 de 2013). *CNU ajustará oferta académica*. Obtenido de [www.laprensa.com.ni](http://www.laprensa.com.ni): <http://www.laprensa.com.ni/2013/06/22/ambito/151806-cnu-ajustara-oferta-academica>
- 02, A. (s.f.). *Diccionario de astronomía*. Obtenido de Término geostacionario: <http://www.astromia.com/glosario/geostacionario.htm>
- 03, H. d. (s.f.). *Recursos TIC Educación España*. Recuperado el 19 de 05 de 2014, de [www.recurstic.educacion.es/eda/web/tic\\_2\\_0/informes/pere\\_freire\\_carlos/temas/personajes.htm](http://www.recurstic.educacion.es/eda/web/tic_2_0/informes/pere_freire_carlos/temas/personajes.htm)
- 04, P. W. (14 de 04 de 2013). *Michael Faraday*. Recuperado el 19 de 05 de 2014, de Enciclopedia Britannica: [www.britannica.com/EBchecked/topic/201705/Michael-Faraday](http://www.britannica.com/EBchecked/topic/201705/Michael-Faraday)
- 05, U. d. (s.f.). *Heinrich Hertz. Historia de las telecomunicaciones*. Recuperado el 19 de 05 de 2014, de [www.uv.es/~hertz/hertz/Docencia/teoria/Historia.pdf](http://www.uv.es/~hertz/hertz/Docencia/teoria/Historia.pdf)
- 06, U. P. (s.f.). *Guiglelmo Marconi. Historia de las antenas*. Recuperado el 19 de 05 de 2014, de [www.upv.es/antenas/Documentos\\_PDF/Notas\\_clase/Historia\\_antenas.pdf](http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Historia_antenas.pdf)
- 07, M. S. (03 de 2006). *Antennas for space applications*. Recuperado el 18 de 04 de 2014, de [www.uniroma2.it/didactica/ap2/deposito/EWP1963\\_ANT\\_I2.pdf](http://www.uniroma2.it/didactica/ap2/deposito/EWP1963_ANT_I2.pdf)
- 08, S. A. (s.f.). *Satlex digital*. Recuperado el 22 de 05 de 2014, de [www.satlex.it/es/antena\\_types-page\\_offset.html](http://www.satlex.it/es/antena_types-page_offset.html)
- 09, W. A. (s.f.). *Wikimedia*. Recuperado el 22 de 05 de 2014, de [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antena\\_parabolique\\_-\\_cassegrain.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antena_parabolique_-_cassegrain.png)
- 10, R. T. (s.f.). *Robótica*. Recuperado el 19 de 05 de 2014, de [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/index\\_4quincena11.htm](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/index_4quincena11.htm)
- 11, H. (s.f.). *Recepción de Hispasat/Amazonas*. Recuperado el 2014 de 07 de 09, de Hispasat: <http://www.hispasat.com/lib/pdf/es/Diametros-de-antenas-America.pdf>
- 12, S. (s.f.). *Ecucaciones para antena de foco primario*. Recuperado el 18 de 04 de 2014, de King Saud University: [www.faculty.ksu.edu.sa/sheta/Radar/Ant-1.ppt](http://www.faculty.ksu.edu.sa/sheta/Radar/Ant-1.ppt)
- 13, A. N. (s.f.). *State Training Conference*. Recuperado el 18 de 04 de 2014, de [www.educyclopedia.karadimov.info/library/AZPresl01-01.ppt](http://www.educyclopedia.karadimov.info/library/AZPresl01-01.ppt)



## APÉNDICE

1. GUÍAS DE LABORATORIO PARA ENLACE CON EL SATÉLITES DE COMUNICACIONES
2. GEOMETRÍA DE PARÁBOLA
3. TABLA DE FRECUENCIA DE SATÉLITE DE COMUNICACIONES
4. MAPA DE SATÉLITES CON COBERTURA PARA NICARAGUA
5. FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO.



# LABORATORIO 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

<b>LABORATORIO</b>	1
<b>TEMA</b>	Ubicación de satélites
<b>DISPOSITIVO</b>	SatHunter

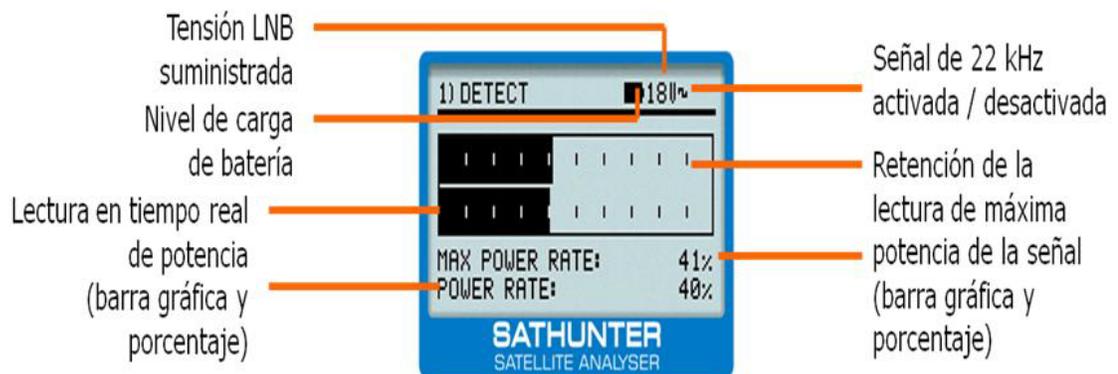
**Objetivos:** Utilizar procedimiento para ubicar los satélites geostacionarios utilizando el dispositivo SatHunter, y a su vez familiarizarse con los conceptos de la comunicación por satélite.

**Trabajo previo al laboratorio, conteste los siguientes conceptos:**

- ¿Qué es un transpondedor?
- ¿Qué es el estándar dvb-s?
- ¿Qué es un LNBF?
- ¿Qué es la señal de 22 KHz?
- ¿En la polarización lineal tenemos polarización vertical y horizontal, qué voltaje corresponde para cada una de estas polarizaciones?

## Procedimiento

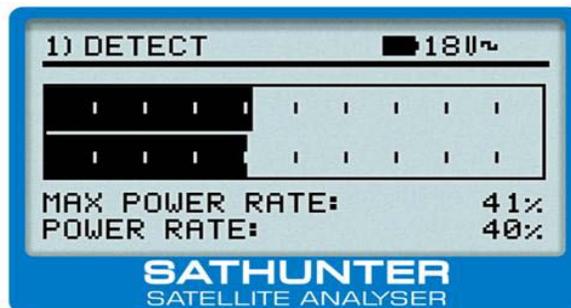
1. Identificar los elementos y funciones del sathunter, escriba su nombre



## 2. Pruebas de funcionamiento del detector de satélites y antena



1. Ponga en marcha el instrumento pulsando la tecla #1 durante más de un segundo.
2. Mueva la parabólica hacia la posición donde se suponga está el satélite al que desee apuntar. Apunte hacia el satélite **Intelsat 21**
3. Cuando se reciban las señales de un satélite, la barra gráfica mostrará actividad y el indicador acústico empezará a pitar.

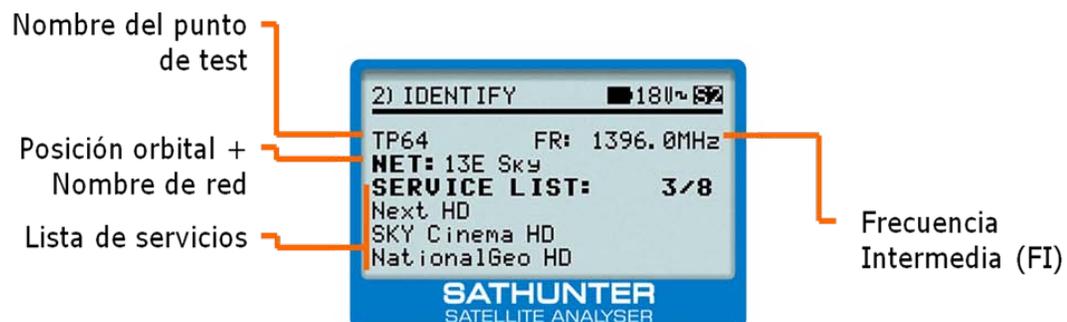


### Paso 2. Capturar información de satélite

Una vez que tenga el máximo valor en la barra gráfica, pulse

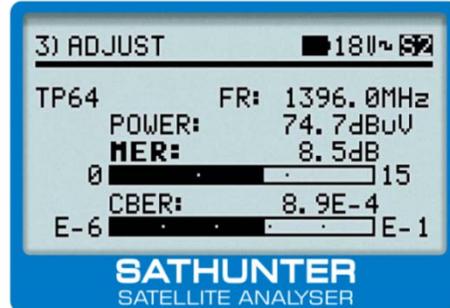
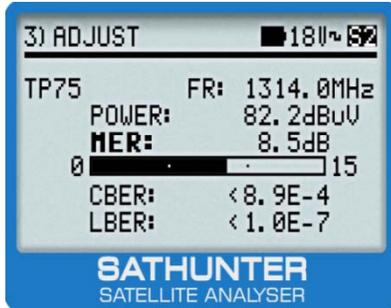
La etiqueta del primer punto de test aparecerá en pantalla. **(Por ejemplo, TP64).**

- Inmediatamente después de la etiqueta el SATHUNTER mostrará toda la **información.** .



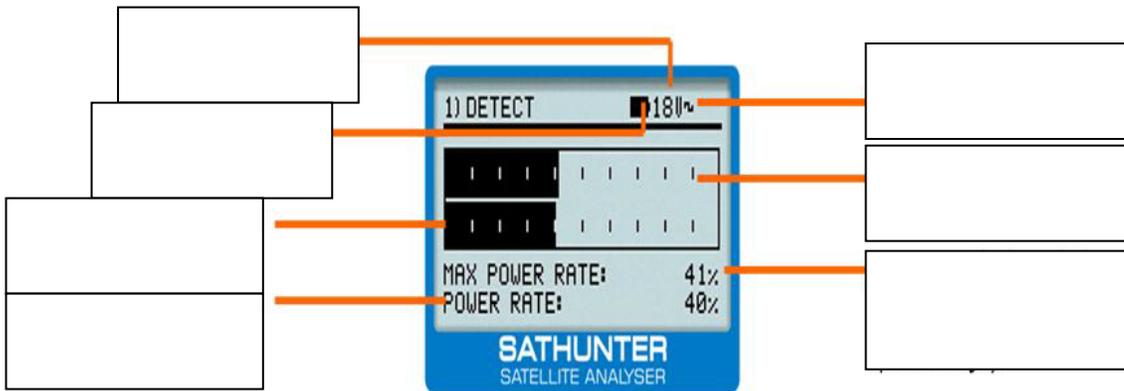
*Paso 3. Optimizar la calidad*

- Cuando sepa que está en el satélite adecuado, pulse la tecla
- Aparecerá otra barra gráfica mostrando la medición del MER (tanto de forma gráfica como numérica) junto con la medición del CBER y / o LBER (configurable mediante software).



**Evaluación.**

1. Identifique los elementos del dispositivo sathunter



2. Complete lo siguiente para el **tp8C** de Intelsat 21:

Frecuencia portadora principal de transpondedor **8c** \_\_\_\_\_  
 Número de canales de TV por transpondedor \_\_\_\_\_  
 Número de canales de radio por transpondedor \_\_\_\_\_  
 Modulación de portadora \_\_\_\_\_  
 Calidad de señal de tv \_\_\_\_\_ STD \_\_\_\_\_ SD \_\_\_\_\_ HD \_\_\_\_\_ UHD  
 Tasa de símbolo : \_\_\_\_\_  
 FEC Foward Error Correction \_\_\_\_\_

## **Preguntas de retroalimentación**

¿Si tengo 18V que tipo de polarización tiene la frecuencia del transpondedor?

¿Qué tipo de modulación utiliza el estándar DVB-S2?

¿Explique por qué no se tiene la misma medición de potencia para cada uno de los transpondedores del satélite?

¿Explique cómo reconoce que la frecuencia que muestra la pantalla corresponde a un transpondedor de banda C o banda Ku?

## **Conclusiones**

Las prestaciones de un satélite de comunicaciones es otra vía para establecer la comunicación entre países y continentes. Su alta fiabilidad y su cobertura global, permite establecer comunicaciones con lugares y zonas remotas donde la tecnología terrestre tiene poco acceso, o donde se requerirá una comunicación temporal por lo que realizar una instalación permanente no es factible. A través de la práctica aprendimos como medir la intensidad de un satélite y conocer los parámetros más importantes que debemos conocer para poder entender mejor cómo funcionan los satélites geoestacionarios.

# LABORATORIO2

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

<b>LABORATORIO</b>	2
<b>TEMA</b>	Cálculo de parámetros de una antena de foco primario y offset
<b>DISPOSITIVOS</b>	Cinta métrica, brújula, inclinómetro

**Objetivos:** Calcular los parámetros de una antena de foco primario y una antena offset para su instalación correcta y qué tipo de antena es adecuada para que pueda cumplir los requisitos para que sea posible establecer comunicación con un satélite de comunicaciones.

**Trabajo previo al laboratorio, conteste los siguientes conceptos:**

- ¿Qué es la distancia focal de una antena parabólica?
- ¿Qué es la potencia EIRP de un satélite?
- ¿Qué es la banda Ku?
- ¿Qué es el "footprint" o huella de un satélite?

### Procedimiento

#### 1. Complete lo siguiente:

La ecuación característica de un plato parabólico es \_\_\_\_\_

El parámetro  $p$  es la distancia entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_

El \_\_\_\_\_ es elíptico en el caso de una antena offset y es circular en el caso de una antena de \_\_\_\_\_

La ecuación de distancia focal de una antena offset es: \_\_\_\_\_

#### 2. Práctica

##### 2.1 Determinar azimuth y elevación de antena parabólica

- (1) Ingresar al sitio web: [www.satlex.net/tecnica/calculoaz-el](http://www.satlex.net/tecnica/calculoaz-el)
- (2) Elegir el lugar sitio de antena: Managua
- (3) Elegir el satélite a establecer comunicaciones

Nota: En el caso de Nicaragua los satélites disponibles están desde los 30 grados Oeste hasta  $x$  grados oeste.

(4) Intelsat 21 Azimuth \_\_\_\_\_ Elevación \_\_\_\_\_

(5) Amazonas 2 Azimuth \_\_\_\_\_ Elevación \_\_\_\_\_

(6) Intelsat 1R Azimuth \_\_\_\_\_ Elevación \_\_\_\_\_

##### 2.2 Plato parabólico

El plato parabólico debe cumplir con los siguientes parámetros

Plato para banda	C	Diámetro	120 cm	mínimo
Plato para banda	Ku	Diámetro	80 cm	mínimo

### 2.3 Foco o LNBF

Existen dos tipos principalmente  
 Uno para banda C y otro para banda Ku  
 Debemos conocer la frecuencia local de cada uno de los LNBF ya que es un parámetro de configuración.

El fabricante en el manual del equipo nos indica la frecuencia local del LNBF, si no tiene a disposición este dato, existe un estándar establecido.

Frecuencia local	Foco para banda C	<b>5150 Standard</b>
Frecuencia local	Foco para banda Ku	<b>10750 Universal</b>

### Preguntas de evaluación

¿El satélite Amazonas 2 es un satélite de banda C o banda Ku o ambos?

¿El satélite Intelsat 805 es un satélite de banda C o banda Ku o ambos?

¿Cuál es la posición orbital de los siguientes satélites?

Hispasat 1D \_\_\_\_\_ Intelsat11 \_\_\_\_\_ Intelsat1R \_\_\_\_\_

### Conclusiones

Es importante determinar el tipo de antena que vamos a utilizar para captura cierto satélite. En primer lugar debemos considerar que desde el lugar donde se instaló la antena no será posible capturar todos los satélites disponibles. A su vez no todas las antenas capturan todos los satélites, por lo que ciertos satélites usan un tipo de antena, otros requieren de otro tipo de antena, y otros requieren otro tipo de foco o alimentador, por lo que es importante conocer todos parámetros para que nuestras pruebas sean satisfactorias.

# LABORATORIO3

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

<b>LABORATORIO</b>	3
<b>TEMA</b>	Establecer comunicación con un satélite geoestacionario de banda C
<b>DISPOSITIVOS</b>	Plato de foco primario, LNBF de banda C, cable coaxial, receptor digital satelital, Televisor

**Objetivos:** Establecer comunicación con un satélite geoestacionario de radio y tv, utilizando las técnicas aprendidas en las prácticas anteriores, lo que permitirá consolidar los conocimientos previos de las comunicaciones por satélite.

**Trabajo previo al laboratorio, conteste los siguientes conceptos:**

Satélite INTELSAT21

Fecha de lanzamiento: \_\_\_\_\_  
Posición orbital del satélite: \_\_\_\_\_  
Cantidad de transpondedores en banda C \_\_\_\_\_  
Cantidad de transpondedores en banda Ku \_\_\_\_\_  
Cobertura de transpondedores AMERICA EUROPA AFRICA

Satélite AMAZONAS2

Fecha de lanzamiento: \_\_\_\_\_  
Posición orbital del satélite: \_\_\_\_\_  
Cantidad de transpondedores en banda C \_\_\_\_\_  
Cantidad de transpondedores en banda Ku \_\_\_\_\_  
Cobertura: AMÉRICA DEL SUR BRAZIL EUROPA

### Procedimiento

1. Determinar el satélite a establecer comunicación para la banda C  
**INTELSAT 11 INTELSAT1R AMAZONAS2 INTELSAT805**
2. Determinar la frecuencia a sintonizar que esté disponible para Nicaragua  
Frec.MHZ \_\_\_\_\_ Polarización \_\_\_\_\_ Tasa de símbolo \_\_\_\_\_  
Potencia EIRP \_\_\_\_\_ Cobertura \_\_\_\_\_
3. Determinar los parámetros de plato parabólico

Diámetro: \_\_\_\_\_ Distancia focal: \_\_\_\_\_ Profundidad: \_\_\_\_\_

Relación f/D \_\_\_\_\_ Ganancia: \_\_\_\_\_ Ancho de haz: \_\_\_\_\_

4. Determinar el LNBF correcto

Tipo de LNBF \_\_\_\_\_ Frecuencia local: \_\_\_\_\_

5. Determinar el azimut y la elevación para la antena

- (1) Elija la ubicación geográfica de la antena
- (2) Elija el satélite que seleccionó en el pinto 3a
- (3) Apunte los resultados que le brinda el sitio web

Azimut \_\_\_\_\_ Elevación \_\_\_\_\_

Retardo de la señal \_\_\_\_\_ Distancia del satélite \_\_\_\_\_

6. Configure el receptor digital satelital

- (1) Menú
- (2) Instalación
- (3) Agregar satélite, escribir su nombre y su posición orbital
- (4) Agregar frecuencia, polarización y tasa de símbolo
- (5) Seleccionar el LNBF, clic en encender tipo de LNBF de banda C estándar, de frecuencia local 5150
- (6) Seleccionar botón de intensidad de señal
- (7) Con ayuda de la brújula mueva la antena horizontalmente hasta ubicarla en el valor de azimut calculados anteriormente.
- (8) Con ayuda del inclinómetro, mueva ligeramente la antena verticalmente hasta que el inclinómetro indique los grados calculados de elevación
- (9) Realice movimientos leves hacia los lados hasta obtener en el televisor calidad de señal, luego realice un ajuste preciso moviendo la antena hasta obtener la máxima calidad posible de señal.
- (10) Luego de encontrar la señal recibida, seleccione búsqueda de canales automáticamente, espere a que se complete la búsqueda y luego pruebe cada uno de los canales disponibles.

### Preguntas de evaluación

¿Porqué hay canales que no se pueden mostrar?

¿Qué es un sistema de encriptación, cuáles son los que se utilizan para la TV por satélite?

## Conclusión

La comunicación por satélite es una vía importante de comunicación que a pesar de sus costos de ser utilizadas tiene las ventajas de brindar una cobertura global con las mejores prestaciones y servicios.

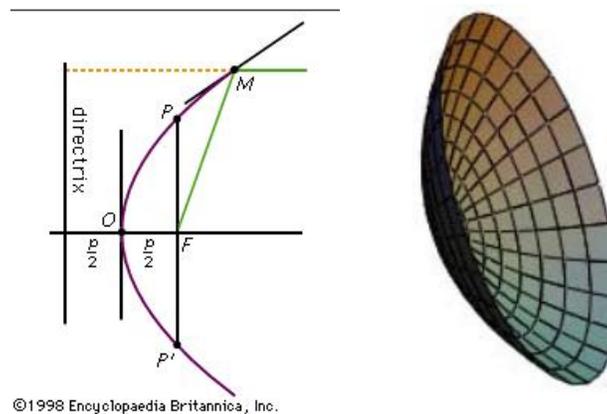
Luego de realizar las prácticas anteriores, el estudiante está motivado para ser investigando en estas áreas como **radares, gps, satélites meteorológicos**, etc.

Además de poner en práctica la teoría aprendida durante el curso de la carrera de ingeniería, el estudiante ver la importancia y la aplicación de la teoría en un sistema actual del que la mayoría de nosotros utilizamos.

## APÉNDICE 2. . Geometría de la parábola

### *Parábola en el plano cartesiano*

La geometría de una antena parabólica es una antena que su elemento más importante es el plato reflector, que en dos dimensiones es una parábola como lo muestra la parte derecha de la *figura 5*, y en la práctica nos encontramos con una superficie que se obtiene de girar la parábola de 2 dimensiones sobre su eje de simetría obteniendo la parábola en revolución una figura de tres dimensiones, como en la gráfica de la *figura 5* ala derecha.



**Figura AP1.**Dos y tres dimensiones de una parábola<sup>3</sup>

### 1.1 Reflector parabólico, dos dimensiones.

El modelo del reflector de antena necesario para realizar la comunicación deseada con el satélite es a través del principio geométrico de la parábola.

Esta representa la base de los sistemas más sofisticados y más específicos.

A continuación presentamos el enunciado matemático de la parábola y luego el ejemplo de aplicación en el área de las comunicaciones por satélite.

<sup>3</sup>Encyclopaedia, Britannica, Inc. What is a parabola? [www.britannica.com](http://www.britannica.com)

## 1.2 Definición y ecuación de parábola

La parábola es el conjunto de los puntos del plano que se encuentran a la misma distancia de un punto fijo  $F$  (que se llama foco) y de una recta también fija  $d$  (que se llama directriz). Ver figura AP1

La parábola es una función cuadrática o polinomio de segundo grado, su ecuación general es:

$$y = ax^2 + bx + c; \quad \text{ecuación (1),}$$

Donde  $a$ ,  $b$  y  $c$  son números reales.

Cuando los valores  $b$  y  $c$  son igual a 0 estamos con la parábola en el origen.

- $y = ax^2$  parábola en el origen
- $y = ax^2 + bx$  desplazamiento vertical
- $y = ax^2 + bx + c$  desplazamiento del eje de simetría

La ecuación  $y = ax^2$ ; tiene su origen en las coordenadas  $(0,0)$ , así que todas estas parábolas cortan siempre, y en un único punto, al eje X; ese punto es el origen de coordenadas.

Con esta información trazamos el gráfico y describimos los elementos más importantes de la parábola, como es descrito en la figura 6:

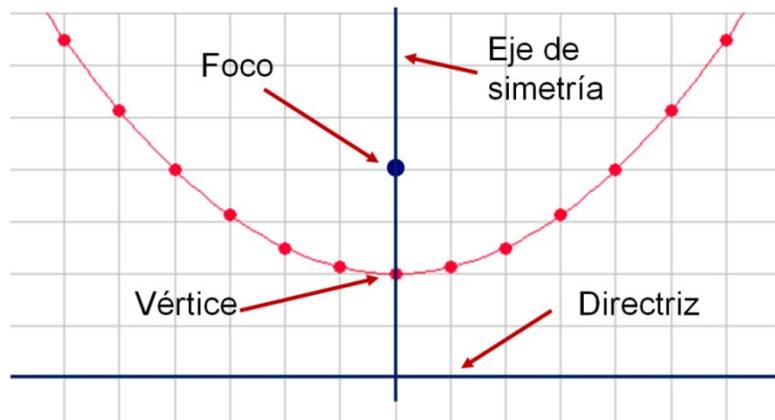


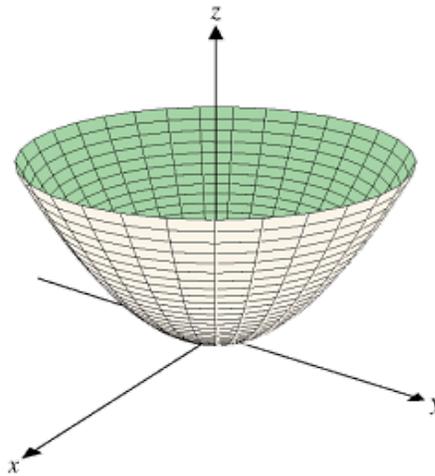
Figura AP2. Elementos de una parábola

- La línea horizontal es la **directriz**
- El punto es llamado **foco**.

- La línea perpendicular a la directriz, y que intercepta al foco es llamado el **eje de simetría**.
- El **vértice** es el punto de intersección del eje de simetría con la parábola.
- La distancia del vértice al foco, y del vértice a la directriz es el parámetro  $p$ .

### 1.3 Paraboloide de revolución

Un paraboloide resulta de la revolución, es decir girar la parábola alrededor de su eje de simetría como se muestra en la *figura 7*.



**Figura AP3.** Paraboloide de revolución.

Esta figura es algo muy similar a lo que físicamente es ya un plato parabólico práctico.

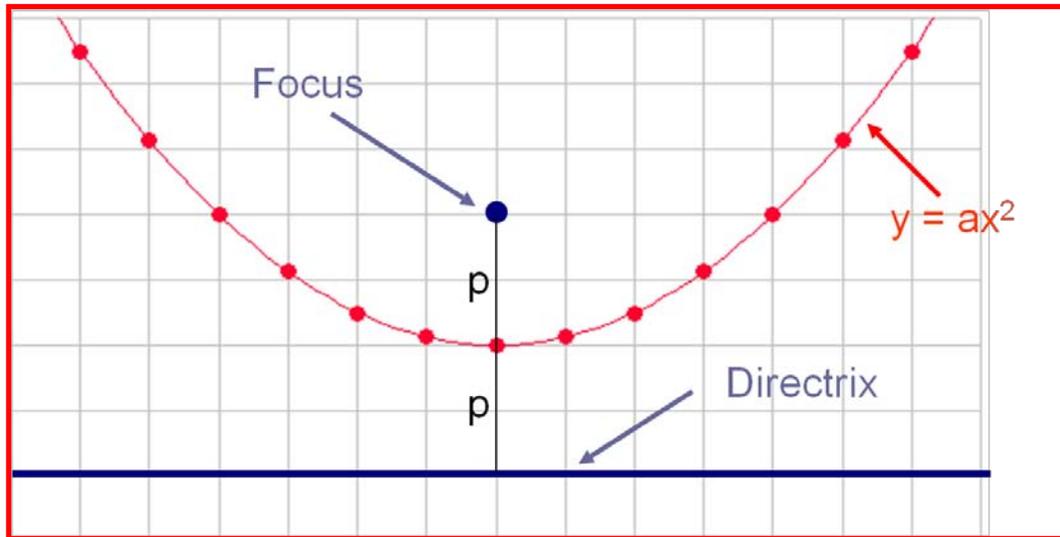
Un valor útil e importante es calcularla superficie del paraboloide, ya que este dato nos indicará la cantidad de material a utilizarse para cubrir el plato parabólico.

Los parámetros necesarios para obtener la superficie del plato son la profundidad ( $a$ ) y el diámetro ( $D$ ) como se aprecia en la ecuación (2):

$$S = \pi \frac{(a^2 D^2 + 1)^{\frac{3}{2}} - 1}{6a^2} \text{ ecuación(2)}$$

La ecuación (2) fue extraída del documento parabolicantennas.pdf de David Bern de la Universidad de Montgomery USA.

## Calculo del foco y la directriz de una parábola



**Figura AP4.** Parábola y sus elementos: foco, directriz y el parámetro  $p$

Nosotros sabemos que la parábola tiene como ecuación básica  $y=ax^2$ , El vértice está en  $(0,0)$ . La distancia del vértice al foco y de la directriz a este es la misma, y la llamaremos  $p$ .

De aquí que las coordenadas del foco:  **$(0,p)$**   
 Las coordenadas de la directriz:  **$(0,-p)$**

Así para un punto cualquiera de la parábola  $(x,y)$ , la definición nos dice que la distancia de este punto al foco y a la vez la distancia de este punto a la directriz deben ser iguales.

Así que si las coordenadas de un punto  $(x,y)$ , podemos sustituir  $y$  por su función  $ax^2$  de donde nos quedan las coordenadas  $(x,ax^2)$ .

Este punto sobre la recta directriz es  $(x,-p)$

Así que  $d_1 =$  distancia de  $(x, ax^2)$  a  $(0, p)$  punto  $x,y$  a foco ;  
 Que  $d_2 =$  distancia  $(x, ax^2)$  a  $(x,-p)$  punto  $x,y$  a directriz ;

**Ahora por definición  $d_1=d_2$**

$$d = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}$$

$$d_1 = d_2$$

$$\sqrt{(x - 0)^2 + (ax^2 - p)^2} = \sqrt{(x - x)^2 + (ax^2 - (-p))^2} \text{ desarrollamos cada término}$$

$$\sqrt{x^2 + a^2x^4 - 2ax^2p + p^2} = \sqrt{a^2x^4 + 2ax^2p + p^2} \text{ simplificamos radicales}$$

$$x^2 + a^2x^4 - 2ax^2p + p^2 = a^2x^4 + 2ax^2p + p^2$$
 cancelamos términos

$$x^2 = 4ax^2p$$
 cancelamos la variable x

$$p = |1/4a|$$
 ecuación 1

Por lo tanto la distancia p, del vértice al foco y del vértice a la directriz está dada por esta fórmula.

Usando transformaciones, podemos agregarle a la ecuación simple  $y=ax^2$  de manera horizontal o vertical. Ahora si la parábola se desplaza h unidades a la derecha y k unidades hacia arriba, la ecuación ahora será:

$$y=a(x-h)^2 + k$$
 ecuación 2

Casos a considerar:

Si  $a < 0$ , la parábola es decreciente, abre hacia abajo;

Si  $a > 0$ , la parábola es creciente, abre hacia arriba;

**APÉNDICE 3.** Tabla de frecuencia de satélites de comunicaciones

Tipo de Banda	Rango de Frecuencias
HF	1.8-30 MHz
VHF	50-146 MHz
P	0.230-1.000 GHz
UHF	0.430-1.300 GHz
L	1.530-2.700 GHz
S	2.700-3.500 GHz
C	Downlink <sup>4</sup> : 3.700-4.200 GHz Uplink <sup>5</sup> : 5.925-6.425 GHz
X	Downlink: 7.250-7.745 GHz Uplink: 7.900-8.395 GHz
Ku (Europa)	Downlink: FSS: 10.700-11.700 GHz DBS: 11.700-12.500 GHz Telecom: 12.500-12.750 GHz Uplink: FSS y Telecom: 14.000-14.800 GHz; DBS: 17.300-18.100 GHz
Ku (America)	Downlink: FSS: 11.700-12.200 GHz DBS: 12.200-12.700 GHz Uplink: FSS: 14.000-14.500 GHz DBS: 17.300-17.800 GHz
Ka	Entre 18 y 31 GHz

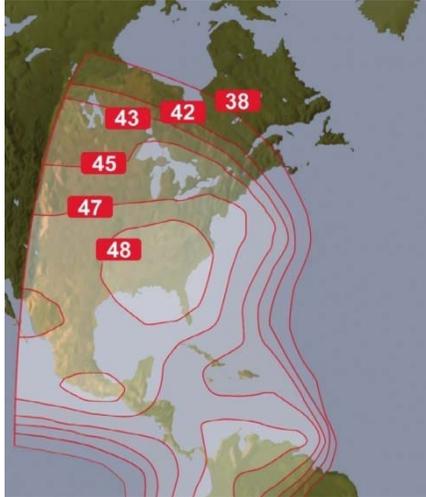
**Tabla AP1.** Banda de Frecuencias de los satélites de comunicaciones  
Crédito: Universidad Politécnica de Valencia

<sup>4</sup> Enlace descendente

<sup>5</sup> Enlace ascendente o de subida

**APÉNDICE 4.** Mapa de satélites, huella con cobertura para América-América Central y Nicaragua

HISPASAT 1D

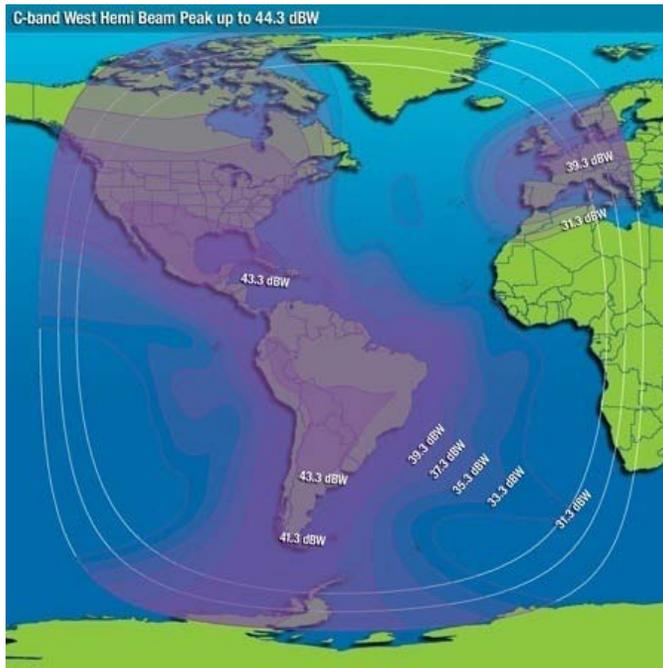


INTELSAT 1R



**Figura AP5.** Cobertura para Nicaragua **Figura AP6.** Cobertura para A Central

INTELSAT 21



**Figura AP7.** Cobertura global y que incluye para Nicaragua

**APÈNDICE 5.** Fotografías de construcción de soporte mecánicos y plato offset



**Figura AP8.** Sistema mecánico para el giro de azimuth para antena offset



**Figura AP9.** Sistema de motor y cadena



**Figura AP10.** Pintura y acabado de plato offset



**Figura AP11.** Armando panel de control