

# Estudio de Antena Microcinta Rectangular con Polarización Circular en Frecuencias de Banda-S Para Nanosatélites.

Campos Vicmar, Magallanes Ángel  
Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE)  
Borburata, Venezuela.  
vcampos@abae.gob.ve  
amagallanes@abae.gob.ve

**Resumen**— En el presente artículo se aborda el estudio de antena microcinta rectangular con alimentación directa por línea microcinta para nanosatélites que principalmente se utiliza para la comunicación en frecuencias de banda-S con polarización circular. Se describe los parámetros fundamentales de una antena de parche rectangular por su buena directividad y una considerable ganancia.

**Palabras Claves**— Antena Microcinta, Banda-S, Polarización Circular, Nanosatélite.

**Abstract**—This paper approach the study of rectangular microstrip antenna with microstrip line feeding directly for nanosatellites mainly used for communication in S-band frequencies of circular polarization. The fundamental parameters in a rectangular patch antenna by a good directivity and a substantial gain was realized.

**Key Words**— Microstrip Antenna, S-Band, Circular Polarization, Nanosatellite.

## I. INTRODUCCIÓN

El área de la antena microcinta en los últimos es una de las más dinámicas en el campo de la comunicación. Este diseño de antena, se ha convertido recientemente en un subsistema vital de comunicación para satélites pequeños, ya que toma en consideración sus limitantes del peso y el espacio disponible. Las antenas se pueden diseñar para tener cantidades variables de ganancia, esto puede proporcionar excelente directividad y una ganancia considerable. Las antenas microcinta o planas, son antenas configuradas en un formato tipo parche, generalmente cuadrada, rectangular, circular, triangular, elíptica o alguna otra forma común. Entre éstas formas, los parches rectangulares y circulares son probablemente los más usados ya que son bastante direccionales debido a que tienen la mayoría de su potencia radiada en una sola dirección tanto en el plano horizontal como en el vertical. En este documento se estará estudiando una antena microcinta que trabaje a frecuencias de banda S con

polarización circular y con una técnica de alimentación a través de la alimentación directa por línea microcinta.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Una antena de parche es un tipo de antena de radio de bajo contorno, conformadas de superficies que pueden ser o no planas, simples y de fabricación no tan costosa; usan modernas tecnologías de impresión de circuitos, mecánicamente robustas cuando se montan en superficies rígidas, compatibles con diseños de circuitos integrados monolíticos de microondas (MMIC's por sus siglas en ingles) y donde la forma particular y el modo son seleccionados de forma versátil en términos de la frecuencia de resonancia, la polarización, el patrón de radiación y la impedancia. Podemos ver el patrón de elevación como se muestra en la Fig. 1 y el patrón de azimut en la Fig. 2, en torno a la directividad de la antena. [3]

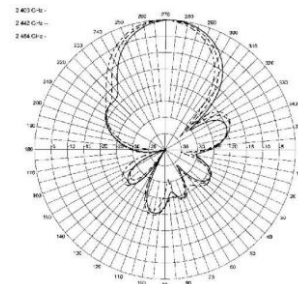


Fig. 1. Patrón de elevación de alta ganancia [3]

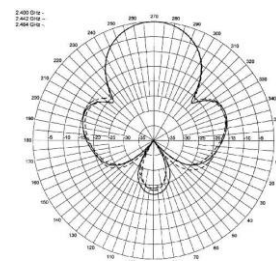


Fig. 2. Patrón de Azimut de alta ganancia [3]

### A. Origen de la Microcinta

Los antecedentes de los circuitos microcinta se remontan a los años 50 donde los primeros circuitos impresos para microondas aparecieron con el nombre de “striplines”. Por su arreglo balanceado las “striplines” confinan la mayor parte de los campos (de forma TEM) dentro del dieléctrico. Las líneas de microcinta aparecieron publicadas por primera vez en 1952, muy cerca de la aparición de las “striplines” (1951). [3]

Luego en 1953, cuando Deschamps propuso el uso de líneas de alimentación de microcinta para alimentar a una gran variedad de elementos de antena impresos. [1]

La diferencia en el nuevo modelo (microcinta) fue que se retiró la parte superior del sustrato dejando la línea conductora en el exterior. El futuro de las líneas de microondas son los llamados “MMICs” (Monolithic Microwave Integrated Circuits por sus siglas en inglés) que consisten en la deposición de circuitos planos directamente encima de un sustrato semiconductor con la intención de llevar a cabo circuitos completamente integrados. [3]

### B. Ventajas y Desventajas de las Antenas Microcinta

Las antenas microcinta han incrementado su popularidad por ser usadas en aplicaciones inalámbricas debido a que son estructuras de bajo perfil. Además son usadas para frecuencias elevadas principalmente en los rangos de microondas y ondas milimétricas. A continuación se presentan algunas de sus principales ventajas y desventajas: [6]

#### 1) Ventajas:

- ✓ Son livianas y ocupan poco volumen.
- ✓ Perfil plano lo cual las vuelve fáciles de adaptar a distintas superficies.
- ✓ Bajos costos de fabricación y facilidad para fabricarlas en serie.
- ✓ Soporta tanto polarización lineal como polarización circular.
- ✓ Fácilmente integrable a sistemas integrados de microondas (MMICs).
- ✓ Pueden diseñarse para trabajar a distintas frecuencias.
- ✓ Son mecánicamente robustas al ser montadas en superficies rígidas.

#### 2) Desventajas:

- ✓ Son de pequeño ancho de banda o más bien limitado (usualmente de 1 a 5%, pero se pueden agrandar estos rangos con una forma más compleja de las mismas).
- ✓ Baja ganancia.
- ✓ Limitada potencia.
- ✓ Baja pureza de polarización.
- ✓ La radiación de los bordes puede afectar los parámetros de las antenas.

### C. Aplicaciones

Las antenas microcinta poseen gran uso en aplicaciones inalámbricas debido a su estructura de bajo perfil. Por lo tanto, son muy compatibles para las antenas integradas a los dispositivos inalámbricos portátiles como teléfonos celulares, localizadores, etc. Otra área donde se han utilizado con éxito en la comunicación por satélite. Su uso tiene un gran auge para aplicaciones en las que el tamaño reducido es importante por ejemplo: aeronáutica, aviación, satélites, aplicaciones en misiles, dispositivos móviles, comunicaciones inalámbricas en general, y para frecuencias elevadas principalmente en los rangos de microondas y ondas milimétricas.[3]

### D. Tipos de parche

A menudo las antenas de microcinta son también conocidas como antenas “patch” o parche. Los elementos de radiación y las líneas de alimentación son usualmente fotograbados en el elemento sustrato dieléctrico. El parche de radiación puede ser cuadrado, rectangular, una cinta delgada o dipolo, circular, elíptica, triangular o cualquier otra configuración. Algunas de estas se muestran en la Fig. 3. [8]

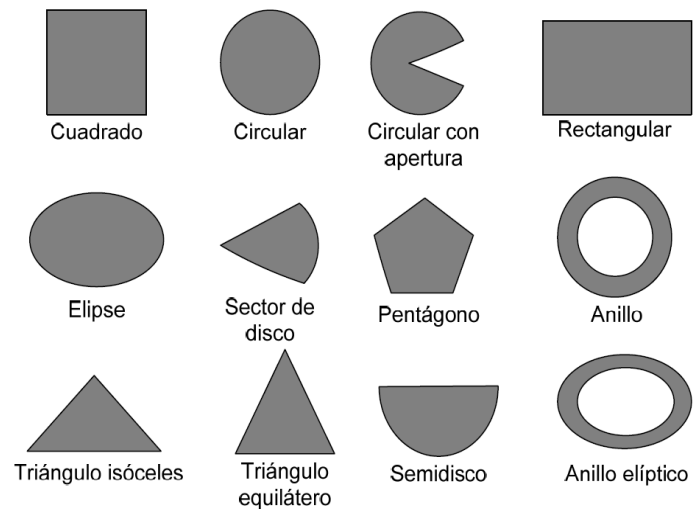


Fig. 3. Representación de figuras de elementos parche de una microcinta [6]

Los paneles rectangulares son probablemente los más utilizados debido a su geometría rectangular, éstos tienen un ancho de banda más grande comparados con las demás geometrías. Las circulares y elípticas son más complejas de analizar debido a su geometría. Las triangulares por tener una forma asimétrica producen una polarización cruzada. Mientras que las anillo no son tan fáciles de excitar a modos de bajo orden y obtener una buena impedancia de acople para resonancia. [2]

### E. Métodos de alimentación

Existen diferentes configuraciones que pueden ser usadas para alimentar las antenas microcinta. Las cuatro más populares son:

#### 1. Alimentación por Línea Microcinta:

Este método consiste en alimentar al radiador al conectarle directamente una línea microcinta (diseñada para tener la impedancia característica deseada) [3]. Como se muestra en la Fig. 4. Usualmente de un ancho mucho más pequeño comparado con el parche. La alimentación por línea microcinta es fácil de fabricar, simple de acoplar por control de la posición de inserción. Sin embargo, como el espesor del sustrato incrementa las ondas superficiales y la radiación de espurios por la alimentación de igual manera se incrementa, esto trae como consecuencia que se limite el ancho de banda en los diseños prácticos[8].

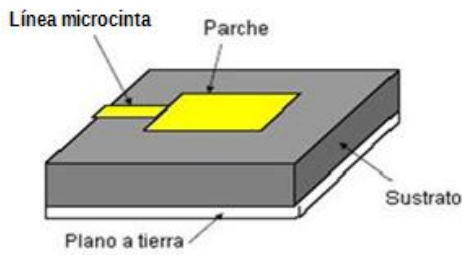


Fig. 4. Por Línea Microcinta [8]

#### 2. Alimentación directa con sonda coaxial

La parte interior del conductor es conectada al parche de radiación, mientras que la parte externa es conectada al plano de tierra. Sin embargo, esta configuración presenta un ancho de banda estrecho y es un modelo más difícil de construir, especialmente en sustratos gruesos, en la Fig. 5 se muestra éste método de alimentación. [8]

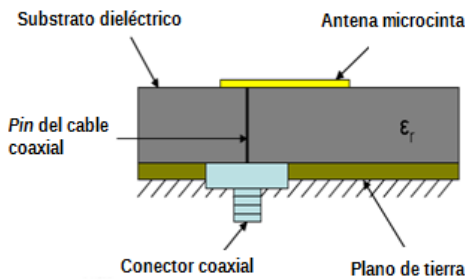


Fig. 5. Alimentación por sonda de cable coaxial [3]

#### 3. Alimentación por proximidad

Este elemento la alimentación no tiene contacto directo con el radiador sino que el acoplamiento es electromagnético. En éste método se tiene al radiador sobre un sustrato dieléctrico y en la parte inferior de ésta estructura se tiene una línea de alimentación sobre otro sustrato dieléctrico con un plano de tierra. Éste método tiene la ventaja que el radiador

así como la estructura de alimentación pueden optimizarse por separado cuando se utilizan dos capas de sustratos dieléctricos: un sustrato dieléctrico de la antena para obtener las mejores características del radiador (sustratos más anchos con permitividades eléctricas bajas) y de la alimentación (sustratos delgados y con permitividades eléctricas altas). En Fig. 6 se muestra la estructura general de éste método. [3]

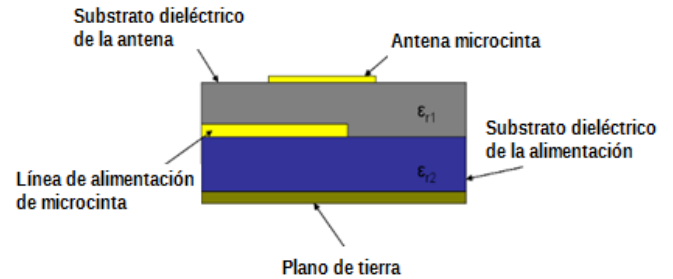


Fig. 6. Alimentación por el método de proximidad [3]

#### 4. Alimentación por apertura

Consiste de dos sustratos separados por un plano de tierra. Debajo del sustrato inferior existe una alimentación a través de línea microcinta cuya energía es acoplada al parche a través de una apertura en el plano de tierra que separa los dos sustratos. Este arreglo permite independiente optimización de la alimentación mecánica y de la radiación del elemento La Fig. 7 muestra la estructura de dicho método de alimentación. [8]

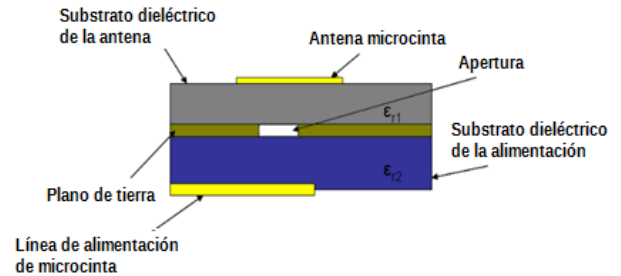


Fig. 7. Alimentación por apertura [3]

#### F. Método de modelado de línea de transmisión

Es un método de análisis por radiación que se hace presente en las discontinuidades y circuitos abiertos de la estructura de la Fig. 8, especialmente si su tamaño es comparable a la longitud de onda. No obstante el efecto de bordes se manifiesta en el contorno de la estructura y depende del grosor y la permitividad del dieléctrico. La línea de microcinta en la geometría de una línea de transmisión es un solo conductor en un lado y un plano de tierra en el otro separados por un aislante. Las líneas de transmisión de las microcintas consisten en una línea conductora de ancho "W" y largo "L" y un plano a tierra más amplia, separada por una capa dieléctrica (conocido como el sustrato) de espesor "h".

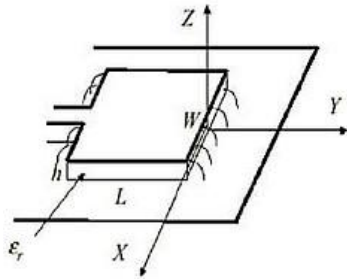


Fig. 8. Método de modelado de línea de transmisión de una antena microcinta [8]

**G. Polarización circular de Antenas microcinta**

Un parche microcinta con forma sencilla y alimentación única produce un campo radiado de polarización lineal. La polarización cambia con difracciones y reflexiones. (Ver Fig. 9 para tipos de polarización). Con el uso de antenas de polarización circular, el sistema puede tolerar cambios en la polarización de la señal, estos cambios pueden ser causados por la reflectividad, de absorción, de trayectos múltiples, las inclemencias del tiempo y los problemas de la línea de vista; condiciones que la mayor parte del tiempo pueden afectar a la polarización de una onda transmitida. [4]

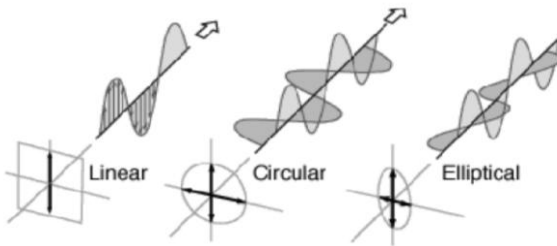


Fig. 9. Tipos de polarización [6]

La polarización circular es una buena forma para atenuar el efecto de reflexión. [5]

- ✓ Para un solo elemento como la Fig. 10 :
  - Alimentación única y formas específicas
  - Alimentación múltiple
- ✓ Para arreglos:
  - Rotación secuencial

**1) Alimentación individual con un solo elemento:**

La alimentación individual puede ser considerada como uno de los radiadores simples para excitar la polarización circular.

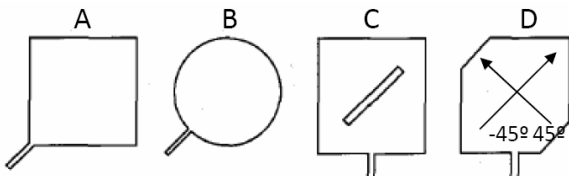


Fig. 10. Formas de parche que genera polarización circular.[5]

TABLA I. Descripción de parches de la Fig. 10.[5]

A) Ligeramente rectangular	B) Ligeramente elíptica
C) Cuadrada con ranura	D) Cuadrada con esquinas cortadas

Se basan en la excitación de 2 modos ortogonales, casi degenerados (frecuencia de resonancia parecida). La Forma del parche deberá poseer desviación de una geometría con modos degenerados. También, el punto de excitación es crítico para generar los 2 modos con idéntica amplitud. Además, la condición de polarización circular se cumple a una frecuencia intermedia entre las dos resonancias (banda muy estrecha).

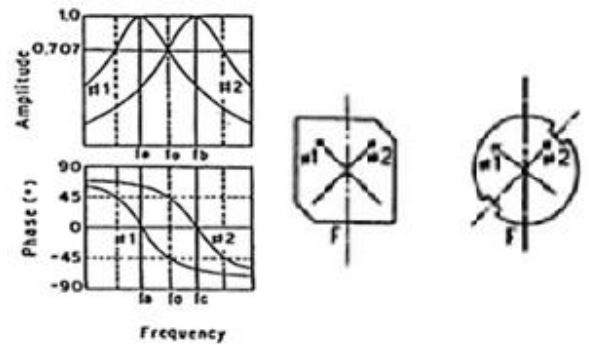


Fig. 11. Amplitud y la fase de los modos ortogonales con par de esquinas truncadas para polarización circular[4]

**2) Doble alimentación con un solo elemento:**

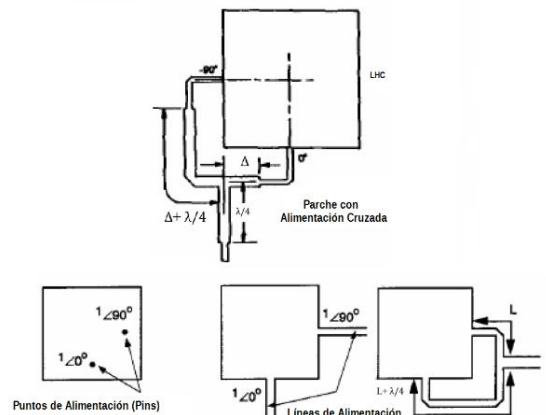


Fig. 12. Doble alimentación para polarización circular.[5]

Para este tipo de elemento en parche simétrico, solo tenemos circular o cuadrado. Posee dos puntos de excitación separado 90 ° y con desfase de 90°. También, se consigue un ancho de banda mayor. Ésta misma configuración sirve para polarización dual como la Fig. 12. Además, el desfase como se muestra en la Fig. 13, se puede conseguir mediante líneas de alimentación de distinta longitud o bien mediante circuitos híbridos que consiguieren el mismo efecto.

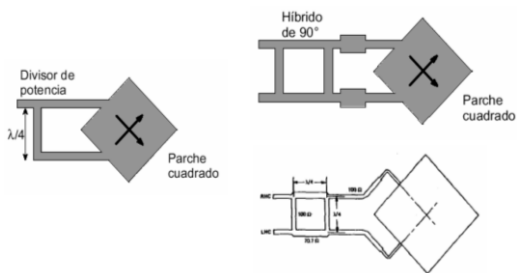


Fig. 13. Doble alimentación y Circuitos híbridos.[5]

### 3) Doble alimentación con un doble elemento:

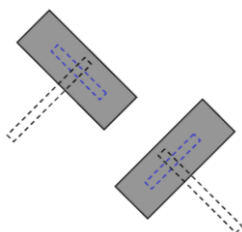


Fig. 14. Doble Parche rectangular.[5]

Para generar esta polarización deberán estar alimentados cada una por acoplo por apertura, como se puede visualizar en la Fig. 14. También se puede tomar en cuenta que la misma configuración sirve para polarización dual.

### 4) Alimentación individual con varios elementos, rotación secuencial:

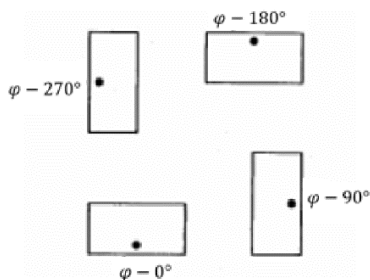


Fig. 15. Arreglos en rotación secuencial [5]

Para este método que solo aplica para arreglos como la Fig. 15. Se basa en sub-arreglos de 4 elementos con polarización lineal. Por lo que incluye que la polarización esté girada 90° de un elemento a otro para conseguir un ancho de banda mayor.

## III. PARÁMETROS DE UNA ANTENA MICROCINTA PARA POLARIZACIÓN CIRCULAR

Como ya se mencionó anteriormente de los tipos de antena microcinta más usados para polarización circular son los de parche rectangular. A continuación se especificará los pasos a realizar para los cálculos de sus parámetros de diseño de cada uno de ellos según la frecuencia de banda-S:

### 1) Frecuencia de Operación

Cuando se trata de satélites, la porción del espectro radioeléctrico que utilizarán lo determina prácticamente todo: la capacidad del sistema, la potencia y el precio. Los espectros de frecuencias de banda-S, son entre 2 y 4 GHz, ideales para nanosatélites.

### 2) Parche Rectangular:

Los elementos básicos de una antena panel rectangular de microcinta, se muestran en la Fig. 16. La cinta conductora de la parte superior (panel de radiación) de dimensiones  $L \times W$ , se encuentra sobre el sustrato dieléctrico con constante de dieléctrico  $\epsilon_r$  y espesor  $h$ , y en la parte inferior del sustrato la cinta conductora (plano de tierra). [10]

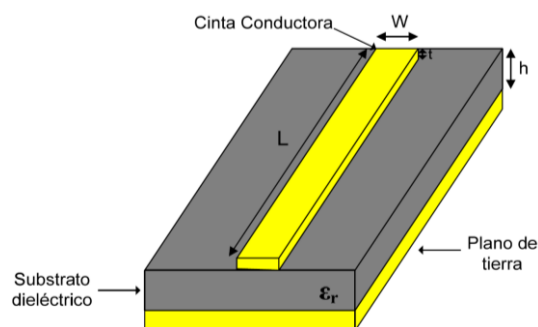


Fig. 16. Estructura de una antena microcinta rectangular [6]

El diseño de parche rectangular se trata como una línea de transmisión resonante por lo que se resume en los siguientes pasos:

1. Se especifica la frecuencia de operación y el sustrato a utilizar según la TABLA II, para la construcción de la antena con lo cual se asignan los valores de:

- $f_r$ - (Frecuencia de operación).
- $\epsilon_r$ - (Permitividad eléctrica del sustrato).
- $h$ - (Altura del sustrato dieléctrico).
- $C$ - (Velocidad de la luz en el espacio libre equivalente a  $3 \times 10^8$ )

TABLA II. Tipos de Sustrato y sus Constantes Dieléctricas.[5]

Material	Constante Dieléctrica ( $\epsilon_r$ )
PTFE- fibra de vidrio (horneado)	2.17 - 2.94
PTFE- fibra de vidrio (no horneado)	2.2, 2.3
PTFE- fibra de vidrio (cerámica)	6, 10.2
Alúmina	9 a 10
Teflón Puro	2.1
Taconic	3.5
Epoxy Fiberglass FR-4	4.2 - 4.8
TLY	2.2
Arlon 25N	3.38
Rohacell51	1.05
Rohacell Foam	1.07
Duroid	2.32
Honeycomb	1.02

Kapton	3.5
CuClad	2.17
GaAs	13
Barium	>80

2. Se obtiene el ancho efectivo de la antena:

$$W = \frac{C}{2fr \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \quad (1)$$

3. Se obtiene la permitividad dieléctrica efectiva:

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1} \quad (2)$$

4. Se obtiene la longitud efectiva de la antena:

$$L_{ef} = \frac{C}{2fr \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (3)$$

5. Se obtiene la extensión  $\Delta L$  mediante la siguiente ecuación que derivará en la obtención de la longitud real de la antena considerando la longitud efectiva:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{re} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{re} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

6. Se obtiene la longitud real de la antena de parche rectangular considerando la longitud efectiva de ésta y el valor de  $\Delta L$  con:

$$L = L_{ef} - 2\Delta L \quad (5)$$

7. Cálculo del plano tierra de la antena panel:

$$L_g = 6h + L \quad (6)$$

$$W_g = 6h + W \quad (7)$$

El modelo de línea de transmisión produce una aproximación muy aceptable para diseñar una antena, al generar un ancho de la antena  $W$  mayor a la longitud  $L$  de la antena se puede lograr una mayor radiación, además la eficiencia en el tamaño disminuye al excitar la parte menos larga de la antena cuando se podrían lograr tamaños más reducidos [3].

Es decir, para que nuestro diseño genere una polarización circular deberá ser un parche ligeramente rectangular basándose en una alimentación de dos modos ortogonales (frecuencias de resonancia parecidas), con Amplitud idéntica y con una frecuencia intermedia entre las dos resonancias. Además, por recomendación de algunos autores que han realizado diversos estudios y diseños con

antenas microcinta, se sugiera trabajar en caso de implementación con la hoja de especificaciones para láminas Epoxy Fiberglass FR-4, ya que posee una buena constante dieléctrica lo que beneficia a obtener mayor ancho de banda con menor pérdida en el sustrato.[7]

Por lo tanto, la elección del sustrato es importante, ya que el incremento del espesor del sustrato produce un mayor acoplamiento de energía. La desventaja es que produce un menor ancho de banda pero ésta se puede disminuir incrementando el espesor dieléctrico.

#### IV. CONCLUSIÓN

Los parámetros fundamentales en parches rectangulares nos dan una mayor probabilidad de generar una polarización circular con alimentación simple en su estructura, a través del método de línea directa microcinta. Otros métodos de generar polarización circular de forma simple, bien sea con aperturas, con modificación en el parche, es decir, que tengan cortes leves en algunas esquinas (en caso de que sea cuadrado) o que cumpla entre las dos resonancias una frecuencia intermedia. Otra manera es con doble alimentación, ya que se presentan dos puntos de excitación separado  $90^\circ$  y con desfase de  $90^\circ$ , o con conexiones híbridas entre las alimentaciones. Una configuración óptima sería con una forma de parche circular o cuadrada con apertura y con doble alimentación, generando así mejores patrones de radiación, una ganancia considerable y garantizando una conexión confiable. En los sistemas actuales que utilizan antenas microcinta, se puede obtener un mayor ancho de banda aumentando el espesor del dieléctrico logrando así una disminución del acoplamiento de energía. En el caso de frecuencias de banda-S son frecuencias entre 2 y 4 GHz para nanosatélites.

#### REFERENCIAS

- [1] John L. Volakis "Antenna Engineering Handbook", 4th Edition, 2007.
- [2] David M. Pozar, "Microwave Engineering", Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- [3] Salvador J. Yunes A., "Diseño de Antenas Direccionales de 2.4 y 5.8 GHz Por Medio de la Técnica de Microcinta", Oct 2009.
- [4] Sotelo B. Gustavo A., "Design of a circularly polarized patch antenna for satellite mobile communications in L-band", Dic. 2010.
- [5] Masa C. José L., Ruiz C. Jorge A., "Antenas y Circuitos de alta Frecuencia Segunda Parte, Tema III", May 2008.
- [6] Ramírez R., Urquiza I., "Metodología de Diseño para Antenas Microcinta de Parche rectangular", Ago. 2010.
- [7] Vijay Sharma, Brajraj Sharma, "A Novel Dual Frequency S-Band rectangular Microstrip Antenna for Radar and Space Communication", 2010.
- [8] Sandoval N. Francisco A., "Antenas Microcinta o Patch". Feb. 2009.
- [9] Sandoval N. Francisco A., "Microcinta Parche Rectangular". Feb. 2009.
- [10] Sandoval N. Francisco A., "Antena Panel". Jun. 2009.