

# **ANÁLISIS DE LA ASIGNATURA: ANTENAS.**

## **1. Análisis de los objetivos y de las competencias:**

Posibilitar al estudiante, mediante el desarrollo de una teoría clásica de antenas, obtener una comprensión global de las propiedades fundamentales de las antenas, sistemas de antenas y sus aplicaciones prácticas. Para tal fin, en la primera parte de la asignatura se desarrollarán las metodologías específicas que permitan obtener dichas propiedades (campo radiado, impedancia de entrada, propiedades directivas), a fin de abordar, en la segunda parte, el diseño práctico de antenas y arreglos de antenas que sean capaces de satisfacer requerimientos de ganancia, ancho de banda, adaptación de impedancias y requisitos estructurales (aspectos mecánicos) en una amplia gama de frecuencias y servicios a prestar. En la tercera parte se propone efectuar una revisión de los aspectos particulares a tener en cuenta en el diseño por bandas de frecuencia.

En función de lo expresado precedentemente, esta asignatura se compone de nueve (9) unidades temáticas que se agrupan en tres (3) partes según se detallan en los puntos 1.1, 1.2 y 1.3. El ordenamiento y profundidad de los temas a tratar en cada capítulo satisfacen los contenidos mínimos especificados en el punto 1.4 y están basados en la bibliografía recomendada.

### **1.1. PRIMERA PARTE: Fundamentos de antena.**

Constituye el núcleo teórico e introductorio de la asignatura y la componen las tres primeras unidades temáticas. El objetivo de la primera unidad es la determinación analítica del campo radiado, la potencia radiada y la impedancia que presentan las antenas ideales en su par de terminales de alimentación. En la segunda unidad se discutirán métodos y aproximaciones que sean capaces de describir el campo radiado y las impedancias de antenas cilíndricas gruesas (antenas reales). Por último, en la tercera unidad temática, se realizará el estudio de las propiedades directivas de las antenas dipolares.

### **1.2. SEGUNDA PARTE: Criterios generales de diseño.**

Las tres unidades temáticas que integran esta parte configuran el núcleo de la asignatura antenas. En la cuarta unidad temática se desarrollará un método para obtener el campo radiado resultante de sistemas lineales de radiadores isotrópicos. La oportuna generalización de este método permitirá, la síntesis de sistemas o arreglos de antenas prácticas constituidos por radiadores no isotrópicos. En la quinta unidad temática, se efectuará una revisión metódica de los distintos procedimientos, aplicables a todas las bandas de frecuencia, para obtener un patrón de radiación particular a partir de la utilización de arreglos que agrupan elementos activos con elementos parásitos discretos y con elementos parásitos continuos. La sexta unidad temática se destinará al diseño de los dispositivos de alimentación. Se enfatizará en la necesidad que dicho dispositivo provea la necesaria simetría al sistema línea-antena adaptando impedancias a fin de obtener la máxima eficiencia de la potencia disponible en el transreceptor.

### **1.3. TERCERA PARTE: Aplicaciones.**

Se compone de las últimas tres (3) unidades temáticas y trata sobre las aplicaciones prácticas de las antenas agrupadas en rangos de frecuencias. El objetivo consiste en aplicar los lineamientos de diseño vistos anteriormente en aplicaciones específicas en las bandas de frecuencia de MF y HF (unidad temática 7) y en las bandas de VHF, UHF (unidad temática 8) y en la banda de microondas (unidad temática 9). En cada unidad se analizará los requerimientos y especificaciones particulares de

directividad, ancho de banda, adaptación de impedancia y aspectos estructurales (montajes mecánicos). Se esbozarán métodos particulares y criterios generales para el diseño de antenas en las bandas propuestas. En el desarrollo de cada capítulo, se tendrá en cuenta las particularidades del servicio a prestar y se utilizarán catálogos con información técnica y comercial que posibiliten al alumno familiarizarse con los materiales y productos existentes en el mercado.

#### **1.4. CONTENIDOS MINIMOS**

- Radiación de antenas.
- Impedancia y mutua impedancias de antenas.
- Propiedades direccionales de las antenas.
- Sistemas de antenas isotrópicas y no isotrópicas.
- Diseño de dipolos y monopolos con plano de tierra.
- Diseño de sistemas de antenas formados por elementos activos (arrays).
- Diseño de sistemas de antenas que emplean elementos parásitos discretos.
- Diseño de sistemas de antenas que emplean elementos parásitos continuos.
- Diseño del sistema de alimentación y técnicas de adaptación de impedancias.
- Diseño de antenas de MF-HF
- Diseño de antenas de VHF-UHF.
- Diseño de antenas para microondas.

## **2. Análisis de los contenidos:**

2.1. Unidad Temática 1: Radiación de antenas ideales. Impedancia y mutua impedancia de antenas.

Se pretende profundizar el análisis físico-matemático básico del proceso de la radiación electromagnética. Se definirán previamente los potenciales electromagnéticos retardados a fin de facilitar el posterior cálculo del campo radiado por una antena. Completada esta revisión el alumno adquirirá los conocimientos necesarios para incorporar una visión amplia, con razonable profundidad de los fenómenos de transferencia de energía electromagnética desde las fuentes de radiación. Posteriormente se describirá el campo radiado por configuraciones de fuentes que asumen disposiciones geométricas simples, pero que constituyen la base fundamental para intentar resolver casos de sistemas radiantes prácticos más complejos. Para ello se comenzará por estudiar la radiación de un dipolo elemental, por constituir la pieza clave de cualquier estructura finita que se utilice como sistema radiante. Se proseguirá luego con el examen de antenas infinitamente delgadas de distintas longitudes y se efectuará el cálculo de las potencias radiadas. Posteriormente se desarrollarán métodos analíticos para determinar las autoimpedancias (resistencia y reactancias en el par de terminales de entrada) utilizando el método de Carter.

2.2. Unidad Temática 2: La antena cilíndrica.

En esta unidad se propone efectuar la descripción de la radiación y determinación de la impedancia de entrada de antenas reales o “gruesas”, auxiliándose con las aproximaciones de Abraham, Hallén y Schelkunoff, que ajustarán los resultados obtenidos en la unidad anterior. Posteriormente se van a desarrollar relaciones aproximadas, basadas en una equivalencia a establecer entre una antena bipolar simétrica, de sección cilíndrica con una línea de transmisión bifilar abierta en sus terminales de carga.

### 2.3. Unidad Temática 3: Propiedades direccionales de antenas.

Se analizarán las propiedades direccionales de las antenas introduciendo conceptos tales como directividad, ganancia y apertura eficaz de un sistema radiante los cuales permitirán cuantificar la eficiencia que posee la antena para ajustarse a los requerimientos del servicio a prestar.

### 2.4. Unidad temática 4: Sistemas de antenas isotrópicas y no isotópicas.

En esta unidad se estudiarán los sistemas de antenas, los cuales tienen por objetivo mejorar las características directivas que las que se pueden obtener de una sola antena. El punto de partida será el estudio del diagrama de radiación resultante provisto por un sistema o arreglo de antenas ideales isotrópicas mediante la aplicación del “Método de multiplicación de los diagramas de radiación”. Luego se revisará la aplicación práctica de este método de multiplicación de los diagramas de radiación para obtener el diagrama resultante de un arreglo de antenas dipolares (no isotrópicas), el cual se concibe a efectos de obtener mejores propiedades directivas que la provista por un dipolo aislado. Posteriormente se desarrollará el método de Dolph que posibilita optimizar la radiación de un arreglo mediante distribuciones no uniformes de la corriente que compatibiliza e incrementa la directividad del arreglo cancelando lóbulos secundarios.

### 2.5. Unidad Temática 5: Eliminación de la radiación en la dirección contraria a la deseada

En esta unidad se discutirán las dos (2) formas básicas de materializar la cancelación del campo radiado por una antena o arreglo, en ciertas direcciones contrarias a la deseada, con el objetivo de optimizar la energía disponible e incrementar la directividad. Se analizará los sistemas de antenas que incorporan elementos activos adicionales y los que utilizan elementos pasivos adicionales. En este análisis se tendrá particularmente en cuenta el rango de frecuencias de operación por influir decididamente en los costos de instalación y el peso de las estructuras de soportes requeridas.

### 2.6. Unidad Temática 6: Diseño del sistema de alimentación de antenas. Adaptación de impedancias

El objetivo de esta unidad es analizar los métodos más utilizados para materializar los alimentadores de antenas y sistemas de antenas y las necesarias armonizaciones que deben verificarse al acoplar los componentes básicos de un sistema de transmisión y recepción para obtener una eficiencia global del sistema. Esto es la interconexión del transreceptor con el medio de transporte de la energía (línea, cable coaxil, guía de onda) y el radiador (antena). Asimismo se realizará una discusión comparativa para seleccionar adecuadamente los componentes mencionados teniendo en cuenta la frecuencia y ancho de banda de operación, la potencia a irradiar por la antena y la capacidad portante requerida en la línea de alimentación, la simetría global del conjunto a efectos de cancelar las radiaciones indebidas en el alimentador y las técnicas de adaptación de impedancia más utilizadas en las distintas bandas de frecuencias.

## 2.7. Unidad Temática 7: Aplicaciones. Antenas de MF y HF

En antenas para media frecuencia (MF) se efectuará una discusión de las antenas verticales (torres autosoportadas o erigidas mediante riendas con plano de tierra) utilizadas en aplicaciones de radiodifusión en AM (broadcasting) y sus requerimientos mecánicos.

Al abordar las antenas de HF, como introducción se revisarán los tipos de propagación y de polarizaciones que se emplean y las aplicaciones destinadas a esta banda de comunicaciones. Luego se discutirán los parámetros de mayor importancia para el diseño a saber: ancho de banda, frecuencia óptima de trabajo, ángulo de máxima radiación, cobertura en azimut, ganancia o directividad requerida, relación de onda estacionaria y potencia de entrada mínima a la antena a efectos de asegurar el enlace entre dos correspondientes dada una cierta localización geográfica y los requerimientos mecánicos y ambientales de la instalación. Finalmente se esbozará un procedimiento general de diseño y ejemplos varios que contemple los parámetros indicados.

## 2.8. Unidad Temática 8: Aplicaciones. Antenas de VHF, UHF y Microondas

En antenas de VHF / UHF se mencionarán las variadas aplicaciones destinadas al rango comprendido entre 30 Mhz a 1 Ghz, el tipo de propagación utilizada (troposférica) y los distintos tipos de polarizaciones utilizadas (verticales, horizontales y circulares). Para el diseño de las antenas de VHF y UHF se utilizará el criterio de seleccionar las antenas (soluciones estándares) más comúnmente utilizadas y su eventual modificación a fin de adaptarla a los requerimientos particulares de potencia y ganancia. Para ello se encarará el diseño de la antena, teniendo en cuenta los siguientes casos posibles: antenas para enlaces punto a punto, antenas para estaciones fijas y antenas para estaciones móviles.

## 2.9. Unidad Temática 9: Aplicaciones. Antenas para Microondas

En antenas para microondas se efectuará una revisión de las soluciones prácticas, los aspectos físico-geométricos de los componentes que intervienen en antenas de microondas (bocinas y diversos tipos de reflectores) y aspectos estructurales de sus aplicaciones más importantes: radares de navegación, radares meteorológicos, radares de tránsito aéreos y marítimos, antenas para enlaces de microondas y otras tales como antenas satelitales y de censado remoto. Asimismo se efectuará una revisión sobre los desarrollos recientes de antenas en esta banda tales como antenas lentes ó lenticulares y antenas microstrip (patch antenas).

## **3. Metodología a utilizar en el cursado:**

Teniendo en cuenta que los alumnos de esta asignatura son estudiantes avanzados de la carrera, se propone desarrollar una teoría clásica de antenas mediante exposiciones orales en clases por parte del Profesor, con el concepto de integrar los nuevos conceptos, con los conocimientos adquiridos en las materias correlativas (medios de enlace, comunicaciones, etc.).

Para la tercera parte (U.T. 7, 8 y 9) el dictado consistirá en el desarrollo de ejemplos concretos que permitan delinear criterios y procedimientos de diseño particulares para cada banda de frecuencia. Dado el carácter integrador de estos capítulos, se pondrá particular énfasis en lograr, a través de la activa participación de los alumnos, analizar las posibles soluciones que permitan optimizar el diseño de la antena desde

el punto de vista de los costos de una instalación real.

Asimismo y a fin de consolidar los conocimientos adquiridos en las distintas unidades, se propondrá a los estudiantes la elaboración de una monografía y su correspondiente exposición individual sobre temas vinculados con las aplicaciones que se desarrollen en las últimas unidades

Se empleará como ayudas didácticas pizarrón, proyector de transparencia y cañón electrónico para presentar la abundante cantidad de diagramas y tablas relacionadas con los temas a tratar a fin de auxiliar la comprensión por parte de los alumnos de las unidades temáticas propuestas para esta asignatura.

El cursado de la asignatura es conforme a las condiciones establecidas en el **Capítulo 7 (punto 7.1) de la Ordenanza 1549**.

#### **4. Actividades de formación práctica:**

Se propone efectuar una ejercitación de problemas en correspondencia con las unidades temáticas tratadas con el objetivo que los alumnos puedan fijar los conceptos y fundamentos desarrollados en las clases teóricas.

Para la primera y segunda parte se desarrollarán ejercicios que se agrupan en cinco prácticos, los cuales han sido extraídos de la bibliografía recomendada. Asimismo, como actividad práctica de la tercera parte (“Aplicaciones”), se requerirá a los alumnos la confección y exposición de una monografía.

- Práctico 1: Radiación de antenas infinitamente delgadas.
- Práctico 2: Impedancia y mutua impedancia de antenas.
- Práctico 3: Propiedades direccionales de antenas
- Práctico 4: Diseño de sistemas de antenas.
- Práctico 5: Diseño del sistema de alimentación de antenas. Adaptación de impedancias.
- Práctico 6: Monografía y exposición (corresponde a un diseño de antena de MF, HF, VHF, UHF, microondas previamente asignado.)

#### **5. Técnicas de evaluaciones:**

Conforme lo estipulado en el **Capítulo 7 (punto 7.2) de la Ordenanza 1549**, el régimen de aprobación de la asignatura se regirá de acuerdo a las siguientes condiciones:

**Aprobación directa (punto 7.2.1):** Se alcanzará aprobando las tres instancias de evaluación que se detallan a continuación y que están relacionadas con cada una de las partes que integran esta asignatura:

1° Instancia de Evaluación: Primera Parte - Fundamentos de Antenas.

2° Instancia de Evaluación: Segunda – Criterios generales de diseño de antenas.

3° Instancia de Evaluación: Tercera Parte – Aplicaciones.

En las dos primeras evaluaciones se tomará un cuestionario escrito sobre los temas abordados en las correspondientes unidades temáticas. La tercera instancia

consistirá en la evaluación de una monografía y su correspondiente exposición individual sobre algún tipo de aplicación desarrollado en las tres últimas unidades. En la monografía se deberán citar las características más sobresalientes de la antena diseñada, especificando diagramas de radiación, impedancia, ganancia, sistema de alimentación y aspectos mecánicos, citando las ventajas e inconvenientes de la antena propuesta respecto de otras posibles soluciones.

Las tres instancias de evaluación tendrán una instancia de recuperación que se pautará en una fecha posterior a la finalización del cursado.

**Cursado:** El estudiante que reprobara alguna instancia de evaluación y no fuera recuperada, **cursará la asignatura y estará** habilitado para rendir una evaluación final escrita/oral que abarcará todo el programa de la asignatura en los plazos previstos en la presente Ordenanza.

**No aprobación (punto 7.2.3):** El estudiante que repruebe el examen final y no haya demostrado niveles mínimos y básicos de aprendizaje deberá re-cursar la asignatura.

## **6. Bibliografía recomendada:**

ANTENNAS - John D. Kraus - Mac Graw-Hill Book Co. - 1988.

ANTENNA ENGINEERING HANDBOOK 3º Edic. Parte 1 y 2 - R.C.Johnson. - McGraw-Hill - 1993.

PROPAGACION Y RADIACION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS. Parte III RADIACION ELECTROMAGNETICA - Salvador Puliafito - Editorial Idearium - 1987.

ANEXO A LA PARTE III - Salvador Puliafito - Editorial Idearium - 1987.

ANTENNAS Theory and Practice - S.A. Schelkunoff y H.T. Friis. - John Wiley & Sons, Inc. - 1952.

ANTENNAS Theory and Design - W.L. Stutzman -

INGENIERIA DE ANTENAS - Edmund Laport - Editorial H.A.S.A - 1963.

MANUAL DE ANTENAS - Woodrow Smith - Editorial H.A.S.A - 1963.

**ING. Gabriel Antonio PULIAFITO**  
**Profesor Adjunto Interino**  
**Legajo Nº 27565**