

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales República Argentina</p>	Programa de: <h2 style="text-align: center;">Teoría del Campo Electromagnético</h2> Código: 7221								
Carrera: <i>Ingeniería Electrónica</i> Escuela: <i>Ingeniería Electrónica y Computación.</i> Departamento: <i>Electrónica.</i>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Plan: <i>281-05</i></td> <td style="width: 33%;">Puntos: <i>4</i></td> </tr> <tr> <td>Carga Horaria: <i>96</i></td> <td>Hs. Semanales: <i>6</i></td> </tr> <tr> <td>Semestre: <i>Octavo</i></td> <td>Año: <i>Cuarto</i></td> </tr> <tr> <td>Carácter: <i>Obligatoria</i></td> <td>Bloque: <i>Tecnologías Básicas</i></td> </tr> </table>	Plan: <i>281-05</i>	Puntos: <i>4</i>	Carga Horaria: <i>96</i>	Hs. Semanales: <i>6</i>	Semestre: <i>Octavo</i>	Año: <i>Cuarto</i>	Carácter: <i>Obligatoria</i>	Bloque: <i>Tecnologías Básicas</i>
Plan: <i>281-05</i>	Puntos: <i>4</i>								
Carga Horaria: <i>96</i>	Hs. Semanales: <i>6</i>								
Semestre: <i>Octavo</i>	Año: <i>Cuarto</i>								
Carácter: <i>Obligatoria</i>	Bloque: <i>Tecnologías Básicas</i>								
Objetivos: <i>El curso se ocupa de la propagación de ondas electromagnéticas en distintos medios a cualquier frecuencia. El estudio de la propagación en varios medios, problemas que se presentan y su solución. El estudio parte de las ecuaciones de Maxwell, introduciendo la metodología general que es un potente instrumento para resolver problemas de electromagnetismo aplicado en todas las áreas.</i>									
Programa Sintético: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Introducción.</i> 2. <i>Campos estacionarios y cuasi estacionarios.</i> 3. <i>Ecuaciones de Maxwell.</i> 4. <i>Ecuaciones de la Onda en el vacío.</i> 5. <i>Ecuaciones de la onda en medios dieléctricos y conductores.</i> 6. <i>Teorema de Poynting.</i> 7. <i>Reflexión y transmisión de Campos Electromagnéticos. Incidencia perpendicular.</i> 8. <i>Reflexión y transmisión de Campos Electromagnéticos. Incidencia oblicua.</i> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> 9. <i>Ondas guiadas por planos y secciones conductoras.</i> 10. <i>Ondas guiadas por dos conductores. TEM.</i> 11. <i>Ondas guiadas en medios dieléctricos.</i> 12. <i>Radiación de Campos Electromagnéticos.</i> </td> </tr> </table>		<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Introducción.</i> 2. <i>Campos estacionarios y cuasi estacionarios.</i> 3. <i>Ecuaciones de Maxwell.</i> 4. <i>Ecuaciones de la Onda en el vacío.</i> 5. <i>Ecuaciones de la onda en medios dieléctricos y conductores.</i> 6. <i>Teorema de Poynting.</i> 7. <i>Reflexión y transmisión de Campos Electromagnéticos. Incidencia perpendicular.</i> 8. <i>Reflexión y transmisión de Campos Electromagnéticos. Incidencia oblicua.</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 9. <i>Ondas guiadas por planos y secciones conductoras.</i> 10. <i>Ondas guiadas por dos conductores. TEM.</i> 11. <i>Ondas guiadas en medios dieléctricos.</i> 12. <i>Radiación de Campos Electromagnéticos.</i> 						
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Introducción.</i> 2. <i>Campos estacionarios y cuasi estacionarios.</i> 3. <i>Ecuaciones de Maxwell.</i> 4. <i>Ecuaciones de la Onda en el vacío.</i> 5. <i>Ecuaciones de la onda en medios dieléctricos y conductores.</i> 6. <i>Teorema de Poynting.</i> 7. <i>Reflexión y transmisión de Campos Electromagnéticos. Incidencia perpendicular.</i> 8. <i>Reflexión y transmisión de Campos Electromagnéticos. Incidencia oblicua.</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 9. <i>Ondas guiadas por planos y secciones conductoras.</i> 10. <i>Ondas guiadas por dos conductores. TEM.</i> 11. <i>Ondas guiadas en medios dieléctricos.</i> 12. <i>Radiación de Campos Electromagnéticos.</i> 								
Programa Analítico: de foja 2 a foja 6.									
Programa Combinado de Examen (si corresponde): de foja a foja .									
Bibliografía: de foja 6 a foja 6.									
Correlativas Obligatorias: <i>Teoría de Redes</i> <i>Análisis Matemático III</i>									
Correlativas Aconsejadas:									
Rige: <i>2005</i>									
Aprobado HCD, Res. 383-HCD-2006 y Res. HCS 418 Fecha: 19-05-2006	Sustituye al aprobado por Res.: 500-HCD-2005 Fecha: 02-09-2005								
El Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) certifica que el programa está aprobado por el (los) número(s) y fecha(s) que anteceden. Córdoba, / / .									
Carece de validez sin la certificación de la Secretaría Académica:									

PROGRAMA ANALITICO

LINEAMIENTOS GENERALES

Teoría del Campo Electromagnético es una actividad curricular que se dicta en cuarto año, octavo semestre, de la carrera Ingeniería Electrónica.

Podemos sintetizar la importancia de esta asignatura diciendo que el estudio de los campos electromagnéticos y su propagación en distintos medios (vacío, dieléctricos, conductores, sistema de guías de onda) es la base para comenzar los conocimientos que serán aplicados a la ingeniería de radiofrecuencia. El curso comienza con el estudio de las ecuaciones de Maxwell, a partir de estas obtenemos la ecuación de la onda, la aplicamos a los medios para analizar el comportamiento de la propagación de los campos electromagnéticos, primero estudiamos los medios de dimensiones infinita, luego estudiamos la influencia que presentan a la propagación cuando estos van cambiando, y los campos inciden en forma perpendicular. Definiremos nuevos parámetros que son de aplicación en esta asignatura, como en asignaturas dedicadas a la radiofrecuencia.

Se estudia en un capítulo aparte la incidencia oblicua de los campos electromagnéticos en la separación de medios, de este estudio quedarán planteados tres temas, uno de estudio en el presente curso (propagación entre chapas conductoras, y secciones tubulares), los otros dos son motivos de estudio en otras asignaturas, una dedicada a las fibras ópticas y la otra a la propagación de los campos electromagnéticos en la atmósfera y la tierra como límite, con sus irregularidades.

Continuando con el estudio de los campos electromagnéticos y su propagación, le dedicamos un capítulo importante al Teorema de Poynting, que define el transporte de energía por los campos a través de los medios y como afectan estos con sus parámetros característicos.

El curso continúa con el estudio de la propagación de los campos electromagnéticos en sistemas guías ondas como son: las líneas de conductores paralelos, coaxiales, y de sección tubular. Para estos estudios aplicamos conceptos y definiciones obtenidos en los temas anteriores.

El alumno debe tener presente que en el desarrollo del programa los conceptos de los temas desarrollados con anterioridad se aplican permanentemente en los nuevos.

METODOLOGIA DE ENSEÑANZA

El curso es dictado en forma teórica por un lado, los prácticos se van desarrollando en la medida que avanzan los teóricos.

En particular cada tema se trata en forma muy minuciosa, realizando los desarrollos matemáticos correspondientes y justificar de esta forma los objetivos y conclusiones buscadas, los alumnos participan con preguntas que el docente realiza en la medida que se avanza, como así también los alumnos tienen posibilidad de aclarar sus dudas, luego se desarrolla un ejemplo que trata de ser lo más general posible. En los prácticos se refrescan los conceptos sobresalientes del desarrollo teórico que lo ayudaran a resolver los problemas que se dan para completar el estudio.

Para el estudio de esta asignatura se hace uso del análisis matemático, análisis vectorial, geometría analítica lo cual obliga al docente justificar los conceptos usados y su aplicación al estudio de los campos electromagnéticos.

EVALUACION

CONDICIONES PARA OBTENER LA PROMOCION:

1. Tener las correlativas aprobadas
2. Asistir al 80% de las clases teóricas, y prácticos.
3. Aprobar dos exámenes parciales. El examen estará compuesto de una parte práctica, y una teórica.
4. Haber presentado los trabajos prácticos en tiempo y en forma.

Es condición para rendir el teórico haber aprobado el práctico. Los temas que entran en el examen son los desarrollados, y los que el docente da para su estudio, tanto en el teórico como en el práctico

La nota mínima del teórico y del práctico es de 4(cuatro)

Se puede recuperar uno de los exámenes parciales, para aprobarlo deberá obtener un 4(cuatro) como mínimo, reemplazando esta nota al aplazo

CONDICIONES PARA OBTENER LA REGULARIDAD:

1. Asistir al 80% de las clases teóricas, y prácticos.
2. Aprobar uno de los exámenes parciales.
3. Haber presentado los trabajos prácticos en tiempo y en forma.

CONDICION LIBRE:

El no haber cumplido con las condiciones anteriores.

CONTENIDOS TEMATICOS

UNIDAD I INTRODUCCION

Calculo vectorial: gradiente, divergencia, rotor, Teorema de la divergencia, Teorema de Stokes.
Electroestática: campo eléctrico, densidad de flujo eléctrico, potencial eléctrico, ley de Gauss, ecuación de Laplace, ecuación de Poisson, capacitancia. Magnetostática, densidad de flujo magnético, intensidad de campo magnético, ley de Ampere, vector potencial magnético, solución de la ecuación vectorial de Poisson. Ejemplos.

UNIDAD II ECUACIONES DE MAXWELL

Resumen de ecuaciones del campo estático. Ley de Faraday. Ecuación de continuidad para campos variables en el tiempo. Incompatibilidad de la ley de Ampere. Ecuaciones de Maxwell. Condiciones de frontera para los campos E, D, J, H, B. Ecuaciones del campo electromagnético en el campo complejo. Problemas

UNIDAD III ONDAS ELECTROMAGNETICAS

Ondas electromagnéticas en medios homogéneos: vacío, dieléctricos perfectos, medios con pérdidas. Deducción de la ecuación de la onda, ecuación de la onda en el campo complejo, ecuación vectorial de Helmholtz, solución de la ecuación, interpretación física de los términos de la solución, forma sinusoidal de la solución de la ecuación de la onda, propagación del campo electromagnético. Relación entre el campo E Y H, impedancia característica del medio, constante de propagación, demostración de onda plana y uniforme. Clasificación de los medios en: conductores, dieléctricos, deducir las constantes de propagación, impedancia característica. Velocidad de grupo. Ejemplos. Problemas.

UNIDAD IV TEOREMA DE POYNTING

Teorema de Poynting, demostración, ejemplos de aplicación. Vector de Poynting en medios: perfectos, con pérdidas. Poynting promedio. Vector de Poynting en el campo complejo: teorema, promedio. Ejemplos. Problemas.

UNIDAD V REFLEXION Y TRANSMISION DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS: INCIDENCIA PERPENDICULAR

dieléctricos y conductores (dos medios), condiciones de frontera, ecuación del campo incidente, reflejado, campo resultante, onda estacionaria, definición del coeficiente de reflexión, definición del Incidencia perpendicular de un frente de onda plana sobre conductor perfecto (dos medios), condiciones de frontera, ecuación del campo incidente, reflejado, campo resultante, onda estacionaria, impedancia de onda, campo en el medio que incide (campo transmitido). Formación de la onda estacionaria haciendo uso de las ecuaciones en el campo real. Incidencia perpendicular sobre coeficiente de onda estacionaria (ROE), relación entre el ROE y el coeficiente de reflexión, impedancia de onda, relación entre la impedancia de onda, característica, y el coeficiente de reflexión. Campo en el medio que incide (campo transmitido). Formación de la onda estacionaria haciendo uso de las ecuaciones en el campo real. Incidencia perpendicular para más de dos medios, condiciones de frontera, ecuación del campo en cada uno de los medios, ondas estacionarias. Adaptación de impedancia usando medios de longitud $\lambda/4$. Estudios de los campos en los distintos medios haciendo uso de la gráfica de Smith. Base teórica de la grafica de Smith. Aplicación al estudio de la incidencia perpendicular del campo. Aplicación del teorema de Poynting a la incidencia perpendicular del campo. Profundidad de penetración, impedancia superficial, pérdidas de potencia en un plano conductor. Ejemplos. Problemas.

UNIDAD VI REFLEXION Y TRANSMISION DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS: INCIDENCIA OBLICUA

Incidencia oblicua sobre conductor perfecto, condiciones de frontera, plano de incidencia, solución de la ecuación de la onda para campos: transversal magnético, transversal eléctrico. Campo incidente, reflejado, transmitido. Angulo de incidencia. Forma sinusoidal de la ecuación de la onda. Onda: estacionaria, progresiva. Trazado del campo electromagnético. Solución de la ecuación de la

onda entre dos chapas conductoras paralelas separadas una distancia, análisis de la condición que debe cumplir esta separación, trazado del campo electromagnético, longitud de la onda progresiva, longitud de la onda estacionaria.

Incidencia oblicua sobre un dieléctrico, condición de frontera, solución de la ecuación de la onda para campos: transversal magnético, transversal eléctrico. Campo incidente, reflejado, transmitido, coeficiente de reflexión, ángulo de Brewster, ángulo Óptimo, o de reflexión total. Ejemplos. Problemas.

UNIDAD VII ONDAS GUIADAS POR DOS CONDUCTORES, TEM

Ecuación de la onda entre dos conductores perfectos de longitud infinita rodeados de un dieléctrico sin pérdidas, solución de la ecuación, constante de propagación, relación entre la tensión y la corriente impedancia característica. Aplicación de las condiciones de contorno a la solución de la ecuación de onda. Análisis de líneas terminadas en la siguiente impedancia de carga: cortocircuito, circuito abierto, impedancia característica, impedancia distinta de la característica. Coeficiente de reflexión, impedancia de onda. Relación entre el coeficiente de reflexión, la impedancia de onda, y la impedancia característica, coeficiente de onda estacionaria (ROE), relación entre el ROE y el coeficiente de reflexión. La línea como elemento de circuito. La línea como elemento de adaptación de impedancias, dispuesto en serie, en paralelo. Adaptación con tramos de línea de longitud $\lambda / 4$. Aplicación de la gráfica de Smith a las líneas de transmisión. Potencia en las líneas de transmisión. Líneas de bajas pérdidas, ecuación de la onda, solución de la misma, constante de propagación, impedancia característica, impedancia de onda, coeficiente de reflexión, ROE, limitaciones del uso de la gráfica de Smith, potencia. Líneas con pérdidas, ecuación de la onda, solución de la misma, constante de propagación, impedancia característica, impedancia de onda, coeficiente de reflexión, ROE, potencia. Medición de impedancia por medio de la línea ranurada. Ejemplos. Problemas.

UNIDAD VIII ONDAS GUIADAS POR UNA SECCION TUBULAR RECTANGULAR CONDUCTORA

Ecuaciones de Maxwell aplicada a las secciones tubulares, condición de contorno, ecuación de la onda, solución para el modo transversal magnético (TM), constante de propagación de la guía, impedancia intrínseca de onda, frecuencia de corte, longitud de onda, constante de fase, velocidad de propagación, trazado de modos, distribución de la densidad de corriente en las paredes de la guía. ecuación de la onda, solución para el modo transversal eléctrico (TE), constante de propagación de la guía, impedancia intrínseca de onda, frecuencia de corte, longitud de onda, constante de fase, velocidad de propagación, trazado de modos, distribución de la densidad de corriente en las paredes de la guía. Modo dominante. Excitación de la guía para obtener los distintos modos. Potencia. Atenuación del campo. Velocidad de grupo. Ejemplos. Problemas.

UNIDAD IX RADIACION DE CAMPOS ELECTROMAGNETICOS

Ecuación de onda en función de los potenciales electromagnéticos.
Integración de la ecuación de onda inhomogénea en el vacío, potenciales retardados. Ejemplos de aplicación.

1. DISTRIBUCION DE LA CARGA HORARIA

ACTIVIDAD	HORAS
TEÓRICA	64
FORMACIÓN PRACTICA:	
○ FORMACIÓN EXPERIMENTAL	
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	32
○ ACTIVIDADES DE PROYECTO Y DISEÑO	
○ PPS	
TOTAL DE LA CARGA HORARIA	96

DEDICADAS POR EL ALUMNO FUERA DE CLASE

ACTIVIDAD	HORAS
PREPARACION TEÓRICA	60
PREPARACION PRACTICA	
○ EXPERIMENTAL DE LABORATORIO	
○ EXPERIMENTAL DE CAMPO	
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	40
○ PROYECTO Y DISEÑO	
TOTAL DE LA CARGA HORARIA	100

2. BIBLIOGRAFIA

- TEORIA ELECTROMAGNETICA Johnk Carl T.A.
- ELECTROMAGNETISMO CON APLICACIÓN Kraus J.D. Fleisch A.
- CAMPOS Y ONDAS Ramo S. Whinnery J.R. Van Duzer T.
- ONDAS ELECTROMAGNETICAS Y SISTEMAS RADIANTES Jordan E.C. Balmain K.G.
- SISTEMA DE ONDAS GUIADAS Bianchi A.N.
- ELECTROMAGNETISMO CONCEPTOS Y APLICACIÓN Dubboff R.E. Marshall
- CAMPOS ELECTROMAGNETICOS S.V. Skitek G.G. Wangsness R.