



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**



**ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DEL SOFTWARE DISANT PARA EL
DISEÑO DE ARREGLOS DE ANTENAS**

**EDWARD COLMENARES
ABEL PEÑA**

VALENCIA, NOVIEMBRE DE 2005



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**



**ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DEL SOFTWARE DISANT PARA EL
DISEÑO DE ARREGLOS DE ANTENAS**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

EDWARD COLMENARES

ABEL PEÑA

VALENCIA, NOVIEMBRE DE 2005



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado "Actualización y mejora del software DISANT para el diseño de arreglos de antenas", realizado por los Bachilleres: Edward Colmenares, Cédula de Identidad: 14.547.163 y Abel Peña, Cédula de Identidad: 17.367.562, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Rafael Albornoz
TUTOR

Prof. Mario Pretizelly
JURADO

Prof. Alfonso Zozaya
JURADO

Valencia, Noviembre de 2005

DEDICATORIA

Sobre todas las cosas:

A Dios, mi creador.

Con infinito amor:

A mi Padre, un hombre espectacular, digno de admiración.

A mi Madre, la más espléndida de las mujeres, toda Amor.

A mi hermana, ser noble y bondadoso.

A mi novia, mujer hermosa, amiga incondicional.

Y en especial:

A mis tías: Anaís, Martha y Nancy.

A mi tío: José.

A mis primos: Alfredo, Marnais, Robert, Jessica y Daniel.

A mis amigos: Juan, Herman, Elvis, Jesús, Jonathan y Abel.

A todas aquellas personas que siempre me apoyaron y
confiaron en mi.

Gracias...

Edward A. Colmenares P.

A Dios “El primer Ingeniero”.

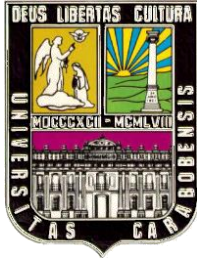
A mis padres Reinelda y Celso.

A mis hermanos Milagros y Roniel.

A mi esposa Genny y mi bebe.

A todos mis amigos que siempre me apoyaron

Abel P. David H.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES



ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DEL SOFTWARE DISANT PARA EL DISEÑO DE ARREGLOS DE ANTENAS

Elaborado por: **Colmenares Edward y Peña Abel**

Tutor: Prof. Ing. Victor J, Piña L.

Fecha: Noviembre de 2005

RESUMEN

El propósito de este trabajo de investigación es actualizar y mejorar el uso del programa de simulación DISANT Arreglos, el cual a pesar de sus ventajas en el área educativa, presenta un gran número de limitaciones en aspectos gráficos y de cómputo. Por los motivos descritos anteriormente, el presente trabajo de investigación se enmarca dentro de los estudios tecnicistas que se identifica porque trata de usar la experiencia con alto grado de optimización ubicado en la modalidad de Propuestas. Es por ello que se propone la actualización de su versión y la obtención de un producto final llamado DISANT 2, la cual es una herramienta de alto alcance en el área de estudio de campos electromagnéticos. En ese sentido el DISANT 2 no solo puede analizar y simular arreglos arbitrarios, sino que también es capaz de manejar arreglos de antenas en presencia de un plano de tierra, gracias al uso integrado de MATLAB y el motor de cómputo NEC-2., está dirigido a usuarios de herramientas teóricas y computacionales orientadas al campo de la ingeniería de antenas

Palabras Claves: Campos electromagnéticos, Ingeniería de antenas, Programas de simulación de antenas

INDICE GENERAL

	Página
CERTIFICADO DE APROBACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	1
I.1. Planteamiento del problema.....	1
I.2. Justificación.....	3
I.3. Objetivos.....	5
I.3.1. Objetivo general.....	5
I.3.2. Objetivos específicos.....	5
I.4. Alcance.....	6
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
II.1. Antecedentes.....	7
II.2. Bases teóricas de antenas.....	19
II.2.1. Parámetros básicos de las antenas.....	19
II.2.1.1. Diagrama de Radiación.....	19
II.2.1.2. Directividad.....	21
II.2.1.3. Ganancia.....	21
II.2.1.4. Impedancias.....	21
II.2.1.5. Polarización.....	22
II.2.1.6. Apertura efectiva.....	22
II.2.1.7. Ancho de banda.....	23
II.2.2. Arreglos de antenas.....	24

II.2.2.1. Teoría de arreglos de antenas.....	24
II.2.2.2. Factor de arreglo.....	24
II.2.2.3. Tipos de arreglos.....	24
II.2.2.4. Excitación de arreglos lineales uniformemente espaciados	27
II.2.2.5. Tipos de radiación.....	31
II.2.2.6. Arreglos lineales con espaciamiento no uniforme.....	33
II.2.3 Métodos numéricos.....	36
II.3. Programas utilizados para el desarrollo del software.....	39
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	43
III.1. Tipo de investigación.....	43
III.2. Diseño de la propuesta.....	45
III.3. Descripción del programa.....	46
III.4. Diseño del programa.....	47
III.4.1. Listado de archivos del programa.....	48
III.4.2. Descripción de los archivos del programa.....	54
III.5. Aspectos administrativos.....	110
CAPÍTULO IV: USO Y MANEJO DEL DISANT 2.....	112
IV.1. Requerimientos básicos para la ejecución del software.....	112
IV.2. Instalación del programa.....	113
IV.3. Diagrama de jerarquía de las ventanas.....	114
IV.4. Descripción detallada de las ventanas del programa DISANT 2.....	116
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	143
V.1. Ejemplo 1.....	144
V.2. Ejemplo 2.....	147
CONCLUSIONES.....	148
RECOMENDACIONES.....	150
BIBLIOGRAFÍA.....	151

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Fig. 2-1. Ventana de inicio de la aplicación MININEC3.....	8
Fig. 2-2. Ventana de resultados del programa MININEC3.....	9
Fig. 2-3. Ventana inicial del programa MMANA.....	10
Fig. 2-4. Ventana de visualización de arreglos del programa MMANA.....	11
Fig. 2-5. Ventana de gráficas de campo lejano del programa MMANA.....	11
Fig. 2-6. Ventana de cómputo y resultados del programa MMANA.....	12
Fig. 2-7. Ventana inicial del programa EZNEC.....	13
Fig. 2-8. Ventana de visualización de arreglos del programa EZNEC.....	14
Fig. 2-9. Ventana de gráficas 2D del programa EZNEC.....	14
Fig. 2-10. Ventana de gráfica 3D del programa EZNEC.....	15
Fig. 2-11. Ventana inicial del programa 4NEC2.....	16
Fig. 2-12. Ventana de visualización de arreglos del programa 4NEC2.....	17
Fig. 2-13. Ventana de gráficas de campo lejano del programa 4NEC2.....	17
Fig. 2-14. Diagrama de Radiación. Vista en el espacio.....	19
Fig. 2-15. Diagrama de Radiación. Vista en el plano.....	19
Fig. 2-16. Arreglo Lineal.....	25
Fig. 2-17. Arreglo Planar.....	26
Fig. 2-18. Arreglo Volumétrico.....	27
Fig. 2-19. Patrón de radiación tipo Broad-Side.....	32
Fig. 2-20. Patrón de radiación tipo End-Fire.....	32
Fig. 2-21. Patrón de radiación tipo Scanning.....	33
Fig. 2-22. Arreglo no simétrico y espaciamiento no uniforme.....	34
Fig. 2-23. Arreglo simétrico par y espaciamiento no uniforme.....	35

Fig. 2-24. Arreglo simétrico impar y espaciamiento no uniforme.....	36
Fig. 4-1. Diagrama de jerarquía de ventanas del programa DISANT 2.....	115
Fig. 4-2. Ventana #1. Programa DISANT 2.....	116
Fig. 4-3. Ventana # 2. Tipo de arreglo.....	117
Fig. 4-4. Ventana # 3. Antena base y excitación.....	119
Fig. 4-5. Menú desplegable para escoger el tipo de excitación del eje.....	120
Fig. 4-6. Menú desplegable para escoger la orientación de los dipolos.....	121
Fig. 4-7. Ventana # 5. Excitación Uniforme.....	123
Fig. 4-8. Ventana # 5. Excitación Binomial.....	123
Fig. 4-9. Ventana # 5. Excitación Chebyshev.....	124
Fig. 4-10. Ventana # 5. Excitación Schelkunoff.....	124
Fig. 4-11. Ventana # 5. Excitación Fourier (función dada por tramos).....	125
Fig. 4-12. Ventana # 5. Excitación Fourier (función dada por tablas)......	125
Fig. 4-13. Diagrama de radiación definido por tramos.....	127
Fig. 4-14. Diagrama de radiación arbitrario.....	128
Fig. 4-15. Gráfica de FA (Ψ).....	129
Fig. 4-16. Gráfica de FA (θ_{eje}).....	129
Fig. 4-17. Barra de herramientas.....	130
Fig. 4-18. Ventana # 6. Arreglo planar.....	131
Fig. 4-19. Ventana # 7 Arreglo volumétrico.....	131
Fig. 4-20. Ventana # 8. Arreglo arbitrario.....	132
Fig. 4-21. Datos de entrada para la estructura filamental.....	133
Fig. 4-22. Datos de entrada para la fuentes de excitación.....	134
Fig. 4-23. Visualización del arreglo de la antena.....	135
Fig. 4-24. Ventana A # 9. Menú de resultados.....	136
Fig. 4-25. Ventana # 10. Gráficas 2D para arreglos uniformes.....	137
Fig. 4-26. Ventana # 10. Gráficas 2D para arreglos arbitrarios.....	137
Fig. 4-27. Ventana # 11. Gráficas 3D.....	140

Fig. 4-28. Ventana # 12. Resultados generales.....	141
Fig. 4-29. Ventana # 13. Panel.....	142
Fig. 4-30. Animación Interactiva del circulo Bd.....	142
Fig. 5-1. Tabla de datos de entrada en el EZNEC-M v.3.0.....	144
Fig. 5-2. Arreglo EZNEC-M v.3.0.....	145
Fig. 5-3. Arreglo DISANT 2.....	145
Fig. 5-4. Arreglo EZNEC-M v.3.0.....	145
Fig. 5-5. Arreglo DISANT 2.....	145
Fig. 5-6. Arreglo EZNEC-M v.3.0.....	146
Fig. 5-7. Arreglo DISANT 2.....	146
Fig. 5-8. Arreglo EZNEC-M v.3.0.....	146
Fig. 5-9. Arreglo DISANT 2.	146
Fig. 5-10. Arreglo EZNEC-M v.3.0.	147
Fig. 5-11. Arreglo DISANT 2.	147
Fig. 5-12. Arreglo EZNEC-M v.3.0.....	148
Fig. 5-13. Arreglo DISANT 2.	148
Fig. 5-14. Arreglo EZNEC-M v.3.0.....	148
Fig. 5-15. Arreglo DISANT 2.	148
Fig. 5-16. Arreglo EZNEC-M v.3.0.	149
Fig. 5-17. Arreglo DISANT 2.	149
Fig. 5-18. Arreglo EZNEC-M v.3.0.....	149
Fig. 5-19. Arreglo DISANT 2.	149
Tabla 3-1. Listado de los archivos del programa.....	49

INTRODUCCIÓN

Estudiar y comprender fenómenos electromagnéticos, requiere de complejas y sofisticadas herramientas de cálculo y análisis, capaces de simular dichos fenómenos de la manera más rápida y precisa, a la vez que puedan mostrar los resultados obtenidos mediante poderosos recursos visuales, tales como gráficos, tablas, animaciones y cualquier otro medio que contribuya al entendimiento del fenómeno.

En la actualidad, para el estudio de la radiación electromagnética se emplean en su mayoría, herramientas orientadas al uso profesional y comercial, las cuales debido a su complejidad resultan costosas y de difícil acceso. Por otra parte, encontramos pocas aplicaciones de carácter educativo que emulen las prestaciones de los programas comerciales. Sin embargo, la Universidad de Carabobo cuenta con un software muy completo conocido como DISANT Arreglos, el cual a pesar de sus ventajas en el área educativa, presenta un gran número de limitaciones en aspectos gráficos y de cómputo.

DISANT 2 es un programa desarrollado con el objeto de responder a las necesidades que el DISANT Arreglos no puede cubrir, en especial, la principal limitación de no poder simular arreglos de antenas espaciadas uniformemente y con orientación espacial arbitraria. En ese sentido el DISANT 2 no solo puede analizar y simular arreglos arbitrarios, sino que también es capaz de manejar arreglos de antenas en presencia de un plano de tierra, gracias al uso integrado de MATLAB y el motor de cómputo NEC-2.

El proceso de actualización de la versión DISANT Arreglos; el diseño de las interfaces de integración MATLAB/NEC-2, y la obtención de un producto final llamado DISANT 2, es reseñado a continuación en el siguiente trabajo a lo largo de 5 capítulos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestros tiempos la educación ha sido considerada como factor determinante en el crecimiento y desarrollo integral del ser humano. Cada persona representa un elemento de una sociedad que cada vez con más necesidad, reclama individuos capaces de proveer la mayor cantidad de beneficios a los distintos entornos en los cuales se desenvuelven.

La complejidad del entorno y la alta competitividad profesional a la que están sometidos los egresados de las instituciones universitarias, requieren de las diferentes casas de estudios, una mayor variedad de herramientas versátiles puestas a disposición de todos sus estudiantes.

En la escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo se imparte una materia de suma importancia para los alumnos que ostentan al título de Ingeniero Electricista, principalmente en la mención de Telecomunicaciones, ya que esta es esencial en la comprensión y entendimiento de los fenómenos radioeléctricos ocurridos en el medio ambiente y empleados abiertamente en las comunicaciones radiales.

El Departamento de Electrónica y Comunicaciones es el encargado de coordinar la cátedra de **Antenas**, asignatura que se ubica dentro del Pensum de Estudios del noveno semestre y en la cual se dicta un curso indispensable para la comprensión y aprendizaje de los parámetros básicos y la teoría fundamental de las antenas.

La asignatura de **Antenas** se desarrolla en la actualidad en tres módulos; el primer modulo con un contenido correspondiente a los parámetros básicos de las antenas, el modulo II correspondiente a la teoría de arreglos de antenas, y un tercer modulo correspondiente a las redes de excitación de antenas.

Debido a la importancia de esta asignatura y a la alta capacidad de razonamiento abstracto y espacial requerida de sus estudiantes, es necesaria la incorporación de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación que comprenden el uso de computadoras, dispositivos programables, Internet, programas y aplicaciones multimedia, que pueden servir como recurso expositivo al docente y como herramienta de estudio al estudiante.

En este sentido, en la actualidad existe el programa DISANT v.1 desarrollado bajo la aplicación MATLAB Demo 5.1 que permite a los estudiantes de la cátedra **Antenas** complementar los conocimientos teóricos a través de la simulación de arreglos de antenas mediante gráficos y animaciones. Este programa es ampliamente utilizado por todos los estudiantes de la asignatura y se encuentra disponible en www.lant.uc.edu.ve y en las computadoras del laboratorio de Antenas como herramienta complementaria para el estudio y comprensión de los tópicos de **Antenas**, además de la documentación que se encuentra en la Biblioteca Rental de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

La versión número 1 (uno) del software DISANT ha tenido que sufrir algunas modificaciones para hacerlo compatible con las nuevas versiones de la aplicación MATLAB.

DISANT v.1 presenta limitaciones en el diseño y análisis de arreglos de antenas de banda angosta, debido a que solamente se pueden realizar arreglos con paralelismo relativo, es decir, arreglos donde cada uno de sus elementos se encuentra posicionado

paralelamente a cualquiera de los ejes coordenados. El usuario se encuentra con otra limitación a la hora de diseñar arreglos de antenas, esta se produce al momento de querer asignar la distancia de separación entre un elemento y otro, ya que esta no puede ser distinta para cada par de elementos y solo se permite espaciamiento uniforme entre cada elemento del arreglo.

Existen además de las limitaciones mencionadas anteriormente otras fallas presentes en el software DISANT v.1 que se manifiestan como errores en algunos cálculos analíticos, como por ejemplo en el análisis y diseño de la red de excitación, e incoherencia en algunas representaciones de gráficas en 3D tales como el mapa de colores usados para representar la intensidad de campo electromagnético de los distintos diagramas radiación.

En la actualidad el DISANT v1 cuenta con una ayuda de usuario para el manejo y uso del programa, sin embargo aunque esta rutina esta activa, solamente se puede tener acceso a ella si en el ordenador en el que se encuentre instalado el programa se cuenta con el navegador Netscape y ésta aplicación se está ejecutando.

I.2 JUSTIFICACIÓN

Los métodos de enseñanza en nuestros días son muy diversos, y a diferencia de los métodos tradicionales, en la actualidad contamos con utilidades altamente eficientes y accesibles para toda una comunidad estudiantil que reclama más y mejores herramientas, en especial, para estudiantes de las distintas carreras de ingeniería.

Entre las herramientas basadas en las tecnologías de la información más comúnmente usadas en nuestros colegios, tecnológicos y universidades, están los

programas simuladores, aplicaciones multimedia, herramientas de cálculos y muchas otras aplicaciones computacionales.

Con la realización de la versión 2 (dos) del DISANT se plantea actualizar el lenguaje de programación, la codificación y los formatos de presentación o interfaces gráficas de la versión 1 (uno), con el propósito de crear una herramienta en su totalidad compatible con las versiones actuales y futuras de la aplicación MATLAB. También se busca que esta nueva versión del software DISANT v.1 pueda simular arreglos de antenas con orientación y espaciamiento arbitrario entre sus elementos, además de prestar el beneficio de ejecutar directamente el programa desde la carpeta donde haya sido instalado sin que por el contrario tenga que ser ejecutado siempre desde MATLAB, lo cual indica que no es necesario tener instalado en su computador la aplicación MATLAB para ejecutar el simulador.

El DISANT 2, busca ofrecerle al estudiante de Ingeniería Eléctrica una herramienta de simulación más versátil y completa, así como también suministrarle al estudiante, a parte de las actuales utilidades, nuevas aplicaciones y más agradables presentaciones graficas que permitan trabajar en un ambiente más cómodo a la vista del usuario.

En esta nueva versión el usuario podrá, a diferencia de la anterior, guardar e imprimir gráficos y configuraciones de arreglos para su posterior análisis y manejo. La actualización del software DISANT plantea incorporar dos nuevas herramientas en donde el usuario podrá diseñar arreglos de antenas con orientación arbitraria de sus elementos respecto a los ejes coordenados espaciales, y podrán diseñar arreglos de antenas con la particularidad de asignar distancias de separación distintas entre cada uno de los elementos del arreglo.

I.3 OBJETIVOS

I.3.1 OBJETIVO GENERAL

Rediseñar el software para el diseño y análisis de arreglos de antenas, DISANT versión 1 (uno).

I.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar, reorganizar y documentar la información teórica y práctica dictada en la cátedra de **Antenas**.
- Diseñar las nuevas interfaces gráficas del DISANT 2 bajo la aplicación MATLAB de manera que estas sean más amigables con el usuario y de manera que puedan mostrar en cada ventana, información visual más coherente y comprensible para el operador.
- Actualizar las funciones y aplicaciones del DISANT v.1 desarrolladas en MATLAB Demo 5.1 para hacerlas compatibles con las versiones actuales y futuras de MATLAB.
- Diseñar las rutinas necesarias bajo la plataforma MATLAB, que nos permitan elaborar una aplicación que soporte el diseño y análisis de arreglos de antenas con espaciamiento no uniforme.
- Diseñar las rutinas necesarias que permitan al DISANT realizar el análisis de arreglos de antenas con orientación espacial arbitraria entre sus elementos.

- Compilar todas y cada una de las rutinas y funciones del DISANT 2 bajo librerías C/C++ a través del producto MATLAB Compiler 4, de manera que el software DISANT este disponible en una versión auto ejecutable para Windows.

I.4 ALCANCE

Por medio de este Trabajo Especial De Grado se lograra el diseño y elaboración de la nueva versión del software de antenas DISANT v.1, esta actualización plantea adicionar utilidades más versátiles a la versión anterior, así como también modificar las interfaces de usuarios con las cuales el operador interactúa con el programa, de manera que esta relación se haga de manera más efectiva, fácil y en gran medida rápida.

Con la actualización, mejora y rediseño del software para el análisis de arreglos de antenas DISANT v.1, se pretende poder lograr elaborar una herramienta poderosa, versátil y muy sencilla de usar para los usuarios finales, que en este caso serán los estudiantes de la asignatura **Antenas**, así como también abrir la posibilidad de futuras mejoras y actualizaciones del programa DISANT, mejoras que partiendo de una versión más actualizada del programa, representan una tarea más sencilla y realizable debido a la compatibilidad entre versiones consecuentes de una aplicación cualquiera, en contra parte con la actual versión del DISANT que data del año 1999. Por esta razón, el DISANT 2 permitirá a los docentes de la cátedra de **Antenas** contar con una herramienta mejorada para uso didáctico durante las sesiones de clases, con lo cual se podrá sustentar los conocimientos teóricos impartidos en la materia.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

II.1 ANTECEDENTES

Una revisión amplia del material bibliográfico que sustenta el presente trabajo ha dejado al descubierto el gran esfuerzo de investigadores y docentes en documentar toda la información concerniente a tópicos de antenas y redes de excitación.

En este sentido la investigación se ha orientado hacia el desarrollo de herramientas que a través de las NTIC (Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación), específicamente de sus recursos interactivos, aportan de manera efectiva, dinámica y en especial sencilla, una gama de conocimientos básicos sobre antenas.

Por tales motivos en el campo del diseño y análisis de antenas se registran programas de fuentes comerciales de alto reconocimiento y aceptación como lo son:

- **MININEC (Mini Numerical Electromagnetics Code):** Programa utilizado ampliamente para el análisis y diseño de antenas. Fue escrito originalmente por John Rockway y publicado por primera vez en 1982. Las versiones tempranas de MININEC fueron escritas enteramente en el lenguaje BASIC y posteriormente reeditadas y compiladas en C++ para proporcionar una ejecución más rápida y mayor eficiencia de la memoria del computador. Esta aplicación usa el método de los momentos para calcular el campo radiado por una antena en zona lejana. Este método consiste en un proceso matemático de integración basado en el principio fundamental de suma de campos de muchas

secciones elementales de conductores que componen un filamento de una antena.

MININEC es una adaptación básica del código NEC para ser usado en computadores personales. Tanto NEC-2 como MININEC se basan en códigos que utilizan el método de los momentos para calcular las corrientes eléctricas que circulan por los filamentos delgados de una antena. Sin embargo, cada código emplea una diversa versión de la formulación integral para el cálculo de corrientes y campos en los distintos alambres. Entonces, cada uno sigue algoritmos perceptiblemente diversos para la puesta en práctica del método de los momentos.



```
-----  
MINI-NUMERICAL ELECTROMAGNETICS CODE  
MININEC  
05-24-2005 20:28:36  
-----  
FREQUENCY (MHZ)? 10  
WAVE LENGTH = 29.98 METERS  
ENVIRONMENT (+1 FOR FREE SPACE, -1 FOR GROUND PLANE)? +1  
NO. OF WIRES? 1  
WIRE NO. 1  
NO. OF SEGMENTS? 10  
END ONE COORDINATES (X,Y,Z)? 0,0,0  
END TWO COORDINATES (X,Y,Z)? 0,0,5  
RADIUS? 0.25  
-----  
COORDINATES  
X Y Z RADIUS END CONNECTION NO. OF  
0 0 0 0 0 10  
0 0 5 .25 0  
-----  
CHANGE WIRE NO. 1 (Y/N)?
```

Fig. 2-1. En esta figura se muestra la ventana característica que observa el usuario al momento de iniciar la aplicación MININEC3.

La mayoría de los profesionales del diseño y modelado de antenas ahora utilizan versiones más recientes de MININEC que incluyen mejoras importantes. Sin embargo, solo la versión tres está libre y al alcance del público general. Aunque es anticuada, sus capacidades son apropiadas para modelar la mayoría de las antenas usadas comúnmente por los aficionados. [9]

```

C:\cs\Mininec\MININEC3.EXE
***** SOURCE DATA *****
PULSE 2  VOLTAGE = < -7971068.J>
          CURRENT = < -1.991049E-03 2.029903E-03.J>
          IMPEDANCE = < 1.405027 -151.6711.J>
          POWER = 1.379501E-06 WATTS
***** CURRENT DATA *****
WIRE NO. 1 :
WIRE NO. REAL          IMAGINARY      MAGNITUDE     PHASE
          (CMPS)      (CMPS)        (CMPS)        (DEGREES)
1         0            0              0              0
2         -7.992761E-04  8.222259E-04   1.158316E-03   134.0130
3         -1.991049E-03  2.029903E-03   2.043432E-03   134.4453
4         -1.140255E-03  1.167525E-03   1.646329E-03   133.0367
5         -1.02129E-03   1.073209E-03   1.481547E-03   133.5779
6         -0.556245E-04  9.091625E-04   1.240467E-03   132.2624
7         -7.102603E-04  7.621460E-04   1.041732E-03   132.9006
8         -6.650356E-04  6.121549E-04   0.830665E-04   132.7079
9         -4.147677E-04  4.535140E-04   6.145794E-04   132.4149
0         -2.66406E-04   2.942202E-04   3.967102E-04   132.1577
          0            0              0              0
SAVE CURRENTS TO A FILE (Y/N) ? _

```

Fig. 2-2. Ventana de resultados del programa MININEC3.

- **MMANA Antenna Modeling Program versión 1.77:** Software desarrollado originalmente por Makoto (Mako) Mori JE3HHT en el año 1999-2000 y mejorado y reeditado en Ingles por Gontcharenko Gary DL2KQ-EU1TT en el 2001-2002.

Este programa es una herramienta útil para el análisis de antenas y esta basado en el método de los momentos introducido en la versión tres de MININEC (Mini código numérico Electromagnético).

La gran ventaja de estas aplicaciones radica en el hecho de que los cálculos matemáticos requeridos para resolver las ecuaciones integrales del campo de radiación en zona lejana son muy complejos y laboriosos de hacer manualmente, pero las aplicaciones de MMANA facilitan estos cálculos a través de múltiples iteraciones y operaciones computacionales.

Estas operaciones son realizadas por el motor de cómputo mejorado del MININEC, por medio del cual el usuario puede calcular y trazar entre otras cosas: los patrones de radiación del campo de una antena, calcular la impedancia de la fuente de alimentación, determinar los valores de tensión y

corriente a lo largo de los distintos elementos, calcular la relación de onda estacionaria (SWR) y determinar el ancho de banda. [10]

Es de destacar las muchas mejoras que ha sufrido el código NEC desde su aparición al público en general en el año 1981, pasando por el NEC-4, ELNEC, MININEC, SUPERNEC y muchas otras versiones recientes del mismo.

Entre algunas de las ventajas más resaltantes que posee este programa podemos mencionar:

- Una interfaz gráfica mediante la cual a través de tabla de datos se introducen las coordenadas y características de los elementos del arreglo, fuente de excitación y cargas a utilizar.

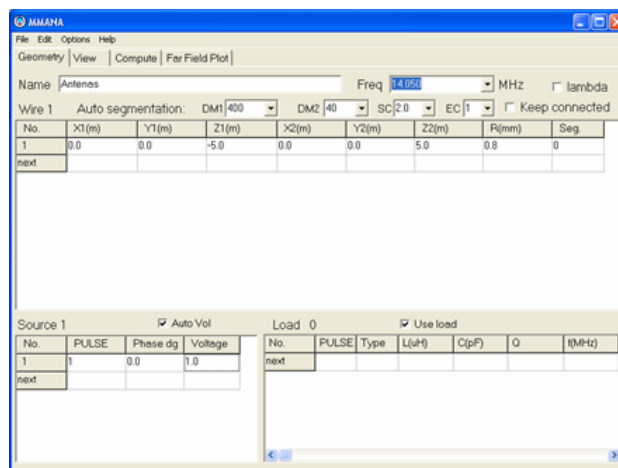


Fig. 2-3. Ventana inicial del programa MMANA.

- Una ventana gráfica que muestra la antena en tres dimensiones y permite visualizar la distribución de corriente y las segmentaciones de cada elemento de la antena.

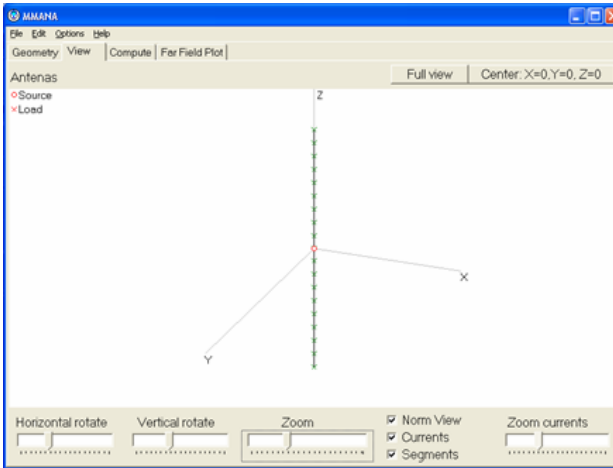


Fig. 2-4. Ventana de visualización de arreglos del programa MMANA.

- Una ventana que muestra los patrones de radiación horizontal y vertical de campo radiado en zona lejana.

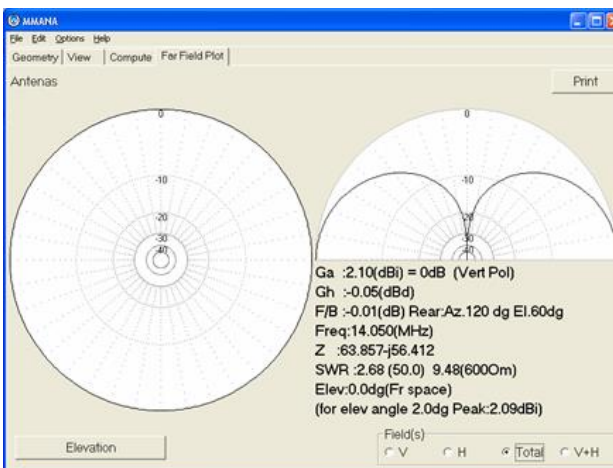


Fig. 2-5. Ventana de gráficas de campo lejano del programa MMANA.

- Y una interfaz gráfica donde se muestran los resultados numéricos de los cálculos realizados a la antena en estudio.

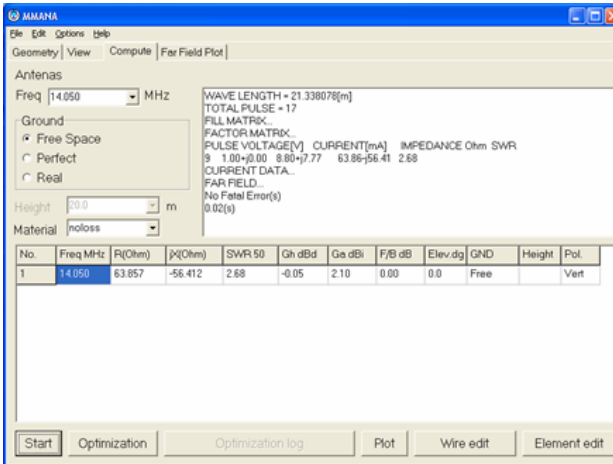


Fig. 2-6. Ventana de cómputo y resultados del programa MMANA.

- **EZNEC –M versión 3.0.45:** Esta aplicación fue desarrollada por Roy Lewallen (W7EL) y registrada en el 2000-2002. Es un software para modelar y analizar cualquier tipo de antena desarrollado bajo el mismo motor de cálculos del NEC-2 y/o NEC-4 y codificado en Visual Basic. EZNEC ofrece una interfaz gráfica de usuario muy parecida a la de MMANA a través de la cual el usuario interactúa con la aplicación de una manera muy cómoda y sencilla. Además de esto, las nuevas versiones de EZNEC contienen un gráfico tridimensional del diagrama de radiación que se puede segmentar para mostrar así dos patrones selectos de dicho diagrama. [11]

Al comparar el programa EZNEC con MMANA encontramos muchas similitudes, pero una diferencia fundamental a la hora de mostrar los resultados gráficos en coordenadas tridimensionales del diagrama de radiación. A continuación se muestra el aspecto gráfico de este programa:

- Interfaz gráfica inicial mediante la cual a través de tabla de datos se introducen las coordenadas y características de los elementos del

arreglo, parámetros de la antena, fuente de excitación y cargas a utilizar.

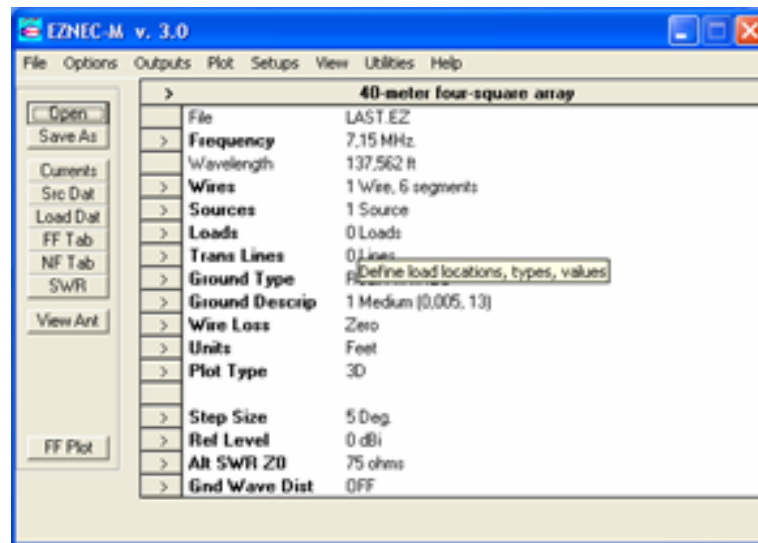


Fig. 2-7. Ventana inicial del programa EZNEC.

- Ventana gráfica que muestra el arreglo de antena en 3 dimensiones y permite visualizar la distribución de corriente y las segmentaciones de cada elemento de la antena. Además, se puede rotar, acercar y alejar la configuración del arreglo de manera de poder tener una mejor perspectiva del mismo.

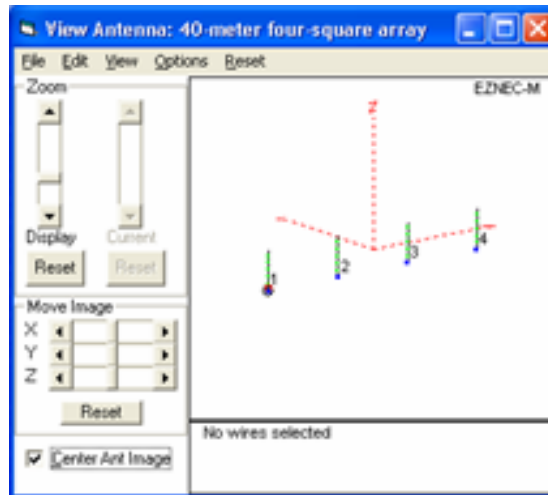


Fig. 2-8. Ventana de visualización de arreglos del programa EZNEC.

- Ventana que muestra en un plano determinado, vertical u horizontal, los patrones de radiación de campo radiado en zona lejana.

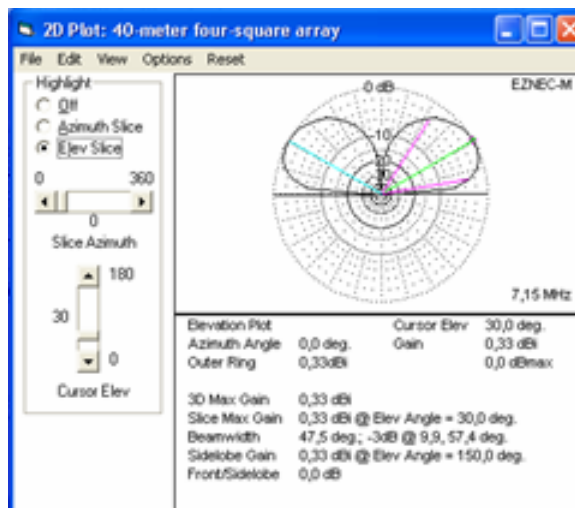


Fig. 2-9. Ventana de gráficas del diagrama de radiación en 2D del programa EZNEC.

- La ventaja principal del EZNEC sobre el MMANA es la ventana que muestra en tres dimensiones los patrones de radiación de campo en zona lejana del arreglo estudiado.

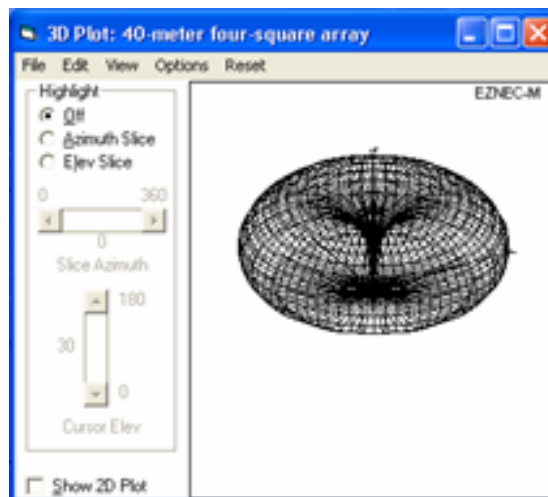


Fig. 2-10. Ventana de gráfica del diagrama de radiación en 3D del programa EZNEC.

- **4NEC2:** 4NEC2 es un programa basado en NEC-2, NEC-4 y una herramienta gráfica basada en ventanas e interfaces útiles para crear, ver, optimizar y comprobar las estructuras geométricas de la antena en 2D y 3D. Esta aplicación permite generar, exhibir y/o comparar los patrones de radiación de campo cercano y campo lejano de un arreglo de antenas determinado.

Esta aplicación es más versátil que las anteriores y ofrece al usuario mejores interfaces y visualizaciones gráficas. Al utilizar el motor de cómputo NEC-4, este programa es capaz que procesar hasta 11000 filamentos y 11000 segmentos en total, a diferencia de los 10000 que puede procesar la versión EZnec. 4NEC2 también cuenta con un código optimizador de resultados

basado en algoritmos genéticos y un sofisticado visualizador 3D tanto para la geometría de la antena como para los patrones de radiación.[12]. Algunas de las características gráficas de esta aplicación son las siguientes:

- Amplia y sencilla interfaz gráfica donde se puede configurar y diseñar el arreglo de antenas, además de tener acceso rápido a todas las utilidades de la aplicación.

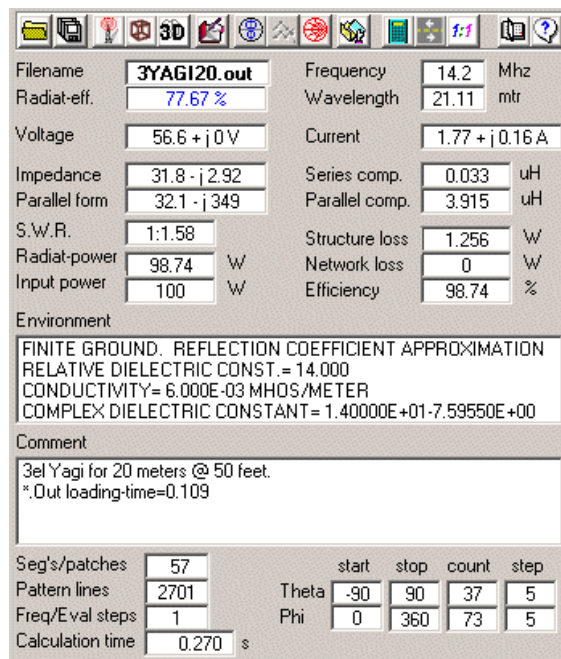


Fig. 2-11. Ventana inicial del programa 4NEC2.

- Ventana gráfica que permite visualizar la antena en tres dimensiones. Esta interfaz gráfica a diferencia de las demás permite una mejor visualización de la antena al incluir tanto el radio real del filamento como la longitud real de la antena.

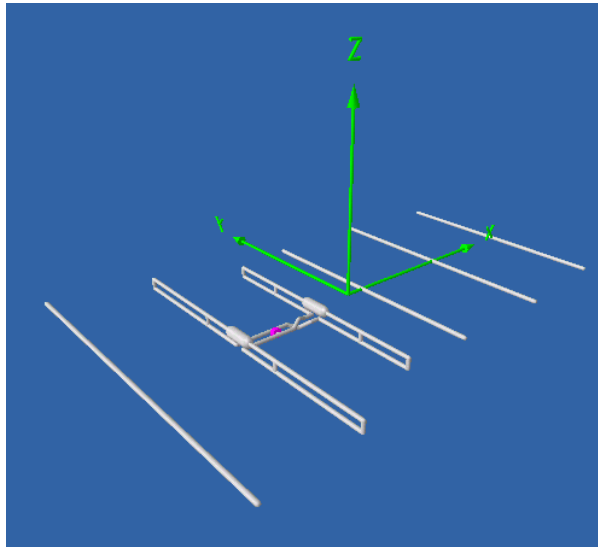


Fig. 2-12. Ventana de visualización de arreglos del programa 4NEC2.

- Ventana que muestra los patrones de radiación de campo radiado en zona lejana.

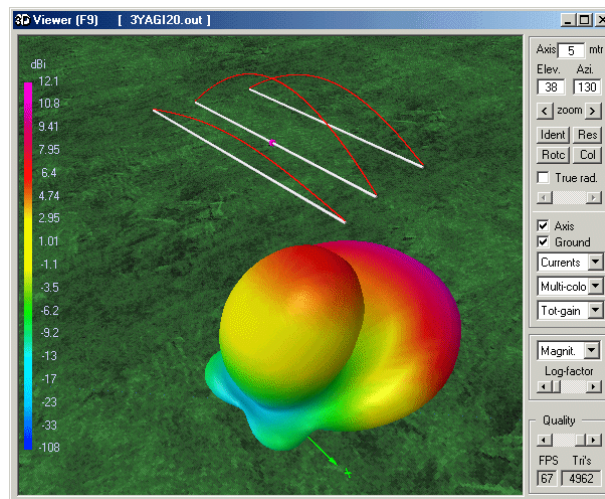


Fig. 2-13. Ventana de gráficas de campo lejano del programa 4NEC2.

En el ámbito nacional encontramos numerosos trabajos realizados que están destinados al estudio y simulación de los diversos fenómenos electromagnéticos. Dentro de la Universidad de Carabobo se han desarrollado algunas tesis de grado que en cierta manera comparten los objetivos fundamentales de este proyecto, en cuanto buscan automatizar los procesos de análisis y modelado de arreglos de antenas, mediante la simulación y representación gráfica de los resultados.

Entre algunas de las aplicaciones orientadas al estudio electromagnético, podemos mencionar:

- **UC-NEC:** Interfaz gráfica con visualización y manejo de datos para objetos 2D y 3D creada en Visual Basic para ser integrada al código numérico de electromagnetismo NEC-2. ARMANDO PATRICIA. 2004.
- **CANBREF:** Programa desarrollado para la simulación y análisis de los campos de radiación de bocinas electromagnéticas y antenas reflectoras parabólicas. FRANK FAJARDO. 2004.

II.2 BASES TEÓRICAS DE ANTENAS

II.2.1 PARÁMETROS BÁSICOS DE LAS ANTENAS

Una Antena esencialmente esta determinada por los parámetros característicos que la definen, tales como: Diagrama de Radiación, Directividad, Ganancia, Polarización, Apertura de Haz, Ancho de Banda, Impedancia Propia e Impedancia Mutua.

Toda esta documentación esta fundamentada en el Trabajo de Grado correspondiente al DISANT v.1 citado en la referencia bibliográfica [8].

II.2.1.1 DIAGRAMA DE RADIACIÓN

Entendemos por Diagrama de Radiación a la representación gráfica de cómo se distribuye la energía que radia o recibe una antena. Este parámetro describe las propiedades de radiación de la antena y se representa en un oportuno sistema de coordenadas especiales.

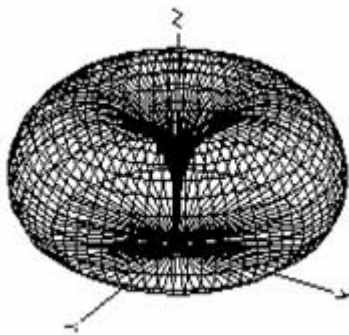


Fig. 2-14. Diagrama de Radiación.
Vista en el espacio

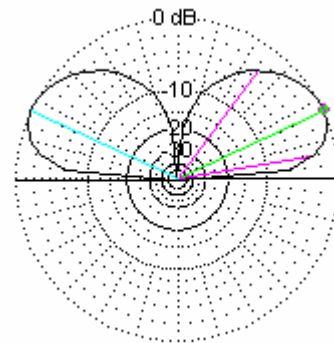


Fig. 2-15. Diagrama de Radiación.
Vista en el plano.

Un Diagrama de Radiación de una antena normalmente esta representado en un sistema de coordenadas esféricas, y se define en función del Campo Eléctrico por medio de la siguiente ecuación:

$$f(\theta, \phi) = \frac{|\vec{E}(r_o, \theta, \phi)|}{|\vec{E}(r_o, \theta_o, \phi_o)|_{\max}} \quad (2.1)$$

PARÁMETROS DEL DIAGRAMA DE RADIACIÓN

Lóbulo Principal: Lóbulo que contiene la mayor parte de la energía radiada.

Lóbulos Secundarios: Lóbulos menores que el lóbulo principal, los cuales contienen un bajo porcentaje de toda la energía radiada.

Nulos: Puntos donde el patrón de radiación se hace cero y la potencia radiada o recibida es nula.

Ancho de Haz de Media Potencia: Es la diferencia angular entre los puntos donde el Lóbulo Principal del Diagrama de Radiación cae 3dB (o media potencia) con respecto al valor máximo. Estos puntos se conocen como los puntos de Media Potencia del Diagrama de Radiación.

$$\theta_{MP} = |\theta_{MPI} - \theta_{MPD}| \quad (2.2)$$

De donde:

θ_{MP} : Ancho de Haz de Media Potencia.

θ_{MPI} : Punto de Media Potencia a la Izquierda del Máximo del Lóbulo Principal.

θ_{MPD} : Punto de Media Potencia a la Derecha del Máximo del Lóbulo Principal.

II.2.1.2 DIRECTIVIDAD

La Directividad de una antena es una medida de cómo se distribuye o concentra la intensidad de potencia radiada en diferentes direcciones del espacio. Teóricamente se calcula como la relación entre la intensidad de radiación máxima y la intensidad de radiación media.

$$D = \frac{\text{Intensidad de Radiación Máxima}}{\text{Intensidad de Radiación Media}} = \frac{V_m}{V_o} \quad (2.3)$$

II.2.1.3 GANANCIA

El termino de Ganancia esta muy relacionado con la Directividad, ya que este describe el comportamiento real de una antena y toma en cuenta la eficiencia de la misma. Este parámetro se determina como:

$$G = \alpha \cdot D \quad (2.4)$$

G: Ganancia.

D: Directividad.

α : Constante de efectividad.

II.2.1.4 IMPEDANCIAS

Impedancia de Entrada de una Antena: Impedancia de entrada que presenta una antena en sus terminales o relación entre tensión y corriente medida en sus extremos. Se representa mediante la siguiente expresión:

$$Z_a = R_a + jX_a \quad (2.5)$$

Za: Impedancia Vista en los Terminales de Entrada.

Ra: Resistencia Vista en los Terminales de Entrada.

Xa: Reactancia Vista en los Terminales de Entrada.

Impedancia Mutua: Esta impedancia toma sentido cuando en el entorno de la antena bajo estudio existen otros elementos, tales como antenas o planos de tierra, sobre los cuales se inducen corrientes que dan origen a acoplamientos electromagnéticos entre la antena y cada uno de estos elementos, lo que resulta en una variación de la impedancia propia de la antena entre sus terminales.

II.2.1.5 POLARIZACIÓN

Polarización de una Onda Radiada

Es una característica propia de una onda electromagnética mediante la cual se describe la variación temporal, la dirección y la magnitud relativa del vector campo eléctrico.

II.2.1.6 APERTURA EFECTIVA

La apertura efectiva puede definirse como la relación entre la potencia en la impedancia terminal de carga y la densidad de potencia incidente cuando una onda electromagnética incide sobre el área efectiva de una antena en modo de recepción. Este parámetro se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$A_e = \frac{P_t}{w_i} = \frac{|I_t|^2 \cdot R_t}{2 \cdot w_i} \quad (2.6)$$

A_e : Apertura efectiva.

P_t : Potencia suministrada a la carga.

w_i : Densidad de Potencia de la Onda Incidente.

R_t : Resistencia Terminal o de Carga.

I_t : Corriente por la terminal.

II.2.1.7 ANCHO DE BANDA

Se define como el rango de frecuencias donde los parámetros de entrada de una antena, que definen el límite inferior de la banda; y los de salida, que definen el límite superior, permanecen más o menos constantes. Entre los parámetros de entrada podemos mencionar: Impedancia de Entrada, Coeficiente de Reflexión y Relación de onda Estacionaria; y como parámetros de salida: Ganancia, Directividad y Diagrama de Radiación.

El cálculo del Ancho de Banda de una antena se realiza por medio de esta ecuación:

$$AB(\%) = \frac{F_s - F_L}{F_o} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

Donde:

F_s : Frecuencia Superior.

F_L : Frecuencia Inferior.

F_o : Frecuencia Central.

II.2.2 ARREGLOS DE ANTENAS

II.2.2.1 TEORÍA DE ARREGLOS DE ANTENAS

Un arreglo de antena se define como una configuración eléctrica y geométrica, constituida por antenas elementales que puede ser interpretada como un nuevo radiador construido con el objetivo de modificar el diagrama de radiación del conjunto de antenas y concentrar la energía radiada en una dirección deseada.

II.2.2.2 FACTOR DE ARREGLO

El Factor de Arreglo (FA) para una configuración dada de Antenas, no es más que un Factor representativo de dicho arreglo. En realidad el campo total del arreglo es igual al campo producido por un simple elemento posicionado en el origen del sistema coordenado multiplicado por un factor que es ampliamente conocido como Factor de Arreglo.

El Factor de Arreglo es una función de la geometría del arreglo y de la fase de la excitación de sus elementos. Por tal motivo si variamos la distancia de separación d y/o el valor de β entre sus elementos podemos controlar las características del Factor Arreglo y del Campo Total.

II.2.2.3 TIPOS DE ARREGLOS

Según la distribución espacial de los elementos de un arreglo de antenas, podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- Arreglos Lineales.

- Arreglos Planares.
- Arreglos Volumétricos.

Arreglos Lineales: En esta configuración los elementos del arreglo tienen su centro sobre un eje específico.

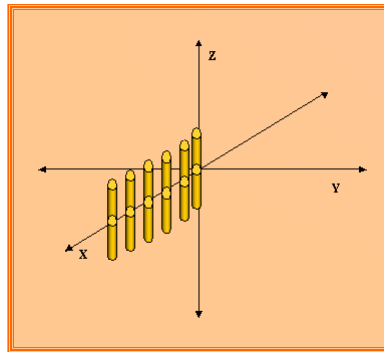


Fig. 2-16. Arreglo Lineal.

Para esta configuración de arreglos de antenas tenemos la expresión que simplifica y define el Factor de Arreglo:

$$FA = \sum_{n=1}^N A_n \cdot e^{j[k \cdot d_n \cdot \cos(\theta_{je}) + \alpha_n]} \quad (2.8)$$

Donde:

N: Número total de elementos.

A_n : Amplitud o modulo de la corriente I_n .

k: Número de Onda.

d_n : Distancia de separación entre los elementos del arreglo.

$\text{Cos}(\theta_{eje})$: coseno director del eje del arreglo.

α_n : Ángulo de Fase de la corriente I_n .

Arreglos Planares: Este tipo de arreglo se caracteriza porque los centros de las antenas que lo componen, se encuentran sobre un plano.

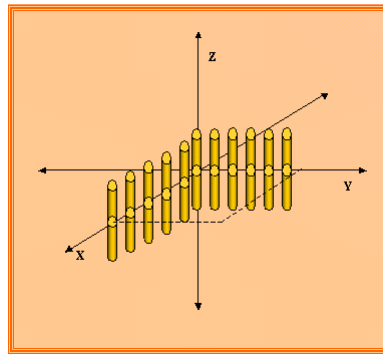


Fig. 2-17. Arreglo Planar.

En la realidad un arreglo planar puede ser interpretado como dos arreglos lineales lo cual nos permite usar el FA lineal para expresar el FA planar como el producto de las dos expresiones del FA de cada eje que compone el arreglo planar.

Esto se puede expresar de la siguiente manera:

(2.9)

$$FA = \left[\sum_{m=1}^{N_{eje1}} A_m \cdot e^{j[k \cdot (m-1) \cdot d_{eje1} \cdot \text{Cos}(\theta_{eje1}) + (\alpha_{eje1})_m]} \right] \cdot \left[\sum_{n=1}^{N_{eje2}} A_n \cdot e^{j[k \cdot (n-1) \cdot d_{eje2} \cdot \text{Cos}(\theta_{eje2}) + (\alpha_{eje2})_n]} \right]$$

Arreglos Volumétricos: En este tipo de arreglo los centros de las antenas se encuentran dentro de una región que encierra un volumen.

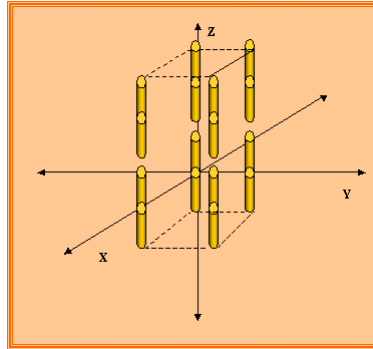


Fig. 2-18. Arreglo Volumétrico.

Al igual que en el caso anterior, el FA total es la multiplicación de los Factores de Arreglos lineales sobre los 3 ejes que conforman el arreglo de antenas. Esto queda de la siguiente manera:

$$FA_{TOTAL} = FA_{eje1} \cdot FA_{eje2} \cdot FA_{eje3} \quad (2.10)$$

FA_{eje1} : Factor de Arreglo del eje 1 del arreglo.

FA_{eje2} : Factor de Arreglo del eje 2 del arreglo.

FA_{eje3} : Factor de Arreglo del eje 3 del arreglo.

II.2.2.4 EXCITACIÓN DE ARREGLOS LINEALES UNIFORMEMENTE ESPACIADOS

La teoría de arreglos de antenas plantea métodos de excitación que se basan en la escogencia apropiada de las corrientes I_n que excitan a los elementos del arreglo.

Los arreglos lineales uniformemente espaciados se pueden excitar de diferentes maneras. Entre los métodos de excitación más utilizados mencionaremos los siguientes:

- Lineal Uniforme.
- Binomial.
- Chebyshev.
- Schelkunoff.
- Fourier.

Excitación Lineal Uniforme

Se caracteriza porque las corrientes que alimentan a los elementos del arreglo son iguales en amplitud y su fase presenta un aumento progresivo.

$$I_n = I_o e^{j(n-1)\beta} \quad (2.11)$$

Donde:

$A_n = I_o$: Amplitud constante.

$\alpha_n = (n-1)\beta$

β : Constante de progresión de fase.

Considerando esta particularidad en la corriente I_n podemos llegar a una expresión simplificada del FA para Excitación Lineal Uniforme:

$$FA = I_o \cdot e^{j\frac{(N-1)\psi}{2}} \left[\frac{\text{Sen}\left(\frac{N\psi}{2}\right)}{\text{Sen}\left(\frac{\psi}{2}\right)} \right] \quad (2.12)$$

Donde:

$$\psi = k \cdot d_{eje} \cdot \text{Cos}(\theta_{eje}) + \beta$$

Excitación Binomial

Ocurre cuando las corrientes que alimentan los elementos del arreglo presentan amplitudes que varían de acuerdo a los coeficientes del Binomio de Newton y sus fases lo hacen de manera progresiva.

Para este tipo de excitación trabajaremos con la siguiente expresión simplificada del FA:

$$FA = I_o \cdot e^{j \frac{(N-1)\psi}{2}} \cdot 2^{N-1} \left[\text{Cos}\left(\frac{\psi}{2}\right) \right]^{N-1} \quad (2.13)$$

Donde:

$$\psi = k \cdot d_{eje} \cdot \text{Cos}(\theta_{eje}) + \beta$$

Excitación Chebyshev

En este tipo de excitación las corrientes que alimentan a los elementos del arreglo presentan amplitudes que varían de acuerdo con los coeficientes de los polinomios de Chebyshev y sus fases varían de manera progresiva al igual que en la excitación lineal y Binomial.

Este tipo de excitación puede ser representada por medio de la siguiente expresión:

$$FA = \text{Cosh} \left\{ m_1 \cdot \text{Cosh}^{-1} \left[x_o \cdot \text{Cos} \left(\frac{\psi}{2} \right) \right] \right\} \quad (2.14)$$

De donde:

m_1 : Grado del polinomio de Chebyshev deseado.

x_0 : Se obtiene a partir del valor de r_0 .

r_0 : Este valor se calcula a partir del nivel de los lóbulos lateral R_0 (en dB). Donde el valor en [dB] viene dado por: $R_0[\text{dB}] = 20\text{Log}[r_0]$

Despejando de la expresión anterior obtenemos el valor de r_0 y lo sustituimos en esta ecuación para determinar a x_0 :

$$x_0 = \text{Cosh}\{[\text{Cosh}^{-1}(r_0)]/m_1\}$$

Excitación de Schelkunoff

En este tipo de excitación se escogen las magnitudes y fases de las corrientes que alimenta a los elementos que conforman el arreglo, con el fin de generar una función “FA” que tenga ceros en direcciones predeterminadas.

Partiendo del FA para arreglos lineales:

$$FA = \sum_{n=1}^N I_n \cdot e^{j(n-1)\psi} \quad (2.15)$$

y haciendo un cambio de variable y factorizando la expresión a través del algebra elemental, nos queda que el FA es igual a:

$$FA = (Z - Z_1) \cdot (Z - Z_2) \cdot (Z - Z_3) \cdot \dots \cdot (Z - Z_N) \quad (2.16)$$

Con: $Z = e^{j\psi}$

Excitación Fourier

Este método simétrico se fundamenta, en la escogencia de las corrientes que alimentan a los elementos del arreglo lineal con el fin de conseguir una forma predeterminada de diagrama de radiación del factor de arreglo.

La escogencia de las corrientes se realiza mediante una teoría modificada de series de Fourier truncada, donde debe cumplirse siempre que $FA(\psi)$ sea periódica, el periodo igual $T = 2 \cdot \pi$ y el valor de N sea impar.

Dada estas condiciones tenemos que para este tipo de excitación:

$$FA = \sum_{-M}^M I_n \cdot e^{j(n \cdot \psi)} \quad (2.17)$$

Donde:

$$M = (n-1)/2$$

$$\psi = k \cdot d_{eje} \cdot \text{Cos}(\theta_{eje})$$

Con lo cual:

$$I_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} FA_D(\psi) \cdot e^{-jn\psi} d\psi \quad (2.18)$$

II.2.2.5 TIPOS DE RADIACIÓN

Radiación Broad-side

En este tipo de radiación se busca radiar energía de manera transversal, es decir, a 90° con respecto al eje del arreglo; lo cual se traduce en que necesariamente Beta sea igual a cero ($\beta=0$).

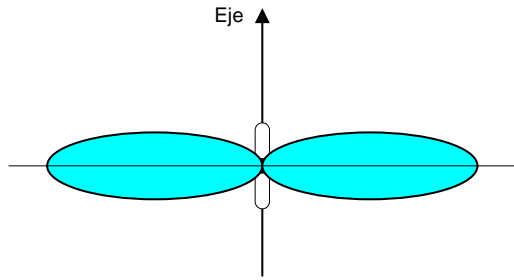


Fig. 2-19. Patrón de radiación tipo Broad-Side.

Radiación End-Fire

La energía radiada en este caso por la antena presenta una distribución espacial axial, es decir, la radiación ocurre en la misma dirección con respecto al eje del arreglo.

Esto se puede conseguir haciendo a $\theta_{eje} = 0$, con lo que se logra un máximo del diagrama de radiación justo en el eje del arreglo y un $\beta = -kd$.

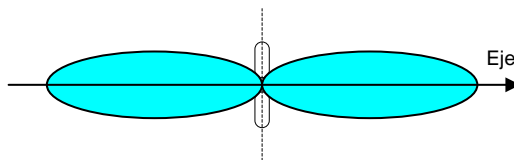


Fig. 2-20. Patrón de radiación tipo End-Fire.

Radiación Scanning

Ocurre cuando el máximo de un factor de arreglo no está en Broad-side ni en End-Fire, sino en cualquier otra dirección respecto al eje del arreglo.

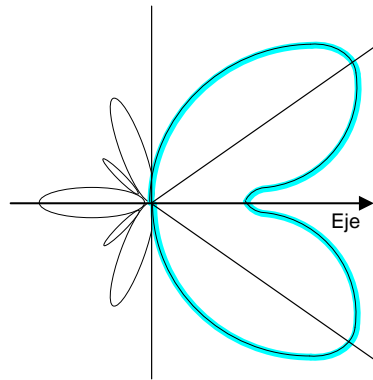


Fig. 2-21. Patrón de radiación tipo Scanning.

II.2.2.6 ARREGLOS LINEALES CON ESPACIAMIENTO NO UNIFORME

Hasta los momentos se han tratado arreglos lineales clásicos, los cuales se caracterizan por poseer una separación uniforme entre sus elementos y por permitir lograr ciertas características de radiación si se varían tanto la amplitud como la fase de excitación.

El principio de multiplicación de factores no está restringido solamente a arreglos de antenas uniformemente espaciadas, sino que es estrictamente aplicable a arreglos de antenas con elementos idénticos y orientados en la misma dirección. Los arreglos de antenas con espaciamiento no uniforme (separación no uniforme) cumplen con estas cualidades y por ende pueden ser analizados, de manera muy particular, como arreglos lineales uniformemente separados.

Estos arreglos pueden ser clasificados en dos tipos: Simétricos y no simétricos. A su vez se distinguen dos tipos de arreglos simétricos, aquellos que tienen un número par o impar de elementos.

El factor de arreglo representativo para este tipo de configuración de arreglos lineales viene dado por las siguientes expresiones:

Arreglo no simétrico (N+1 elemento)

$$FA = 1 + e^{jkd_2 \cos \theta_{eje}} + e^{jkd_3 \cos \theta_{eje}} + \dots + e^{jkd_N \cos \theta_{eje}} \quad (2.19)$$

$$FA = \sum_{n=1}^N e^{jkd_n \cos \theta_{eje}} \quad \text{donde : } d_1 = 0$$

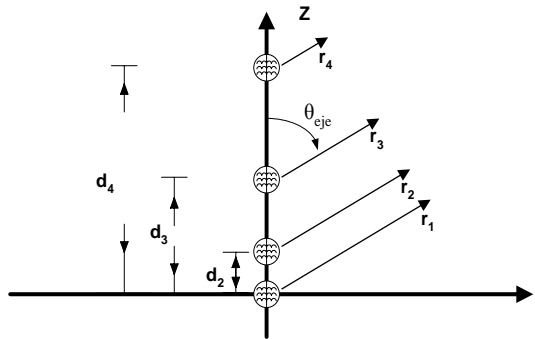


Fig. 2-22. Arreglo no simétrico y espaciamento no uniforme.

Arreglo simétrico con número par de elementos (2M elementos)

$$\begin{aligned}
 FA &= (e^{jkd_1 \cos \theta_{eje}} + e^{jkd_2 \cos \theta_{eje}} + \dots + e^{jkd_M \cos \theta_{eje}}) \\
 &\quad + (e^{-jkd_1 \cos \theta_{eje}} + e^{-jkd_2 \cos \theta_{eje}} + \dots + e^{-jkd_M \cos \theta_{eje}})
 \end{aligned}
 \tag{2.20}$$

$$FA = \sum_{n=1}^M \text{Cos}(kd_n \text{Cos}(\theta_{eje}))$$

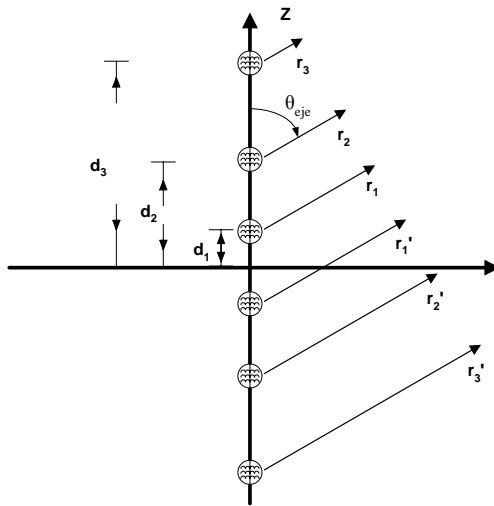


Fig. 2-23. Arreglo simétrico con número par de elementos y espaciamiento no uniforme.

Arreglo simétrico con número impar de elementos (2M+1 elementos)

$$\begin{aligned}
 FA &= 2 + (e^{jkd_2 \cos \theta_{eje}} + e^{jkd_3 \cos \theta_{eje}} + \dots + e^{jkd_{M+1} \cos \theta_{eje}}) \\
 &\quad + (e^{-jkd_2 \cos \theta_{eje}} + e^{-jkd_3 \cos \theta_{eje}} + \dots + e^{-jkd_{M+1} \cos \theta_{eje}})
 \end{aligned}
 \tag{2.21}$$

$$FA = \sum_{n=1}^{M+1} \cos(kd_n \cos(\theta_{eje})) \quad \text{donde : } d_1 = 0$$

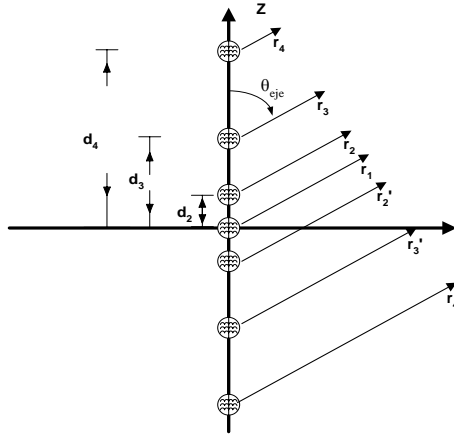


Fig. 2-24. Arreglo simétrico con número impar de elementos y espaciamiento no uniforme.

II.2.3 MÉTODOS NUMÉRICOS

El DISANT esta fundamentado en el estudio de la antena Dipolo-Cilíndrico, como una de las antenas más simples y usadas en la construcción de arreglos de antenas. De este estudio es necesario determinar la distribución de corrientes y con ello el campo electromagnético radiado por la antena, a través del cual es posible obtener el patrón de radiación del arreglo.

El estudio de los fenómenos electromagnéticos propios de las antenas, es analizado a partir de la deducción de dos ecuaciones integrales fundamentales: Ecuación Integral de Pocklington (E.I.P) y Ecuación Integral de Hallen (E.I.H). Es a través de la resolución de estas ecuaciones integrales que pueden determinarse los parámetros básicos de una antena en particular. Dicha resolución es llevada a cabo aplicando un método numérico específico: Métodos de los Momentos.

Método de los Momentos

Para resolver una ecuación integral que tiene la siguiente forma:

$$\int_a^b f(z') \cdot G(z, z') dz' = g(z) + \gamma \cdot f(z) \quad (2.22)$$

En donde $G(z, z')$, $g(z)$ y γ son conocidas y la única expresión desconocida es $f(z)$.

El Método de los Momentos plantea obtener un resultado aproximado de la función $f(z)$ mediante la combinación lineal (suma) de funciones bases. Esto se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$f(z) \cong C_1 \cdot f_1(z) + C_2 \cdot f_2(z) + \dots + C_N \cdot f_N(z) \quad (2.23)$$

En donde $f_n(z)$ son N funciones, conocidas, linealmente independientes entre sí y los C_n son coeficientes desconocidos. Generalizando podemos decir que:

$$f(z) \cong \sum_{n=1}^N C_n \cdot f_n(z) \quad (2.24)$$

Si se sustituye la ecuación 2.24 en la ecuación 2.22 y aprovechando la linealidad de los operadores, obtenemos la siguiente expresión:

$$\sum_{n=1}^N \left\{ C_n \cdot \left[\int_a^b f_n(z') \cdot G(z, z') dz' - \gamma \cdot f_n(z) \right] \right\} \cong g(z) \quad (2.25)$$

Para hallar los valores de los coeficientes C_n se evalúa la expresión anterior en M valores distintos hasta generar un sistema de ecuaciones lineales a través del cual se determina el valor numérico aproximado de los coeficientes C_n .

De lo anterior llegamos a la siguiente expresión:

$$\sum_{n=1}^N \left\{ C_n \cdot \left[\int_a^b f_n(z') \cdot G(z_m, z') dz' - \gamma \cdot f_n(z_m) \right] \right\} \cong g(z_m) \quad (2.26)$$

Con $\{m = 1, 2, 3, \dots, (M-1), M\}$ y con Z_m perteneciente al intervalo $[a, b]$

Aplicando el algebra lineal elemental, tenemos que M debe ser mayor o igual a N y como solo basta con tener un mínimo de N puntos de Z_m , el sistema de ecuaciones a resolver será de $N \times N$ ecuaciones. Esto nos lleva a la siguiente expresión:

$$\sum_{n=1}^N C_n \cdot a_{n,m} = b_m \quad (2.27)$$

Con:

(2.28)

$$a_{n,m} = \int_a^b f_n(z') \cdot G(z_m, z') dz' - \gamma \cdot f_n(z_m)$$

y

(2.29)

$$b_m = g(z_m)$$

En estas ecuaciones encontramos que las únicas incógnitas son los coeficientes C_n que al sustituirse adecuadamente en (2.24) proporcionan la aproximación de $f(z)$. Tomando en consideración siempre que las funciones bases $f_n(z)$ pueden ser de dominio completo (definidas en todo el intervalo $[a, b]$) o de dominio privado (definidas solo en subintervalos de $[a, b]$).

II.3 PROGRAMAS UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL SOFTWARE

MATLAB

MATLAB es un lenguaje de computación técnica de alto nivel en un entorno interactivo, ideal para el análisis de datos, desarrollo de algoritmos y aplicaciones variadas y complejas. Entre los usos mas típicos de la aplicación se tienen:

- Cálculos matemáticos.
- Desarrollo de algoritmos.
- Modelación y simulación.
- Análisis de datos.
- Gráficas en dos y tres dimensiones (2D y 3D).
- Desarrollo de aplicaciones usando el GUIDE.

MATLAB es esencialmente un sistema interactivo basado principal en un arreglo que no requiere de una dimensión tope en específico, es decir, trabaja con arreglos amplios de datos y permite resolver muchos problemas de cómputo técnico de algebra vectorial y matricial.

MATLAB-Significado

En sus orígenes el término MATLAB proviene de sus raíces inglesas: Matrix Laboratory, que se refiere a un Laboratorio de cálculos con Matrices. MATLAB es un software integrado a una familia de herramientas que permiten resolver problemas específicos de un campo determinado de la ingeniería y las ciencias. Estas herramientas son mayormente conocidas como Toolboxes y se encuentran disponibles para el estudio de redes neuronales, lógica difusa, filtros, adquisición de datos, sistemas de control, instrumentación de control, base de datos, procesamiento de imágenes y otros temas más. Este software inicialmente fue pensado para realizar operaciones con matrices, vectores y adicionalmente cálculos con escalares tanto reales como complejos de una manera muy sencilla, sin embargo, ha evolucionado de tal manera que ha llegado a convertirse en una herramienta útil en el campos de la ingeniería y la ciencia.

MATLAB 7

La compañía MathWorks presentada bajo el emblema de MATLAB 7 Release 14 su última versión de MATLAB, que a diferencia de la Release 13, incluye nuevas herramientas de programación.

La nueva versión de MATLAB 7 incluye importantes funciones nuevas en las áreas de programación, así como mejoras en cuanto a la eficiencia de códigos,

representaciones gráficas y visualización de las ventanas. Esta nueva entrega de MATLAB 7 ofrece una amplia lista de funciones matemáticas, así como funciones de lenguaje para manejar y analizar conjuntos de datos de mayor tamaño. Se han optimizado las relaciones entre los tipos de datos, operaciones, funciones y hardware para mejorar el rendimiento de las aplicaciones.

NEC-2 (Numerical Electromagnetics Code)

El código NEC es un código propiedad del Laboratorio Nacional de Laurence Livermore y de la Universidad de California, desarrollado bajo la supervisión del Centro Oceánico de Sistemas Navales y del Laboratorio de Armas de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. Este Código Numérico Electromagnético es muy utilizado para analizar la respuesta electromagnética de antenas y en general estructuras metálicas compuestas de varios filamentos. El cálculo numérico de las estructuras se consigue a través de la resolución de ecuaciones integrales de corrientes combinadas de manera conveniente según el tipo de estructura bajo observación.

Este código permite el análisis de estructuras muy variadas como: líneas de transmisión, redes, conductores perfectos, elementos de carga y planos de tierra entre otros.

El NEC-2 no siempre estuvo al alcance del público en general y no fue sino hasta el año 1981 cuando es liberada su licencia. Existe una versión actualizada y mejorada del NEC-2 llamado NEC-4, el cual es un código numérico más potente y complejo que su predecesor NEC-2, pero no es de distribución libre ya que su licencia esta en manos del Laboratorio Nacional de Laurence Livermore.

El principal inconveniente de esta aplicación es la manipulación de los comandos utilizados para suministrar los datos de entrada y para interpretar con exactitud los datos de salida, esto debido a que el código trabaja bajo la plataforma MS-DOS y carece de interfaces gráficas de usuario.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

III.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El criterio por medio del cual podemos clasificar la presente investigación, se resume en definir el propósito de la investigación u objetivos externos de la misma. Como resultado de esto podemos concluir que la investigación es de tipo: Aplicada, ya que está dirigida a la invención o mejora de productos existentes (investigación tecnológica).

Por los motivos descritos anteriormente, el presente trabajo de investigación se enmarca dentro de los estudios tecnicistas, precisamente, ubicado en la modalidad de Propuestas. Los estudios tecnicistas se basan en los siguientes fundamentos: “Si el interés del investigador consiste en hallar la solución de un problema práctico de orden económico, social, cultural o satisfacer una necesidad detectada mediante la puesta en funcionamiento de un programa, plan, estrategia, equipo o prototipo inventado, diseñado y/o adaptado por el investigador a la situación planteada, se estará en presencia de un estudio tecnicista con orientación a la producción técnica y enfocada al componente ocupacional, lo cual la hace apropiada para carreras con sesgo hacia el hacer, esto es carreras tecnológicas, diseño e ingeniería, y en especialidades de postgrado en salud, cultura y educación, entre otros” (Orozco Moret, Cirilo, 2002).

El prototipo de investigación tecnicista se identifica porque trata de usar la experiencia con alto grado de optimización. El investigador experto usa lo que ya se conoce, en función de resolver un conflicto o desequilibrio en una situación coyuntural.

Este tipo de trabajo constituye la presentación de un producto terminado y/o funcionando de acuerdo con lo previsto, en coherencia con su respectiva justificación de sustentación económica o funcional y con posibilidades de aplicación inmediata.

Los proyectos orientados a la solución de problemas o a satisfacer ciertas necesidades específicas, se fundamentan en la experiencia o conocimiento que tiene el investigador sobre la situación a resolver. Por esta razón se dice que una determinada propuesta es resultado de una exhaustiva planificación ejecutiva.

Población y Muestra

Según la bibliografía consultada, las investigaciones de tipo propuestas no requieren del estudio de población y muestra.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

No se elaboran ni se aplican instrumentos de recolección de datos. Para este tipo de modalidad la bibliografía consultada expresa que es inoperable el uso de variables.

Técnicas de Procedimiento y Análisis de Datos

Según la bibliografía consultada, las investigaciones tipo propuestas no requieren de la incorporación de una fase diagnóstica, ya que consisten en la presentación de un producto terminado para su aplicación inmediata, sustentada en la experiencia del investigador.

II.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA

Software educativo para el diseño y análisis de arreglos de antenas

La presentación del software se realiza a través de interfaces graficas desarrolladas en MATLAB, donde el usuario podrá interactuar con el programa de manera dinámica y así lograr ampliar sus conocimientos no solo de la materia o el tema que estudia, sino adicionalmente podrá lograr desarrollar una capacidad de análisis y visualización espacial del fenómeno de radiación electromagnética propio de las antenas.

Procedimiento para la elaboración del Programa

1. Estudio y manejo del programa MATLAB 7.
2. Revisión y recopilación del material teórico de la asignatura Antenas.
3. Estudio de los programas comerciales disponibles orientados al análisis electromagnético y simulación de antenas.
4. Análisis de los programas educativos DISANT v.1 y UC-NEC.
5. Análisis, estudio y manejo del motor de cómputo NEC_EXE2.
6. Diseño instruccional básico de la nueva versión del programa DISANT considerando el contenido programático fundamental de la materia y las mejoras sugeridas por el profesor de la cátedra.

7. Producto final.

III.3 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

El programa DISANT 2 es una herramienta computacional orientada a diseñar arreglos de antenas a través de la simulación y análisis de los patrones de radiación de campo lejano producto de dichos arreglos, tanto en el espacio libre como en presencia de un plano conductor perfecto, además permite definir arreglos de antenas con elementos orientados arbitrariamente en el espacio y con espaciamiento no uniforme entre sus elementos.

DISANT 2 esta constituido por una serie de archivos de comandos y funciones lógicas realizadas bajo el lenguaje de programación de MATLAB 7, el cual representa la plataforma de programación de la aplicación DISANT 2. En dicha plataforma se realizo inicialmente la actualización de las funciones del DISANT v.1, así como también las mejoras referentes a las presentaciones gráficas del programa, sintaxis lógica de las funciones, y mejoras al añadir animaciones y subrutinas interactivas que complementan de forma dinámica el contenido de la materia de Antenas.

Por otra parte, lograr desarrollar un programa versátil y fácil de manejar, capaz de analizar arreglos de antenas con orientación y espaciamiento no uniforme, requiere de un estudio amplio y a fondo de los programas comerciales y educativos existentes en la actualidad. En este sentido, luego de analizar varios de ellos se llegó a la conclusión de que existe un motor de cómputo electromagnético capaz de simular los distintos y complejos arreglos de antenas planteados en la ejecución de este proyecto.

La plataforma de cálculo NEC-2 permite de manera sencilla, analizar y simular antenas y arreglos de antenas a través de archivos de comandos llamados Cartas de Entrada. Este motor de cómputo al terminar de procesar los datos de entrada, crea un archivo de texto llamado Carta de Salida, en el cual se muestran todos los resultados pertinentes a la configuración del arreglo, parámetros de entrada y ganancia de la antena, patrones de radiación en campo lejano y campo cercano, presupuesto de potencia y otros resultados deseados.

Los resultados arrojados por la aplicación NEC-2, son interpretados y analizados por medio del lenguaje de programación de MATLAB 7, con el objeto de poder representarlos gráficamente a través de interfaces gráficas diseñadas en MATLAB.

Por tal motivo podemos decir que la nueva versión del DISANT responde a la integración de dos poderosas aplicaciones, implementadas y ejecutadas bajo el nombre de DISANT 2.

III.4 DISEÑO DEL PROGRAMA

El software DISANT 2 esta constituido por un total de 82 archivos *.m, archivos los cuales definen los comandos o funciones que son empleados como subrutinas capaces de realizar por separado ciertas y determinadas funciones. Por otra parte consta de 42 archivos *.fig, archivos representativos a las interfaces de usuario, y 7 archivos *.mat utilizados para almacenar datos durante la corrida del programa.

Estructurados e integradas sistemáticamente todos estos archivos, se obtiene como resultado, una herramienta versátil llamada DISANT 2. El tipo de programación empleado para la elaboración de las rutinas y subrutinas en la mayoría

de los casos es del tipo programación orientada a objetos. Aunque también encontramos programación de tipo estructurada, y en otros casos una combinación de estos dos estilos.

Para la elaboración del DISANT 2 se siguieron los siguientes pasos:

- Diseño y elaboración de las nuevas interfaces de usuario, tanto para la actualización de la versión antigua del DISANT, como para las nuevas aplicaciones a ser incluidas en la versión más reciente del programa.
- Definición de las propiedades de los objetos de control empleados en cada una de las interfaces de usuario. Estas propiedades determinan la forma, tamaño, color y función de cada objeto definido, es decir, como son y para que sirven cada uno de ellos.
- Por último tenemos, la generación del código relacionado a los eventos que ocurren posteriores al manejo de estos objetos. Este código responde a la necesidad del programador de que cierta rutina realice cierta y determinada función.

III.4.1 LISTADO DE ARCHIVOS DEL PROGRAMA

En la siguiente tabla se muestra un listado general de todos los archivos que conforman la aplicación DISANT 2, principalmente los programas, funciones, matrices de datos e interfaces gráficas de usuario. Aunque el software utiliza distintos archivos para su normal funcionamiento, como imágenes y videos, solo se hará referencia de los archivos más importantes.

Tabla 3-1. Listado de los archivos del programa.

Nombre del archivo
Acerca.m
ARREGLO.m
ARREGLOPLA.m
ARREGLOVOLUM.m
AyudaExcitacion.m
AyudaFilamentos.m
AyudaVentanas.m
AyudaVenatanas2.m
Betad.m
CadenFiletxt.m
Carta_Entrada.m
Carta_Salida.m
Ci.m
Cin.m
DatosExcitacion.m
DatosFilamentos.m
demo.m
DirectivDip.m
Directividad.m
DISANT2.m
DisantNec.m
ErrorListaExcitacion.m
ErrorListaFilamento.m
EvalVecCaFATra.m
FacArrBinon.m

Tabla 3-1. Listado de los archivos del programa. (Continuación)

Nombre del archivo
FacArrCheby.m
FacArrFourierArb.m
FacArrFourierTra.m
FacArrLineal.m
FacArrShelk.m
fac.m
FAFiSimb.m
FuncionError.m
FuncionErrorN.m
FuncionErrorB.m
FuncionError.d.m
FuncionError.d2.m
FuncionErrorFR.m
FuncionErrorLongitud.m
FuncionOrdenar.m
grafica2D.m
grafica3D.m
Graficas2D.m
Graficas3D.m
ImpMutua.m
Impropia.m
IntDobleM.m
intnum2.m
MatrizImp1.m
MaxFAFunc.m

Tabla 3-1. Listado de los archivos del programa. (Continuación)

Nombre del archivo
maxfunc.m
menugeneral.m
MenuResultados.m
Polar22.m
PolarPrint.m
RESULTADOS.m
ResultadosGenerales.m
Si.m
strrep1.m
Vec2poly.m
Vector.m
VentaLinealLineal.m
ventana1.m
ventana2.m
ventana3.m
VentanaLinealBinomial.m
VentanaLinealFourArbit.m
VentanaLinealFourTra.m
VentanaLinealSchelk.m
VentanaLinealSheby.m
VentanaPlanar1.m
VentanaPlanar2.m
VentanaPlanar3.m
VentanaPlanar4.m
VentanaPlanar5.m

Tabla 3-1. Listado de los archivos del programa. (Continuación)

Nombre del archivo
VentanaPlanar6.m
VentanaPlanar7.m
VentanaPlanar8.m
VentanaPlanar9.m
VentanaResultados.m
VentanaVolumetrica.m
VisualizacionArreglo.m
Acerca.fig
ARREGLO.fig
ARREGLOPLA.fig
ARREGLOVOLUM.fig
AyudaExcitacion.fig
AyudaFilamentos.fig
AyudaVentanas.fig
AyudaVentanas2.fig
Betad.fig
DatosExcitacion.fig
DatosFilamentos.fig
demo.fig
DISANT2.fig
DisantNec.fig
grafica2D.fig
grafica3D.fig
Graficas2D.fig
Graficas3D.fig

Tabla 3-1. Listado de los archivos del programa. (Continuación)

Nombre del archivo
menugeneral.fig
MenuResultados.fig
ResultadosGenerales.fig
VentaLinealLineal.fig
ventana1.fig
ventana2.fig
ventana3.fig
VentanaLinealBinomial.fig
VentanaLinealFourArbit.fig
VentanaLinealFourTra.fig
VentanaLinealSchelk.fig
VentanaLinealSheby.fig
VentanaPlanar1.fig
VentanaPlanar2.fig
VentanaPlanar3.fig
VentanaPlanar4.fig
VentanaPlanar5.fig
VentanaPlanar6.fig
VentanaPlanar7.fig
VentanaPlanar8.fig
VentanaPlanar9.fig
VentanaResultados.fig
VentanaVolumetrica.fig
VisualizacionArreglo.fig
Cadena1.mat

Tabla 3-1. Listado de los archivos del programa. (Continuación)

DATOS.mat
DatosGrafica2D.mat
DatosGrafica3D.mat
DatosPrincipal.mat
Filamentos.mat
temporal.mat
w1 (Lista de datos)
w2 (Lista de datos)
z1 (Lista de datos)
z2 (Lista de datos)
nec (aplicación)
nec2dx500 (aplicación)
nec2dx5000 (aplicación)
somnec2d (aplicación)
nec (archivo de configuración)
nec2d (archivo por lotes MS-DOS)

III.4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ARCHIVOS DEL PROGRAMA

Tal como se ha mencionado anteriormente, el software DISANT 2 es una herramienta computacional orientada al análisis y diseño de arreglos de antenas. El mismo está conformado por una serie de archivos, comandos o funciones escritas en el lenguaje de programación de MATLAB 7 y resulta de suma importancia describir la lógica de cada uno de estos archivos, con el objeto de que este proyecto pueda ser entendido y posteriormente continuado por otros investigadores.

Cada uno de los archivos *.m posee un encabezado en el cual se da una breve explicación del objetivo del mismo. Para acceder a esta información solo debe escribir en la ventana de comandos (Command Window), la palabra *help* seguida del nombre del archivo de interés. Por ejemplo, si se quiere ver el objetivo del archivo *Polar22.m*, debe escribir en el *Command Window* de MATLAB lo siguiente: `>>help Polar22` y al pulsar la tecla *Enter* se mostrará por pantalla la información concerniente al objetivo de este archivo.

Solo la descripción de los archivos con extensión *.m será mostrada a continuación a diferencia de los archivos *.mat y *.fig entre otros, ya que estos no contribuyen con la intención de mostrar una visualización esquematizada del programa y en el caso de los *.fig forman parte inseparable de los *.m correspondientes y representan solo la interfaz gráfica de los mismos.

1) **Acerca.m**

```
%%%%%%%%%
```

Acerca.m

Objetivo: Este programa se encarga de crear, manejar y presentar la ventana Acerca que muestra información referente a los autores, fecha, lugar y motivos de la realización del programa.

```
%%%%%%%%%
```

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

```
%%%%%%%%%
```

2) **ARREGLO.m**

%%
ARREGLO.m

Objetivo: Este archivo se encarga de adquirir los datos de la geometría de la antena como son el número de elementos, distancia de separación entre elementos, el eje del arreglo y la orientación de los dipolos mediante unas variables globales para poder aplicar un algoritmo que permitirá mostrar de manera gráfica la configuración del arreglo en forma visual, este solo es aplicable a configuraciones de antenas lineales, es decir solo para antenas que tengan un solo eje de arreglo.

%%
Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward
Función realizada para el Programa DISANT 2
%%

3) **ARREGLOPLA.m**

%%
ARREGLOPLA.m

Objetivo: Este archivo se encarga de adquirir los datos de la geometría de la antena como son el número de elementos, distancia de separación entre elementos, el eje del arreglo y la orientación de los dipolos mediante unas variables globales para poder aplicar un algoritmo que permitirá

CadenFiletxt.m

Objetivo: Escribe una cadena de caracteres o "String" a un archivo de texto (*.txt). Si este archivo existe, escribe los datos sobre éste reemplazando el archivo anterior y si este archivo no existe, crea uno y escribe los datos sobre éste. Este archivo se guarda en la carpeta por defecto activada por Matlab en su iniciación.

Variables de entrada:

NombreArchivo: contiene el nombre del String que representa el nombre del archivo "solo el nombre sin extensión"

Cadena: texto o "String" que se desea guardar.

%%%%%%%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%%%%%%%

11) Carta_Entrada.m

Este archivo *.m interpreta todos los datos de entrada al programa en comandos e instrucciones necesarios para que la aplicación NEC-2 funcione correctamente. En esta carta se declaran los parámetros de la estructura geométrica del arreglo de antenas, así como sus correspondientes parámetros eléctricos y comandos de control de la aplicación NEC-2.

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

16) DatosFilamentos.m

%%%

DatosFilamentos.m

Objetivo: Este programa se encarga de crear, manejar y presentar la ventana de CARGA DE DATOS de los parámetros de la estructura filamental. En el listado que aparece en esta ventana se cargan al sistema cada una de las características definidas para cada filamento o antena.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

17) demo.m

%%%

demo.m

Objetivo: Este archivo se encarga de generar una ventana donde se muestra

21) **DisantNec.m**

%%%

DisantNec.m

Objetivo: Este programa se encarga de crear, manejar y presentar la ventana de Parámetros Característicos de las antenas, donde se han de definir: frecuencia, estructura geométrica de la antena, fuentes de excitación y presencia de planos conductores. En general, todos los parámetros que definen un arreglo de antenas, son declarados en esta ventana.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

22) **ErrorListaExcitacion.m**

%%%

ErrorListaExcitacion.m

Objetivo: Programa que permite determinar si un dato de entrada de la lista es valido o no para la ejecución del programa.

Variables de entrada:

ValorLista: Valor de estudio

24) EvalVecCaFATra.m

%%%

EvalVecCaFATra.m

Objetivo: Evalúa una función definida a tramos en el vector de Celdas VecCafatra y devuelve dos vectores con estos resultados, en ángulo y magnitud.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

25) FacArrBinon.m

%%%

FacArrBinon .m

Para Excitación Binomial Calcula lo siguiente:

FAFi: Factor de Arreglo en función de la variable Fi

FATita: Factor de Arreglo en función de la variable Tita de Eje

FAEsfer: Factor de Arreglo en función de las variable de coordenadas Esféricas (Tita1, Fi1)

Icor: Corrientes de cada elemento que compone el Arreglo

Datos de Entrada:

EjeArr: Variable que identifica al Eje del Arreglo

N: Variable que contiene el número de elementos en el eje del arreglo

d: Distancia entre los elementos del eje del Arreglo

B: Progresión de las fase de las corrientes

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

26) FacArrCheby.m

%%%

FacArrCheby.m

Para Excitación Chebyshev Calcula lo siguiente:

FAFi: Factor de Arreglo en función de la variable Fi

FATita: Factor de Arreglo en función de la variable Tita de Eje

FAEsfer: Factor de Arreglo en función de las variable de coordenadas
Esféricas (Tita1, Fi1)

Icor: Corrientes de cada elemento que compone el Arreglo

Datos de Entrada:

EjeArr: Variable que identifica al Eje del Arreglo

N: Variable que contiene el número de elementos en el eje

del arreglo

d: Distancia entre los elementos del eje del Arreglo

B: Progresión de la fase de las corrientes

Ro: Nivel de lóbulos laterales (debe introducirse en dB)

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

27) **FacArrFourierArb.m**

%%%

FacArrFourierArb.m

Para Excitación Fourier Arbitrario Calcula lo siguiente:

FAFi: Factor de Arreglo en función de la variable Fi

FATita: Factor de Arreglo en función de la variable Tita de Eje

FAEsfer: Factor de Arreglo en función de las variable de coordenadas

Esféricas (Tita1, Fi1)

Icor: Corrientes de cada elemento que compone el Arreglo

Datos de Entrada:

EjeArr: Variable que identifica al Eje del Arreglo

FADat1: Vector que contiene el modulo del diagrama de radiación para un anulo dado (en correspondencia con AngDat).

AngDat1: Vector que contiene los ángulos en correspondencia con FADat.

d: Distancia entre los elementos del eje del Arreglo

N: Número de elementos

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

28) FacArrFourierTra.m

%%

FacArrFourierTra.m

Para Excitación Fouiier Arbitrario Calcula lo siguiente:

FAFi: Factor de Arreglo en función de la variable Fi

FATita: Factor de Arreglo en función de la variable Tita de Eje

FAEsfer: Factor de Arreglo en función de las variable de coordenadas
Esféricas (Tita1, Fi1)

Icor: Corrientes de cada elemento que compone el Arreglo

Datos de Entrada:

EjeArr: Variable que identifica al Eje del Arreglo

VecCaFATra: Vector que contiene la función diagrama de
radiación definida por tramos

d: Distancia entre los elementos del eje del Arreglo

N: Número de elementos

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

29) FacArrLineal.m

%%%

FacArrLineal.m

Excitación Uniforme Calcula lo siguiente:

FAFi: Factor de Arreglo en función de la variable Fi

FATita: Factor de Arreglo en función de la variable Tita de Eje

FAEsfer: Factor de Arreglo en función de las variable de coordenadas
Esféricas (Tita1, Fi1)

Icor: Corrientes de cada elemento que compone el Arreglo

Datos de Entrada:

EjeArr: Variable que identifica al Eje del Arreglo

N: Variable que contiene el número de elementos en el eje
del arreglo

d: Distancia entre los elementos del eje del Arreglo

B: Progresión de las fase de las corrientes

31) fact.m

%%
fact.m

Calcula el factorial de un número o Vector.

Variable de Entrada: m

Variable de Salida: n

%%
Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward
Función realizada para el Programa DISANT 2
%%

32) FAFiSimb.m

%%
FAFiSimb.m

Objetivo: Dado el vector de corrientes de entrada a cada elemento sobre el eje del arreglo, calcula el Factor de Arreglo en función de la Variable FI='x'.

Variables de entrada:Icor: Vector de las corrientes que alimentan a los elementos del eje.

34) **FuncionErrorN.m**

%%%

FuncionErrorN.m

Objetivo: Función que permite determinar si un dato de entrada al campo edit correspondiente al numero de elementos es valido o no para la ejecución del programa.

Variables de entrada:

Valor: Valor de estudio

Variables de Salida:

Error: Indica si existe un error con el dato leído

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

35) **FuncionErrorB.m**

%%%

FuncionErrorB.m

Objetivo: Función que permite determinar si un dato de entrada a un campo edit es válido o no para la ejecución del programa.

FuncionErrorFR.m

Objetivo: Función que permite determinar si el dato de entrada al campo edit de la frecuencia es válido o no para la ejecución del programa.

Variables de entrada:

Valor: Valor de estudio

Valor: Valor de estudio en formato String

Variables de Salida:

Error: Indica si existe un error con el dato leído

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

39) FuncionErrorLongitud.m

%%%

FuncionErrorLongitud.m

Objetivo: Función que permite determinar si la longitud del filamento es válida o no para la ejecución del programa.

Variables de entrada:

filamento: Antena en estudio

Frecuencia: Valor de la frecuencia a la que opera la antena

lambda: Longitud de onda a la frecuencia dada

unidad: Si las unidades están en metros o longitud de ondas

Variables de Salida:

Error: Indica si existe un error con el dato leído

modulo: valor de la distancia total del filamento

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

40) FuncionOrdenar.m

%%%

FuncionOrdenar.m

Objetivo: Función que permite ordenar los datos arrojados por el NEC-2 y guardados como matriz en MATLAB de manera de interpretarlos para realizar los gráficos 3D.

Variables de entrada:

Arreglo: Matriz de datos

Npaso1: Resolución angular en THETA

Npaso2: Resolución angular en PHI

42) grafica3D.m

%%
grafica3D.m

Objetivo: Este archivo permite mostrar una ventana donde se presentan gráficas espaciales de la antena base, factor de arreglo y factor total, en esta ventana se puede elegir la resolución angular, el tipo de gráfica y el tipo de trazado. En la barra de menú se puede obtener aplicaciones para guardar e imprimir las gráficas. También se presenta la aplicación donde se puede rotar la gráfica en tres dimensiones.

%%
Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward
Función realizada para el Programa DISANT 2
%%

43) Graficas2D.m

%%
Graficas2D.m

Objetivo: Este archivo permite mostrar una ventana donde se presentan gráficas polares de la antena en estudio, estas gráficas se pueden observar en los planos vertical y plano horizontal. Esta ventana posee una barra de menú donde se puede tener las

46) **ImpPropia.m**

%%%

ImpPropia.m

Objetivo: Calcula la Impedancia Propia de Antenas Dipolares de Longitud L1 y radio a. Este cálculo está basado en el método de los Parámetros de Expansión de King-Middletong de 1ro y 2do orden.

(longitudes en Lambda)

Variables de entrada:

L1: Longitud del dipolo (completo)

a: Radio del dipolo

Variables de Salida:

Zp2: Impedancia Propia del Dipolo

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

47) **IntDobleM.m**

%%%

IntDobleM.m

Objetivo: Calcula la Integral doble de una función de dos Variables dada Matricialmente, Aplicando un método basado en la definición discreta de la integral doble, para una partición regular en las dos variables independientes. Si usted desea en algún momento, generar esta matriz y aplicar esta función en un caso cualquiera, debe emplear el comando de Matlab llamado meshgrid y luego evaluar la función que genere los Valores de FA (lea la ayuda de Matlab).

Variables de entrada:

FA: Matriz que contiene los valores de FA obtenido a partir de la Función meshgrid de Matlab

DeltaTita y DeltaFi: Valores de paso escogidos para generar el Meshgrid

Variables de Salida:

s: Valor aproximado de la integral doble

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

48) **intnum2.m**

%%%

intnum2.m

Objetivo: Integra numéricamente una función dada por un vector.

Emplea el Método de Integración Numérica de Simpson.

VARIABLES DE ENTRADA:

Y: Vector que contiene la variación funcional.

dx: delta de partición regular

VARIABLES DE SALIDAS:

A: Valor aproximado de la integral

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

49) MatrizImp1.m

%%

MatrizImp1.m

Objetivo: Calcula la Matriz de Impedancia de todo los elementos que componen el arreglo, es decir, calcula la impedancia de entrada de cada uno de los elementos radiantes que componen el arreglo, tomando en cuenta los efectos propios (Impedancia Propia) y los efectos mutuos.

(Impedancia mutua).

Variables de entrada Directa:

L1, a: longitud y radio del dipolo

AntenaBase1: tipo de antena Base puede tomar 2 valores Dipolos y Otras

MIcor1: Matriz de corrientes de entrada a cada elemento

VecNumEleEje: Vector de 3 componentes que contiene el Numero de
elementos en cada eje del arreglo. [Nx, Ny, Nz]

VecDisEleEje: Vector de 3 componentes que contiene la separación entre
los elementos que se encuentran sobre cada eje del
arreglo. [dx, dy, dz]

ValorPolariz1: Polarización de la antena Base

Variables de Salida:

ZE: Matriz de Impedancia de todos los elementos que componen el arreglo

Zpropia: Impedancia propia de los elementos que componen el arreglo

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

50) MaxFAFunc.m

%%

MaxFAFunc.m

Objetivo: Calcula el máximo de la función.

52) menugeneral.m

%%
menugeneral.m

Objetivo: Este archivo muestra la ventana de menú de resultados en la cual se puede elegir la manera de observar los resultados, parra ello se cuenta con tres opciones en la cual se tiene: Gráficas 2D, Gráficas 3D y Resultados generales.

%%
Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward
Función realizada para el Programa DISANT 2
%%

53) MenuResultados.m

%%
menugeneral.m

Objetivo: Este archivo muestra la ventana de menú de resultados en la cual se puede elegir la manera de observar los resultados, parra ello se cuenta con tres opciones en la cual se tiene: Gráficas 2D, Gráficas 3D y Resultados generales.

%%
Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward
Función realizada para el Programa DISANT 2
%%

54) Polar22.m

%%%

Polar22.m

Objetivo: Este archivo es una modificación del comando "polar" de MATLAB con el propósito de ajustar la visualización de las gráficas polares a los colores de fondo de las interfaces gráficas del programa.

También permite mostrar otros valores de interés, como el círculo de media potencia.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

55) PolarPrint.m

%%%

PolarPrint.m

Objetivo: Este archivo es una modificación del comando "polar" de MATLAB con el propósito de ajustar la visualización de las gráficas polares a los colores de fondo de la ventana imprimir del menú archivo.

También permite mostrar otros valores de interés, como el círculo de media potencia.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

56) RESULTADOS.m

%%

RESULTADOS.m

Objetivo: Archivo que se encarga de realizar los cálculos de las corrientes de cada dipolo del arreglo, la impedancia propia y la mutua además del cálculo de la directividad.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

57) ResultadosGenerales.m

%%

ResultadosGenerales.m

Objetivo: Archivo que se encarga de realizar y mostrar los cálculos de las corrientes de cada dipolo del arreglo, así como los valores de campo

59) **strep1.m**

%%%

strep1.m

Objetivo: Reemplaza un String c1 por c2, en una cadena de caracteres de nombre "cadena". (la "cadena" puede tener múltiples líneas).

Variables de Entrada:

cadena: Cadena en la cual se buscará el string c1 y se reemplazará por el string c2

c1: String a sustituir.

c2: String reemplazante.

Variables de Salida:

cadena: Cadena en donde se realizó el reemplazo de los string, c1 por c2

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

60) **Vec2poly.m**

%%%

Vec2poly.m

62) VentanaLinealLineal.m

%%%

VentanaLinealLineal.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo lineal, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, la excitación utilizada es del tipo uniforme. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

63) ventana1.m

%%%

ventana1.m

Objetivo: Este archivo genera una ventana en la cual se puede elegir el tipo de arreglo, para ello se cuenta con tres ejes a seleccionar obteniendo así un arreglo lineal, arreglo planar o arreglo volumétrico.

%%%%%%%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%%%%%%%

64) ventana2.m

%%%%%%%%%

ventana2.m

Objetivo: Este archivo genera una ventana donde se puede seleccionar el tipo de excitación utilizada para alimentar la antena diseñada, se puede elegir entre los seis tipos de excitación presentados en la lista. Esta lista de excitación se activa para cada eje del arreglo, en caso que se seleccione un arreglo planar o arreglo volumétrico.

%%%%%%%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%%%%%%%

65) ventana3.m

%%%%%%%%%

ventana3.m

Objetivo: Este archivo genera una ventana donde se puede elegir el tipo

67) VentanaLinealFourArbit.m

%%%

VentanaLinealFourArbit.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo lineal, para ello trabaja con unas variables como son la función factor de arreglo en el plano horizontal y la distancia de separación entre cada elemento. La excitación utilizada es del tipo Fourier mediante una función arbitraria del factor de arreglo en el plano horizontal. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de epsilon y tita del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

68) VentanaLinealFourTra.m

%%%

VentanaLinealFourTra.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo lineal, para ello trabaja con unas variables como son el valor de amplitud con su correspondiente ángulo del factor de arreglo en el plano

horizontal y la distancia de separación entre cada elemento. La excitación utilizada es del tipo Fourier mediante una función arbitraria del factor de arreglo en el plano horizontal. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

69) VentanaLinealSchelk.m

%%%

VentanaLinealSchelk.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo lineal, para ello trabaja con unas variables como son el valor del ángulo donde la amplitud del factor de arreglo en el plano horizontal vale cero y la distancia de separación entre cada elemento. La excitación utilizada es del tipo Fourier mediante una función arbitraria del factor de arreglo en el plano horizontal. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

70) VentanaLinealSheby.m

%%

VentanaLinealSheby.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo lineal, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento, la constante de progresión y el nivel de lóbulos laterales. La excitación utilizada es del tipo Shebyshev. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y t del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

71) VentanaPlanar1.m

%%

VentanaPlanar1.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo planar, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, cabe destacar que dependiendo de la configuración que se elija esta aplicación utilizará uno o varios de estos datos de entrada. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

72) VentanaPlanar2.m

%%

VentanaPlanar2.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo planar, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, cabe destacar que dependiendo de la configuración que se elija esta aplicación utilizará uno o varios de estos datos de entrada. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

73) VentanaPlanar3.m

%%

VentanaPlanar3.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo planar, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, cabe destacar que dependiendo de la configuración que se elija esta aplicación utilizará uno o varios de estos datos de entrada. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

74) VentanaPlanar4.m

%%

VentanaPlanar4.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo planar, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, cabe destacar que dependiendo de la configuración que se elija esta aplicación utilizará uno o varios de estos datos de entrada. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

75) VentanaPlanar5.m

%%

VentanaPlanar5.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo planar, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, cabe destacar que dependiendo de la configuración que se elija esta aplicación utilizará uno o varios de estos datos de entrada. En esta

77) VentanaPlanar7.m

%%%

VentanaPlanar7.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo planar, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, cabe destacar que dependiendo de la configuración que se elija esta aplicación utilizará uno o varios de estos datos de entrada. En esta misma ventana se muestran resultados de manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de ϵ y θ del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

78) VentanaPlanar8.m

%%%

VentanaPlanar8.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo planar, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de

80) VentanaResultados.m

%%%

VentanaResultados.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana donde se presentan resultados en formatos de tablas, estas pueden ser de tres tipos: Configuración del arreglo, resultado de corrientes e impedancia por ejes y resultados de los campos en los planos XY, XZ, YZ. Estas tablas se pueden guardar en la carpeta Proyecto con extensión txt.

%%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%%

81) VentanaVolumetrica.m

%%%

VentanaVolumetrica.m

Objetivo: Este archivo muestra una ventana que realiza el estudio de un arreglo volumétrico, para ello trabaja con unas variables como son el número de elementos, la distancia de separación entre cada elemento y la constante de progresión, cabe destacar que dependiendo de la configuración que se elija esta aplicación utilizará uno o varios de estos datos de entrada. En esta misma ventana se muestran resultados de

manera gráfica como son la gráfica del factor de arreglo en función de
epsi y tita del eje, estas gráficas son del tipo cartesiano.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

82) VisualizacionArreglo.m

%%

VisualizacionArreglo.m

Objetivo: Este archivo muestra en una ventana la configuración geométrica
del arreglo, su distribución espacial y las fuentes asociadas a dicho
arreglo.

%%

Elaborado por: Peña Abel y Colmenares Edward

Función realizada para el Programa DISANT 2

%%

III.5 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Recursos necesarios para la ejecución del trabajo de grado

- 2 Computadores Pentium IV.

- Software MATLAB 7.
- Motor de cómputo NEC-2.
- Microsoft Office 2003.
- Editor de Ecuaciones Mathtype 5.
- Memoria Flash de 256MB.
- Acceso a Internet Banda Ancha.

Cronograma de Actividades

Mes	Actividad
Marzo	Análisis, estudio y manejo del programa MATLAB 7
Abril	Recopilación de la documentación necesaria para la actualización
Mayo a Septiembre	Diseño y elaboración de la nueva versión de la aplicación DISANT
Octubre	Pruebas y correcciones del software
Noviembre	Revisión, transcripción, presentación y defensa del Trabajo Especial de Grado

CAPÍTULO IV

USO Y MANEJO DEL DISANT 2

DISANT 2 es un programa que permite simular arreglos de antenas con paralelismo relativo, orientación arbitraria y con presencia de planos conductores convirtiéndose en una herramienta computacional avanzada que supera a su antecesor DISANT.

DISANT 2 ofrece al usuario herramientas que le permitirán realizar de manera fácil el análisis y diseños de arreglos de antenas a través de animaciones multimedia e interfaces gráficas con las cuales el usuario podrá interactuar de manera amigable y así ampliar sus conocimientos en los distintos tópicos de antenas al punto que él mismo pueda definir y diseñar arreglos de antenas.

IV.1 REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA LA EJECUCIÓN DEL SOFTWARE

1. Instrucciones para la instalación.
 - 1.1. El usuario deberá tener previamente instalado en su PC, la aplicación block de notas.
 - 1.2. Para la instalación del programa, el usuario deberá seguir las instrucciones presentes en el manual de instalación que se encuentra en el CD DISANT 2.
2. Apoyo Técnico Disponible.

Para cualquier asesoría o sugerencia el usuario podrá realizarla por las siguientes direcciones electrónicas: edwardasdrubal@hotmail.com y abeldavid77@yahoo.es o a la coordinación de la asignatura de **Antenas** de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

3. Plataforma Computacional requerida.
 - 3.1. Hardware (Requerimientos mínimos).
 - 3.1.1. Procesador Pentium III, AMD Athlon.
 - 3.1.2. Memoria RAM: 256MB (mínimo). Recomendado 512MB.
 - 3.1.3. Espacio disponible en disco para la instalación de la aplicación: aproximadamente de 80MB.
 - 3.2. Software (Requerimientos mínimos).
 - 3.2.1. Microsoft Windows 2000.
 - 3.2.2. Microsoft Block de notas.
 - 3.2.3. MATLAB 7.
 - 3.2.4. Microsoft Paint.
 - 3.2.5. Reproductor Multimedia.
4. Destrezas computacionales requeridas del usuario.

El usuario solo deberá tener conocimientos básicos de MATLAB.

IV.2 INSTALACION DEL PROGRAMA

Antes de comenzar la instalación del programa DISANT 2 primero se debe tener instalado en el computador el software **MATLAB 7 Release 14** que es la ultima versión de MATLAB ya que el programa DISANT 2 no puede ejecutarse de forma correcta en versiones anteriores como MATLAB 6.5.

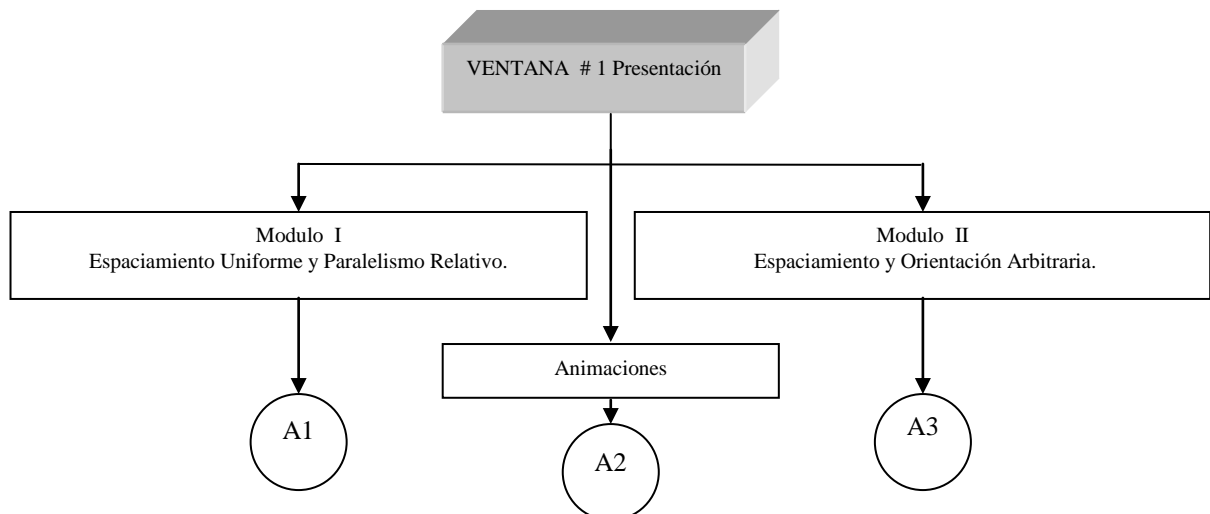
Una vez verificado la versión instalada de MATLAB 7 se procederá a la instalación del programa mediante los siguientes pasos:

1. Después de iniciar el sistema, inserte el CD de instalación en la unidad de CDs.

2. Abrir la carpeta PROGRAMA, posicionar el cursor del Mouse sobre la carpeta DISANT 2 y hacer clic sobre el botón derecho del Mouse, sobre la lista que se desplegó mover el cursor y seleccionar la opción que dice “Copiar”.
3. Hacer doble clic sobre el icono de Mi PC que se encuentra en el escritorio una vez allí repetir el mismo procedimiento descrito sobre la unidad de disco C y dentro de este seleccionar la carpeta “MATLAB 7” en la cual se encontrara la carpeta “Work” donde se hará clic con el derecho del Mouse y de la lista desplegada se seleccionara la opción “Pegar”. Este paso le permitirá copiar la carpeta del programa DISANT 2 junto a todos sus archivos.
4. Para terminar la instalación del programa se debe cambiar el directorio que aparece por defecto en MATLAB 7 al directorio C:\MATLAB7\work\DISANT 2 que es de donde se ejecutara el programa. Luego, para ejecutar el DISANT 2 escriba en el Prom >> DISANT2.

IV.3 DIAGRAMA DE JERARQUIA DE LAS VENTANAS

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el esquema de la jerarquía de las ventanas que rigen toda la ejecución del programa DISANT 2.



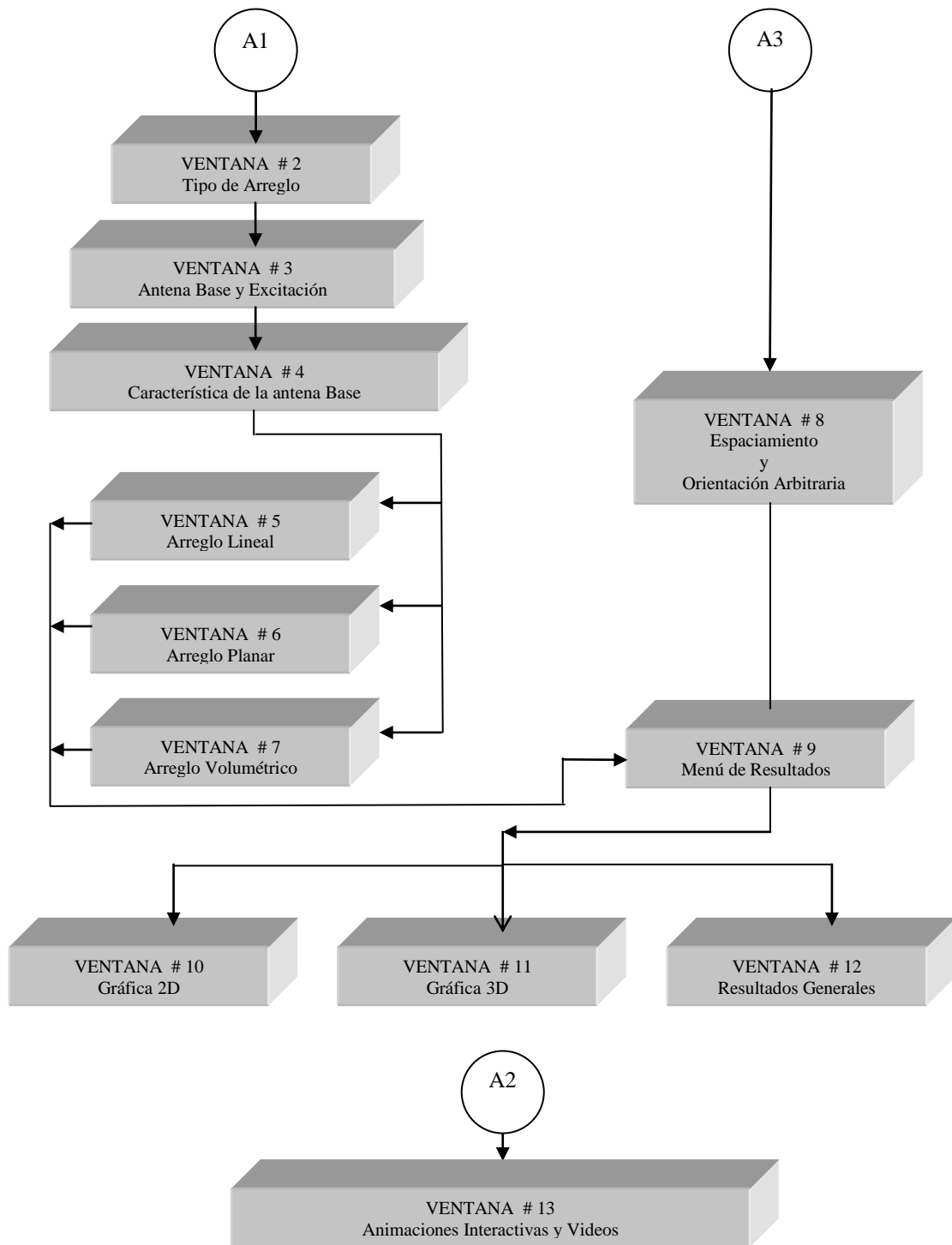


Fig. 4-1. Diagrama de jerarquía de VENTANAS del programa DISANT 2.

IV.4 DESCRIPCION DETALLADA DE LAS VENTANAS DEL PROGRAMA DISANT 2

Esta sección tiene una descripción detallada de los objetos que conforman cada ventana del programa DISANT 2, así como el uso y manejo del mismo para poder utilizarlo de una manera correcta, para ello se utilizara el diagrama de jerarquía.

1. VENTANA # 1: Presentación.

Esta VENTANA aparece después de ejecutar la sentencia “DISANT2” en el <<Prom.>> de MATLAB 7. Su representación es mostrada en la Fig. 4-2.

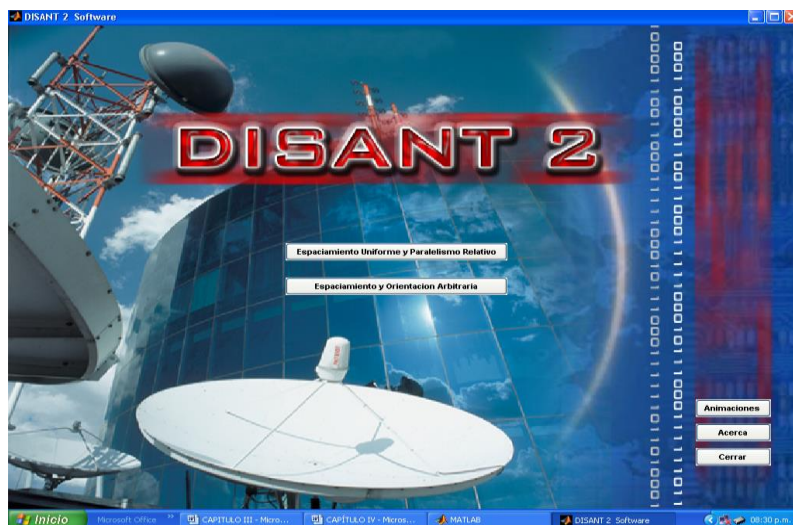


Fig. 4-2. VENTANA #1. Programa DISANT 2.

En esta VENTANA se encuentran cinco objetos (botones) de los cuales tres de ellos pertenecen a las herramientas como son: Animaciones, Acerca y Cerrar, estos están situados en la parte inferior derecha de la VENTANA #1. Los botones restantes permiten tener acceso a los dos módulos principales que son:

- Espaciamiento uniforme y paralelismo relativo.
- Espaciamiento y orientación arbitraria.

2. VENTANA # 2: Tipo de Arreglo.

En esta VENTANA se selecciona el tipo de configuración del arreglo de antenas, pudiendo escoger los ejes (X, Y ó Z) que conformaran dicha configuración, esta selección determinara si el arreglo es lineal, planar ó volumétrico. En esta VENTANA se muestra una imagen que corresponderá al tipo de arreglo seleccionado ya que es una imagen dinámica. Su representación es mostrada en la Fig. 4-3.

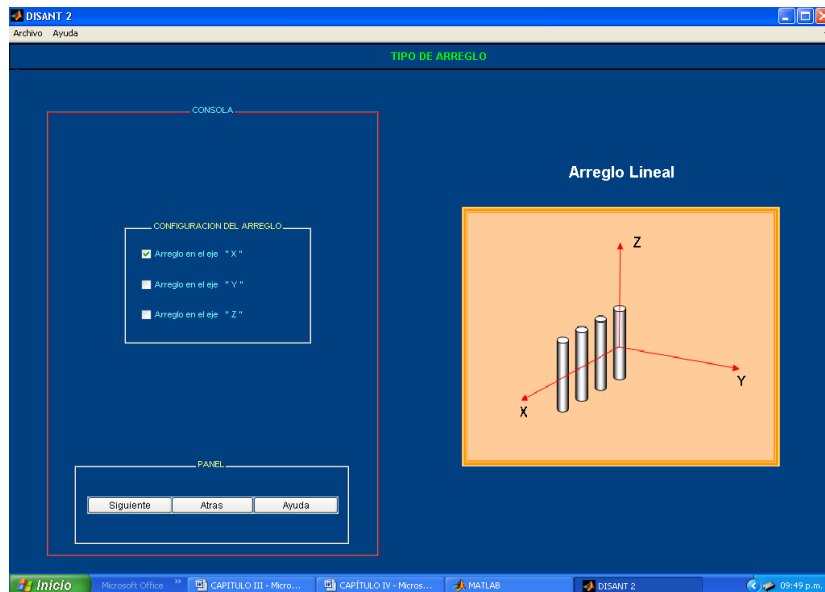


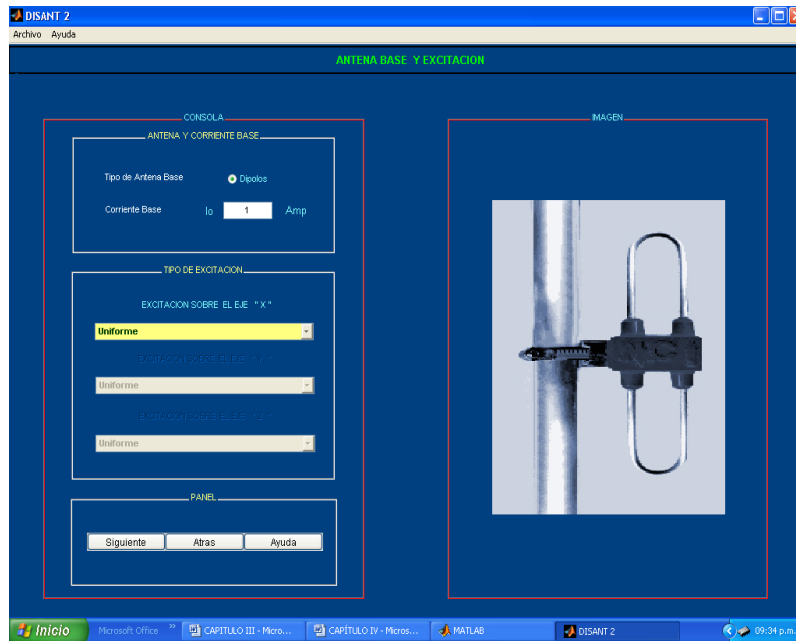
Fig. 4-3. VENTANA # 2: Tipo de Arreglo.

Seguidamente se describirán los objetos de que conforman la VENTANA # 2.

- **Configuración del Arreglo:** Se presentan tres cajas de pruebas (Check Boxes) en las cuales se escogen los ejes que se desean activar para configurar el arreglo. Para activar o desactivar cualquiera de los ejes, solo se debe hacer “clic” sobre la caja de prueba seleccionada con el Mouse.
- **Siguiente:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA siguiente.
- **Atrás:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA anterior.
- **Ayuda:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a los tópicos de ayuda relacionados con la VENTANA que se encuentra activa.
- **Imagen:** Esta imagen ilustrativa en tres dimensiones representa la ubicación espacial de la antena, la cual se actualiza automáticamente según lo escogido en las cajas de pruebas correspondiente a cada eje.
- **Barra de Herramientas:** Esta barra se encuentra ubicada en la parte superior de la VENTANA actual y permite al usuario tener acceso a varias utilidades como son: Archivo y Herramientas que a su vez permiten otras aplicaciones.

3. VENTANA # 3: Antena Base y Excitación.

Esta VENTANA aparece después de pulsar el botón siguiente de la VENTANA # 2. Su representación es mostrada en la Fig. 4-4.



En esta sección el tipo de antena base por defecto es un dipolo y se puede seleccionar el tipo de excitación por eje, pudiendo escoger para cualquiera de los ejes activos la excitación que usted desee entre las seis alternativas presentadas. Seguidamente se describirán que conforman la VENTANA # 3.

- **Tipo de Antena Base:** Se presenta un pulsador (Radio Buttons) el cual muestra la selección de la antena base que en nuestro caso es un dipolo.
- **Corriente Base:** En esta casilla de edición (Editable texts) se podrá escribir directamente el máximo valor numérico de las corriente (en Amperios) de entrada a las antenas del arreglo. Este valor debe ser un número real positivo.
- **Tipo de Excitación Sobre el Eje X:** Este objeto es un menú desplegable (Pop-up menú) el cual presenta seis opciones de tipos de excitación (Ver

- Fig. 4-5.): Lineal uniforme, Binomial, Chebyshev, Schelkunoff, Función dada por Tramos (Fourier), Diagrama de radiación Arbitrario (Fourier), que pueden ser elegidas para excitar el eje “X”.
- **Tipo de Excitación Sobre el Eje Y:** Este objeto es un menú desplegable (Pop-up menús) el cual presenta seis opciones de tipos de excitación (Ver Fig. 4-5.): Lineal uniforme, Binomial, Chebyshev, Schelkunoff, Función dada por Tramos (Fourier), Diagrama de radiación Arbitrario (Fourier), que pueden ser elegidas para excitar el eje “Y”.
- **Tipo de Excitación Sobre el Eje Z :** Este objeto es un menú desplegable (Pop-up menús) el cual presenta seis opciones de tipos de excitación(Ver Fig. 4-5.): Lineal uniforme, Binomial, Chebyshev, Schelkunoff, Función dada por Tramos (Fourier), Diagrama de radiación Arbitrario (Fourier), que pueden ser elegidas para excitar el eje “Z”.

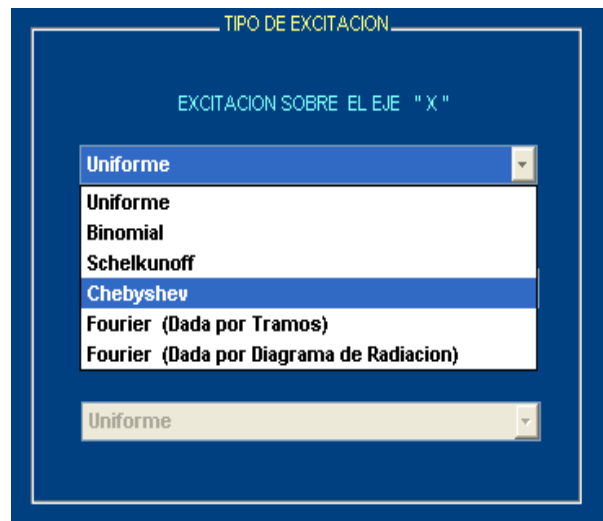


Fig. 4-5. Menú desplegable para escoger el tipo de excitación del eje.

- **Siguiente:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA siguiente.
- **Atrás:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA anterior.
- **Ayuda:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a los tópicos de ayuda relacionados con la VENTANA que se encuentra activa.
- **Barra de Herramientas:** Esta barra se encuentra ubicada en la parte superior de la VENTANA actual y permite al usuario tener acceso a varias utilidades como son: Archivo y Herramientas que a su vez permiten otras aplicaciones.

4. VENTANA # 4: Característica de la Antena Base.

En esta VENTANA se tendrá la opción de elegir las características geométricas del dipolo (Longitud, Diámetro y Orientación). Seguidamente se describirán que conforman la VENTANA # 4.

- **Orientación:** Este campo muestra un menú desplegable con tres opciones de orientación del dipolo los cuales son presentados por vectores unitarios sobre cada uno de los ejes coordenados Ax, Ay y Az



Fig. 4-6. Menú desplegable para escoger la orientación de los dipolos.

- **Longitud:** En este campo de edición (Editable texts) podrá escribir directamente el valor numérico de la longitud de los dipolos. Este valor debe ser un número real positivo dado en unidades de longitud de onda.
- **Diámetro:** En este campo de edición (Editable texts) podrá escribir directamente el valor numérico del Diámetro de los dipolos. Este valor debe ser un número real positivo dado en unidades de longitud de onda.
- **Imagen:** Esta imagen ilustrativa en tres dimensiones representa la ubicación espacial de los dipolos del arreglo de antenas, la cual se actualiza automáticamente según lo escogido en la orientación.
- **Siguiente:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA siguiente.
- **Atrás:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA anterior.
- **Ayuda:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a los tópicos de ayuda relacionados con la VENTANA que se encuentra activa.
- **Barra de Herramientas:** Esta barra se encuentra ubicada en la parte superior de la VENTANA actual y permite al usuario tener acceso a varias utilidades como son: Archivo y Herramientas que a su vez permiten otras aplicaciones.

5. VENTANA # 5: Arreglo Lineal.

Esta VENTANA aparecerá solo si usted ha seleccionado para cualquiera de los ejes el Tipo de Excitación entre las seis opciones a seleccionar en la VENTANA # 3. La representación de esta VENTANA para la excitación Uniforme, Binomial, Chebyshev, Schelkunoff, Fourier (Función dada por Tramos) y Fourier (Función dada por Tablas) es mostrada en las figuras: Fig. 4-7, Fig. 4-8 , Fig. 4-9, Fig. 4-10, Fig. 4-11 y Fig. 4-12. Respectivamente.

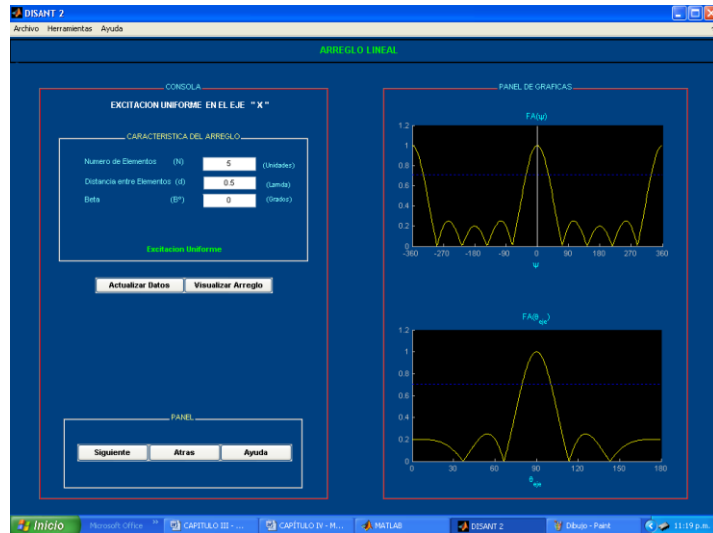


Fig. 4-7. VENTANA # 5. Excitación uniforme.

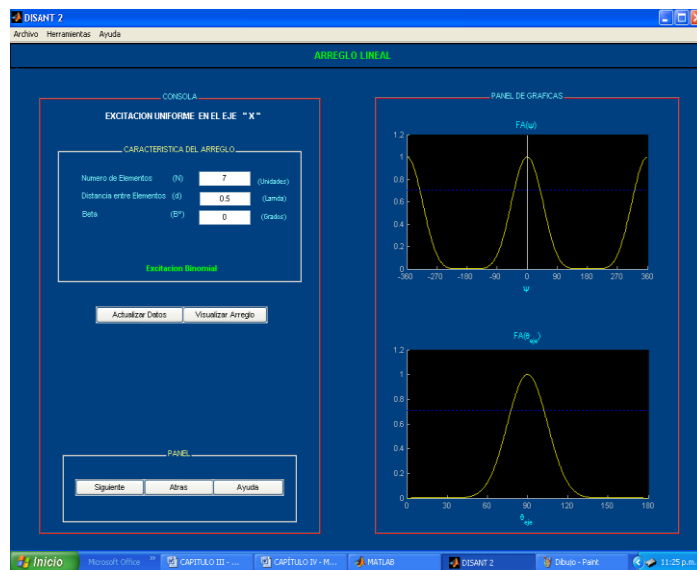


Fig. 4-8. VENTANA # 5. Excitación Binomial.

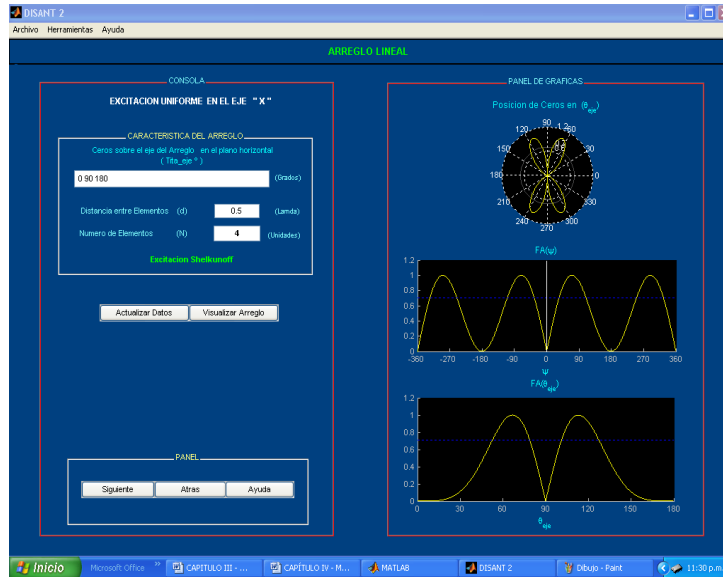


Fig. 4-9. VENTANA # 5. Excitación Chebyshev.

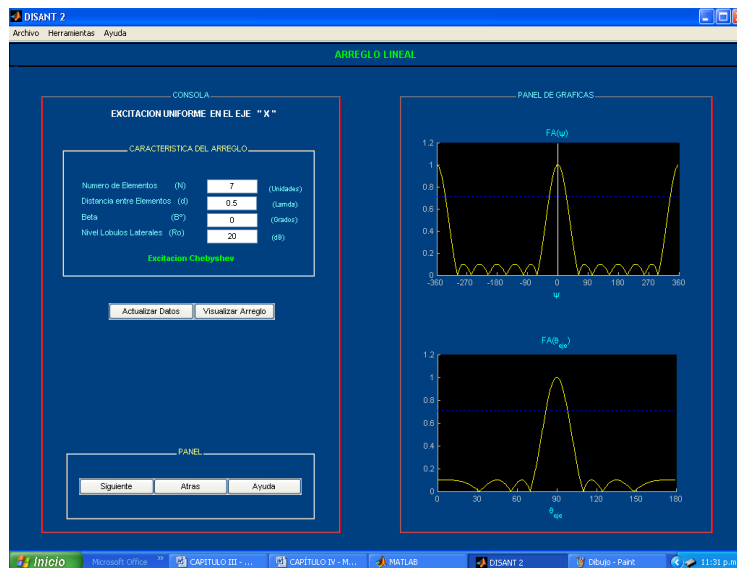


Fig. 4-10. VENTANA # 5. Excitación Schelkunoff.

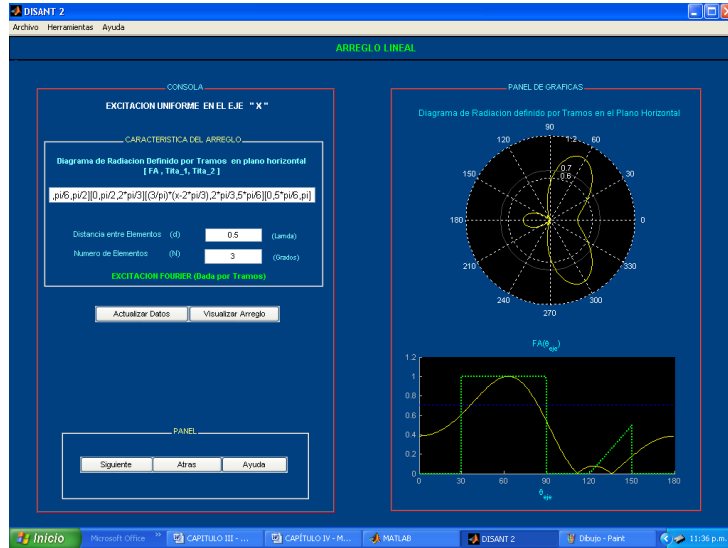


Fig. 4-11. VENTANA # 5. Excitación Fourier (Función dada por Tramos).

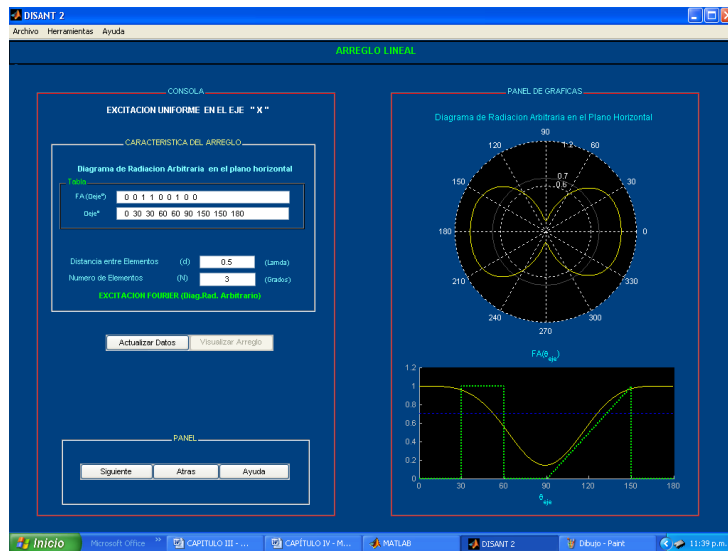


Fig. 4-12. VENTANA # 5. Excitación Fourier (Función dada por Tablas).

En cualquiera de estas VENTANAS deberá suministrar los datos que definen el tipo de excitación. Seguidamente se describirán los objetos que conforman la VENTANA #5.

- **Numero de elementos:** En esta casilla de edición (Editable texts) podrá escribir directamente el numero de elementos que se desea sobre el eje. Este número debe ser entero mayor ó igual a 2 y menor ó igual a 100, en caso de utilizar excitación Fourier este número debe ser entero impar mayor ó igual a 3 y menor ó igual a 99.
- **Distancia entre Elementos:** En esta casilla de edición (Editable texts) podrá escribir directamente la separación entre los elementos que se encuentran sobre el eje del arreglo, este numero debe ser entero mayor ó igual a 0.5 y menor ó igual a 2. Esta distancia se encuentra medida en unidades de longitudes de onda.
- **Beta:** En esta casilla de edición (Editable texts) podrá escribir directamente la constante de progresión de fase en grados de la corriente que alimenta a cada uno de los elementos que se encuentra sobre el eje del arreglo. Este número debe ser mayor ó igual a -360° y menor ó igual a 360° .
- **Nivel de Lóbulos Laterales:** En esta casilla de edición (Editable texts) podrá escribir directamente el valor numérico en decibeles del nivel de lóbulos laterales. Este numero debe estar comprendido entre 2 y 100 dB. (*Campo activado solo en caso de Excitación Chebyshev*).
- **Ceros en el plano horizontal sobre el eje del Arreglo:** Para activar este objeto deberá hacer “clic” sobre la casilla de texto editable de Tita del eje y luego escribir los valores de la ubicación de los ceros de la tabla, separándolos con un espacio en blanco o por una coma. Los datos deben ser valores dados
-

en grados entre 0° y 360° . (*Campo activado solo en caso de Excitación Shelkunoff*)

- **Diagrama de Radiación definido por Tramos:** Para activar este objeto deberá hacer “clic” sobre la casilla de texto editable y luego escriba los valores numéricos de la magnitud del factor de arreglo como por ejemplo:

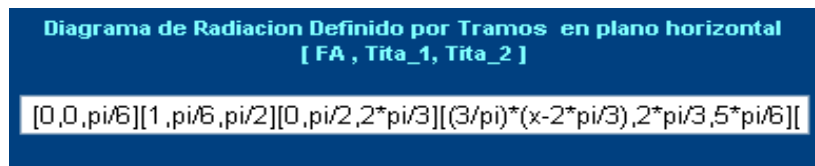


Fig. 4-13. Diagrama de Radiación definido por Tramos.

Estos datos deben cumplir con las siguientes restricciones:

- El comienzo del primer intervalo siempre debe ser cero.
- El final del último intervalo debe ser siempre igual a π .
- Los valores del comienzo y del final de los intervalos deben estar en radianes.
- El final de cualquier intervalo siempre debe ser igual al comienzo del intervalo siguiente, es decir, la función total debe ser continua y definida en todos sus puntos.

(*Campo activado solo en caso de Excitación Fourier dado por Tramos*)

- **Diagrama de Radiación Arbitrario:** Se presentan dos casillas de texto editables, la primera FA (tita-eje) corresponde a los valores de magnitud del diagrama de radiación arbitrario normalizado en el plano horizontal. La segunda casilla contiene los valores angulares en grados correspondientes a

los valores de la primera casilla. Véase el siguiente ejemplo, suponga que se tiene una tabla de valores arbitrario de algún diagrama de radiación deseado:

Diagrama de Radiación Arbitraria en el plano horizontal	
Tabla	
FA (Deje ^o)	0 0 1 1 0 0 1 0 0
Deje ^o	0 30 30 60 60 90 150 150 180

Fig. 4-14. Diagrama de Radiación Arbitrario.

Los valores de la tabla deben introducirse en pares de valores dejando espacio en blanco entre cada dato y estos deben cumplir con las siguientes restricciones:

- El número de datos para cada tabla deben ser iguales.
- El número de datos por cada tabla debe ser mayor ó igual a 9.
- El primer y último valor de (Tita-eje) debe ser igual a 0° y 180° respectivamente y los valores intermedios restantes deben estar ordenados en forma creciente.
- Los datos de FA (Tita-eje) deben estar dados en una escala lineal y no logarítmica.

(Campo activado solo en caso de Excitación Fourier Radiación Arbitraria).

- **Gráfica del Factor de Arreglo con respecto a ϵ FA (Ψ):** Esta gráfica es muy usada por el diseñador de arreglos de antenas y la misma permite realizar muchos cálculos que facilitan la escogencia adecuada de la separación entre los elementos. Un ejemplo de esta gráfica se puede observar en la Fig. 4-15.

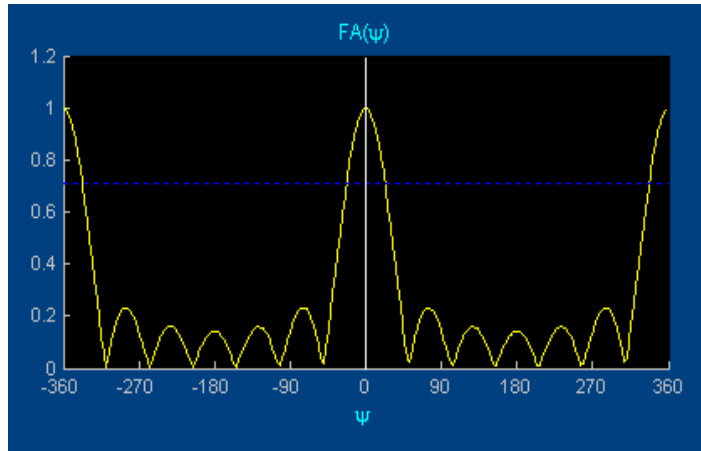


Fig. 4-15. Gráfica de FA (Ψ).

- **Gráfica del Factor de Arreglo con respecto a θ_{eje} :** Esta gráfica ilustra la forma en que contribuye el factor de arreglo del eje sobre el diagrama de radiación total. Un ejemplo de esta gráfica se puede observar en la Fig. 4-16

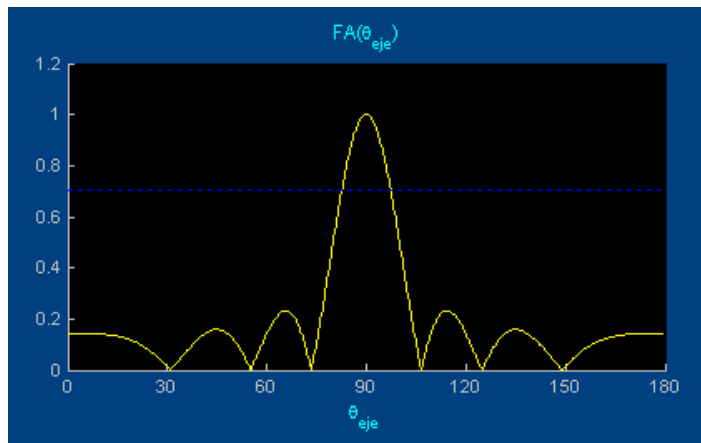


Fig. 4-16. Gráfica de FA (θ_{eje}).

- **Siguiente:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA siguiente.
- **Atrás:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA anterior.
- **Ayuda:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a los tópicos de ayuda relacionados con la VENTANA que se encuentra activa.
- **Barra de Herramientas:** Esta barra se encuentra ubicada en la parte superior de la VENTANA actual y permite al usuario tener acceso a varias utilidades como son: Archivo, Herramientas y Ayuda que a su vez permiten otras aplicaciones.

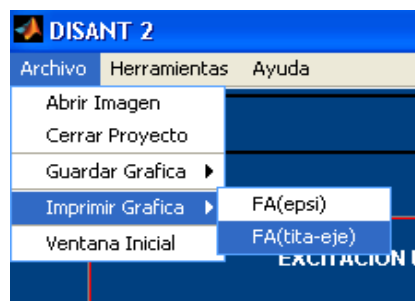


Fig. 4-17. Barra de Herramientas.

6. VENTANA # 6: Arreglo Planar.

Esta VENTANA aparecerá solo si usted ha seleccionado dos de los ejes del arreglo y el Tipo de Excitación entre las seis opciones a seleccionar en la VENTANA # 3.



Fig. 4-18. VENTANA # 6. Arreglo Planar.

La descripción de los campos de esta VENTANA son aplicables a la descripción realizada en la VENTANA # 5: Arreglo Lineal.

7. VENTANA # 7: Arreglo Volumétrico.

Esta VENTANA aparecerá solo si usted ha seleccionado tres de los ejes del arreglo y el Tipo de Excitación entre las tres opciones a seleccionar en la VENTANA # 3.

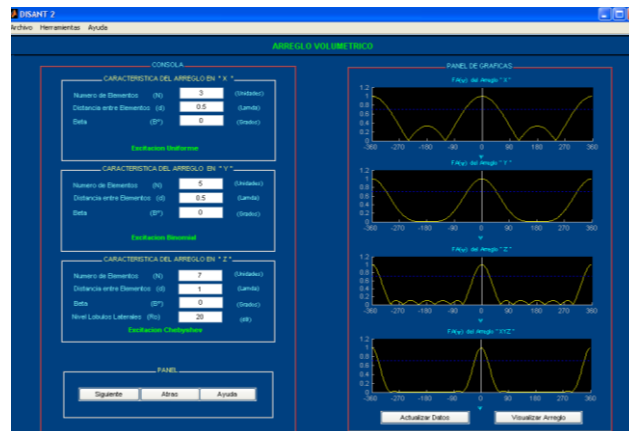


Fig. 4-19. VENTANA # 7 Arreglo Volumétrico.

La descripción de los campos de esta VENTANA son aplicables a la descripción realizada a los campos de la VENTANA # 5: Arreglo Lineal.

8. VENTANA # 8: Espaciamiento y Orientación Arbitraria.

Esta VENTANA permite tener acceso al segundo modulo de DISANT 2, este modulo da acceso a diseños de arreglos de antenas con orientación arbitraria, además de poder realizar estos diseños con planos conductores dispuestos sobre el eje XY. Su representación es mostrada en la Fig. 4-20.

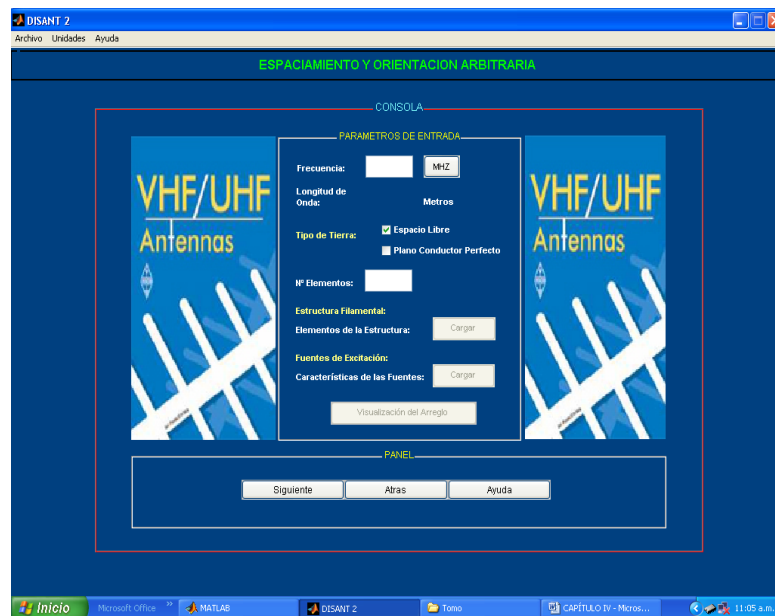



Fig. 4-20. VENTANA # 8. Arreglo Arbitrario.

Seguidamente se describirán los objetos de que conforman la VENTANA # 8.

- **Frecuencia:** En esta casilla de edición (Editable texts) podrá escribir directamente la frecuencia a la que va a operar la antena o arreglo de antenas.

El valor de la frecuencia debe estar comprendido entre 1 MHz y 3000 MHz. Para cargar este dato al sistema solo se debe presionar el botón “MHz”.

- **Tipo de Tierra:** En este campo se encuentra dos cajas de pruebas (Check Boxes) en las cuales se escogen para el análisis del arreglo el tipo de tierra presente el cual puede ser el espacio libre ó un plano de tierra perfecto.
- **Número de Elementos:** En este campo se define el número de filamentos, dipolos o antenas de los cuales esta compuesto el arreglo. Este valor oscila entre 1 elemento y 30 elementos.
- **Estructura Filamental:** Al hacer “clic” en campo se despliega una ventana nueva en la cual se define la estructura del arreglo declarando las dimensiones de cada filamento o antena. Para definir la dimensión de cada elemento del arreglo se debe presionar el botón "CARGAR". Su representación es mostrada en la Fig. 4-21.



The screenshot shows a software window titled 'CARGA DE DATOS' with a sub-header 'FILAMENTOS'. It contains a table with the following data:

Nº	Nº Segs	P1[X,Y,Z]			P2[X,Y,Z]			Radio [m]
		X(1) [m]	Y(1) [m]	Z(1) [m]	X(2) [m]	Y(2) [m]	Z(2) [m]	
1	30	-1	0	0	-1	0	1	0,01
2	30	1	0	0	1	0	1	0,02

Below the table are three buttons: 'Ayuda', 'Aceptar', and 'Limpiar'. At the bottom of the window, there is a section labeled 'Estructura Filamental:' with a 'Cargar' button and the text 'Elementos de la Estructura:'.

Fig. 4-21. Datos de entrada para la Estructura Filamental.

- **Fuentes de excitación:** Al presionar botón "CARGAR" se muestra una lista en la cual se debe definir la fuente de excitación correspondiente a cada filamento declarado en el listado anterior. Su representación es mostrada en la Fig. 4-22.



Fig. 4-22. Datos de entrada para la Fuentes de Excitación.

- **Siguiente:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA siguiente.
- **Atrás:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a la VENTANA anterior.
- **Ayuda:** Al hacer “clic” sobre este botón usted tendrá acceso a los tópicos de ayuda relacionados con la VENTANA que se encuentra activa.
- **Menú Archivo:** Herramientas que permiten al usuario *Cerrar* el actual proyecto, *Abrir* un proyecto guardado con anterioridad y *Guardar* un proyecto deseado en el disco duro de la computadora. Para poder guardar un proyecto antes se deben haber cargado todos los parámetros del arreglo. Al abrir un proyecto ya existente se deben recargar todos los parámetros del mismo.
- **Menú Unidades:** Por defecto el programa procesa las dimensiones de los filamentos en metros, si se desea trabajar en unidades de longitud de onda seleccione esta opción en el *Menú de Unidades*.
- **Visualización del arreglo:** Al presionar el botón de visualización se muestra gráficamente la ubicación en el espacio y las dimensiones de los elementos que componen el arreglo. En el menú de herramientas el usuario puede escoger entre rotar la visualización o hacer zoom a un determinado elemento

del arreglo haciendo clip sobre él. Al presionar y mantener presionado el botón izquierdo del Mouse mientras este se desliza hacia delante o hacia atrás, se consigue acercar o alejar la imagen respectivamente. Para retomar la visualización original basta con presionar doble click sobre la imagen. Su representación es mostrada en la Fig. 4-23.

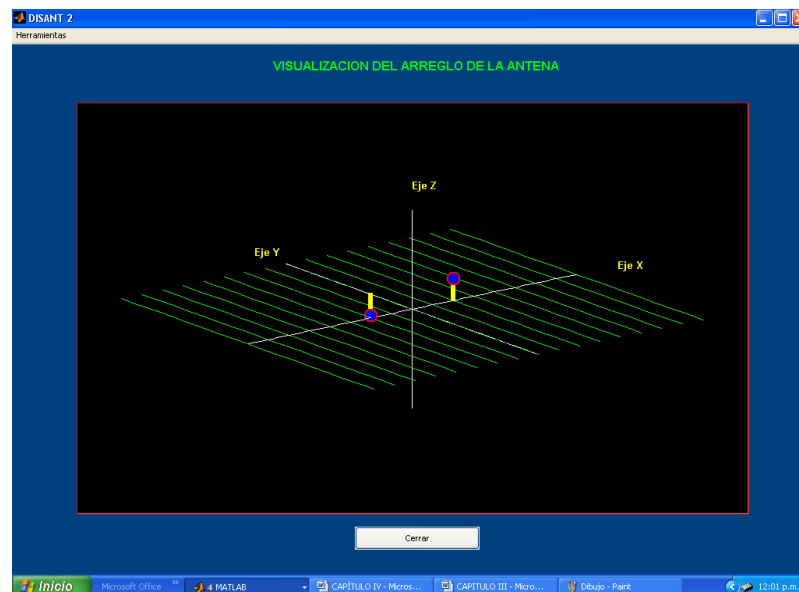


Fig. 4-23. Visualización del arreglo de la antena.

9. VENTANA # 9: Menú de Resultados.

El Menú de Resultados permite seleccionar mediante tres opciones la manera en la cual se desea mostrar los resultados. Estas opciones pueden ser: Gráficas 2D, Gráficas 3D y tablas de resultados. Su representación es mostrada en la Fig. 4-24.

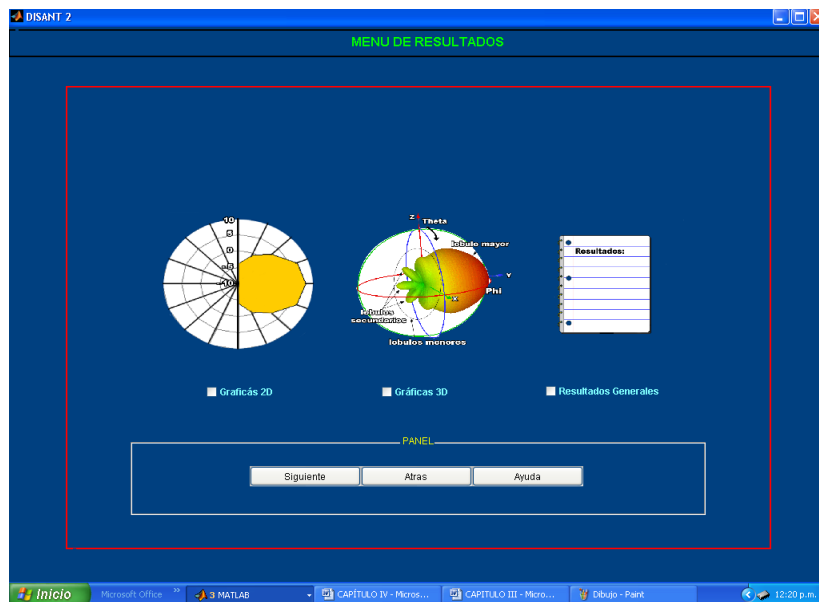


Fig. 4-24. VENTANA # 9. Menú de Resultados.

- **Gráficas 2D:** Muestra los resultados de manera de gráficos en el plano bidimensional. Las gráficas 2D pueden ser: gráficas en el plano de elevación y gráficas en el plano de azimuth.
- **Gráficas 3D:** Los resultados son mostrados en una gráfica tridimensional, tanto en coordenadas esféricas como en coordenadas cartesianas.
- **Resultados:** Mediante un listado se muestran los datos más importantes del análisis del arreglo en forma de tablas de resultados.
- **Siguiete:** Se dirige a la siguiente ventana según las opciones seleccionadas.
- **Atrás:** El botón "Atrás" regresa a la ventana de parámetros característicos del arreglo.
- **Ayuda:** Muestra ayuda correspondiente a la ventana que se encuentra desplegada.

10. VENTANA # 10: Gráficas 2D.

En esta interfaz gráfica el usuario puede observar los resultados como gráficos polares en el plano bidimensional en los distintos planos de elevación y de azimuth. . Su representación es mostrada en la Fig. 4-25. y Fig. 4-56.

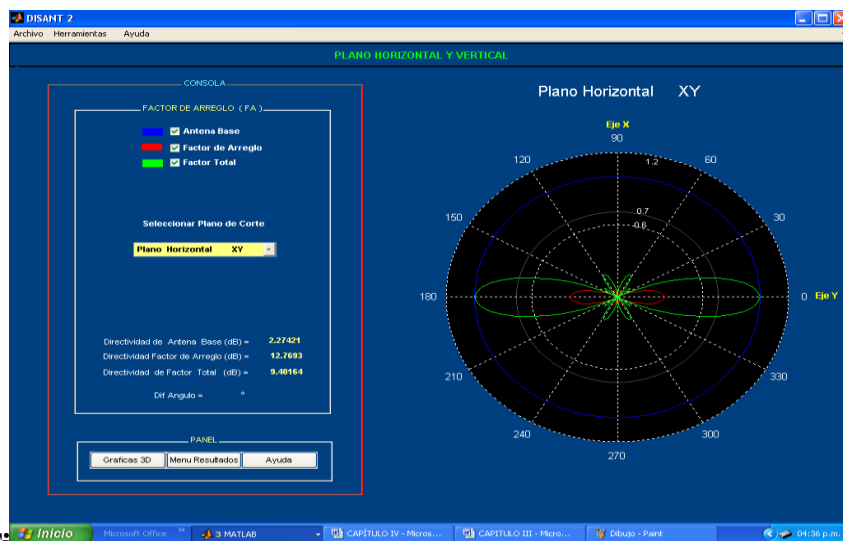


Fig. 4-25. VENTANA # 10. Gráficas 2D para Arreglos Omnidir.

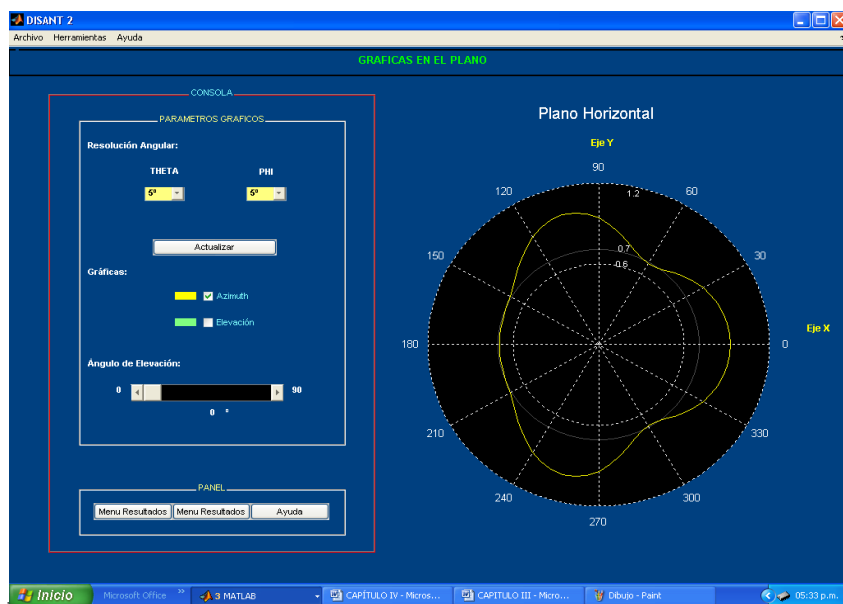


Fig. 4-26. VENTANA # 10. Gráficas 2D para Arreglos Arbitrarios.

- **Resolución Angular:** Manipulando cualquiera de los menús desplegados el usuario puede seleccionar la resolución angular de las gráficas tanto en el plano horizontal como en el plano vertical.
- **Actualizar:** Si la resolución angular ha sido cambiada, el usuario debe actualizar los datos para que estos tengan efecto sobre las gráficas. (*Campo activado solo en caso de Arreglos con Orientación Arbitraria*).
- **Gráficas:** Controles que permiten seleccionar el tipo de gráfica que se desea mostrar. Gráficas de azimuth referentes a gráficas del plano vertical y gráficas de elevación referentes al plano horizontal.
- **Barra deslizante:** Permite hacer un barrido dinámico del ángulo Theta manteniendo a Phi constante, para gráficas de elevación, y de Phi con Theta constante para gráficas de azimuth. (*Campo activado solo en caso de Arreglos con Orientación Arbitraria*).
- **Seleccionar Plano de Corte:** Permite elegir el plano de corte de las gráficas polares que se desean observar. (*Campo activado solo en caso de Arreglos con paralelismo relativo*).
- **Siguiente:** Se dirige a la siguiente ventana según las opciones seleccionadas en el Menú de Resultados.
- **Atrás:** El botón "Atrás" cierra la actual aplicación y despliega la ventana de Menú de Resultados.
- **Ayuda:** Muestra ayuda correspondiente a la ventana que se encuentra desplegada.
- **Menú Archivo:** Herramientas que permiten al usuario Cerrar el actual proyecto, Guardar la gráfica mostrada en diferentes formatos e imprimirla si es necesario.
- **Menú Herramientas:** Herramientas gráficas que se encuentran a disposición del usuario y con las cuales se puede obtener información adicional

sobre las gráficas del patrón de radiación. La opción cursor habilita un cursor sobre la gráfica mostrada y permite obtener por pantalla los valores de amplitud y ángulo. La opción diferencia de ángulos permite calcular la apertura de haz de cualquier lóbulo del patrón de radiación.

- **Menú Ayuda:** Muestra ayuda general del programa y toda la información concerniente a la realización del mismo.

11. VENTANA # 11: Gráficas 3D.

Gráficas 3D es una interfaz gráfica que permite al usuario visualizar el patrón de radiación de la antena en estudio tanto en coordenadas esféricas como en coordenadas cartesianas. Su representación es mostrada en la Fig. 4-27

- **Seleccionar Superficie:** Esta opción permite definir el tipo de superficie de la gráfica. Puede ser superficie a líneas, a trazos planos o a trazos curvos, el cual da una mejor visión de la gráfica.
- **Actualizar Gráfica:** Este botón permite actualizar la gráfica en el caso de que haya sido cambiada la superficie de la misma.
- **Siguiente:** Cierra la actual aplicación y despliega la ventana de Resultados.
- **Atrás:** Al presionar el botón "Atrás" el programa se dirige a la ventana anterior, según hayan sido las opciones seleccionadas en el Menú de Resultados.
- **Ayuda:** Muestra la ayuda de la ventana Gráficas 3D.
- **Menú Archivo:** Herramientas que permiten al usuario Cerrar el actual proyecto, Guardar la gráfica mostrada en diferentes formatos e imprimirla si es necesario.
- **Menú Herramientas:** En este menú el usuario puede seleccionar el tipo de gráfica que desea observar. Las gráficas pueden ser representadas en

coordenadas esféricas o coordenadas cartesianas. Al seleccionar rotar, la gráfica actual gira en distintas direcciones. Si selecciona la opción Barra de Colores aparece a un lado de la gráfica una barra de colores representativa de la intensidad de campo radiado por la antena según la distancia radial al eje.

- **Menú Ayuda:** Muestra ayuda general del programa y toda la información concerniente a la realización del mismo.

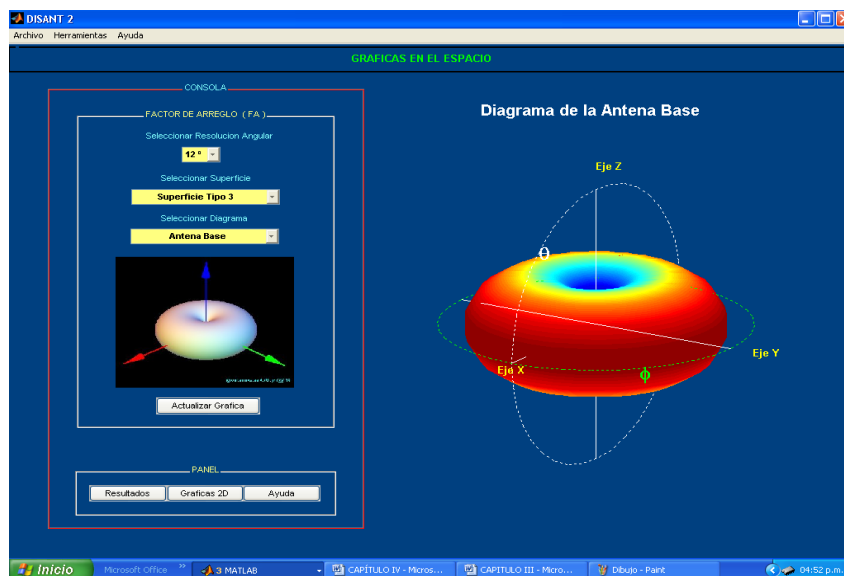


Fig. 4-27. VENTANA # 11. Gráficas 3D.

12. VENTANA # 12: Resultados Generales.

En esta VENTANA se muestra en un formato de tablas los resultados calculados por el programa DISANT 2, estos resultados dan información concerniente a las características del arreglo diseñado, corrientes e impedancias y por ultimo los valores de los campos en los planos vertical y horizontal. Su representación es mostrada en la Fig. 4-28



Fig. 4-26. VENTANA # 12. Resultados Generales.

- **Siguiente:** Despliega la ventana Menú de Resultados.
- **Atrás:** Al presionar el botón "Atrás" el programa se dirige a la ventana anterior, según hayan sido las opciones seleccionadas en el Menú de Resultados.
- **Ayuda:** Muestra la ayuda de la ventana Resultados Generales.
- **Menú Archivo:** Permiten al usuario Cerrar el actual proyecto. Otra opción permite Guardar en un archivo txt la lista de Resultados Generales del diseño, análisis y simulación del arreglo en el disco duro. Por último si el usuario desea puede imprimir las tablas de los Resultados.
- **Menú Ver:** Permite seleccionar entre ver la tabla de Resultados de las Corrientes o de los Patrones de Radiación en zona lejana, así como los parámetros de entrada de cada antena.
- **Menú Ayuda:** Muestra ayuda general del programa y toda la información concerniente a la realización del mismo.

13. VENTANA # 13: Animaciones Interactivas y Videos.

Esta VENTANA muestra un panel en el cual se puede seleccionar entre un demo interactivo del circulo Bd y ocho videos con contenido concerniente a la cátedra de antenas. Su representación es mostrada en la Fig. 4-29 y Fig. 4-30 respectivamente.



Fig. 4-29. VENTANA # 13. Panel.

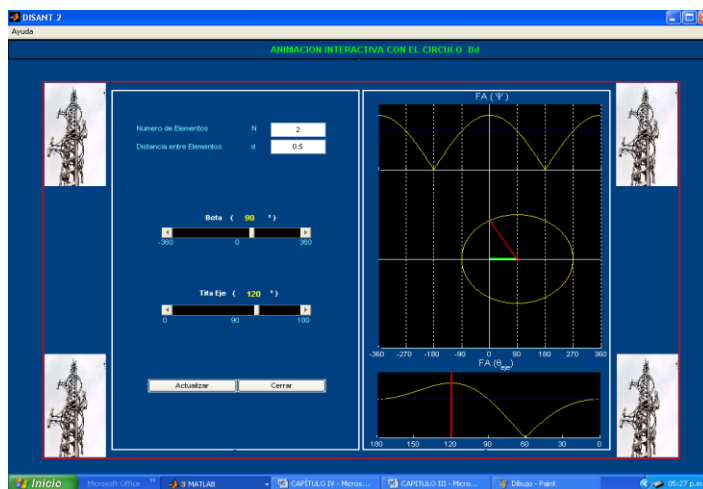


Fig. 4-30. Animación Interactiva del circulo Bd.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos al utilizar el programa DISANT 2 mediante interfase gráfica. Como se menciona en capítulos anteriores el desarrollo de este programa fue basado en rutinas bajo el lenguaje de programación de MATLAB 7 para diseños de arreglos uniformes y rutinas que hacen llamados al motor de cómputo NEC_EXE2 para diseño de arreglos arbitrarios.

La plataforma de cálculo NEC-2 permite de manera sencilla, analizar y simular antenas y arreglos de antenas a través de archivos de comandos llamados Cartas de Entrada. Este motor de cómputo al terminar de procesar los datos de entrada, crea un archivo de texto llamado Carta de Salida, en el cual se muestran todos los resultados pertinentes a la configuración del arreglo, parámetros de entrada y ganancia de la antena, patrones de radiación en campo lejano y campo cercano, presupuesto de potencia y otros resultados deseados.

Los resultados arrojados por la aplicación NEC-2, son interpretados y analizados por medio del lenguaje de programación de MATLAB 7, con el objeto de poder representarlos gráficamente a través de interfaces gráficas diseñadas en MATLAB.

La verificación del correcto funcionamiento del DISANT 2 se corrobora por medio de dos procedimientos:

- Con el primero de ellos se asegura que los datos de entrada del arreglo de antenas para el programa EZNEC-M v.3.0 y el módulo de arreglos arbitrarios del DISANT 2, sean idénticos.
- Con el segundo se comprueba que los resultados de patrones de radiación y corrientes obtenidos al ejecutar el EZNEC-M v.3.0. y DISANT 2 concuerden.

V.1 EJEMPLO 1

Se desea simular un arreglo de tres dipolos de que se encuentran espaciados sobre el eje “X” y con orientación según el eje “Z”. La corriente de cada dipolo es de 1 Amp a 0°. La geometría de cada dipolo es: Longitud = 0.5λ y Diámetro = 0.05λ .

Para poder realizar la validación con este ejemplo se realizó una comparación de datos y gráficos utilizando primeramente EZNEC-M v.3.0. y seguidamente el programa DISANT 2.

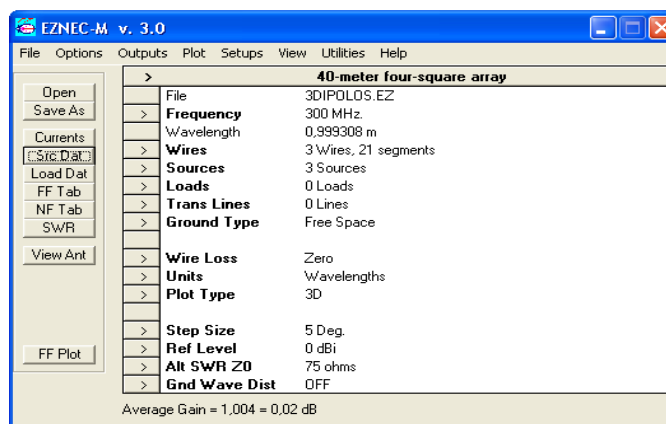


Fig. 5-1. Tabla de datos de entrada en el EZNEC-M v.3.0.

VISUALIZACIÓN DEL ARREGLO

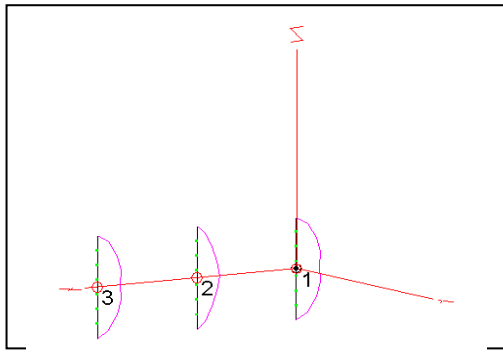


Fig. 5-2. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

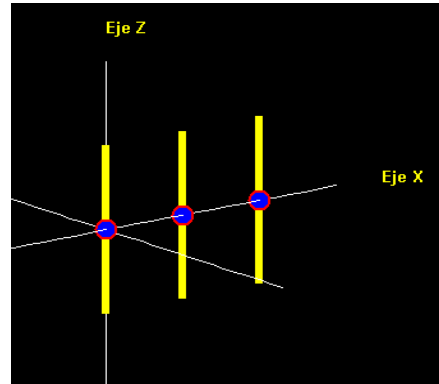


Fig. 5-3. Arreglo DISANT 2.

GRÁFICA 2D (PLANO HORIZONTAL)

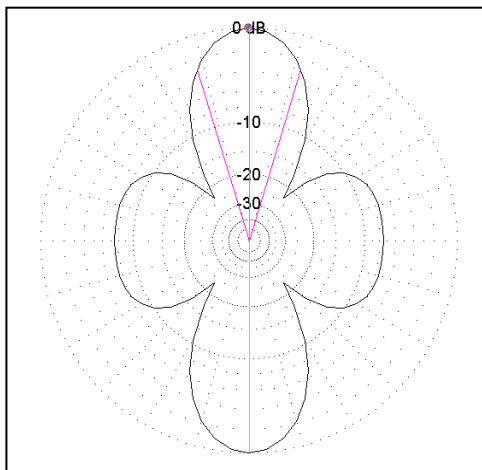


Fig. 5-4. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

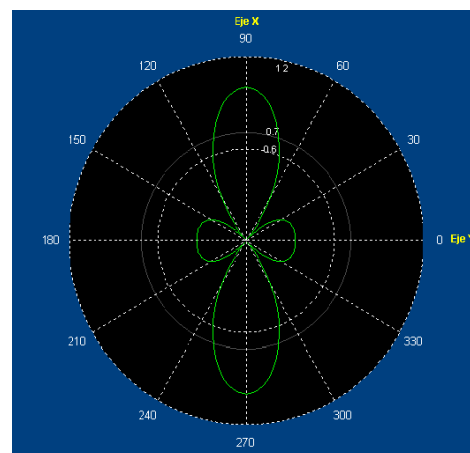


Fig. 5-5. Arreglo DISANT 2.

GRÁFICA 2D (PLANO VERTICAL)

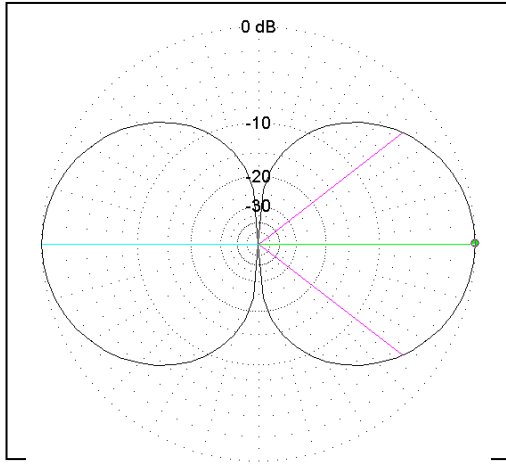


Fig. 5-6. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

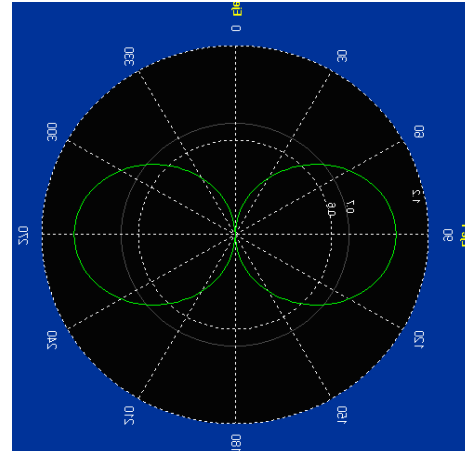


Fig. 5-7. Arreglo DISANT 2.

GRÁFICA 3D

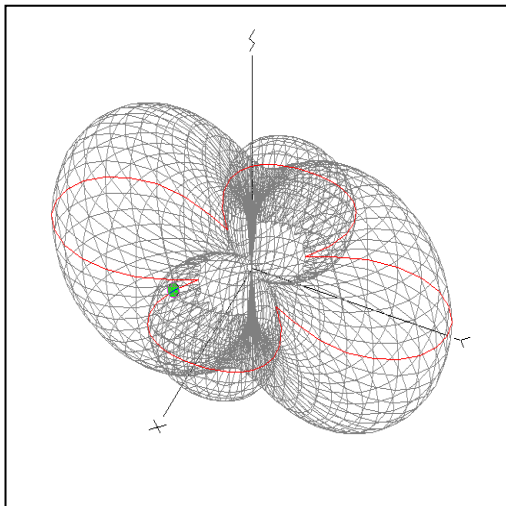


Fig. 5-8. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

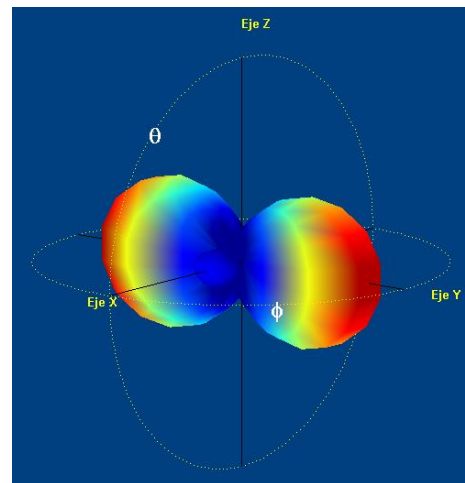


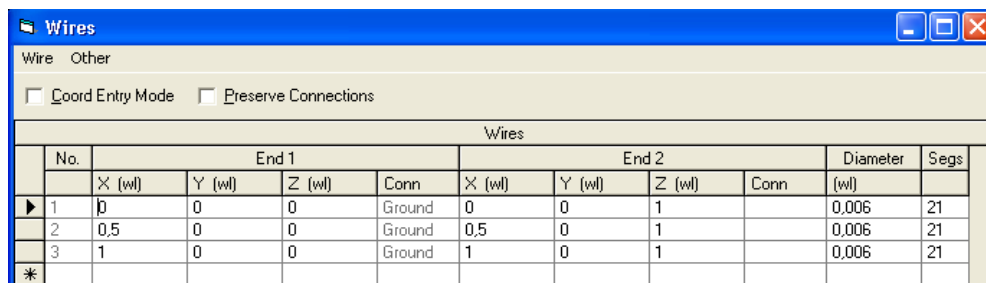
Fig. 5-9. Arreglo DISANT 2.

V.2 EJEMPLO 2

Se desea simular el mismo ejemplo 1 pero en presencia de un plano de tierra. El arreglo es de tres dipolos que se encuentran espaciados sobre el eje “X” y con orientación según el eje “Z”. La corriente de cada dipolo es de 1 Amp a 0°. La geometría de cada dipolo es: Longitud = 0.5λ y Diámetro = 0.05λ .

Para poder realizar la validación con este ejemplo se realizó una comparación de datos y gráficos utilizando primeramente EZNEC-M v.3.0. y seguidamente el programa DISANT 2.

DATOS DE ENTRADA



Wires											
No.	End 1				End 2				Diameter (wl)	Segs	
	X (wl)	Y (wl)	Z (wl)	Conn	X (wl)	Y (wl)	Z (wl)	Conn			
1	0	0	0	Ground	0	0	1		0,006	21	
2	0,5	0	0	Ground	0,5	0	1		0,006	21	
3	1	0	0	Ground	1	0	1		0,006	21	
*											

Fig. 5-10. Arreglo EZNEC-M v.3.0.



FILAMENTOS									
N°	N° Segs	P1[X,Y,Z]			P2[X,Y,Z]			Radio [w]	
		X(1) [w]	Y(1) [w]	Z(1) [w]	X(2) [w]	Y(2) [w]	Z(2) [w]		
1	21	0	0	0	0	0	1	0,006	
2	21	0,5	0	0	0,5	0	1	0,006	
3	21	1	0	0	1	0	1	0,006	

Fig. 5-11. Arreglo DISANT 2.

VISUALIZACIÓN DEL ARREGLO

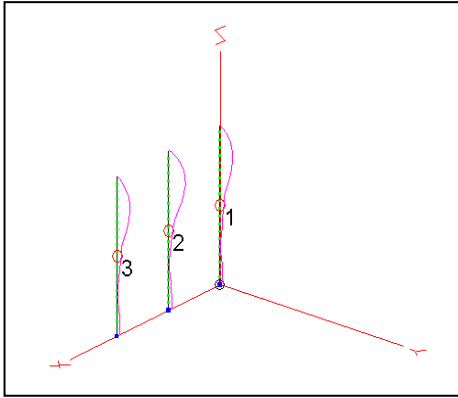


Fig. 5-12. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

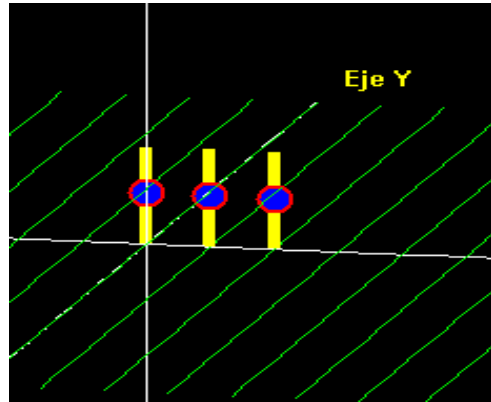


Fig. 5-13. Arreglo DISANT 2.

GRÁFICA 2D (PLANO HORIZONTAL)

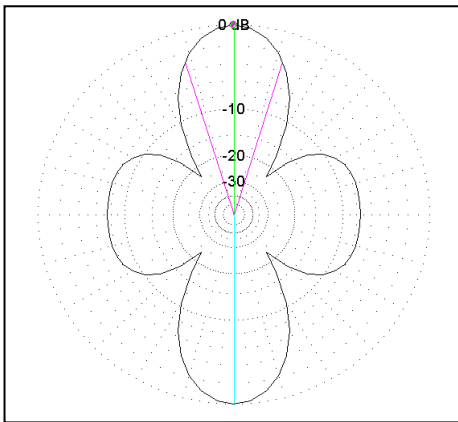


Fig. 5-14. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

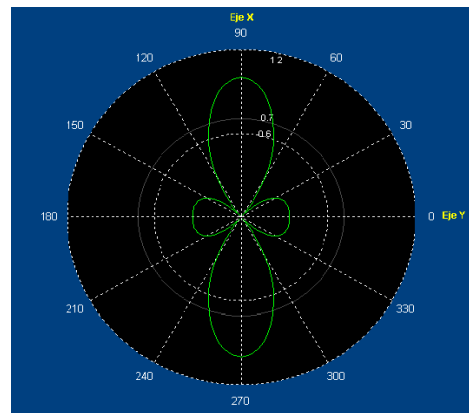


Fig. 5-15. Arreglo DISANT 2.

GRÁFICA 2D (PLANO VERTICAL)

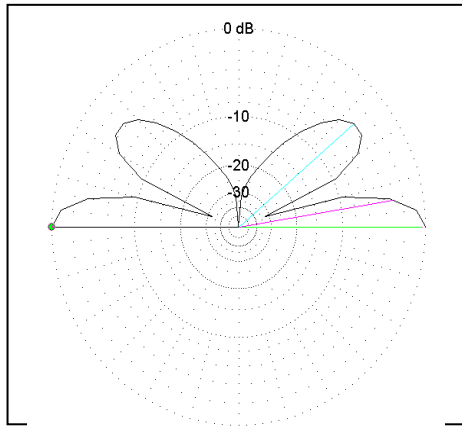


Fig. 5-16. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

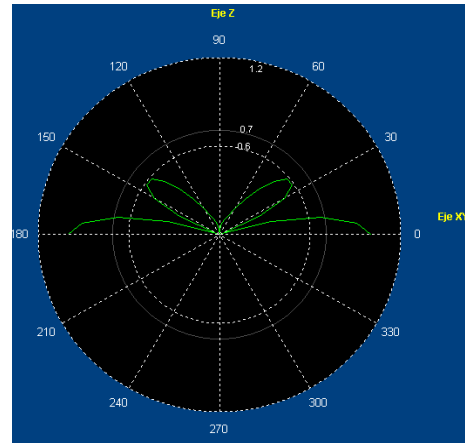


Fig. 5-17. Arreglo DISANT 2.

GRÁFICA 3D

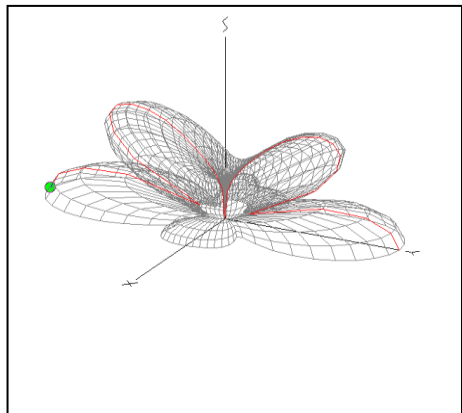


Fig. 5-18. Arreglo EZNEC-M v.3.0.

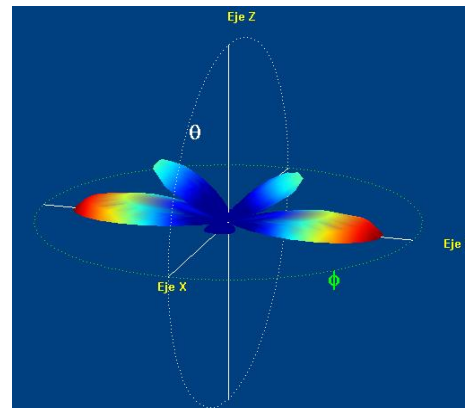


Fig. 5-19. Arreglo DISANT 2.

Al observar estos resultados en gráficas polares y gráficas espaciales arrojados tanto por el EZNEC-M v.3.0 como por el DISANT 2 se puede asegurar que los modelos de cálculos realizados como rutinas en lenguaje de MATLAB7 para el desarrollo del programa DISANT 2 están funcionando correctamente.

Las gráficas polares corresponden los planos horizontal y vertical del arreglo de la antena, estas describen el comportamiento del patrón de radiación en la zona lejana. Una de las mejoras que ofrece el DISANT 2 es la información que se muestra de manera implícita en los colores de la gráfica en tres dimensiones puesto que el color rojo indica donde se encuentra mayor concentración de campo.

CONCLUSIONES

La utilización de paquetes de programación que permitan realizar cálculos y simulaciones son necesarias sobre todo en área de la ingeniería puesto que son una herramienta de suma importancia para el análisis de un diseño. Existen muchos programas comerciales pero es difícil encontrar uno que ofrezca todas las ventajas posibles al usuario, sobre todo si éste se quiere utilizar con fines didácticos.

Es por ello que surge DISANT 2, el cual constituye una herramienta de alto alcance en el área de estudios de campos electromagnéticos. DISANT 2 es la primera actualización y mejora de la versión del programa “Disant Arreglos “, en el cual se pueden implementar a través de una interfaz grafica estructuras de antenas. Una de las ventajas que ofrece DISANT 2 es la libertad de realizar un arreglo con orientación arbitraria y presencia de un plano de tierra, además de unas nuevas aplicaciones que lo ponen a la par de cualquier programa comercial para el análisis de arreglos de antenas. Para poder realizar esta mejora del DISANT 2, se contó con herramientas de programación como son MATLAB 7, ultima versión de la compañía MathWorks, y el paquete de cómputo NEC-2.

La plataforma de cálculo NEC-2 permite de manera sencilla, analizar y simular antenas y arreglos de antenas a través de archivos de comandos llamados Cartas de Entrada. Este motor de cómputo al terminar de procesar los datos de entrada, crea un archivo de texto llamado Carta de Salida, en el cual se muestran todos los resultados pertinentes a la configuración del arreglo, parámetros de entrada y ganancia de la antena; patrones de radiación en campo lejano y campo cercano, presupuesto de potencia y otros resultados deseados.

Un logro importante en la realización de este trabajo especial de grado fue poder hacer interactuar MATLAB 7 y NEC-2, además de poder crear un ambiente muy amigable y dinámico para el usuario.

Al realizar la comparación de los resultados gráficos obtenidos de los dos ejemplos del capítulo V se pudo corroborar que el programa es todo un éxito y que se logro cumplir con todas las metas propuestas para su diseño.

RECOMENDACIONES

En este trabajo de grado se utilizó programación bajo lenguaje de MATLAB y NEC-2, esto permitió generar un programa de simulación y cómputo de arreglos de antenas el cual permite al usuario la libertad de realizar estudios cualquier tipo de arreglos. Como es sabido DISANT 2 surgió como una necesidad de superar las limitaciones que presentaba su primer antecesor “Disant Arreglos”, aunque se logró cumplir con las metas propuestas es de imaginar que al transcurrir del tiempo exista la necesidad de realizar una nueva versión que cada vez sea mejor que la anterior, es por ello que con el fin de propiciar el desarrollo y consolidación de herramientas teóricas y computacionales orientadas hacia esta importante área de la ingeniería de antenas, se recomienda tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Permitir agregar al arreglo, antenas dispuestas de manera que puedan generar señales con polarización lineal, circular o elíptica.
2. Permitir tener un catálogo de modelos de antenas comerciales.
3. Aumentar el número de opciones predeterminadas para los tipos de excitación de los elementos del arreglo.
4. Permitir obtener las gráficas que muestren el comportamiento de las corrientes de los elementos que conformen el arreglo de antenas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] JIMÉNES, Carlos; M. Gonzáles. (2002) NORMAS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA. Valencia (Venezuela). Universidad de Carabobo.
- [2] PENISSI, Magda P. (1980) INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA. Valencia (Venezuela). Universidad de Carabobo.
- [3] CONTRAMAESTRE, Marco; M. Vizcaya. (2003) DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE CONTROLADORES BASADOS EN ESTABILIZACIÓN SIMULTÁNEA CON MÚLTIPLES DOMINIOS ACOTADOS DE ESTABILIDAD EN MATLAB-SIMULINK. Valencia (Venezuela). Universidad de Carabobo.
- [4] BALANIS C. A. (1982) Antenna Theory. Singapore. Jhon Wiley & Sons Inc.
- [5] KRAUS J. D. (1950) Antenna. USA. McGraw-Hill.
- [6] ALBORNOZ R. J. (1992) Trabajo Práctico de Antenas. Valencia (Venezuela). Universidad de Carabobo.
- [7] ARMANDO, Patricia. (2004) CREACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA EN BISUAL BASIC PARA NEC-2 CON VISUALIZACIÓN Y MANEJO DE DATOS PARA OBJETOS 2D Y 3D EN SOFTWARE GRÁFICO COMERCIAL. Valencia (Venezuela). Universidad de Carabobo.

- [8] PAÉZ, Jesús; R Morales. (1999) SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE ARREGLOS DE ANTENAS. Valencia (Venezuela). Universidad de Carabobo.
- [9] EM Scientific, Inc. (2003). [Documento en línea]. Disponible: <http://www.emsci.com/>
- [10] MM Hamsoft. (2003). [Documento en línea]. Disponible: <http://mmhamsoft.ham-radio.ch/mmana/>
- [11] LEWALLEN, Roy; S Lewallen. (2005). [Documento en línea]. Disponible: www.eznec.com/
- [12] Arie Voors. (2005). [Documento en línea]. Disponible: <http://home.ict.nl/~arivoors/>
- [13] Burke, G. J; A. J. Poggio. (1981). "Numerical Electromagnetics Code (NEC) - Method of Moments," Naval Ocean Systems Center Technical Document 116.