

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Campus Ing. José Rubén Orellana Ricaurte

Facultad de Ingeniería Eléctrica

DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA OBTENER EL DIAGRAMA DE RADIACIÓN DE UNA ANTENA EN BASE A MEDICIONES DE CAMPO CERCANO

*Tesis de Grado previa a la Obtención del Título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones*

FERNANDO XAVIER ALBÁN LEÓN

Quito DM. - Ecuador

JULIO DE 1997

Certifico que la presente tesis fue realizada en su totalidad por el Señor
Fernando Xavier Albán León:

Ing. Mario Cevallos Villacreses
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DIRECTOR DE TESIS

Agradecimiento

A Dios Todopoderoso,
que ha sido mi luz y guía, inconmensurablemente bueno y generoso.

A La Dolorosa,
mi madre y protectora espiritual.

Al Ingeniero Mario Cevallos Villacreses,
por su valiosa orientación y apoyo en la realización de la presente tesis.

Al Ingeniero Tomás Espinosa, Doctor Nelson Subía por su meritoria
colaboración.

A los Señores Profesores, Ayudantes, Empleados y Trabajadores de la
Facultad de Ingeniería Eléctrica por su paciencia y dedicación en la noble tarea
de educar.

A mis amigos por su aliento

Dedicatoria

A mi querido abuelito Don Juan José León (1902-1993)

A mi incomparable madre Lic. María Virginia León Flores,
que ha vivido junto a mi penas y alegrías, gustos y desengaños; apoyándome
siempre y en todos los instantes de mi vida con tanto amor, paciencia y
ternura. Por favor, permíteme por la espera

A mis tías Marianita Guadalupe y Gloria del Carmen León

A mis primos Pepe, Pablo e Iván Rojas León

ÍNDICE

A

ANÁLISIS DE LA COMPENSACIÓN DE CAMPO CERCANO	64
Análisis de las funciones utilizadas	60
ANÁLISIS Y DESARROLLO COMPUTACIONAL PARA LA OBTENCIÓN DE RADIACIÓN EN BASE A MEDICIONES DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO CERCANO	46
ANEXO A	I
ANEXO B	I
ANEXO C	I
ANEXOS	I
Antena de Indagación	39

B

BASES TEÓRICAS	9
BIBLIOGRAFÍA	I

C

CÁMARA BLINDADA SIN ECO	27
<i>Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ)</i> CON Cámara sin eco	118
<i>Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ)</i> SIN Cámara sin eco	117
<i>Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$)</i> SIN Cámara sin eco	113
<i>Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$)</i> CON Cámara sin eco	112
<i>Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$)</i> CON Cámara sin eco	115
<i>Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$)</i> SIN Cámara sin eco	116
<i>Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de una longitud (λ) de onda</i> CON Cámara sin eco	114
Campo eléctrico	14
Campo magnético	12
CAPITULO 1	Véase FUNDAMENTOS
CAPITULO 2	Véase CARACTERÍSTICAS DE PRUEBA
CAPITULO 3	Véase ANÁLISIS Y DESARROLLO COMPUTACIONAL
CAPITULO 4	Véase PRESENTACIÓN Y ESTUDIO COMPARATIVO
CAPITULO 5	Véase CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
CARACTERÍSTICAS DE PRUEBA	24
CARACTERÍSTICAS DEL LENGUAJE	71
CERRAMIENTOS BLINDADOS PROTEGIDOS	25
Comparación de los resultados experimentales del Campo Cercano Resultante y Campo Lejano teóricos y calculados	111
Comparación de los resultados teóricos de Campo Cercano y Lejano	106
Comportamiento del campo eléctrico complejo	15
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
Conversión de campo cercano a lejano utilizada	58
Conversión esférica de campo cercano a lejano	54
Conversión Planar de campo cercano a lejano	52

D

DEFINICIONES	9
Definiciones de campo cercano	32

Diseño de la Antena de Indagación	41
Diseño de la antena encapsulada (cámara sin eco).....	44
Diseño de las Antenas Bajo Prueba	42
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MODELOS A ESCALA DE ANTENAS DE PRUEBA.....	39
E	
ECUACIONES DE MAXWELL.....	11
El Fasor	37
ESTRUCTURAS DE PROGRAMACIÓN.....	66
ESTUDIO COMPARATIVO	106
ESTUDIO Y APLICACION DE LAS MEDICIONES DE CAMPO CERCANO	30
ESTUDIO Y RELACIÓN FÍSICO MATEMÁTICA DE LOS DATOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	47
F	
FUNDAMENTOS	4
G	
GENERALIDADES	4
I	
INTRODUCCIÓN	1; 39; 46
L	
Lista de Acrónimos.....	I
LISTADO DEL PROGRAMA	Véase Anexo B
M	
MANUAL DEL USUARIO.....	I. Véase Anexo C
Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ) CON Cámara sin eco	94
Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ) SIN Cámara sin eco	92
Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) CON Cámara sin eco	85
Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) SIN Cámara sin eco	83
Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) CON Cámara sin eco	90
Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) SIN Cámara sin eco	89
Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de una longitud de onda (λ) CON Cámara sin eco.....	87
Medición del campo eléctrico en z E_z para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ) SIN Cámara sin eco	103
Medición del campo eléctrico en z E_z para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) SIN Cámara sin eco	98
Medición del campo eléctrico en z E_z para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) SIN Cámara sin eco	101
Medición del campo eléctrico en z E_z para un dipolo de una longitud de onda (λ) SIN Cámara sin eco.....	99
MEDICIONES CILÍNDRICAS.....	20
MEDICIONES DE CAMPO CERCANO	75
Mediciones de Campo Cercano SIN y CON Cámara sin ECO	81
MEDICIONES DE CAMPO LEJANO.....	74
MEDICIONES ESFÉRICAS.....	23
Mediciones Patrones	49
MEDICIONES PLANARES	18
Medidas de Campo electromagnético en y.....	82
Medidas de Campo electromagnético en z.....	97
Método de transformación para campo cercano	59

Ó

Óptica de Fourier	35
-------------------------	----

P

PRESENTACIÓN Y ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES	74
Principio de Superposición.....	37
PROCEDIMIENTOS Y SISTEMAS DE MEDICIÓN.....	25
PROCESO DE MEDICIÓN.....	81
PROGRAMA PRINCIPAL	70
PSEUDOCÓDIGOS.....	66

R

Relaciones Vectoriales	9
------------------------------	---

S

SIMBOLOGÍA UTILIZADA	I
Síntesis de Apertura.....	32
Sistema de Coordenadas Cilíndricas (Circulares)	5
Sistema de Coordenadas Rectangulares (Cartesianas)	4
Sistemas de Coordenadas Esféricas	6
SOLUCIONES A LAS ECUACIONES DE HELMHOLTZ.....	12
SUBPROGRAMAS	71

T

TABLAS DE EQUIVALENCIAS DE SISTEMAS COORDENADOS.....	7
TÉCNICA DE ANTENA ENCAPSULADA	29
Teorema del Muestreo.....	48
TRANSFORMACIÓN DE CAMPO CERCANO A LEJANO (estudio y relación física matemática).....	52

DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA OBTENER EL DIAGRAMA DE RADIACIÓN DE UNA ANTENA EN BASE A MEDICIONES DE CAMPO CERCANO

INTRODUCCIÓN

El estudio de los diferentes tipos de campos electromagnéticos merece una atención especial, ya que no solamente se refiere a la aplicación del cálculo diferencial, integral y vectorial, con varias funciones especiales de acuerdo con el tipo de excitación, si no posee una concepción física intrínseca con aplicaciones en la transducción energética y especialmente en la transmisión y recepción de señales en el espectro radioeléctrico a diversas frecuencias con el fin de tener una comunicación instantánea en tiempo real.

Se han realizado varios estudios para determinar las características en el campo lejano y obtener el diagrama de radiación, en esta tesis nos dedicaremos a analizar y estudiar el campo electromagnético cercano y sus principales propiedades para obtener el diagrama de radiación de una antena si es factible independiente de cualquier distribución de corriente.

El campo electromagnético cercano es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia ($1/r^2$), y tiene marcada influencia en la determinación de la impedancia mutua entre antenas, por la mayor influencia de las componentes de inducción y electrostáticas. El campo electromagnético lejano que es inversamente proporcional solo a la distancia ($1/r$), con preponderancia de las componentes de radiación.

Las ventajas que presenta la utilización de mediciones de campo cercano son las siguientes:

- La realización de pruebas en interiores reduciendo los costos de movilización de personal y equipo; adversidades en el sitio de trabajo por: la topografía del terreno y difícil acceso; además de: ruidos, interferencias, reflexiones y las molestias con las condiciones atmosféricas, haciéndolas totalmente funcionales para pruebas de laboratorio.

- Mejorar la compatibilidad electromagnética con la variación de las condiciones físicas manualmente, es decir posición y tamaño de los directores, reflectores y fuentes(diferentes modelos de excitadores) , material de las antenas, diferentes tipos de arreglos de antenas y de la frecuencia de trabajo.
- Diseñar y probar antenas utilizando mediciones de campo cercano con información del diagrama de radiación no disponibles previamente. Además, cambiar parámetros y tener datos de primera mano para optimizar un prototipo de antena.

La parte medular del desarrollo de esta tesis será encontrar la relación existente entre las mediciones de campo cercano y los valores de campo lejano que nos permitan obtener el diagrama de radiación de una antena con los parámetros adicionales que sean necesarios. Para alcanzar este objetivo, se realizará un estudio teórico físico-matemático, que nos permita explicar en forma clara cuáles son los parámetros que se modifican y el procedimiento para obtener el lóbulo de radiación de una antena, a partir de mediciones de campo electromagnético cercano.

Es importante estudiar cada uno de los sistemas de coordenadas, sean estos planares, cilíndricos o esféricos, para luego de un análisis determinar cuál de los anteriores sistemas presenta las mayores ventajas para el desarrollo de esta tesis, guardando compatibilidad con estudios previamente realizados.

Para las mediciones planares se tendrían que analizar un infinito número de planos rectangulares en diversas posiciones con límites que irían de menos a más infinito lo que hace un sistema poco práctico para los fines propuestos ;las mediciones cilíndricas son de gran utilidad cuando tenemos antenas directivas con alta ganancia con un lóbulo de radiación principal entre un margen de -20° a $+20^\circ$ con lo que las mediciones se simplifican enormemente para este caso.

Para antenas en general cuyas características no sean las anteriormente mencionadas se tendrían que realizar mediciones circulares con límites en un plano perpendicular al círculo generatriz de menos a más infinito lo que no tiene mucho sentido para los cálculos computacionales.

Finalmente las mediciones esféricas que nos dan una visión completa de las características de la antena en la totalidad de su contorno con límites finitos lo que ayuda para que su estudio matemático-computacional sea factible y más real porque se realizan lecturas con límites fijos con un margen de error reducido ya que no asumimos ningún tipo de simplificación.

Las antenas de prueba serán de preferencia modelos a escala de antenas cuyas características (lóbulo de radiación, ganancia, directividad) hayan sido previamente calculadas y tabuladas, para optimizar el estudio comparativo de los resultados de esta tesis con los teóricos. Serán antenas elaboradas para un rango de frecuencia en la banda de UHF, alrededor de los 600 MHz.

Se trata de proporcionar una visión práctica y teórica de mediciones de campo cercano en antenas, como un método rápido y preciso para determinar el diagrama de radiación de una antena.

El sistema informático será elaborado con una programación en base a objetos y eventos de estructura modular en lo posible independiente y flexible, para variaciones y estudios ulteriores. Esta tesis pretende desarrollar un programa que facilite el análisis, diseño y estudio de antenas de prueba, obteniendo el diagrama de radiación en forma analítica sin necesidad de realizar observaciones de campo, es además, un importante recurso didáctico para investigaciones de laboratorio.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS

1.1.- GENERALIDADES

Un sistema coordenado nos permite ubicar en forma única a un punto específico en el espacio con respecto a otro punto de referencia u origen, y todo punto está determinado por la intersección de tres planos mutuamente perpendiculares, y las intersecciones entre dos de estos planos son lo que definen como ejes coordenados.

Independientemente del sistema de coordenadas que se utilice los resultados de cualquier problema son únicos, pero de acuerdo con las características de radiación y propagación como es la simetría, el escoger un sistema de coordenadas apropiado facilita o no la resolución de un determinado problema.

A continuación vamos a realizar una síntesis de las características de los sistemas de coordenadas más utilizados y sus respectivas equivalencias.

1.1.1.- Sistema de Coordenadas Rectangulares (Cartesianas)

Es el sistema de coordenadas de uso más frecuente, está definido por la intersección de tres superficies rectangulares mutuamente perpendiculares, como se muestra en la Figura 1.1.a.

Las perpendiculares a esos planos son los ejes coordenados x , y , z . Cuando se mantienen constantes las magnitudes x , y , z se definen los planos YZ , XZ , XY respectivamente. Cualquier punto está definido con $(x-x_i)$, $(y-y_i)$, $(z-z_i)$, en donde (x, y, z) es un punto cualquiera a definir y (x_i, y_i, z_i) es un punto de referencia u origen dado.

Los vectores unitarios μ_x , μ_y , μ_z representan las direcciones de las coordenadas x , y , z respectivamente y tienen la característica que el módulo resultante es la unidad.

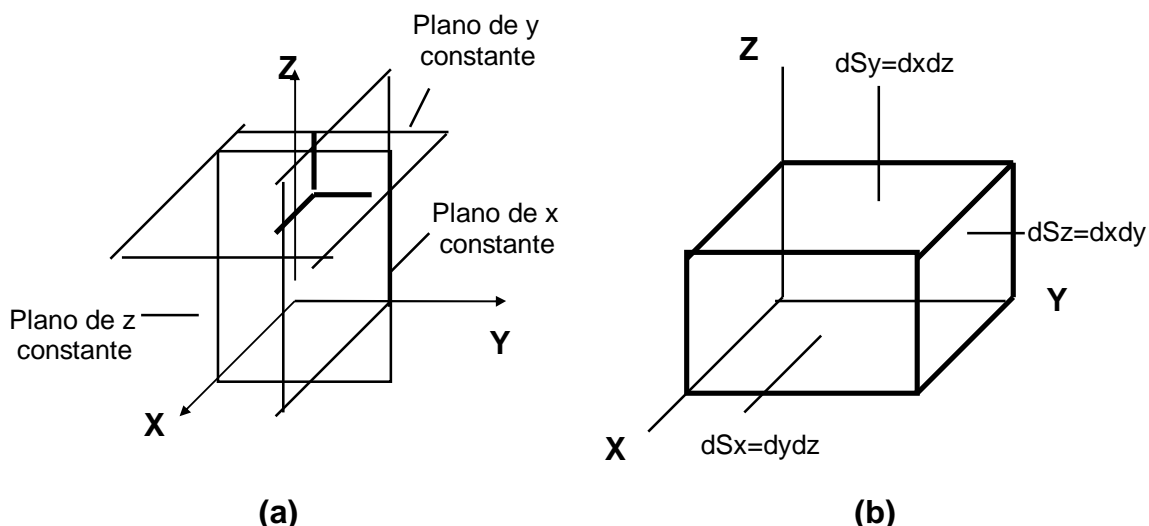


FIGURA 1.1.- Sistema de coordenadas rectangulares: a) Planos rectangulares mutuamente perpendiculares; b) Elementos diferenciales de área y volumen.

1.1.2.- Sistema de Coordenadas Cilíndricas (Circulares)

Este sistema de coordenadas tiene una característica importante: la simetría con respecto a una recta constante el eje z .

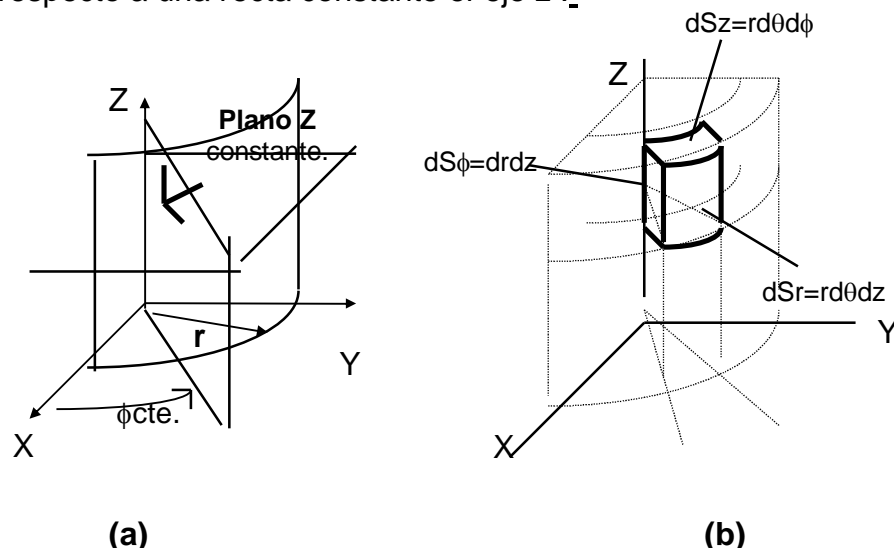


FIGURA 1.2.- Sistemas de coordenadas cilíndricas circulares: a) Superficie de cilindro circular de radio r y planos ϕ y z mutuamente perpendiculares; b) Elementos diferenciales de área y de volumen.

En la Figura 1.2 cualquier punto en el espacio queda definido por la intersección de tres superficies: una superficie z constante, una superficie a un ángulo constante ϕ a partir del eje x , un cilindro de radio r . Los vectores unitarios μ_r , μ_ϕ , μ_z son perpendiculares a estas superficies, es indiferente de la posición, pero μ_r y μ_ϕ se modifican con el ángulo ϕ ; en $\phi = 0$, los vectores

unitarios del sistema de coordenadas cilíndrico conforman un sistema de coordenadas cartesianas.

1.1.3.- Sistemas de Coordenadas Esféricas

Este sistema es de gran utilidad porque tiene un punto de simetría como referencia u origen.

En la Figura 1.3 podemos ver las coordenadas esféricas r , θ , ϕ definido por la intersección de un plano a un ángulo constante ϕ del eje x , como en el sistema de coordenadas anterior, un cono a un ángulo θ del eje z y una esfera de radio r .

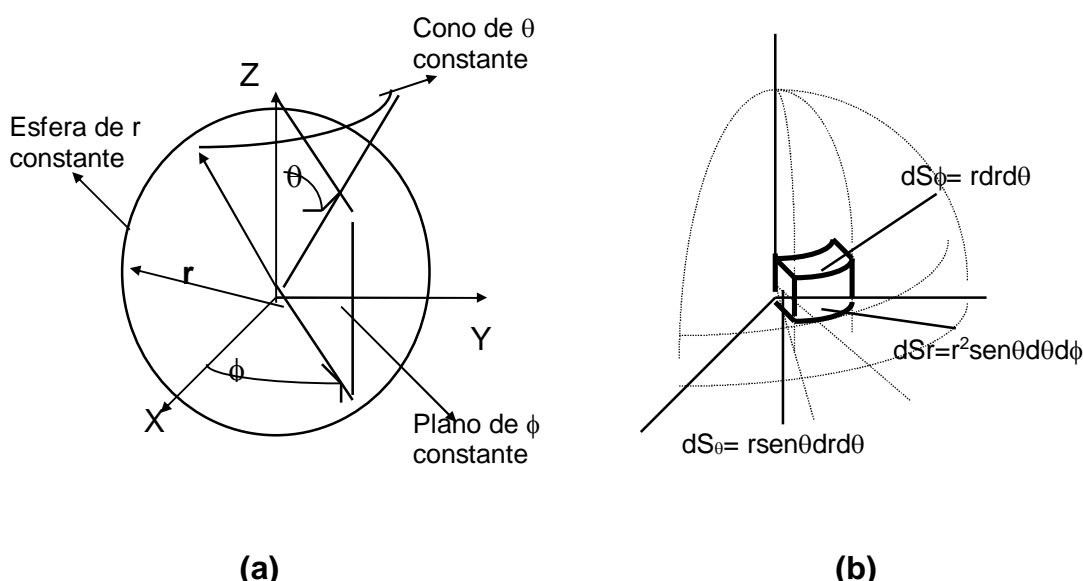


FIGURA 1.3.- Sistemas de coordenadas esféricas: a) Plano de un cono de ángulo constante θ con respecto al eje z , plano de un ángulo constante ϕ y una esfera de radio constante r ; b) Elementos diferenciales de área y de volumen.

Los vectores unitarios μ_r , μ_θ , μ_ϕ son perpendiculares a cada uno de estos planos y varían su dirección de punto a punto, formando un sistema dextrógiro.

**1.1.4.- TABLAS DE EQUIVALENCIAS DE SISTEMAS COORDENADOS Y
ÁNGULOS DE AZIMUTH Y ELEVACIÓN**

Esféricas a Cartesianas	Cartesianas a Esféricas
$x = r' \text{sen} \theta \cos \phi$	$r' = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$
$y = r' \text{sen} \theta \text{sen} \phi$	$\theta = \arccos z / (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$
$z = r' \cos \theta$	$\phi = \arctan y/x$
$\mu_x = \cos \phi (\text{sen} \theta \mu_r + \cos \theta \mu_\theta) - \text{sen} \phi \mu_\phi$	$\mu_r = \text{sen} \theta (\cos \phi \mu_x + \text{sen} \phi \mu_y) + \cos \theta \mu_z$
$\mu_y = \text{sen} \phi (\text{sen} \theta \mu_r + \cos \theta \mu_\theta) + \cos \phi \mu_\phi$	$\mu_\theta = \cos \theta (\cos \phi \mu_x + \text{sen} \phi \mu_y) - \text{sen} \theta \mu_z$
$\mu_z = \cos \theta \mu_r - \text{sen} \theta \mu_\theta$	$\mu_\phi = \text{sen} \phi \mu_x + \cos \phi \mu_y$

Cilíndricas a Cartesianas	Cartesianas a Cilíndricas
$x = r \cos \phi$	$r = (x^2 + y^2)^{1/2}$
$y = r \text{sen} \phi$	$\phi = \arctan y/x$
$z = z$	$z = z$
$\mu_x = \cos \phi \mu_r - \text{sen} \phi \mu_\phi$	$\mu_r = \cos \phi \mu_x + \text{sen} \phi \mu_y$
$\mu_y = \text{sen} \phi \mu_r + \cos \phi \mu_\phi$	$\mu_\theta = -\text{sen} \phi \mu_x + \cos \phi \mu_y$
$\mu_z = \mu_z$	$\mu_z = \mu_z$

Esféricas a Cilíndricas	Cilíndricas a Esféricas
$r = r' \text{sen} \theta$	$r' = (r^2 + z^2)^{1/2}$
$z = r' \cos \theta$	$\theta = \arccos z / (r^2 + z^2)^{1/2}$
$\phi = \phi$	$\phi = \phi$
$\mu_r = \text{sen} \theta \mu_r' + \cos \theta \mu_\theta$	$\mu_r' = \text{sen} \theta \mu_r + \cos \theta \mu_z$
$\mu_z = \cos \theta \mu_r' - \text{sen} \theta \mu_\theta$	$\mu_\theta = \cos \theta \mu_r - \text{sen} \theta \mu_z$
$\mu_\phi = \mu_\phi$	$\mu_\phi = \mu_\phi$

r' esférica

r cilíndrica

Característica	En coordenadas esféricas	En términos de azimuth y elevación
θ	θ	$\arccos[\cos(\text{el})\cos(\text{az})]$
ϕ	ϕ	$\arctan[\tan(\text{el})/\cos(\text{az})]$
az	$\arctan[\tan\theta\cos\phi]$	az
el	$\arcsen[\sen\theta\sin\phi]$	el
K_x	$\sen\theta\cos\phi$	$\cos(\text{el})\sen(\text{az})$
K_y	$\sen\theta\sen\phi$	$\sen(\text{el})$
K_z	$\cos\theta$	$\cos(\text{el})\cos(\text{az})$

Tabla de productos punto $a \cdot b = b \cdot a$

Esférico cartesiano		
$\mu_r \cdot \mu_z = \cos\phi$	$\mu_r \cdot \mu_x = \sen\theta \cos\phi$	$\mu_r \cdot \mu_y = \sen\theta \sen\phi$
$\mu_\theta \cdot \mu_z = -\sen\phi$	$\mu_\theta \cdot \mu_x = \cos\theta \cos\phi$	$\mu_\theta \cdot \mu_y = \cos\theta \sen\phi$
$\mu_\phi \cdot \mu_z = 0$	$\mu_\phi \cdot \mu_x = -\sen\phi$	$\mu_\phi \cdot \mu_y = \cos\phi$

Cilíndrico cartesiano		
$\mu_r \cdot \mu_x = \cos\phi$	$\mu_\phi \cdot \mu_x = -\sen\phi$	$\mu_z \cdot \mu_r = 0$
$\mu_r \cdot \mu_y = \sen\phi$	$\mu_\phi \cdot \mu_y = \cos\phi$	$\mu_z \cdot \mu_\phi = 0$

Tabla de elementos diferenciales de longitud, superficie y volumen

Cartesianas	Cilíndricas	Esféricas
$d_l = dx\mu_x + dy\mu_y + dz\mu_z$	$d_l = dr\mu_r + r d\phi\mu_\phi + dz\mu_z$	$d_l = dr\mu_r + r d\theta\mu_\theta + r \sen\theta d\phi\mu_\phi$
$dS_x = dydz$	$dS_r = r d\phi dz$	$dS_r = r^2 \sen\theta d\theta d\phi$
$dS_y = dx dz$	$dS_\phi = dr dz$	$dS_\theta = r \sen\theta dr d\phi$
$dS_z = dx dy$	$dS_z = r dr d\phi$	$dS_\phi = r dr d\theta$
$dV = dx dy dz$	$dV = r dr d\phi dz$	$dV = r^2 \sen\theta dr d\theta d\phi$

1.2.- BASES TEÓRICAS

Relaciones Vectoriales

Vamos a definir dos vectores **A** y **B** como:

$$\vec{A} = A_x \vec{\mu}_x + A_y \vec{\mu}_y + A_z \vec{\mu}_z \qquad \vec{B} = B_x \vec{\mu}_x + B_y \vec{\mu}_y + B_z \vec{\mu}_z$$

Producto Punto

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta$$

Producto Cruz

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \vec{\mu}_x + (A_z B_x - A_x B_z) \vec{\mu}_y + (A_x B_y - A_y B_x) \vec{\mu}_z$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta$$

El operador vectorial de diferenciación ∇ nabla se define para coordenadas cartesianas por:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \mu_x + \frac{\partial}{\partial y} \mu_y + \frac{\partial}{\partial z} \mu_z$$

Gradiente Está definido solo para funciones escalares y es la variación en el espacio tridimensional que puede sufrir una función con respecto a la distancia.

Divergencia Está definido solo para funciones vectoriales facilitando su tratamiento observando si convergen o divergen en un punto determinado, siendo positiva o negativa si el flujo vectorial sale o entra de la unidad de volumen.

Rotacional Es el giro de una cantidad vectorial, que se mide como la velocidad angular en cada punto, en una coordenada y depende de las coordenadas restantes perpendiculares a esta.

Laplaciano Es la divergencia del gradiente de una función escalar.

DEFINICIONES

La densidad de carga ρ se define como la relación del límite:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dV}$$

Donde Δq es la carga que se encuentra en un volumen elemental ΔV .

La densidad de corriente se expresa de la siguiente manera:

$$J = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \vec{\mu} = \frac{dI}{dS} \vec{\mu}$$

Donde ΔI es la corriente intrínseca en el área infinitesimal ΔS en dirección a la normal y $\vec{\mu}$ es un vector unitario dirigido a lo largo del movimiento de las cargas en cierto punto de ΔS .

Función Delta de Dirac Es conocida también como función impulso unitario, muy corto de gran amplitud, en la teoría de campos tiene gran aplicación representando focos discretos. Sus características y propiedades se dan a continuación:

El Delta de Dirac en un punto $P_0 (x_0, y_0, z_0)$ se designa por $\delta(x-x_0)(y-y_0)(z-z_0)$ y en un punto $P (0,0,0)$ se designa $\delta(x)(y)(z)$ tiene la siguiente propiedad:

$$\int_{V_0} \delta(x - x_0)(y - y_0)(z - z_0) dV = 1 \quad \text{si } (x_0, y_0, z_0) \text{ esta en } V_0$$

$$= 0 \quad \text{si } (x_0, y_0, z_0) \text{ no esta en } V_0$$

Puede representarse como una función de Gauss extremadamente delgada con una punta muy pronunciada, de área unidad, o simbólicamente como una función impulso, tiene la característica de elegir la evaluación de la función $f(x)$ en un punto del espacio tridimensional (x_0, y_0, z_0) , como sigue:

$$\int_V f(\vec{r}) \delta^{(n)}(\vec{r} - \vec{r}_0) = (-1)^n f^{(n)}(\vec{r}_0) \quad \text{si } \vec{r}_0 \text{ esta en } V$$

$$= 0 \quad \text{si } \vec{r}_0 \text{ no esta en } V$$

ECUACIONES DE MAXWELL

En forma diferencial e integral:

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad (\text{a})$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{b})$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\dot{\vec{B}} \quad (\text{c})$$

$$\nabla \times \vec{H} = \dot{\vec{D}} + \vec{J} \quad (\text{d})$$

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{a} = \int \rho \, dV$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{a} = 0$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = -\int \dot{\vec{B}} \cdot d\vec{a}$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{S} = \int (\dot{\vec{D}} + \vec{J}) \cdot d\vec{a}$$

ECUACIONES 1.1

La ecuación de continuidad relaciona las densidades de corriente y carga:

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\dot{\rho}$$

ECUACIÓN 1.2

Las ecuaciones para los potenciales se cumplen si B es el rotacional de algún vector, lo que conduce a la definición de vector de potencial A.

$$\vec{B} = \mu \vec{H} = \nabla \times \vec{A}$$

ECUACIÓN 1.3

De 1.3 a 1.1.c

$$\nabla \times (\vec{E} + \dot{\vec{A}}) = 0$$

ECUACIÓN 1.4

La ecuación 1.4 se satisface si $(\vec{E} + \dot{\vec{A}})$ es el gradiente de un escalar V llamado potencial eléctrico $\vec{E} + \dot{\vec{A}} = -\nabla V$, nos queda que:

$$\vec{E} = -\nabla V - \dot{\vec{A}}$$

ECUACIÓN 1.5

El conjunto de ecuaciones 1.3 y 1.5 nos indican como encontrar \vec{H} y \vec{E} en 1.1.d como sigue:

$$\frac{1}{\mu} \nabla \times \nabla \times \vec{A} = -\varepsilon \nabla \dot{V} - \varepsilon \ddot{\vec{A}} + \vec{J}$$

ECUACIÓN 1.6

Con la identidad $\nabla \times \nabla \times A = \nabla \nabla \cdot A - \nabla^2 A$ tenemos que:

$$\nabla^2 \vec{A} - \mu \varepsilon \ddot{\vec{A}} = -\mu \vec{J} + \mu \varepsilon \nabla \dot{V} + \nabla \nabla \cdot A$$

ECUACIÓN 1.7

uniendo 1.1.c y 1.5 conseguimos:

$$\nabla^2 V + \nabla \cdot \dot{\vec{A}} = -\frac{\rho}{\varepsilon}$$

ECUACIÓN 1.8

Sabemos que según el Teorema de Helmholtz todo campo vectorial debido a una fuente finita está determinado unívocamente si del campo vectorial se especifican tanto la divergencia como el rotacional del vector.

Con la condición de norma de Lorentz :

$$\nabla \cdot \vec{A} = -\mu\epsilon \dot{V}$$

ECUACIÓN 1.9

En las ecuaciones 1.7 y 1.8 cualquier componente en el estado sinusoidal de las funciones de potencial satisfacen las ecuaciones de HELMHOLTZ de la forma:

$$\nabla^2 \vec{A} + k_o^2 \vec{A} = -\mu\vec{J}$$

ECUACIÓN 1.10

$$\nabla^2 V + k_o^2 V = -\rho/\epsilon$$

ECUACIÓN 1.11

En donde \vec{A} es el potencial vectorial y V es el potencial escalar.

La cantidad k_o^2 está dada por:

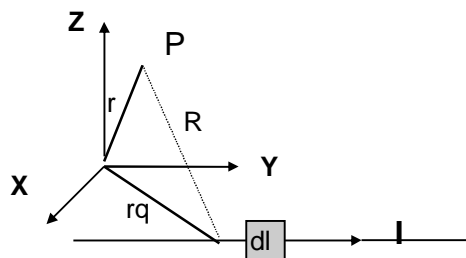
$$k_o^2 = \omega^2 \mu\epsilon$$

ECUACIÓN 1.12

SOLUCIONES A LAS ECUACIONES DE LOS POTENCIALES

Campo magnético

La Ley de Ampere para un circuito cerrado en el que circula una corriente I, la intensidad de campo H en un punto es el resultado de este flujo de corriente en la globalidad del circuito como se ve en el siguiente gráfico. Consideramos a dl como las longitudes elementales del circuito que cada una porta una corriente I, contribuyendo para la intensidad de campo magnético designando a la cantidad |dl| como elemento de corriente, considerando que dl e I son vectores en la misma dirección.



Cada aporte del elemento de corriente al campo magnético no puede medirse separadamente pero según resultados experimentales (Ampere) es:

$$dH = \frac{I dl \sin \psi}{4\pi R^2}$$

ECUACIÓN 1.13

En donde R es la distancia entre el elemento de corriente Idl y el punto P, el campo magnético H es perpendicular al plano que forman los vectores Idl y R entonces generalizando la ecuación 1.13 tenemos Ley de Ampere o BIOT-SAVART:

$$d\vec{H} = \frac{Id\vec{l} \times \vec{R}}{4\pi R^2}$$

ECUACIÓN 1.14

Si sumamos o integramos todos los elementos de corriente podemos encontrar la intensidad total del campo magnético vectorial H, en un punto P, como sigue a continuación:

$$\vec{H}(r) = \oint \frac{Id\vec{S} \times \vec{R}}{4\pi R^2}$$

ECUACIÓN 1.15

Extendiendo la Ecuación 1.15 no solo para corriente necesariamente confinadas para soportes lineales con una densidad de corriente que circule en el interior de un volumen V, el campo magnético puede expresarse:

$$\vec{H}(r) = \frac{1}{4\pi} \int \frac{\vec{J}(r') \times \vec{R}}{R^2} dV'$$

ECUACIÓN 1.16

En el lugar donde se origina el campo o zona generadora utilizaremos letras con prima ('). Recordemos la ecuación 1.3 para un ulterior análisis:

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$$

Integrando 1.16 puede considerarse solo los términos que no contienen primas, es decir que no son elementos generadores, operando en coordenadas normales variando el uso del operador ∇ como sigue a continuación:

$$\frac{\vec{J}(r') \times \vec{R}}{R^2} = -\vec{J}(r') \times \nabla \frac{1}{R} = \nabla \times \frac{\vec{J}(r')}{R}$$

ECUACIÓN 1.17

De la identidad vectorial:

$$\nabla \times (\alpha \vec{B}) = \alpha \nabla \times \vec{B} + \nabla \alpha \times \vec{B}$$

J es constante respecto a las coordenadas del punto del campo considerado (externo a los generadores) puede aplicarse el rotacional fuera de la integral de la siguiente manera:

$$\vec{B} = \nabla \times \frac{1}{4\pi} \int \frac{\mu J(r')}{R} dV'$$

ECUACIÓN 1.18

De la ecuación 1.3 deducimos inmediatamente que:

$$\vec{A} = \frac{1}{4\pi} \int \frac{\mu J(r')}{R} dV'$$

ECUACIÓN 1.19

Los vectores A y J son paralelos y a cada elemento de densidad de corriente le corresponde un elemento paralelo de vector de potencial.

Campo eléctrico

Es más fácil como un primer paso encontrar los potenciales ligados con cargas y corrientes y a continuación los campos eléctrico y magnético de dichos potenciales.

El potencial en un punto cualquiera P debido a un número finito de cargas m, se calcula como un sumatorio o superposición de potenciales producidas en dicho punto por todas y cada una de las cargas por separado. Si q_1, q_2, \dots, q_m son las cargas situadas en R_1, R_2, \dots, R_m respectivamente del punto P, el potencial en P está dado por:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2} + \frac{q_3}{R_3} + \dots + \frac{q_m}{R_m} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{i=1}^m \frac{q_i}{R_i}$$

ECUACIÓN 1.20

Para cargas en un número discreto de puntos repartidos continuamente por la región, esta zona puede dividirse en elementos de volumen ΔV , conteniendo cada uno de ellos una carga $\rho \Delta V$. Entonces la fórmula 1.20 se presentará de la siguiente forma:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon} \sum_{i=1}^m \frac{\rho_i \Delta V_i}{R_i}$$

ECUACIÓN 1.21

Siendo R_i la distancia del elemento de volumen i -ésimo hasta P . Cuando se reduce el tamaño del elemento de volumen hasta volúmenes infinitesimales la suma se convierte en integración:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_v} \int \frac{\rho dV}{R}$$

ECUACIÓN 1.22

Comportamiento del campo eléctrico complejo

En el siguiente gráfico se observa el plano de propagación de la onda libre de cargas en el espacio, inmersos en un plano complejo i - r .

Un vector de propagación \mathbf{k}_o existe, y está definido en la dirección en que se propaga la radiación. Los vectores de campo eléctrico y magnético forman ángulos rectos en la dirección de \mathbf{k}_o y son perpendiculares entre si. La energía fluye en dirección de la propagación. El medio en que la radiación se transmite ofrece una resistencia o impedancia a este flujo que es función solo de las propiedades del material. La figura 1.4 muestra la relación entre los vectores de campo y de propagación.

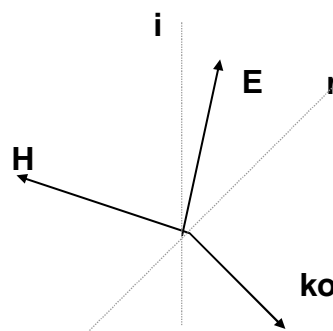


FIGURA 1.4.- Plano complejo i - r que contiene los vectores mutuamente perpendiculares E , H y K_o . Según el gráfico que vemos podemos escribir:

$$E = E_i \vec{i} + E_r \vec{r}$$

ECUACIÓN 1.23

donde \vec{i} y \vec{r} son vectores unitarios indicados en el espacio. La forma de $E_i + E_r$ son:

$$E_i = E_{i0} e^{-j(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r})} \quad \text{y} \quad E_r = E_{r0} e^{-j(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r})}$$

ECUACIONES 1.24

También pueden ser escritas como:

$$E_u = a \cos(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r}) + b \text{jsen}(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r})$$

$$\text{y } E_v = a' \cos(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r}) + b' \text{jsen}(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r})$$

ECUACIONES 1.25

con:

$$E_u = a + jb \text{ y } E_v = a' + jb'$$

ECUACIONES 1.26

si tomamos el módulo tenemos:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \text{ y } c' = \sqrt{a'^2 + b'^2}$$

ECUACIONES 1.27

con los siguientes ángulos de fase:

$$\psi = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \text{ y } \xi = \arctan\left(\frac{b'}{a'}\right)$$

ECUACIONES 1.28

Con lo que podemos escribir:

$$E_u = c \cos(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r} + \psi) \text{ y } E_v = c' \cos(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r} + \xi)$$

ECUACIONES 1.29

de este grupo de relaciones podemos reescribir, para E_u y para E_v tenemos:

$$\frac{E_u}{c} = \cos \alpha \text{ y } \frac{E_v}{c'} = \cos(\alpha + \eta)$$

ECUACIONES 1.29 b

en donde: $\alpha = \omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r} + \psi$ y $\eta = \xi - \psi$

ECUACIONES 1.30

De la ecuación 1.29 ,podemos escribir:

$$\frac{E_v}{c'} = \frac{E_u}{c} \cos \eta - \sqrt{1 - \left(\frac{E_u}{c}\right)^2} \text{sen } \eta$$

ECUACIÓN 1.31

sustituyendo la ecuación 1.31 el $\cos \theta$, obtenemos:

$$\frac{E_v}{c'} = \frac{E_u}{c} \cos \eta - \sqrt{1 - \left(\frac{E_u}{c}\right)^2} \text{sen } \eta$$

ECUACIÓN 1.32

Reagrupando los términos y elevando al cuadrado tenemos:

$$\left(\frac{E_V}{c'}\right)^2 + \left(\frac{E_U}{c}\right)^2 - \frac{2 E_V E_U}{c c'} \cos \eta = \sin^2 \eta$$

ECUACIÓN 1.33

La ecuación 1.33 define una elipse en el plano $\mathbf{i-r}$. Las ondas planas son en general elípticamente polarizadas. Si $c'=c$ y $\eta=(2l+1)\pi/2$, con l un número entero, tenemos:

$$E_V^2 + E_U^2 = c^2$$

ECUACIÓN 1.34

La ecuación 1.33 es un círculo de radio c en el plano $\mathbf{i-r}$. La polarización es en este caso circular. Donde $\eta=\pm l\pi$, con l un número entero podemos obtener:

$$E_V = \pm \frac{c'}{c} E_U$$

ECUACIÓN 1.35

En radiación electromagnética cuando se satisface la ecuación anterior se dice que se está linealmente polarizada.

Mientras que la variación en el tiempo de las distribuciones de carga y corriente están dadas por la propagación de los campos electromagnéticos.

Como la propagación de las ondas electromagnéticas va en todas las direcciones alrededor de la fuente, en el campo cercano las ondas frontales para propósitos prácticos son eventualmente esféricas, de hay la importancia de obtener soluciones de las ecuaciones de Maxwell en coordenadas esféricas. En el campo lejano las ondas electromagnéticas cartesianas las ondas electromagnéticas alrededor de la fuente en el infinito son realmente planas por lo que para el campo lejano es sumamente importante obtener las soluciones de las ecuaciones de Maxwell en coordenadas cartesianas.

Si asumimos que una gran radiación electromagnética que se propaga a través del espacio y la materia, si no existiera ninguna interferencia se podría recibir las señales de radio y televisión en el interior de una casa con solo la antena interna. Como estas señales que se propagan están almacenadas en forma de energía en los campos electromagnéticos, y esta energía se disipa cuando es conducida a través del medio o si es absorbida a través del medio en una superficie circundante , interfiriendo en los campos eléctrico y

magnético la energía y las señales se perderían con la atenuación. Si el medio es de bajas pérdidas eso no puede suceder. Por lo que necesitamos encontrar un método matemático para precisar lo que realmente ocurre.

1.2.1.- MEDICIONES PLANARES

Una medición de la forma del campo cercano planar localizado frente a una antena de prueba es la más conveniente para antenas directivas que radian en el diagrama de radiación eléctrico. La geometría básica de este sistema de medición con un sistema de coordenadas definido se muestra en la Figura 1.3. En lo posterior asumiremos que la antena de prueba está alineada en la dirección de la máxima radiación, en una dirección perpendicular al plano de medida, y esta dirección coincide con el eje x .

La medición del campo cercano de una antena se realiza en puntos predeterminados con una conveniente tabla de medidas de prueba. Podríamos asumir que la prueba responde predominantemente a uno de dos componentes de polarización preseleccionadas del campo cercano sobre el plano. Para simplificar consideramos la siguiente descripción, podríamos arbitrariamente tomar las componentes vertical y horizontal de la intensidad de campo. La determinación del campo lejano de la antena de prueba requiere que ambas componentes de polarización de campo cercano sean medidas. Así la facilidad para cambiar la polarización de la antena de prueba por rotación sobre sí mismo en el eje longitudinal es requerida.

La salida de la antena de prueba pueden ser descritas matemáticamente como una señal sinusoidal de tiempo en donde la amplitud y la fase varían con la posición en la superficie de medición, La amplitud y la fase de esta señal pueden ser detectadas por medio de un receptor coherente de fase y de amplitud. Así la detección de la señal puede ser escrita como una variable compleja de voltaje que solo es una función de posición. Esta señal de salida de prueba podría ser denotada por $V_V(x_0, y, z)$ y $V_H(x_0, y, z)$, en donde los subíndices V y H representan la polarización de la antena de prueba vertical u horizontal respectivamente. Las coordenadas de la antena bajo prueba x_0, y, z están definidas en las coordenadas de las Figuras 1.1 y 1.3 a una distancia r de la antena de prueba.

El conjunto de ecuaciones entre las antenas de prueba y la de prueba puede ser reducido a una ecuación que contiene la salida detectada de la antena de prueba y el producto entre el campo lejano radiado por la antena de prueba y el que es radiado por la antena de registro integración cuando está usada como un transmisor. La radiación de campos lejanos por la antena de prueba vienen dados por $E_{\theta}^V(\theta, \phi) + E_{\phi}^V(\theta, \phi)$ cuando están con polarización vertical, y por $E_{\theta}^H(\theta, \phi) + E_{\phi}^H(\theta, \phi)$ cuando están con polarización horizontal. Cuando el conjunto de ecuaciones es escrito para cada polarización de la antena de prueba, las dos ecuaciones pueden ser resueltas simultáneamente para las funciones de campo cercano para la antena de prueba, obteniendo soluciones normalizadas.

$$E_{\theta}(\theta, \phi) = \frac{\sin \theta \cos \phi}{\Delta(\theta, \phi)} \left[I_H(\theta, \phi) E_{\phi}^V(\pi - \theta, \phi) - I_V(\theta, \phi) E_{\phi}^H(\pi - \theta, \phi) \right]$$

ECUACIÓN 1.36

$$E_{\phi}(\theta, \phi) = \frac{\sin \theta \cos \phi}{\Delta(\theta, \phi)} \left[I_H(\theta, \phi) E_{\theta}^V(\pi - \theta, \phi) - I_V(\theta, \phi) E_{\theta}^H(\pi - \theta, \phi) \right]$$

ECUACIÓN 1.37

donde $\Delta(\theta, \phi)$ es el determinante del sistema de ecuaciones dado por:

$$\Delta(\theta, \phi) = E_{\theta}^H(\pi - \theta, \phi) E_{\phi}^V(\pi - \theta, \phi) - E_{\theta}^V(\pi - \theta, \phi) E_{\phi}^H(\pi - \theta, \phi)$$

ECUACIÓN 1.38

Las funciones $I_V(\theta, \phi)$ y $I_H(\theta, \phi)$ representan integrales que envuelven la respuesta de la antena de integración. Estas son más convenientemente escritas como funciones del número de onda más bien que como coordenadas angulares. Dejando a $k_y = k \sin \theta \sin \phi$ y $k_z = k \cos \theta$ donde $k = 2\pi/\lambda$ es el número de onda en el espacio libre. Las integrales para $I_V(k_y, k_z)$ y $I_H(k_y, k_z)$ están dadas por:

$$I_V(k_y, k_z) = \exp(jk_x x_0) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} V_V(x_0, y, z) * \exp(jk_y y + jk_z z) dy dz$$

y

$$I_H(k_y, k_z) = \exp(jk_x x_0) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} V_H(x_0, y, z) * \exp(jk_y y + jk_z z) dy dz$$

ECUACIONES 1.39

donde $k_x = [k^2 - k_y^2 - k_z^2]^{1/2}$. Si la fase del patrón no es de interés, x_0 pueden ser tomados como cero en 1.39.

Las integrales en 1.39 son integrales bidimensionales de Fourier que pueden ser numéricamente evaluadas con la eficiencia con el algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier (*TRF*). Las mediciones planares se dividen en un conjunto de puntos definidos por las coordenadas $(x_0, m\Delta y, n\Delta z)$, donde $0 \leq m \leq M-1$ y $0 \leq n \leq N-1$ y M y N son enteros positivos. Estos están determinados por las dimensiones lineales del plano del ejemplo dividido por el espaciamiento del ejemplo. Eso es, $M=Z/\Delta z+1$ y $N=Y/\Delta y+1$ donde Z y Y son la altura y el ancho, respectivamente, del plano. Si las respuestas de la antena de prueba son $V_V(x_0, m\Delta y, n\Delta z)$ y $V_H(x_0, m\Delta y, n\Delta z)$ son almacenados para estos puntos. La *TRF* puede ser utilizada para calcular 1.39 como una muestra explícita definida por la teoría de la Transformada discreta de Fourier y está dada por:

$$k_y = \frac{2m\pi}{M\Delta y}, \quad -\frac{M}{2} \leq m \leq \frac{M}{2} - 1$$

y

$$k_z = \frac{2n\pi}{N\Delta z}, \quad -\frac{N}{2} \leq n \leq \frac{N}{2} - 1$$

ECUACIONES 1.40

Las coordenadas angulares corresponden a estos números de onda:

$$\theta = \arccos\left(\frac{n\lambda}{N\Delta z}\right) \quad \text{y} \quad \phi = \frac{\left(\frac{m\lambda}{M\Delta y}\right)}{\sqrt{1 - \left(\frac{n\lambda}{N\Delta z}\right)^2}}$$

ECUACIONES 1.41

La evaluación precisa de las integrales de Fourier requiere que los espaciamientos determinados Δy y Δz en el plano sean menores o iguales a $\lambda/2$, y que x_0 sea mucho menor a la longitud de onda. El espaciamiento está determinado como una función de x_0 está dado en 1.37.

1.2.2.- MEDICIONES CILÍNDRICAS

Las mediciones en un plano cilíndrico son más accesibles para antenas que radian con un patrón de haz de radiación vertical. Los cálculos de los patrones comprenden una cobertura completa de un ángulo de azimuth de 360° . En

coordenadas cilíndricas, el patrón del campo lejano normalizado de una antena está expresada como una serie de Fourier en el ángulo de azimuth como sigue:

$$E_{\varphi}(\theta, \varphi) = \text{sen } \theta \sum_{n=-N}^N j^n a_n(\theta) e^{j n \varphi} \quad \text{y} \quad E_{\theta}(\theta, \varphi) = j \text{sen } \theta \sum_{n=-N}^N j^n b_n(\theta) e^{j n \varphi}$$

ECUACIONES 1.42

Donde los coeficientes de la serie de Fourier $a_n(\theta)$ y $b_n(\theta)$ son funciones del ángulo de elevación, y N es la armónica angular de la altura en el campo de expansión. Normalmente está dada por $N=ka$ donde a es el radio del cilindro más pequeño que encierra completamente a la antena.

La geometría del sistema de mediciones cilíndricas como un sistema de coordenadas está definido en la Figura 1.2. A continuación asumiremos que la antena de prueba está alineada en la dirección de radiación máxima y es perpendicular al eje z . Como en el caso planar. asumiremos que las medidas de prueba es usado para medir ambas componentes de polarización vertical y horizontal en el cilindro. Estas dos componentes se escribirían como $V_V(r, \phi, z)$ y $V_H(r, \phi, z)$.

El conjunto de ecuaciones del sistema cilíndrico contiene productos entre los coeficientes de la Serie de Fourier del campo radiado por la antena de prueba, y la medida de la radiación en la antena de prueba cuando es utilizada como transmisor. Los coeficientes de prueba en 1.44 están dados por $a_n^V(\theta)$ y $b_n^V(\theta)$ cuando están polarizadas verticalmente, y por $a_n^H(\theta)$ y $b_n^H(\theta)$ cuando están polarizadas horizontalmente. M es la armónica de orden de la altura en el campo de expansión de la antena de prueba, donde M está determinado de la misma forma que el entero N en las ecuaciones 1.44.

$$a_n(\theta) = \frac{1}{\text{sen}^2 \theta \Delta_n(\theta)} \left\{ I_n^V(\theta) \sum_{m=-M}^M b_m^H(\pi - \theta) H_{m-n}^{(2)}(kr \text{sen } \theta) - I_n^H(\theta) \sum_{m=-M}^M b_m^V(\pi - \theta) H_{m+n}^{(2)}(kr \text{sen } \theta) \right\}$$

y

$$b_n(\theta) = \frac{1}{\text{sen}^2 \theta \Delta_n(\theta)} \left\{ I_n^H(\theta) \sum_{m=-M}^M a_m^V(\pi - \theta) H_{m-n}^{(2)}(kr \text{sen } \theta) - I_n^V(\theta) \sum_{m=-M}^M a_m^H(\pi - \theta) H_{m+n}^{(2)}(kr \text{sen } \theta) \right\}$$

ECUACIONES 1.43

Donde $H(k_0 r \text{sen } \theta)$ es la función de Hankel de Segundo orden y $\Delta_n(\theta)$ es el determinante del sistema de ecuaciones dado por:

$$\Delta_n(\theta) = \left\{ \sum_{m=-M}^M a_m^V(\pi - \theta) H_{m-n}^{(2)}(kr \sin \theta) * \sum_{m=-M}^M b_m^H(\pi - \theta) H_{m+n}^{(2)}(kr \sin \theta) \right\} + \left\{ - \sum_{m=-M}^M a_m^H(\pi - \theta) H_{m-n}^{(2)}(kr \sin \theta) * \sum_{m=-M}^M b_m^V(\pi - \theta) H_{m+n}^{(2)}(kr \sin \theta) \right\}$$

ECUACIÓN 1.44

Las funciones $I_n^V(\theta)$ y $I_n^H(\theta)$ son integrales que contienen la respuesta de la medida de la antena de prueba en el cilindro. Estas son más convenientemente definidas como funciones del número de onda $h = k \cos \theta$. En este caso estas están dadas por:

$$I_n^V(\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} v_V(r, \phi, z) * e^{-j(n\phi - hz)} d\phi dz \quad \text{y} \quad I_n^H(\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} v_H(r, \phi, z) * e^{-j(n\phi - hz)} d\phi dz$$

ECUACIONES 1.45

Las ecuaciones en 1.45 son integrales de Fourier en dos dimensiones que pueden ser evaluadas con TRF. Las medidas del cilindro se dividen en conjunto rejilla de puntos definidos por las coordenadas $(r, n'\Delta\phi, m'\Delta z)$ donde $0 \leq m' \leq M'-1$ y $0 \leq n' \leq N'-1$ y M' y N' son enteros positivos. Estos están determinados por el espaciamiento del ejemplo en el cilindro y el largo del cilindro. Eso es, $M' = Z/\Delta z + 1$ y $N' = 2\pi/\Delta\phi$ donde Z es el largo de la medida del cilindro. Si las respuestas de la antena de prueba son $u_H(r, n'\Delta\phi, m'\Delta z)$ y $u_V(r, n'\Delta\phi, m'\Delta z)$. Y son almacenados en estas rejillas de puntos, la TRF puede ser usada para calcular las integrales de 1.45 para el rango $(-N'/2) \leq n' \leq (N'/2) - 1$, y los valores de h están dados por:

$$h = \frac{2m\pi}{M\Delta z} \quad , \quad -\frac{M}{2} \leq m \leq \frac{M}{2} - 1$$

ECUACIÓN 1.46

la elevación del ángulo correspondiente a cada valor de h es:

$$\theta = \arccos\left(\frac{m\lambda}{M\Delta z}\right)$$

ECUACIÓN 1.47

La evaluación precisa de las ecuaciones 1.43 requieren que $\Delta z \leq \lambda/2$, que $\Delta\phi \leq \pi/N$ y que $r \ll \lambda$ muchas veces menor que la longitud de onda para que la medición del campo de ejemplo sea realizado eficiente en el sector de radiación de campo cercano . Una vez que $a_n(\theta)$ y $b_n(\theta)$ tienen que ser calculados para decidir los cortes del ángulo de elevación, las series de Fourier

en 1.42 pueden ser evaluadas con la *TRF* para obtener el campo lejano de la antena .

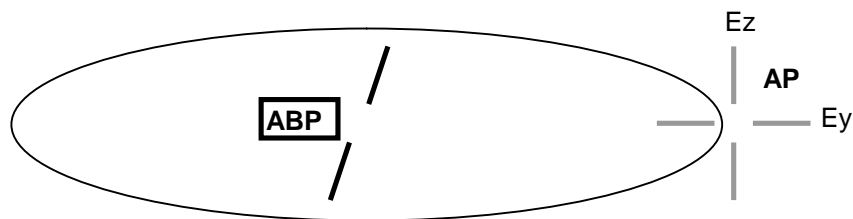
1.2.3.- MEDICIONES ESFÉRICAS

Las soluciones completas para coordenadas esféricas, requieren para su implementación práctica de un procedimiento numérico complicado. Sin embargo es posible tomar ventaja de la geometría superficial esférica para diseñar registros de campo cercano que no requieren corrección.

Se usa un sistema de mediciones concéntrico, en coordenadas esféricas, con la ventaja de la simetría en la propagación de las antenas.

Las integraciones en θ y φ (ángulo de fase) pueden ser evaluadas con la *TRF*. y las técnicas de compensación eficiencia pueden ser usadas. Entonces las armónicas de campo tienen que ser determinadas en θ . El patrón está dado en el siguiente diagrama de campo lejano puede ser calculado eficientemente con la sumatoria sobre la armónica en θ y en φ con la *TRF*. Se describe las ecuaciones en el capítulo 4.

I con la sumatoria sobre la armónica en θ y en φ con la *TRF*. Se describe las ecuaciones en el capítulo 4.



CAPITULO 2

CARACTERÍSTICAS DE PRUEBA

2.1.- INTRODUCCIÓN

Las características y propiedades de los sistemas de radiación electromagnética están perfeccionadas y controladas para conseguir aplicaciones específicas en sistemas electrónicos, lo que depende mucho de la precisión, sencillez y confiabilidad de las técnicas de medición.

Los esfuerzos realizados desde la década de los 60 se han dedicado a optimizar y desarrollar técnicas de medición de radiación, profundizando particularmente en los métodos de prueba para el mejoramiento de las mediciones de la emisión y sensibilidad de radiación que proporcionan una explicación conveniente del comportamiento del sistema en el ambiente de trabajo.

Los ambientes de prueba más utilizados para mediciones de emisión y sensibilidad de radiación son:

- Campo abierto
- Cerramiento blindado protegido
- Cámara blindada sin eco

En el aspecto técnico y económico para mediciones de radiación cada uno de estos ambientes tienen sus ventajas y sus desventajas. Para encarar la evaluación del funcionamiento de sistemas de radiación las mediciones de campo abierto constituyen un método bastante bueno, pero requieren un sitio amplio con un gran campo de medición, que proporcione independencia entre las condiciones normales de prueba y el medio ambiente externo sujetos al estado meteorológico.

Fundamentalmente por el aspecto económico, los cerramientos blindados son ampliamente usados para realizar este tipo de mediciones de radiación y los esfuerzos realizados para desarrollar y perfeccionar procedimientos para la medición de radiación se resuelven alrededor de un ambiente de prueba con cerramiento blindado, pero los múltiples caminos de

reflexión, distorsiones , resonancias, ruido e interferencias de los campos radiados, y los cambios en las características de emisión y sensibilidad de radiación pueden originar dificultades en las condiciones de aislamiento para la medición los sistemas bajo prueba en un cerramiento blindado .

La Cámara blindada sin eco por su elevado precio no es factible particularmente cuando los requerimientos de tamaño aumentan ,podría simular un entorno de campo abierto mientras provea un aislamiento adecuado entre las mediciones de prueba normales y el medio ambiente externo.

2.2.- PROCEDIMIENTOS Y SISTEMAS DE MEDICIÓN

A continuación están los métodos de medición que son empleados en la realización de mediciones de radiación y una comparación cualitativa de las limitaciones, atributos y desventajas de cada técnica. Estos métodos son:

- 1.- Cerramientos blindados protegidos
- 2.- Cámara blindada sin eco
- 3.- Técnica de Antenas encapsuladas protegidas

2.2.1.- CERRAMIENTOS BLINDADOS PROTEGIDOS

Las medidas en interiores de campo electromagnético radiado en la mayoría de casos se realizan en cerramientos blindados desprovistos de recubrimiento con un material sin eco. Sin embargo las mediciones de radiación efectuadas están afectadas significativamente por las innumerables reflexiones en las paredes del cerramiento. Se consigue un gran aislamiento entre el ambiente electromagnético y las fuentes de interferencia local cuando se realizan las mediciones en cerramientos blindados. Las mediciones son sensibles a:

- El estado inicial de las condiciones de prueba,
- El tamaño y forma del cerramiento,
- La presencia y localización del personal y el equipo de prueba en el interior del cerramiento, y
- El espaciamiento entre la antena de prueba y el equipo .

FIGURA 2.1.- Diagrama de una típica medición en cerramiento

blindado mostrando los múltiples caminos de la señal.

En la Figura 2.1 se representa una medición típica en un cerramiento blindado, en donde se contemplan algunos de los múltiples trayectos que sigue la señal en este tipo de medición , una gran cantidad de energía radiada es reflejada por las paredes del cerramiento, y es captada por la antena de recepción. En condiciones ideales esta energía no debería presentarse como cuando se realizan las mediciones en una cámara sin eco o en campo abierto. La fase de la señal reúne las fases que llegan a la antena por los diferentes caminos de reflexión y la fase de su componente principal las que podrían variar por:

- El estado de las condiciones iniciales normales de medición
- El tamaño del cerramiento
- La frecuencia de la señal y
- El espaciamiento entre la antena y la fuente de radiación.

Si la fase resultante de los diferentes caminos de reflexión y la fase de la componente principal son iguales o desfasadas 180° pueden darse dos casos con la medición del campo electromagnético que sea mayor o menor a la que

se obtendría en campo abierto o en una cámara sin eco. Lo que produciría grandes errores cuando el valor de la energía reflejada sea mayor o igual a la energía del camino de la componente principal o la energía de llegada a la antena sea nula.

En mediciones de energía radiada en cerramientos blindados a frecuencias mayores a 50 MHz los resultados experimentales dan errores de medición tan grandes como ± 40 dB. Para mejorar las mediciones se reduce la distancia entre la antena y el equipo de prueba lo que disminuye los errores a aproximadamente a ± 15 dB; comparando este tipo de mediciones con los de campo abierto con pequeñas diferencias de valores.

2.2.2.- CÁMARA BLINDADA SIN ECO

Para mejorar el rendimiento y aprovechamiento de las mediciones de campo electromagnético en interiores se utilizan las cámaras sin eco blindadas, que aislado del medio ambiente externo proveen un pequeño volumen de prueba que simula espacio libre. Existe una buena calidad de cerramiento blindado cuando en un rango de frecuencia entre 10 KHz a 20 GHz las atenuaciones por reflexión son mayores o iguales a 100 dB. Las señales radiadas dentro de la cámara, rebotan en su interior, durante la prueba no se las puede interferir o manipular con operaciones externas que tienen un reducido efecto en las mediciones.

Para optimizar las medidas, el material sin eco instalado en las paredes de la cámara blindada absorbe casi toda la energía radiada que incide en el cerramiento reflejando una pequeña parte en el espacio libre. No hay necesidad de realizar ensayos de aprobación FCC en una Cámara blindada sin eco, reduciendo la posibilidad de modificar las características de radiación. El alto costo por volumen de las cámaras y las limitaciones del rendimiento en baja frecuencia y la poca disponibilidad en el mercado común de material sin eco son las principales desventajas asociadas con este tipo de medición. Por ejemplo un metro cúbico de interior disponible para el uso (excluido el material sin eco) de una cámara costaría aproximadamente entre USD \$520 y USD \$890 , en general es alto para cualquier dimensión de cerramiento pero decrece con el incremento del tamaño de la cámara .

Para una considerable absorción de energía de radiación que se toma en este espacio, el material sin eco en la cámara debería ser mínimo de un ancho de $\frac{1}{4} \lambda$ (de longitud de onda). Una excepción es el material absorbente en base a ferrita, sin embargo el precio del material es demasiado elevado (aproximadamente unos USD \$1076 por metro cuadrado), lo que para propósitos prácticos no es rentable para el diseño de cámaras sin eco. Como la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia ($\lambda=v/f$), a la medida que se reduce el límite mínimo de la frecuencia, el grosor del material sin eco se puede incrementar, por ejemplo para obtener una absorción apreciable a 50 MHz, el ancho del material sin eco tendría que ser mayor a 150 cm. y para 100 MHz el ancho sería de 75 cm. Como el ancho del material sin eco crece, aquí están tres factores relativos que limitan la frecuencia mínima umbral de las cámaras sin eco:

- El incremento del costo
- Se tienen complicaciones para el montaje del material y prevenir el hundimiento de las pirámides.
- El tamaño del cerramiento blindado se incrementaría para retener el mismo volumen de prueba.

Debido a esto los límites de frecuencias mínimas son mayores a 200 MHz en las cámaras sin eco y no es muy común una frecuencia mínima umbral de 100 MHz, lo que da un espesor considerable del material sin eco.

Lamentablemente sin especificar las condiciones normales iniciales de prueba en algunos detalles no es posible dar con absoluta precisión las medidas hechas en una cámara sin eco blindada, entonces la exactitud de la medida depende de algunos parámetros de prueba como son :

- Localización de las condiciones de prueba normales iniciales en la cámara, en especial el espaciamiento de la superficie interna de la cámara,
- Separación entre el receptor y la fuente,
- Frecuencia y reflectividad del material sin eco, y
- Directividad de las antenas de transmisión y recepción.

Además la relación entre la máxima energía que puede ser radiada en la cámara y la magnitud de la energía a ser medida determinan la precisión de la

medición, considerando una antena patrón, con un nivel de reflectividad de 40 dB. Las reflexiones podrían tener un pequeño efecto en los resultados cuando se miden los máximos niveles de energía, esperando errores máximos en el orden de 0.1 dB. Pero en algunos puntos del diagrama, menores al máximo, reflejan energía influenciando significativamente los resultados de la medición. Tendríamos un error máximo aproximado de 3.3 dB con un nivel de -30 dB relativos a la radiación máxima. Podría ser que exista una similar situación en el exterior de los recintos en donde las interferencias de tierra y reflexiones aparecen en estos rangos.

2.2.3.- TÉCNICA DE ANTENA ENCAPSULADA

Los conceptos de una cámara sin eco y antena encapsulada difieren un poco, esta última se desarrollo pensando en el problema que se presenta al reducir los múltiples caminos de reflexión en cerramientos blindados sin aumentar el costo, y los inconvenientes del espacio y producción ligadas a las cámaras sin eco.

FIGURA 2.2.- Diagrama de una medición de una antena encapsulada en un cerramiento blindado.

En la figura 2.2 contiene un blindaje a la antena de prueba en todas las direcciones a excepción de la máxima señal de radiación por medio de un encapsulado metálico, cuyo interior es relleno con material sin eco para reducir las reflexiones a la antena de prueba. La pared del cerramiento blindado detrás del equipo bajo prueba esta cubierto también en su totalidad

con material absorbente para prevenir las reflexiones en/o cerca del camino principal de la señal de mayor radiación. El conjunto de las paredes absorbentes alineadas del cerramiento y del encapsulado, opuestas a la abertura del encapsulado, se ven esencialmente como seis paredes absorbentes alineadas de una cámara sin eco respecto a la antena de prueba. El margen de difracción alrededor de la abertura del encapsulado está minimizado en algo con la forma extendida del material absorbente más allá del límite del encapsulado blindado.

Para cubrir un rango de frecuencia de 200 MHz. a 12 GHz. se necesitan de dos antenas encapsuladas que tendrían que ser fabricadas y evaluadas. Una de estas antenas diseñada para operar en el rango de frecuencia entre 200 y 1500 MHz. consiste en dos antenas balanceadas log-cónicas y un encapsulado cilíndrico de 1225 mm. de largo y 800 mm. de diámetro. El encapsulado con una lámina de aluminio de 3,125 mm de espesor. alineado con un material absorbente de ferrita aproximadamente de 25,4 mm. de espesor con unas características de reflexión muy buenas de 200 MHz a 15 GHz.

2.3.- ESTUDIO Y APLICACIÓN DE LAS MEDICIONES DE CAMPO CERCANO

Las características del campo electromagnético varían paulatinamente según la distancia de la antena. Existen tres zonas claramente definidas:

1. - La Primera Zona más próxima a la antena, donde el campo tiene una parte reactiva, con energías de inducción además de la de propagación . Aquí la energía electromagnética disminuye aceleradamente con la distancia a razón de R^{-n} , donde n es depende de la forma y tipo de antena. Esta zona conductiva tiene una cobertura de unas pocas longitudes de onda (aproximadamente 3λ).
2. - La Segunda Zona es la Región de Fresnel o campo cercano de radiación, donde la densidad de energía se mantiene prácticamente constante a distintos intervalos. Cada medición de campo cercano de la ABP con su respectivo procesamiento matemático tiene su valor de campo lejano correspondiente.

3. - La Tercera Zona es la Región de Fraunhofer o de campo lejano en donde la distribución relativa angular no varía con la distancia, y se expande del campo cercano al infinito. La densidad de flujo de potencia de la antena cambia según la ley de la distancia cuadrada inversa.

Para antenas de alta ganancia, cuando se toman medidas de campo cercano se tolera una curvatura de fase con una apertura menor a $1/16 \lambda$.

Entre el límite superior del campo reactivo o inicio del campo cercano (3λ) y una dimensión escogida ($8R^2/\lambda$) se delimita el campo cercano (zona verde), con una curvatura de fase con una apertura de $1/16 \lambda$ ($360^\circ/16 = 22,5^\circ$) con una distancia geoméricamente determinada a un punto específico dada por:

$$D = \frac{8R^2}{\lambda}$$

Donde: D Distancia al límite superior del campo cercano

 R Dimensión más grande de la antena

A continuación se gráfica las diferentes zonas con sus límites respectivos.

FIGURA 2.3.- Diagrama de las tres zonas de campos definidas en función a la distancia de la antena.

en donde:

Para las mediciones del lóbulo de radiación se necesita una curvatura de fase mucho menor con una apertura de $1/100 \lambda$ ($360^\circ/100 = 3,6^\circ$), lo que sextuplica la distancia del campo lejano.

Definiciones de campo cercano

Existen varias direcciones independientes de la distancia a la ABP, en las que se pueden realizar mediciones de la propagación del campo cercano determinando el frente de fase con la TRF entre las cuales están:

1. -*Síntesis de Apertura* que se forma variando con un arreglo la fase de la antena, cuando las ondas viajan en dirección de todos los ángulos de interés, que en la Transformada bidireccional de Fourier las convierte en fases de corte para mediciones planares.
2. -*Óptica de Fourier* que relaciona analíticamente el espectro angular del campo lejano con el frente de fase que resulta de las mediciones de campo cercano, para el caso de mediciones planares de campo cercano se utiliza la Transformada de Fourier para encontrar el espectro angular.

Síntesis de Apertura

Para tener un frente de ondas plano o simularlo a partir de un frente de ondas esférico se tienen dos opciones:

- Realizar mediciones a gran distancia o en el infinito (campo lejano) para que el frente de ondas esférico que llega a nuestra ABP se convierta en un frente de ondas planar.
- Con un lente reflector parabólico o un arreglo de fase de antenas alisado convencional.

Un arreglo de antenas de fase, suma y calibra las fases de las señales de varias antenas pequeñas llamadas elementos, controladas electrónicamente para los diversos ángulos para conseguir un frente de ondas plano.

Si se irradia un frente de onda no planar a un arreglo no uniforme; las ondas arriban a los elementos con un ángulo inclinado proporcionando fases y magnitudes diferentes, que pueden integrarse coherentemente o suprimirse; la energía total es la suma vectorial de la energía de cada elemento. Si un frente

planar llega a un arreglo de fase de antenas uniforme, la señal de salida tiene igual fase y magnitud, si existen n elementos, la energía total es nE_i (donde E_i es la dimensión de la energía de cada elemento).

Se puede orientar el ángulo del arreglo de antenas conectando a los elementos, en serie con vareadores de fase, desfasados 180° de la fase del frente de onda plana respecto a una referencia dada. Se conoce como formador de onda (rayo) a la conjunción de los cambiadores de fase y el sumador. El tiempo de accionamiento de este circuito puede ser menor a $1 \mu\text{s}$. lo que es una función del tiempo de respuesta de los cambiadores de fase.

Varios formadores de onda (rayo) se pueden generar a partir de un grupo matriz de salidas de los elementos del arreglo de fase de antenas según los requerimientos.

Es necesario captar toda la energía transmitida por la ABP, a través de un proceso de afinamiento de una antena larga lo que define la apertura sintética en un rango compacto del sistema para el campo cercano de una antena, distinta para cada ABP .

Podemos imaginariamente situar a nuestra antena en un volumen cilíndrico o esférico para emisiones direccionales o omnidireccionales respectivamente y tomar datos de la síntesis de apertura análogamente al concepto de un arreglo de fase.

Si tomamos como elementos infinitesimales a diminutas antenas de un arreglo ideal en la región de apertura, podemos sumar o integrar coherentemente todos y cada uno de estos elementos tomados en ángulos convenientes para obtener la apertura sintética, recurriendo a la TF para campo lejano con respecto a una referencia dada, procesadas por un Computador; de forma similar se calcularía la ganancia de la antena en esa dirección.

Los parámetros que determinan las propiedades de la apertura sintética, a los que se ajustan los diseños del arreglo de fase de la ABP son los siguientes:

- Modelos patrones,
- Modelo de la densidad,
- Forma de la medición (pe. esférica, cilíndrica, planar o al azar),
- Dimensiones del muestreo (pe. r, θ, ϕ ; r, ϕ, z ; x, y, z ; etcétera),

- Rayos de campo lejano direccionando a los ángulos y
- Antena de prueba y selección del material absorbente.

En el caso real:

1. - Cambiamos secuencialmente la posición de cada elemento del arreglo en puntos determinados según la necesidad de los requerimientos.
2. - Medimos la forma de salida compleja (su magnitud y fase) de cada elemento de la antena en cada punto del literal anterior..

Se tiene las siguientes características:

• Distancia focal	Infinita
• Espaciamiento entre elementos	$2/5$ a 4λ
• Método de formación de la onda (rayo)	Transformada de Fourier
• Número de elementos de alimentación	El mismo número de puntos de medición
• Cifra de formadores de onda (rayo)	9^4
• Organización del elemento	Estrella abierta
• Recurso para formar la onda (rayo)	Computador personal
• Tipo de elemento	Antena de bocina

Óptica de Fourier

Primero es necesario analizar las definiciones en las que se fundamenta la Óptica de Fourier:

• Unidades del ángulo de fase	1 ciclo = $1\lambda = 2\pi$ radianes = 360°
• Frente de fase	Es un área que tiene igual fase
• Onda plana	Es un frente de fase con un área plana
• Componente tangencial del campo	En la dirección de propagación es siempre cero en el espacio libre
• Frecuencia espacial	Ciclos por longitud de onda (ciclo/ λ), es la relación del período de una onda seno por una distancia dada del intervalo.
• Frecuencia temporal	Ciclos por Segundo

El sistema mide la intensidad del campo electromagnético cercano en magnitud y fase en cualquier plano y dirección de propagación, independiente de la distancia a la ABP. Estos valores pueden ser procesados matemáticamente con la TR para tener el patrón de campo lejano sin disminuir o aumentar datos.

Las energías residuales de una antena son mucho menores en nuestro entorno, propagándose siempre en una línea recta, viajando en la misma dirección de la ABP.

Investigar la definición de mediciones de campo cercano no es complicado, las dimensiones y distancias en términos de longitudes de onda (λ) o radianes. Si un frente de fase ideal planar viaja transmitiendo energía en un tiempo determinado con líneas de igual ángulo de fase (verticales cuando el ángulo relativo de fase es cero con una referencia arbitraria) como se ve en la figura 2.10 con un espaciamiento que representa un intervalo de fase de 1λ o 2π radianes se dice que la energía se desplaza con un modelo de onda plana. Los cuatro puntos de prueba de microonda evalúan el frente de fase de la antena, en la figura 2.4 resulta ser el mismo. Cuando el frente de fase de las líneas es 0 rad., las antenas de prueba equidistantes, tienen una fase de π rad.

FIGURA 2.4.- Un arreglo de antenas ideal con un frente de fase planar, con cuatro antenas de prueba.

FIGURA 2.5.- Un arreglo de antenas ideal con un frente de fase planar, con cuatro antenas de prueba inclinadas $1/6$ de radianes.

Antena de Prueba número	Posición Y	Fase (radianes)	Inclinación de fase
1	0λ	0	$-\pi/(3\lambda)$
2	1λ	$-\pi/3$	$-\pi/(3\lambda)$
3	2λ	$-2\pi/3$	$-\pi/(3\lambda)$
4	3λ	$-\pi$	$-\pi/(3\lambda)$

TABLA 2.2

Examinando la figura 2.5 y la Tabla 2.2 se registran mediciones para antenas de prueba separadas verticalmente una longitud de onda (1λ) a 0 , $-\pi/3$, $-2\pi/3$ y $-\pi$ respectivamente con inclinaciones de fase de $-\pi/3$ a 2π con un ciclo de desplazamiento lateral, con una pendiente de fase de $-1/6$, del que tomamos un $\arcsen(-1/6) \cong -1/6$ rad. Para tener una referencia angular de la inclinación relativa al plano de las cuatro antenas de prueba.

Es equivalente una inclinación de fase de $-1/6 \lambda$ por λ a una pendiente de $-\pi/3$ de fase por 2π .

El \arcsen de la pendiente es el actual ángulo de inclinación entre la dirección de propagación del frente de fase de la antena ideal y el área de muestreo de prueba.

La frecuencia espacial es una medida directa de la inclinación del rayo (ciclos/longitud de onda):

$$\text{Inclinación del rayo} = \arcsen(\text{frecuencia espacial})$$

Principio de Superposición

El Principio de Superposición dice: *Para un sistema lineal, la respuesta del sistema de N integrantes, es igual a la suma de las respuestas de cada uno de los integrantes del sistema*; este criterio en el caso de mediciones de campo cercano puede ser aplicado para una antena real a la que se le puede desintegrar en un conjunto de antenas ideales que radian en los diversos planos de onda, lo que define el espectro de planos de onda.

El Fasor

En un espacio y tiempo dado se puede definir la variable compleja de campo eléctrico representa por:

$$E_{ui} = E_{uoi} e^{-j(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r})}$$

También pueden ser escrita como:

$$E_{ui} = a \cos(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r}) + b \operatorname{sen}(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r})$$

con:

$$E_{uo} = a + jb$$

Con lo que podemos escribir:

$$E_u = c \cos(\omega t - \vec{k}_o \cdot \vec{r} + \psi)$$

donde:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

y:

$$\psi = \arctan \frac{b}{a}$$

El campo total sería:

$$E_T(k_x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{ui} e^{-j2\pi K \vec{k} \cdot \vec{r}_i}$$

En donde:

K Es el número de onda ($K=2\pi/\lambda$)

\vec{k} Es la frecuencia espacial bidimensional
(ciclos/longitudes de onda)

\vec{r} Es la posición de prueba i-ésima en
longitudes de onda

La transformada de Fourier bidimensional clásica convierte el frente de fase medido en una superficie planar en todos los ángulos requeridos posibles con la siguiente ecuación:

$$F(K_x, K_y) = \iint f(x, y) e^{-j(K_x X + K_y Y)} dx dy$$

$$f(x, y) = \iint F(K_x, K_y) e^{j(K_x X + K_y Y)} dK_x dK_y$$

2.4.- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MODELOS A ESCALA DE LA ANTENA DE PRUEBA Y DE LAS ANTENAS BAJO PRUEBA

2.4.1.- Antena de Prueba

La precisión, calidad y velocidad del proceso de adquisición de datos se fundamenta en elegir convenientemente la antena de prueba ,cuidando las particularidades para conseguir la mayor exactitud posible, en la medición del campo cercano, con las siguientes características:

1. -Aumentar la relación señal a ruido (RSR)
2. -Neutralizar los efectos de los múltiples caminos de reflexión (muchos rayos de radiación llegan a la antena).
3. -Proporcionar una buena precisión en la medición del lóbulo de radiación.
4. -Reducir la doble imagen o sombra.

La antena de prueba es considerada como un filtro, para el campo cercano un filtro espacial y para el campo lejano un filtro angular. Es necesario conocer las características y propiedades del filtrado espacial para definir que tipo de antena de prueba se puede emplear. El filtro atenúa ciertas partes de la señal modificando el espectro, permitiendo solo el paso de la energía en ciertas direcciones de acuerdo con el tipo de antena o filtro usado.

Nos da lo mismo eliminar lóbulos de difracción con el diseño de un modelo de un arreglo de elementos de fase, o reducir la doble imagen o sombra en ciertas direcciones.

Es necesario medir uno de los campos E o H de la ABP con la antena de prueba del campo cercano, el otro campo se deduce del espectro de la onda plana, luego de la transformación.

Se aplican algunos tipos de antenas de prueba para mediciones de campo cercano entre las que están las siguientes:

- ◆ *Antena de alta ganancia* frecuentemente utilizada en las mediciones de campo cercano de tipo planar en las antenas de las aeronaves consiguiendo extraordinarios resultados ya que se requiere menor energía de las ABP para los valores a medirse.

- ◆ *Antena de monopulso* diseñada con atributos especiales para lóbulos de radiación de apertura estrecha.
- ◆ *Antena de prueba sintética* es versátil para cualquier variación, con respecto a las otras antenas de prueba, elimina el acoplamiento mutuo con la ABP, cambiando su posición adecuadamente $\lambda/4$ en el eje z por dos ocasiones, lo que a veces es problemático por la falta de estabilidad.
- ◆ *Antena Lazo* mide el campo magnético H en lugar del campo eléctrico E en forma omnidireccional con reducidas perturbaciones del campo electromagnético, es muy usada, pero con una respuesta limitada en precisión, calidad y velocidad para mediciones del campo cercano de tipo planar con respecto a las otras indagaciones.
- ◆ *Guía de onda con terminación abierta* es análoga a la antena lazo, disminuyendo el área de corte transversal con la introducción de un dieléctrico como carga en la guía de onda.

Se recomienda usar de preferencia antenas de prueba del mismo tipo o con características similares a la ABP, para mediciones campo cercano planar, antenas bocina con una ganancia entre 15 a 25 dB. Con una nave espacial localizada en una órbita geosincrónica de $\pi/10$ rad. o su mitad $\pi/20$ rad. con respecto al borde de la Tierra, se utilizan antenas de prueba de gran ganancia tratando de minimizar la atenuación.

La antena de prueba actúa como un filtro pasa bajos angular espacial que disminuye a razón de $\pi/20$ rad. o $0,16 \text{ Hz./}\lambda$.

Es más beneficioso realizar indagaciones con una antena de bocina escalar que con una guía de onda con terminación abierta por las siguientes razones: no se requiere mayor precisión en el ángulo de llegada localizado en el espacio bidimensional (x, y) en donde se tiene mayor amplitud, no es crítico como el arcosen de $\pi/20$ rad., de la guía de onda; tiene mayor ganancia la bocina escalar de 25 dB., la guía de onda con una ganancia de 6 dB., y una diferencia de RSR de 19 dB.; un reducido número de puntos de muestreo de acuerdo con criterio de Nyquist con un intervalo mayor de $3,1 \lambda$, es casi siete veces mayor; rechazar los múltiples caminos de energía para ángulos mayores a $\pi/20$ rad. Pero tiene algunos inconvenientes como son: se necesita de

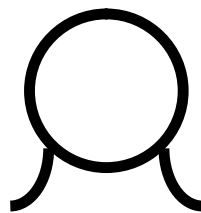
corrección de prueba, complicándose para bajas frecuencias; se dificultan las mediciones y el manipuleo por la falta de estabilidad, falta de acoplamiento mutuo entre la antena de prueba y la ABP (lo que se corrige con: una RSR mayor a 20 dB., atenuadores o aislantes que reducen las reflexiones de la relación voltaje continuo de la onda , superficies piramidales de material absorbente, etcétera).

Se disminuye el tiempo de muestreo y las pérdidas de apertura cuando las ABP tienen altas ganancias a frecuencias elevadas de las indagaciones como un filtro espacial del campo cercano.

Las secuelas de los acoplamientos mutuos decrecerían por agrupación con rectificaciones de fase.

Diseño de la Antena de Indagación

Por las razones anteriormente expuestas se utilizará dos tipos de *antenas de prueba* para el campo en z *un dipolo doblado* y para el campo en y *una espira* paralela a dicho campo calculados a una frecuencia de 630 MHz., la impedancia característica Z_{in} se aproximó a 300Ω balanceada y 75Ω desbalanceada respectivamente. Para el dimensionamiento de las antenas se utilizó los criterios del Hand Book Electrical Design. Con un dipolo doblado de $\lambda/2$, la longitud resonante para dipolos doblados y para la espira de 10 vueltas de 30 mm. de diámetro, se igualo la superficie de la espira a la décima parte del área efectiva (con una $g=1,5$); elaboradas con alambre número 19 y 12 AWG respectivamente.



Antena espiral para medir el campo en y (E_y)



Antena dipolo doblado para medir el campo en z (E_z)

Diseño de las Antenas Bajo Prueba

Se utiliza cuatro antenas dipolo de $\lambda/2$, λ , $3\lambda/2$ y 2λ a una frecuencia de 630 MHz; con impedancias de salida acopladas a nuestro generador de frecuencias General Radio ($Z_{in} = 300 \Omega$ balanceada o $Z_{in} = 50 \Omega$ balanceada).

En primer lugar se calculó la impedancia Z_o con la siguiente ecuación

$$Z_o = 60 \left\{ \ln\left(\frac{2H}{r}\right) - 1 \right\}$$

de acuerdo con las curvas de Hallen, para obtener en los cuatro dipolos una reactancia nula a una longitud de resonancia H_{res} a un β_{res} , se averigua la resistencia de resonancia R para el monopolo y se la duplica para el dipolo.

Se puede observar que los valores R más cercanos a 50 ohmios son los de $\lambda/2$ y $3\lambda/2$ por lo que se diseñó un balun como el de la figura para estas antenas. Este balun está compuesto de un tubo de cobre de 12,7 mm., de diámetro y 300 mm., de largo seccionado con una apertura de 2 mm., de espesor y $\lambda/4$ de longitud, $Z_o=50\Omega$ y $r=A/2$ tenemos, además de un corto circuito entre el alambre central (en nuestro caso un tubo de cobre) de 5 mm., de diámetro y el tubo de cobre para un mejor acoplamiento variando su posición a lo largo de la apertura.

Todas las medidas en milímetros, los números en paréntesis en AWG

Cables de **CABLEC** tipo TW Quito

AWG	Área (mm ²)	Diámetro del cobre(A)	Diámetro exterior
12	3.3	2.05	3.57
10	5.3	2.59	4.11
8	8.4	3.26	5.54

Dimensiones de los dipolos

Parámetro	$\lambda/2$	λ	$3\lambda/2$	2λ
2H ó D	238.09	476.19	714.29	952.38
H	119.05	238.09	357.14	476.19
D/r(12)	232.29	464.58	696.86	929.15
Z _o (12)	266.88	308.47	332.79	350.06
β_{res} (12)grados	85.50	162.00	264.70	342.05
β_{res} (12)rad	1.49	2.83	4.62	5.97
H _{res} (12)	113.00	214.29	350.14	452.45
Longitud(°)	180	360	180	0
R(12)monopolo	34	700	22	640
R(12)dipolo	68	1400	44	1280
Z ₁ (con 200) Ω	116.62	529.14	93.80	505.96
Z ₁ (con 50) Ω	58.31	264.57	46.90	252.98
d(con 200) Ω	1.81(14)	1.86E-3	2.69(10)	4.83E-3(4)
d(con 50) Ω	4.80(6)	0.15	5.81(4)	7.83E-3(2)

Para los dipolos λ y 2λ se utilizó un dipolo simple elaborado con un alambre 12 AWG con $d = 3,3$ mm., $Z_0 = Z_1$ y $Z_0 = 50\Omega$ y un balun 1 :1 para el generador de frecuencia.

$$Z_0 = 120 \left\{ \operatorname{arc} \cosh \left(\frac{D}{d'} \right) \right\}$$

Parámetro	$\lambda/2$	λ	$3\lambda/2$	2λ
Z_0 (con 50Ω)		9.41		8.56

$$Z_1 = 138 \log(D/d)$$

$$Z_1 = \sqrt{Z_0 * R_L}$$

Diseño de la antena encapsulada (cámara sin eco)

Las cámara sin eco tradicional es un paralelepípedo rectangular de material absorbente recubierto internamente con conos rectos de grafito adyacentes, que evitan la reflexión de las ondas, es importante indicar que a mayor superficie exterior de los conos existe mayor absorción, este tipo de cámara sin eco tiene un enfoque macroscópico del problema y requiere grandes volúmenes para su implementación.

La cámara sin eco de la antena encapsulada diseñada en esta tesis ve el problema desde un punto de vista microscópico tomando en cuenta que el frente de onda y la propagación del campo electromagnético cercano son del tipo esférico o circular a muy cortas distancias razón por la cual se utiliza una esfera hueca de material absorbente como se observa en la figura 2.2 del Capítulo 2.

El material absorbente está constituido con grafito inmerso en un volumen poroso (que pueden ser piedra pómez o yeso en nuestro caso) lo que distribuye las partículas de grafito irregularmente y al ingresar onda electromagnética rebota y choca una infinidad de veces en los granos de grafito hasta atenuarse completamente con una visión lateral de la siguiente forma:

El radio interior de la esfera se determinó igualando el área de la esfera a la longitud de onda elevada al cuadrado y el radio de la apertura se cálculo de la siguiente manera:

$$A = 4\pi R^2 = \lambda^2 \quad \text{y} \quad A_{efectiva} = G \frac{\lambda^2}{4\pi^2} = \pi r^2$$

Debido a que en el mercado no existía una esfera de dicho tamaño de material no conductivo se utilizó una pelota de 363 mm., de diámetro como molde, luego se fraguo el yeso con el grafito y posteriormente se pinto la esfera con una disolución de resina con grafito en polvo fino .

CAPITULO 3

ANÁLISIS Y DESARROLLO COMPUTACIONAL PARA LA OBTENCIÓN DE DIAGRAMAS DE RADIACIÓN EN BASE A MEDICIONES DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO CERCANO

3.1.- INTRODUCCIÓN

Este capítulo da una visión de muchos aspectos vinculados con las mediciones de campo cercano, los algoritmos de conversión de campo cercano a lejano como son: la interpolación, la Transformada Rápida de Fourier TRF (sistema esférico), la TRF bidimensional TRF-2D (sistema cartesiano), Transformadas de Laplace, funciones de Jacobi Bessel, y la Transformada Discreta de Fourier factorizada TDFF(para cualquier sistema).

Además del Teorema del Muestreo, modelos de medición con características definidas , filtros espaciales y un breve análisis de la corrección de la medición.

Se realiza un estudio metódico y real de los datos de entrada, los diferentes tipos de apertura sintética superficial, comparando las ventajas y desventajas de las mediciones planares, cilíndricas y esféricas de acuerdo con las propiedades de las antenas; alimentadores, velocidad de procesamiento, corrección de prueba, facilidad de alineamiento, transformaciones.

El Teorema del Muestreo tiene para cada medición una localización precisa, diferentes frentes de fase con su respectivo filtro espacial. Modelos de medición apropiados, para mediciones de campo cercano en las componentes más significativas de E_x , E_y y E_z en magnitud con su respectiva fase y posición espacial, cambio de sistemas de coordenadas a un estándar y formatos multidimensionales para simplificar la realización de cálculos y sumatorios incluyendo un programa de corrección y compensación.

3.2.- ESTUDIO Y RELACIÓN FÍSICO MATEMÁTICA DE LOS DATOS DE ENTRADA Y SALIDA

Es importante realizar las mediciones con la antena de prueba en forma rápida y precisa, con las siguientes normas de exploración:

- Descripción de la antena de prueba (modelo, polarización , directividad, ganancia, diagramas de radiación, etc.)
- Tipo de medición (planar, cilíndrica o esférica)
- Dimensiones de la medición ($x, y, z; r, \phi, z;$ o r, θ, ϕ)
- Modelo de medición (espiral, estrella, cartesiano y al azar)
- Parámetros de medición (espaciamiento de las muestras)

En un sistema de medición de campo cercano estas normas se fijan sencillamente, con una adaptación teórica de un arreglo de fase compacto, apertura sintética ,múltiples caminos de los rayos en el rango del sistema, estudiando los principios de diseño de arreglos de fase de antenas. Debemos tomar en cuenta importantes aspectos, vinculados con los siguientes requisitos:

- La apertura sintetizada de campo cercano sería demasiado grande para receptor toda la energía de la ABP.
- Para satisfacer el teorema del muestreo de Nyquist, los frentes de fase de la antena, se tomarían en posiciones elementales. Debemos procurar tener los lóbulos en las regiones de interés, cumpliendo estrictamente el Teorema del Muestreo combinando convenientemente el rango del campo cercano y la respuesta de la antena bajo prueba.
- Se simboliza a un campo cercano como una difracción clásica limitada se representa como una respuesta de un disco de aire que es alumbrado por una apertura circular uniformemente iluminada.

Para cumplir estos requisitos se necesita realizar los siguientes pasos, que se analizarán ulteriormente:

- ◆ La precisión , rapidez y calidad de la medición es una función directa de las características de la *Antena de Prueba*.
- ◆ Usar modelos patrones de prueba para Reducir el número de puntos de muestreo y eliminar los lóbulos de difracción.

- ◆ La ABP tiene que captar toda la energía significativa con la suficiente extensión en las dimensiones de la apertura de campo cercano sintetizada, según el *Teorema del Muestreo*.
- ◆ Las *Mediciones* de la prueba se efectúan en puntos discretos claramente definidos por la posición de los elementos del arreglo de fase de antenas, pueden ser un modelo radial simétrico tipo estrella o una grilla bidimensional de acuerdo con muestreo empleado. Se pueden obtener lóbulos adulterados si no se anulan los lóbulos de difracción con un patrón de elementos y espaciamientos adecuados.
- ◆ La *Apertura sintética superficial* de campo cercano sería capaz de absorber toda la energía de la ABP. Es común utilizar superficies del tipo de medición, pero utilizaremos mediciones esféricas.
- ◆ Para antenas de baja ganancia se utilizan mediciones en superficies cilíndricas o esféricas por que poseen una distribución de energía más expandida; para antenas de gran ganancia que transmiten energía en una pequeña amplitud angular se utilizan normalmente mediciones en superficies planares.

3.2.1.- Teorema del Muestreo

Es también conocido como el criterio de Nyquist que nos dice: *una señal espacial de banda limitada de energía finita y que no tiene componentes de frecuencia espacial superiores a N ciclos/ λ , está completamente definida si se especifica los valores de la señal a intervalos de distancia inferiores a π radianes de cambio de fase para la mayor frecuencia espacial presente*

Se define completamente un frente de fase de campo cercano con dos muestras adyacentes (puntos de igual radio o del mismo rayo) con cambios de fase inferiores a π radianes.

Se tiene los siguientes efectos con el Teorema del Muestreo:

Es indispensable una densidad de al menos una muestra por intervalo en media longitud de onda $\lambda/2$ para definir un frente de fase, cuando no aparecen energías atenuadas o varios caminos de propagación.

Si se disminuye la densidad de muestreo en 1/10 o 1/100 de su magnitud original, se puede limitar la banda del frente de fase con un filtro espacial.

Se tienen doble imágenes o sombras, cuando aparecen ángulos no deseados en el campo lejano, si el Teorema del Muestreo es violado.

Se reduce la relación señal a ruido (RSR) y las consecuencias de los múltiples caminos de radiación si se sobre muestra la señal, pero se incrementa la cantidad de datos almacenados en el disco duro y su tiempo de procesamiento.

Se deben tener intervalos de muestreo del frente de fase menores a la mitad de la mínima distancia posible, es decir con la mayor frecuencia espacial presente. La fase de la señal de radio frecuencia debe ser menor a 2π rad., con una energía de propagación en el espacio libre a una frecuencia espacial inferior a 1 ciclo/ λ , para satisfacer el Teorema de Nyquist. Pero en la región cercana a la antena de 0 a 3λ (de desvanecimiento), se tiene componentes de frecuencia espacial altas debido a que la energía cambia rápidamente de fase por lo que no se cumple el Teorema del Muestreo.

El espectro de frecuencias espaciales cambia con los filtros espaciales que tienen los mismos efectos y criterios que los filtros angulares, introducidos intencionalmente en el sistema, para mejorar la calidad de la medición y la respuesta del campo cercano o si no son situados adecuadamente producen graves errores en la ganancia, distorsiones y ancho de banda.

Se neutraliza el efecto de un filtro espacial por medio de una deconvolución, más conocida por una corrección de prueba que da una respuesta complementaria al filtro espacial original.

3.2.2.- Modelos de medición

El arreglo y la separación de los puntos de muestreo es lo que se conoce como modelo o patrón de medición, que corresponde a posiciones de un arreglo de fase de la antena, los más comunes son la grilla bidimensional cartesiana con un espaciamiento de $\lambda/2$ y el simétrico radial para los que se requiere:

- Cumplir con el Teorema de Nyquist que establece que la fase de cualquier componente de frecuencia espacial sea inferior a π radianes o $\lambda/2$ entre puntos de muestreo contiguos cuando los lóbulos espurios y sombras se han eliminado.

- Reducir las necesidades de almacenamiento y el tiempo de adquisición de datos, según el Teorema de Nyquist.

Si no se cumple el Teorema de Nyquist se tienen lóbulos inexactos con sombras y datos erróneos del campo lejano. Los intervalos típicos de muestreo están entre $\lambda/2$ a 10λ .

No se toma en cuenta la apertura sintética para el muestreo del campo electromagnético cuando se realiza en puntos discretos. Si se mide en la región de campo cercano y con puntos de sondeo separados a una distancia inferior a $\lambda/2$ se anula la doble imagen o sombra.

Los frentes de fase simétricamente radiales se originan en antenas largas radialmente simétricas con una transformada simétrica especial conocida como Transformada de Hankel que convierte un simple corte radial de una antena radial simétrica en su correspondiente campo electromagnético lejano.

El modelo de la medición debe tener una referencia común como se muestra en la figura 3.1, la medición de tipo estrella está especialmente diseñada para antenas radiales simétricas, con componentes de alto orden del coeficiente de Fourier tienden a cero rápidamente, solo tienen componentes significativas a frecuencias muy bajas sin introducir sombras.

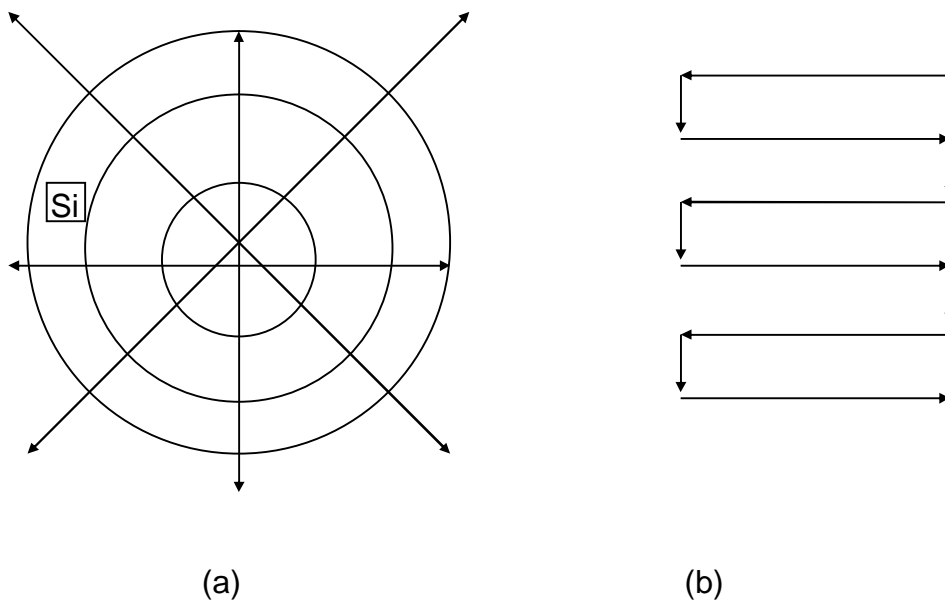


FIGURA 3.1.- Modelo estrella (a) y planar (b)

El número de cortes de muestreo debe ser mayor al número de cruces, la simetría del modelo de radiación del campo lejano de la ABP con valores típicos de 2^n debido a la estructura periódica cruzada.

Se tienen excelentes resultados cuando se utiliza la medición estrella sobre muestreada.

Apertura Sintética Superficial

Se debe colocar a la antena en lugares adecuados de preferencia cuando los elementos de fase de la apertura sintética reciben en forma apropiada las emisiones más significativas de la ABP, pueden ser una medición esférica, cilíndrica, planar o al azar. Cuando la ABP está fija se necesita una corrección de prueba simple se usa mediciones planares y esféricas para antenas de baja ganancia. A continuación podemos observar un cuadro comparativo entre los diferentes tipos de medición:

<i>Parámetro</i>	<i>Esférico</i>	<i>Cilíndrico</i>	<i>Planar</i>
ABP estacionaria	factible	factible	si
Antena con elementos	óptimo	bueno	bueno
Antena de alta ganancia	bueno	bueno	óptimo
Antena de baja ganancia	óptimo	malo	malo
Corrección de Prueba	compleja	compleja	simple
Facilidad de alineamiento	difícil	difícil	simple
Transformación	moderada	moderada	simple
Velocidad	rápida	lenta	lenta

TABLA 3.1.- COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MEDICIONES DE CAMPO CERCANO

Las posiciones exactas del muestreo vienen dadas por las siguientes consideraciones:

- La altura y el ángulo de prueba vienen dadas por la geometría física para mediciones planares o cilíndricas o esféricas o una mezcla de estas; cuando la energía de RF viaja en forma directa se tienen las siguientes expresiones:

$$h_m = H + H_l + 2D \tan \theta$$

$$\rho_m = \min\{2[\theta + \arctan(H/2l)], 360^\circ\}$$

Donde:

h_m altura de prueba de la antena

ρ_m ángulo de prueba de la antena

H	altura de la antena
H_r	altura de la antena de prueba
D	distancia entre las antenas de prueba y prueba
θ	ángulo máximo de procesamiento directo

- Se debe tener una diferencia de RSR entre 25 a 45 dB para el mínimo nivel de los puntos de interés.
- Se puede introducir interferencias y ruidos si las mediciones son excesivas sin un correcto patrón de prueba.

3.3.- TRANSFORMACIÓN DE CAMPO CERCANO A LEJANO (estudio y relación física matemática)

La conversión de campo cercano a lejano, es un cambio entre un frente de fase espacial a un espectro angular, no una transformación de un parámetro a otro, utilizando: sistemas de matrices vectoriales multidimensionales, un método de transformación e integrales para el cálculo del campo cercano. Los datos de entrada y salida poseen una sola ubicación espacial angular, la misma posición en el espacio en que la medida fue hecha, a cualquier distancia de la ABP con componentes de energía que viajan en forma directa en todas las direcciones.

Se analizará los tipos de muestreo principales esférico y cartesiano para convertir mediciones de campo cercano en campo lejano, con el proceso finalmente el utilizado.

3.3.1.- *Conversión Planar de campo cercano a lejano*

Es un cambio directo, aplicando en forma eficaz la Transformada Rápida de Fourier (TRF) tradicional, creando un espectro de frecuencia espacial dibujado dentro de un espectro angular, con el siguiente procedimiento:

- Confeccionar una matriz, de la Transformada de Fourier de las medidas del campo electromagnético(magnitud y fase), representado por el frente de fase:

Ingresa: Una muestra análoga del frente de fase;

Sale : Espectro de la frecuencia espacial medida.

- Rectificar el espectro de frecuencia espacial del experimento, dividiendo su medida en pequeños ángulos con componentes de polarización no cruzados, para el espectro espacial de frecuencia investigado, con una deconvolución en el dominio de los parámetros de entrada:

Ingresar: Espectro de la frecuencia espacial medida;

Salir : Espectro de la frecuencia espacial de la ABP.

- Si se necesita una interpolación en una banda limitada con la técnica de rellenos de cero de la Transformada de Fourier (cambia la señal, aumentando su tamaño por los ceros extras a los datos y a la transformada inversa):}

Ingresar: Espectro de frecuencia espacial de la ABP;

Salir : Espectro de frecuencia espacial incluyendo los ceros extras en la frecuencia espacial de la ABP.

- Transformar el espectro de frecuencia espacial a un espectro angular por medio de un diagrama a través de una función arcsen: $f(\theta)=f[\arcsen(K_x)]$. Para una medida bidimensional con una elevación sobre el nivel de campo del azimuth la elevación del ángulo es $\arcsen(K_y)$ y el nivel de azimuth es el $\arctan(K_x/K_z)$ sería:

Ingresar: Espectro de la frecuencia espacial de la ABP;

Salir : Espectro angular de la ABP.

Se utiliza TDF y TDF Factorizada (TDF) , está última es bastante sencilla y flexible pero muy lenta para computar.

No es complicado aplicar TRF o TDF, pero la TRF tiene la virtud de entregar cierta redundancia en la factorización de potencias de rotación de la TDF en exponentes cuadrados.

Característica	TRF-2D	TDF	TDF
Ángulo de salida	interpolación	si	interpolación
Área de cobertura	interpolación	si	parcial
Compensación de error en la posición	interpolación	si	parcial
Corrige errores	si	poco	si
Plano esférico	interpolación	si	si
Velocidad	alta	baja	media

TABLA 3.2.- COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES TÉCNICAS DE TRANSFORMACIÓN

Las técnicas de transformación anteriores presentan múltiples caminos para los rayos y una codificación vectorizada, pero la única que admite procesamiento en tiempo real es la TDFF.

3.3.2.- Conversión esférica de campo cercano a lejano

Es una conversión sencilla de un frente de fase polar de campo cercano en su correspondiente espectro angular de campo lejano aplicando los siguientes procedimientos: Extensión de Bessel Jacobi Fourier, TDFF compleja e Interpolación y TRF

<i>Característica</i>	<i>Fourier Jacobi Bessel</i>	<i>TDFF</i>	<i>Interpolación y TRF</i>
Factibilidad	baja	alta	media
Tiempo real	no	posible	no
Velocidad	media	media	alta

TABLA 3.3.- COMPARACIÓN DE LOS DIVERSOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN EN COORDENADAS ESFÉRICAS

Para el procedimiento de Bessel Jacobi Fourier no es posible desechar los múltiples rayos de propagación y la codificación vectorizada, mientras que para los otros sí.

Representación de la TDF factorizada

Tiene la cualidad de integrar directamente el campo eléctrico en dos y/o tres variables, rápidamente con los siguientes atributos:

- Situar previamente el ángulo a la frecuencia espacial.
- Los exponentes complejos son calculados dentro de series de productos no acoplados.

Con una simple multiplicación compleja y una adición por la polarización dentro del lazo, se calcula la TDF; mientras desacoplar el campo lejano en los ángulos de azimuth y elevación, sin contar con los términos de las exponenciales, que se agrupan convenientemente con una multiplicación compleja. Para una matriz cuadrada de respuesta $Q \times Q$, disminuyendo por iteración, el cálculo de exponenciales complejos de Q^2 a niveles de $2Q$ por iteración. Por ejemplo en una matriz cuadrada de respuesta 100×100 reduce los cálculos de exponentes complejos de 100^2 a 2×100 veces por punto de muestreo, la factorización

transforma a un producto de exponenciales complejos, la suma de exponentes como sigue:

$$e^{j(\alpha+\beta)} = e^{j\alpha} * e^{j\beta}$$

Con interpolaciones sucesivas en el azimuth y correcciones de posición z (restringido para ángulos pequeños), se logra eliminar la respuesta de elevación errónea por la distorsiones del azimuth con una corrección de fase en la elevación para ángulos inferiores a $\pi/12$ rad., la TDF para transformada de campo lejano está dada por:

$$F(az, el) = \frac{1}{ng} \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_i$$

ECUACIÓN 3.1

Donde:

α_i	$e^{-jK\{\text{sen}(el)y_i\}} E_i S_i$
β_i	$e^{-jK\{\text{sen}(az)x_i + \text{cos}(az)z_i\}}$
E_i	Medida i-ésima de la amplitud compleja
g	Transformada de ganancia (igual a 1 para mediciones planares)
K	Es el número de onda ($K=2\pi/\lambda$)
K_x, K_y, K_z	Vectores de propagación para x,y,z
n	Número de mediciones
S_i	Superficie de influencia (Igual a 1 para mediciones planares)
x_i	Medida i-ésima de la posición x de prueba
y_i	Medida i-ésima de la posición y de prueba
z_i	Medida i-ésima de la posición z de prueba

Vamos a utilizar la Transformada Discreta de Fourier factorizada, independientemente del sistema de coordenadas, con una corrección en Z o en el ángulo amplio de azimuth, con una igual salida a la extensión de Fourier Bessel, un intervalo de muestreo de $\pi/18$ radianes (con un incremento de ganancia de 0,02 dB) con un lóbulo de radiación con niveles superiores a -40 dB de esta manera tenemos una sencilla, directa y efectiva manera de encontrar una solución práctica.

Interpolación y TRF

La solución aritmética a través de la Transformada Rápida de Fourier bidimensional TRF-2D para obtener el campo lejano, como espectro angular,

se deriva de una interpolación espectral de banda limitada de la medida esférica del frente de fase en varias posiciones siguiendo un modelo estrella.

Espectro angular en coordenadas esféricas a partir de la TDF

Se logra determinar con una integración directa del frente de fase, el espectro angular variando los términos exponenciales del radio, pero es un poco lenta comparándola con la anterior, lo que se mejora con una factorización parcial de la TDF. Son análogas, entre la técnica de transformación compleja de Bessel Jacobi Fourier y la Transformada discreta de Fourier factorizada TDFF.

Una transformada de Fourier realiza la conversión de la medida planar o esférica del frente de fase de campo cercano en su correspondiente campo lejano K-espacial $F(K_x, K_y)$ en su respectivo punto de prueba, dado por:

$$F(K_x, K_y) = \frac{1}{ng} \sum_{i=1}^n E_i \theta S_i$$

ECUACIÓN 3.1

Donde:

θ_i	$e^{-jK(K_x x_i + K_y y_i + K_z z_i)}$
E_i	Medida i-ésima de la amplitud compleja
g	Transformada de ganancia (igual a 1 para mediciones planares)
K	Es el número de onda ($K=2\pi/\lambda$)
K_x, K_y, K_z	Vectores de propagación para x, y, z
K_z	$= \sqrt{1 - (K_x^2 + K_y^2)}$, si $K_x^2 + K_y^2 < 1$ $= 0$, para $K_x^2 + K_y^2 \geq 1$
n	Número de mediciones
S_i	Superficie de influencia (Igual a 1 para mediciones planares)
x_i	Medida i-ésima de la posición x
y_i	Medida i-ésima de la posición y
z_i	Medida i-ésima de la posición z

Si hacemos mediciones planares de campo cercano una de las coordenadas cartesianas tiene un valor igual a cero, si es el plano YZ, entonces $x=0$, S_i y g son iguales a 1, con una respuesta en el rango espacial de algunos números de onda como una función de las componentes radiales exponenciales.

El área (A) asociada a cada punto de muestreo, está relacionada con un segmento superficial rectangular (S_i), dividido por el número de rayos,

equidistante de su origen y definida con exponentes radiales para la prueba tipo estrella sin tomar en cuenta el punto central:

$$S_i = \{\pi(r + \delta/2)\}^2 / n - \{\pi(r - \delta/2)\}^2 / n = 2\pi r\delta / n$$

Donde:

- r radio al punto de muestreo
- δ delta o espaciado radial entre puntos
- n número de rayos

La superficie de influencia, para un punto particular como el central es:

$$S_i = 2\pi(\delta/2)^2 / n$$

La transformada de ganancia puede definirse con el Teorema de Parseval y es el resultado de la suma de todas las superficies de influencia y viene dada por:

$$g = \sum_{i=1}^n S_i$$

La ecuación 3.1 en términos de azimuth y elevación nos resulta:

$$F(az, el) = \frac{1}{ng} \sum_{i=1}^n E_i \theta S_i$$

ECUACIÓN 3.1

Donde:

θ_i	$e^{-jK \{ \cos(el) [\sin(az) x_i + \cos(az) z_i] + \sin(el) y_i \}}$
E_i	Medida i-ésima de la amplitud compleja
g	Transformada de ganancia (igual a 1 para mediciones planares)
K	Es el número de onda ($K=2\pi/\lambda$)
K_x, K_y, K_z	Vectores de propagación para x,y,z
n	Número de mediciones
S_i	Superficie de influencia (Igual a 1 para mediciones planares)
x_i	Medida i-ésima de la posición x de prueba
y_i	Medida i-ésima de la posición y de prueba
z_i	Medida i-ésima de la posición z de prueba

Para mediciones en el plano XY, z es igual a cero, con lo que se nos reduce el exponencial, pero si es diferente de cero representa una traslación al plano de medida, o se utiliza para corregir errores, con valores en todas las posiciones sin violar el teorema de Nyquist con un filtrado espacial previo, sin tomar valores aleatorios ya que puede generar un sin número de distorsiones y

errores . Se puede tener la posición del punto examinado utilizando coordenadas cilíndricas o esféricas, compensados por la diferencia de las señales de muestreo con una función exponencial.

3.3.3.- Conversión de campo cercano a lejano utilizada

En primer lugar se utiliza un método de transformación que nos permite convertir magnitudes y fases de las componentes de campo eléctrico en un campo eléctrico resultante con su respectiva magnitud y fase, se elimina la influencia de la componente radial y luego una conversión híbrida, utilizando en forma efectiva ambos tipos de transformación anteriormente descritos con una Transformada Rápida de Fourier (TRF) tradicional y otra modificada, una transformada de Laplace de una función de Jacobi Bessel con funciones especiales que posteriormente son descritas, con el siguiente procedimiento:

- Confeccionar una matriz multidimensional de las medidas de las componentes de campo eléctrico más significativas (magnitud y fase), con su respectiva posición, que representan el frente de fase, eliminar la componente radial para cada vector de la matriz original con el método de transformación, generando una matriz resultante de la siguiente manera :

Ingresa: Una matriz multidimensional de las componentes del campo cercano medidas que corresponden al frente de fase;

Sale : Una matriz multidimensional del Campo eléctrico cercano resultante que representan un frente de fase único;

- Aplicar una función compleja (parte real e imaginaria), fusionando una típica Transformada de Fourier, una función de Jacobi Bessel bidimensional entre otras adecuadamente modificadas de la medida del frente de fase para la corrección de prueba al espectro de frecuencia angular θ , en ángulos infinitesimales (en nuestro caso 0,00001) con componentes de polarización no cruzados, se complica al dividir la medida del espectro espacial de frecuencia para el espectro espacial de frecuencia de prueba, es decir un sumatorio deconvolutivo en el dominio θ de entrada :

Ingresa: Una muestra uniforme del frente de fase;

Salv : Espectro de la frecuencia espacial de la ABP.

- Se necesita una interpolación en una banda limitada con la técnica de rellenos de cero de la Transformada de Fourier (cambia la señal, aumentando su tamaño por los ceros extras a los datos y la transformada inversa), lo que origina errores ya que no es posible dividir para cero, es decir en ángulos θ cercanos a cero:

Ingresar: Espectro de la frecuencia espacial de la ABP;

Salv : Espectro de la frecuencia espacial de la ABP.

- Aplicar la corrección de prueba al espectro de la fase del campo cercano φ integrando, en valor absoluto, con ángulos infinitesimales (en nuestro caso 0,00001) con componentes de polarización no cruzados con un sumatorio deconvolutivo en el dominio del ángulo de fase φ , incluye una transformación del espectro de frecuencia espacial a un espectro angular.

Ingresar: Espectro de frecuencia espacial de la ABP;

Salv : Espectro angular con ángulo de fase incluido de

la ABP.

Se utiliza TDF, la Transformada de Laplace de una función de Jacobi Bessel de primer orden y Transformada Discreta de Fourier Factorizada (TDFF).

No es complicado aplicar TRF o TDF, pero la TRF tiene la virtud de entregar cierta redundancia en la integración.

Método de transformación para campo cercano

Este método sirve para convertir medidas de las componentes rectangulares de campo cercano a un campo cercano resultante.

En primer lugar vamos a comprobar que no es posible tener en un solo sistema de coordenadas tridimensional real 3DR las componentes reales e imaginarias del campo eléctrico.

Tenemos un campo eléctrico dado por:

$$\vec{E} = (E_x \cos \alpha_x + i E_x \sin \alpha_x) \vec{\mu}_x + (E_y \cos \alpha_y + i E_y \sin \alpha_y) \vec{\mu}_y + (E_z \cos \alpha_z + i E_z \sin \alpha_z) \vec{\mu}_z$$

Si separamos y realizamos el producto punto de la parte real e imaginaria del campo eléctrico anterior:

$$\vec{E}_r = (E_x \cos \alpha_x) \vec{\mu}_x + (E_y \cos \alpha_y) \vec{\mu}_y + (E_z \cos \alpha_z) \vec{\mu}_z$$

$$\vec{E}_i = (i E_x \sin \alpha_x) \vec{\mu}_x + (i E_y \sin \alpha_y) \vec{\mu}_y + (i E_z \sin \alpha_z) \vec{\mu}_z$$

$$\vec{E}_r \cdot \vec{E}_i = (i E_x^2 \cos \alpha_x \sin \alpha_x) + (i E_y^2 \cos \alpha_y \sin \alpha_y) + (i E_z^2 \cos \alpha_z \sin \alpha_z)$$

En donde los alfa son los ángulos de fase de x,y,z respectivamente.

Como son mutuamente perpendiculares el resultado del producto punto nos debería dar cero, lo que no sucede, es diferente y alejado de lo real. Entonces es necesario definir otro sistema tridimensional imaginario 3DI además del sistema convencional comúnmente utilizado 3DR, conforma un sistema de vectorial de seis dimensiones espaciales, excluyendo las magnitudes y fases del campo electromagnético; el sistema 3DI se define con las siguientes características:

- Debe ser geoméricamente paralelo al 3DR, con las mismas definiciones de producto escalar, vectorial.
- Debe ser en todas y cada una de sus componentes perpendicular en fase .
- No tiene ubicación física definida y varia con el tiempo y la posición.
- Es perpendicular al vector resultante real.

La parte real del campo eléctrico está dada por: $E_r^2 = E_x r^2 + E_y r^2 + E_z r^2$	La parte imaginaria del campo eléctrico está dada por: $E_i^2 = E_x i^2 + E_y i^2 + E_z i^2$
-------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

Ángulo de fase = φ está dado por:

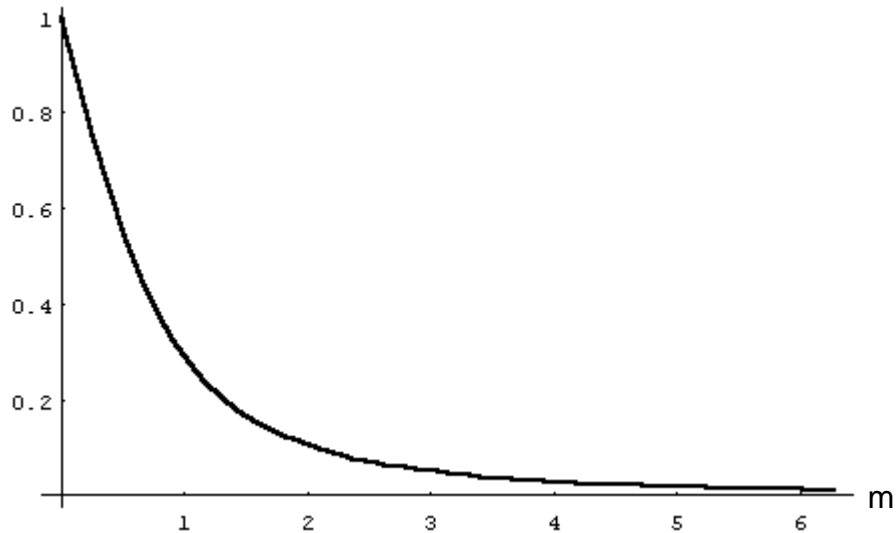
$$\varphi = E_i / E_r$$

Análisis de las funciones utilizadas

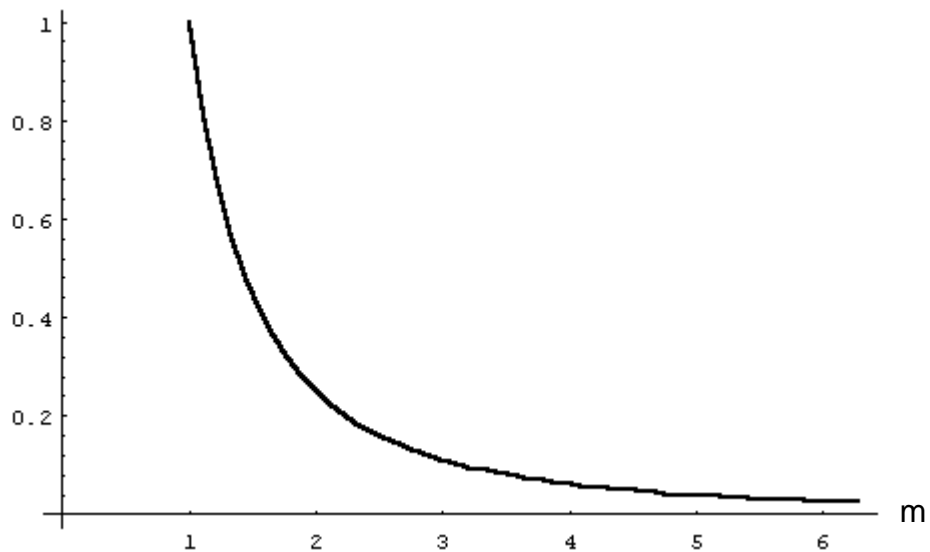
La funciones utilizadas son las siguientes:

- Una transformada de Laplace de una función de Jacobi Bessel de primer orden $L[J_1(t)]$ que tiene una magnitud de 1 en cero y que al integrarle a una distancia resulta una representación del comportamiento de la componente

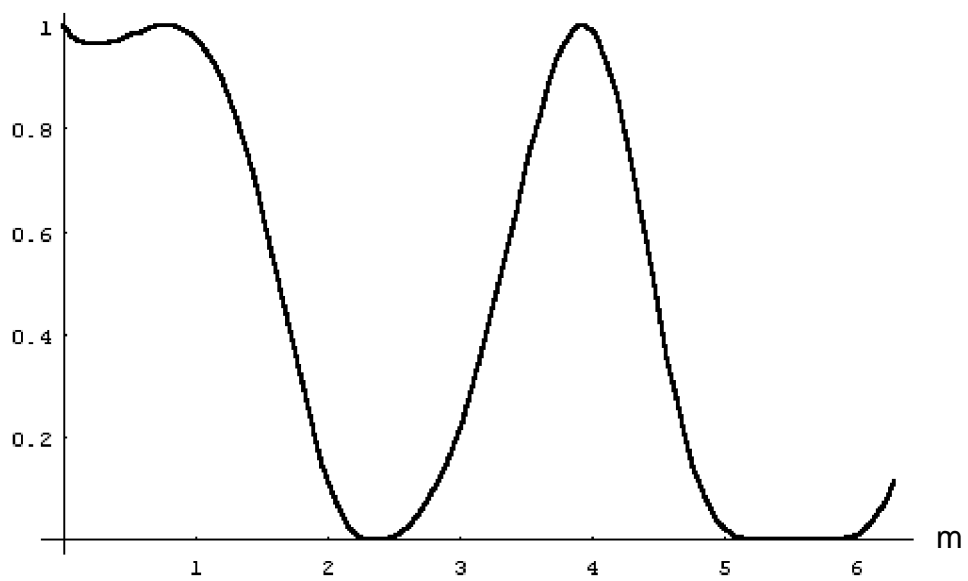
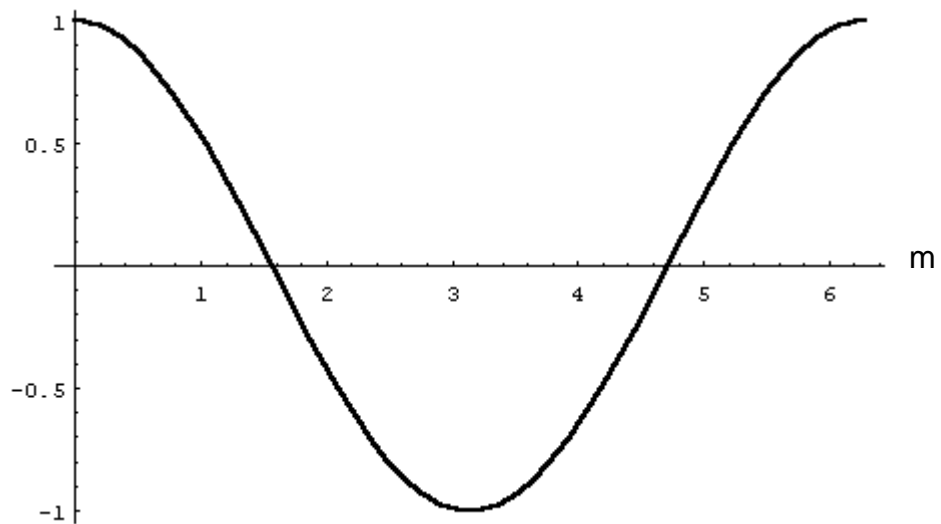
de radiación del campo electromagnético, de la siguiente forma: $\left[1 - \frac{m}{\sqrt{m^2 + 1}} \right]$



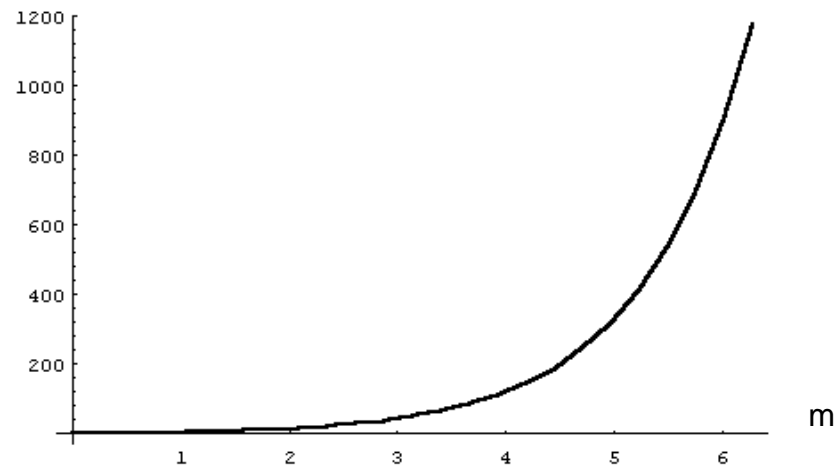
- Una función inversa cuadrática representa el comportamiento de la componente radial del campo cercano e imposibilita de realizar cálculos en las cercanías de cero de la siguiente forma: $\frac{1}{m^2}$



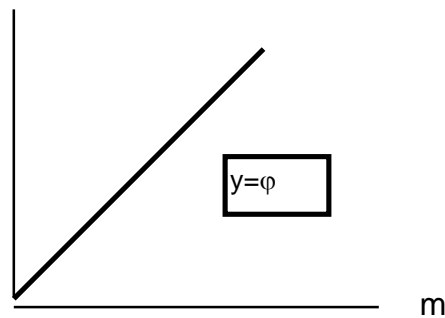
- Funciones trigonométricas de potencial 1 ($\cos(m)$) según las ecuaciones 1.29 y n de acuerdo con el tipo de componente real ($|\cos(m - \pi/4)|^m$) o imaginaria ($|\sin(m)|^m$) del campo lejano de las siguientes formas:



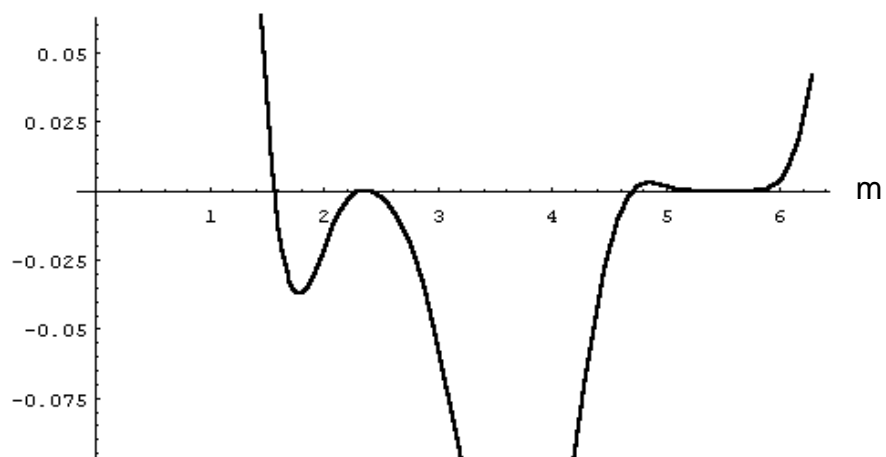
- Funciones exponenciales que varían y modifican la fase convenientemente de acuerdo con la posición angular del punto muestreado de la siguientes formas: $e^{|m+\pi/4|}$, $e^{|m-\pi/4|}$.



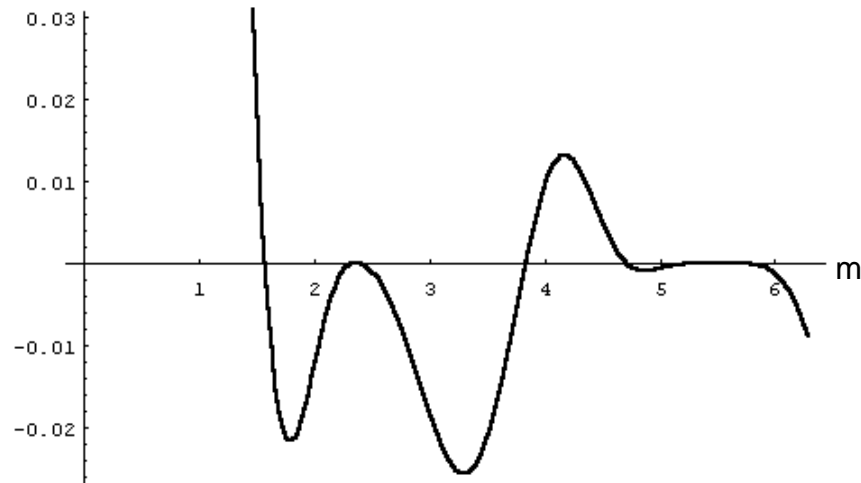
Además de las funciones anteriormente descritas que son función del ángulo θ , tomamos en cuenta la influencia del ángulo de fase φ , que tiene una influencia directamente proporcional del siguiente tipo:



La multiplicación de las anteriores funciones para la componente real del campo electromagnético lejano resulta :



Atenuándola un poco con la función de Jacobi Bessel de primer orden tenemos:



La parte real del campo electromagnético lejano viene dada por:

$$E_{c \text{ nr}} = \sum_{m=\xi}^{\theta} \frac{E_{cc}}{m^2} * \left[1 - \frac{m}{\sqrt{m^2 + 1}} \right] * \cos(m) * \left| \cos\left(m - \frac{\pi}{4}\right) \right|^m * e^{|m+\pi/4|} + \sum_{n=0}^{s\varphi} E_{cc} n$$

La parte imaginaria del campo electromagnético lejano viene dada por:

$$E_{c \text{ ni}} = \sum_{m=\xi}^{\theta} \frac{E_{cc}}{m^2} * \left[1 - \frac{m}{\sqrt{m^2 + 1}} \right] * \cos(m) * |\text{sen } m|^m * e^{|m-\pi/4|} + \sum_{n=0}^{s\varphi} E_{cc} n$$

El campo electromagnético total viene dado por:

$$E_{cl}^2 = \sqrt{E_{clr}^2 + E_{cli}^2}$$

Donde:

θ	Es el ángulo espacial en coordenadas esféricas
E_{cl}	Matriz de la amplitud real o imaginaria del campo lejano
E_{cc}	Matriz de la amplitud real o imaginaria del campo cercano
φ	Es el ángulo de fase calculado
ξ	Es el ángulo inicial del sumatorio para que no afecte la incertidumbre en cero
m, n	VARIABLES DE INTEGRACIÓN

3.3.- ANÁLISIS DE LA COMPENSACIÓN DE CAMPO CERCANO

La convolución existente entre las respuestas angulares de la antena de prueba y la antena bajo prueba, las elevadas ganancias de la antena de prueba determinan que la verdadera respuesta angular de la ABP no se presente con incrementos o supresiones de la señal.

Si la localización de la antena de prueba es fija en la investigación, su influencia puede ser anulada por medio de una deconvolución de la respuesta de la ABP con la división del espectro angular complejo de la ABP para el espectro angular complejo de la antena de prueba.

Como ya sabemos a partir del frente de fase con la TF bidimensional encontramos el espectro angular. El producto de la transformada de Fourier de dos funciones es equivalente a la convolución de dichas funciones. Se conoce como corrección de prueba a la deconvolución cuando la respuesta de la prueba es deconvolutiva. Con una división exacta entre los espectros angulares complejos de la ABP y de la antena de prueba.

Vamos a explicar claramente el significado de la corrección de prueba, con una dirección constante, examinando un sencillo ejemplo: si tenemos un modelo de campo lejano distorsionado, para una ABP con una ganancia relativa directa de 15 dB y se ha medido la ganancia directa de la antena de prueba de -5 dB que significan que la verdadera medida es inferior en 5 dB, entonces la correcta ganancia de la ABP es evidentemente la diferencia entre los dos niveles, es decir, 20 dB.

Ángulo (rad)	Ganancia de la antena de prueba g (dB)	Corrección ($c= g-25$) c (dB)	Ganancia sin corrección de la ABP G (dB)	Ganancia corregida de la ABP G+c (dB)
$-\pi/18$	7	8	-4	4
$-\pi/36$	15	0	21	21
0	20	5	50	55
$\pi/18$	16	-1	22	21
$\pi/36$	5	10	0	10

Si la antena de prueba, posee dos componentes una paralela y otra perpendicular, la compensación de prueba o deconvolución se hace un poco complicada. La convolución entre la ABP y la antena de prueba es la medida de campo cercano y corresponde a un producto en el dominio de Fourier, como un producto de matrices, en el primer caso una convolución y en el segundo una deconvolución:

$$\begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{i1} & E_{ip1} \\ E_{ip2} & E_{i2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_i \\ E_p \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} E_p \\ E_i \end{bmatrix} = \frac{1}{\sigma} \begin{bmatrix} E_{i1} & -E_{ip2} \\ -E_{ip1} & E_{i2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_y \\ I_x \end{bmatrix}$$

donde:

$$\sigma = E_{i1}E_{i2} - E_{ip1}E_{ip2}$$

Se conoce a la polarización perpendicular como formas de *Ludwig tipos 1,2 y 3*. La que nos interesa es el *Ludwig tipo 1* para la medición del campo cercano, que posee dos componentes una en la polarización normal y otra perpendicular en coordenadas cartesianas, la *Ludwig tipo 2* es de coordenadas esféricas en los que los vectores unitarios son tangentes a la superficie de la esfera y *Ludwig tipo 3* para mediciones en el rango de campo lejano convencional, con mediciones de E_φ y E_θ .

También vamos a rotar y suavizar la curva para que en la doble integral no se den resultados incoherentes, buscando siempre la simetría .

3.4.- ESTRUCTURAS DE PROGRAMACIÓN

3.4.1.- PSEUDOCÓDIGOS

3.4.1.1.- Visual Basic (Programa Maestro)

La pantalla inicial principal del programa contiene un menú con los ítems que se describen a continuación:

Ayuda	Da información sobre el manejo del programa y algunas instrucciones para no cometer errores.
Consulta	Permite abrir una base de datos *.mdb (Access 1.0) y desplegar su contenido en una hoja electrónica.
Gráficos	<u>Campo Cercano</u> : Exhibe los gráficos del campo cercano medido y rotado y los compara, y las componentes del campo cercano teórico. Además el campo cercano resultante teórico y medido todos estos valores se encuentran almacenados en base de datos. <u>Campo Lejano</u> : Exhibe un esquema del campo cercano

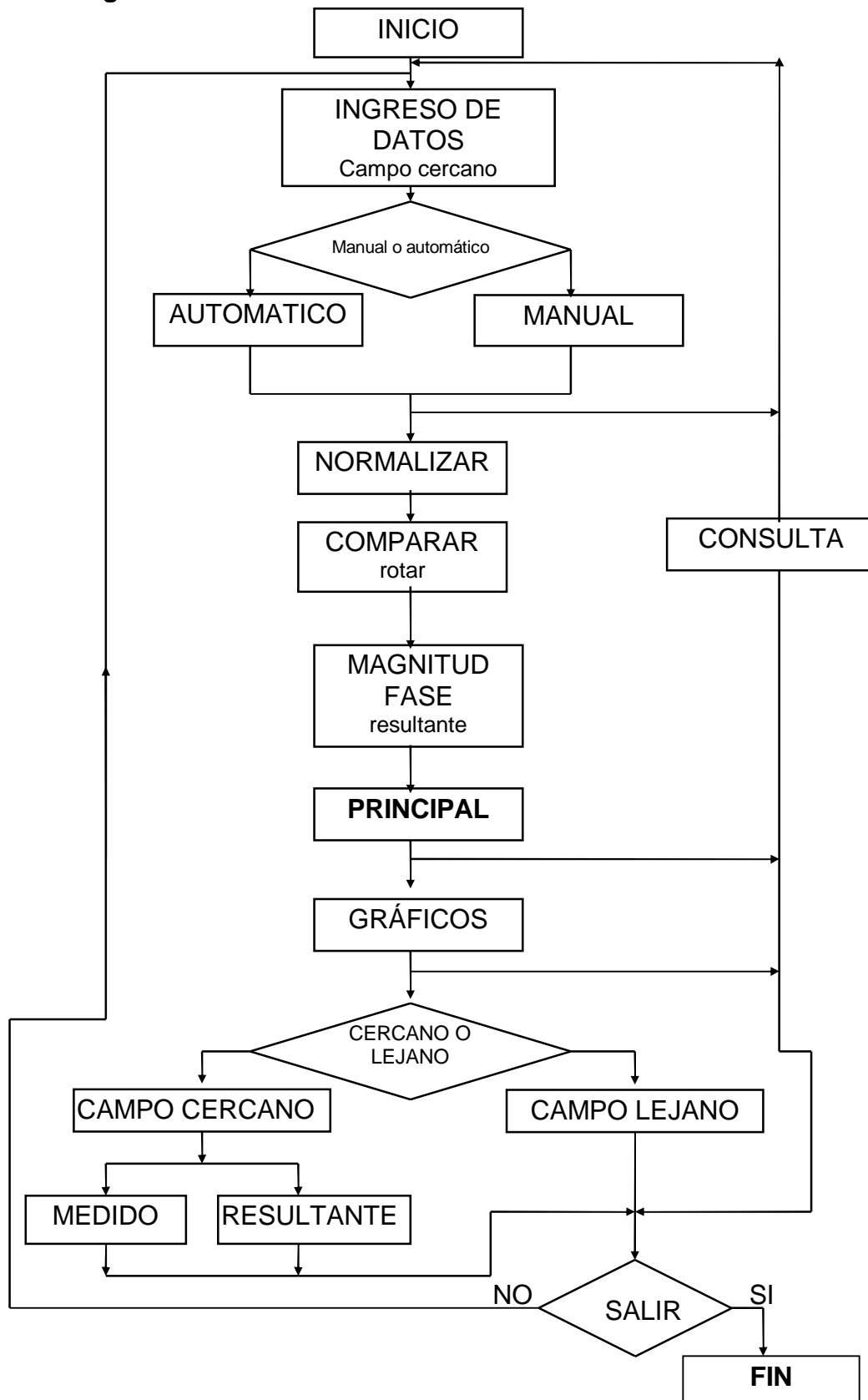
	teórico y medido de la tabla de la base de datos de salida.
Ingreso de datos (mediciones)	<p><u>Automática</u>: Permite abrir una base de datos Access 1.0 (*.mdb) cualquiera y la carga en la base de datos de trabajo para iniciar ejecución.</p> <p><u>Manual</u> :Es un sistema que posee dos opciones una Escalar y otra Vectorial interactivas. Para el Escalar solo se ingresa la magnitud (dB) y para el vectorial se ingresa la magnitud y la fase (radianes) de las componentes rectangulares del campo eléctrico E medido, con su respectiva posición geométrica lo carga en la base de datos de trabajo.</p>
Resultados	<u>Ejecutar</u> : Corre el programa para convertir mediciones de campo cercano resultante , en un diagrama de radiación de campo lejano e indica que se ha realizado con éxito.
Salir	Permite salir del programa principal ejecutable.

3.4.1.2.- Visual Basic (Programa Principal)

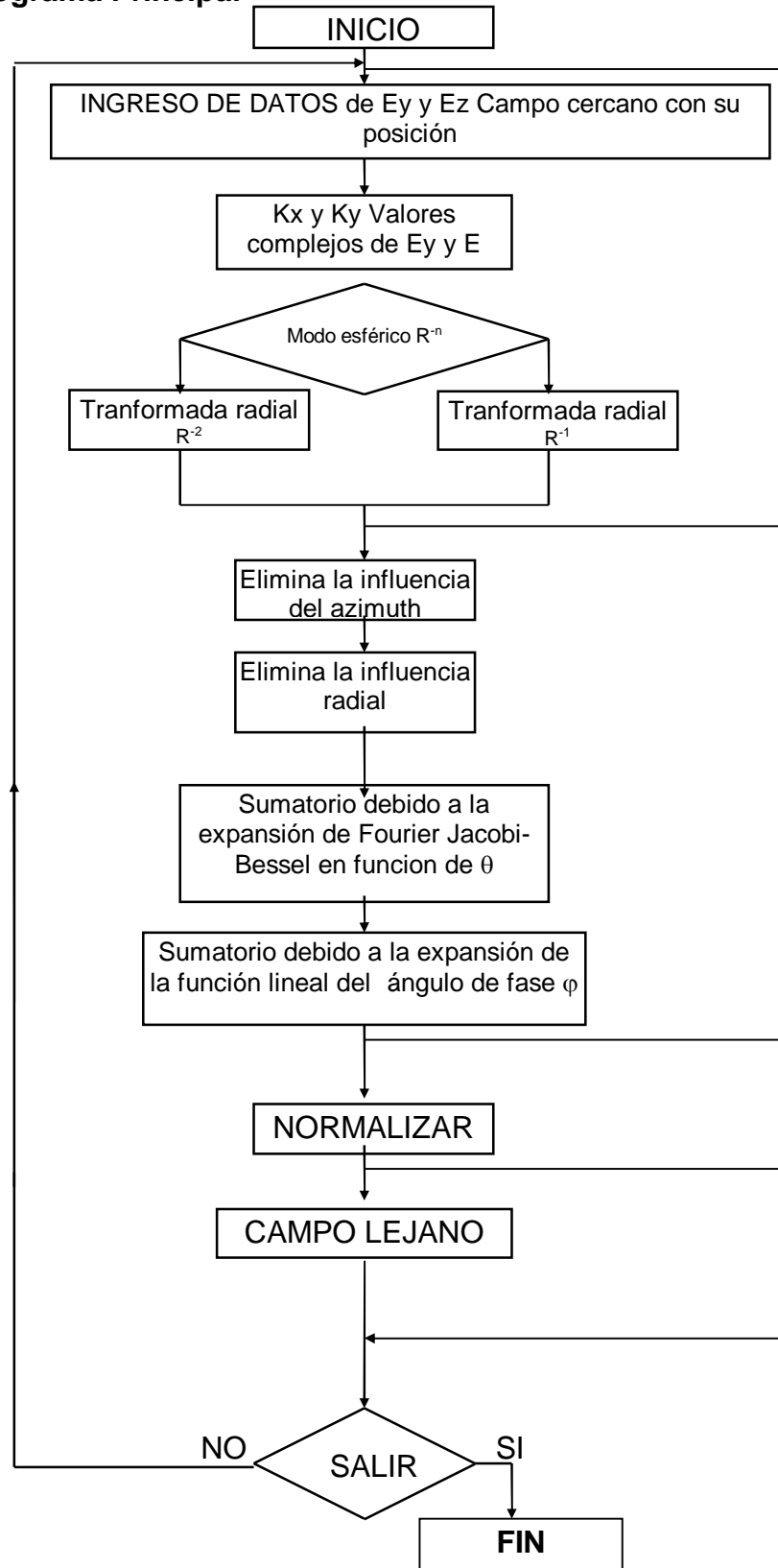
al	Ancho del lóbulo
campo, paso, dblanco, nor,mitabla, dinámica, cam	Estructuras de intercambio dinámico de una base de datos Dynaset (ingreso, salida y borrado)
db, midb	Base de datos
freq	Frecuencia de trabajo
h, ache	Semi Longitud del dipolo
lambda	Longitud de onda λ
nomarchivo,nomtabla, nomcampo :	Son los nombres del archivo, tabla y campos de trabajo
numed	Número de medidas realizadas
r, ere	Distancia entre el punto central de la ABP y la AP

3.4.2.- FLUJOGRAMAS

3.4.2.1.- Programa Maestro



3.4.2.1.- Programa Principal



3.5.- PROGRAMA PRINCIPAL

Para determinar el lóbulo de radiación a partir de mediciones de campo cercano, con un doble sumatorio tanto en la variable espacial θ y como en el ángulo de fase φ , con el siguiente procedimiento:

Si existen valores de magnitud y fase medidos o solo de magnitud de campo cercano primero:

- Empezar creando *una tabla en una base multidimensional de datos que incluya datos del número de medidas la posición de las componentes rectangulares del campo cercano en magnitud y fase;*

Si solo existe valores de magnitud se compara con el valor teórico y se lo rota para que exista el menor error y se asume el valor de fase teórica en estas condiciones.

- *Elaborar un cuadro con las frecuencias espaciales normalizadas para campo lejano en las direcciones de azimuth y elevación (con sus respectivos equivalentes esféricos):*

$$K_x = \text{sen}(az)$$

$$K_y = \text{sen}(el)$$

- *Elaborar una base de datos que almacene las mediciones de los campos ortogonales E_y y E_z en magnitud y fase en los puntos de muestreo específicos.*
- *Calcular con el Método de Transformación el valor del campo cercano resultante en magnitud y fase y almacenarlos en una tabla de la base de datos de trabajo para cada punto de muestreo.*
- *Multiplicar por el factor radial (r^2 o r) correspondiente de acuerdo con la distancia radial al punto de muestreo para modificar la magnitud de los campos calculados de los valores de magnitud y fase del literal anterior.*
- *Elaborar una tabla de TRF, Jacobi Bessel y exponenciales Sistema de Medición TRANSFORMADA UTILIZADA de acuerdo con cada uno de los ángulos de θ de campo lejano.*
- *Calcular la sumatoria de la TRANSFORMADA UTILIZADA para la componente espacial dada por el ángulo θ . Obtenemos el producto de las*

mediciones de voltaje tantas veces como indique el valor de θ desde un valor epsilon 1E-05 hasta el ángulo θ .

- Calcular los factores *TRANSFORMADA UTILIZADA* para la componente del ángulo de fase φ . Obtenemos el producto de las mediciones de voltaje tantas veces como indique el valor de φ .
- Calcular el sumatorio de todos y cada uno de los productos del numeral para obtener la tabla de la base de datos que contenga el modelo de campo lejano.

3.5.1.- CARACTERÍSTICAS DEL LENGUAJE

Para la realización de esta tesis se trabajó en un contorno en base a objetos y eventos en Visual Basic.

3.5.2.- SUBPROGRAMAS

Se desarrolló los siguientes SUBPROGRAMAS:

ABRIR-ARCHIVO y RELLENAR : frmconsulta	Activa y selecciona la base de datos escogida en la caja del combo. <u>Ingresar</u> : El nombre de la base de datos seleccionada en la caja combo de la pantalla consulta. <u>Sale</u> : Presenta en la ventana interior la tabla de la base de datos escogida de acuerdo con las dimensiones de la tabla.
ACEPTAR : frmingre	Acepta el último dato introducido en la pantalla frmingresso <u>Ingresar</u> : Campo cercano en magnitud y fase con su respectiva posición. <u>Sale</u> : Se graba el dato en la base de datos.
BORRADO	Borra una tabla de una base de datos indicando el nombre y la dirección de la base de datos
BORRAR : frmingre	Borra el último dato introducido en la pantalla frmingresso <u>Ingresar</u> : Campo cercano en magnitud y fase con su respectiva posición. <u>Sale</u> : Se borra el último dato de la base de datos que se observa en la pantalla activa.

CANCELAR : frmIngre	Esconde la ventana frmIngreso y carga y muestra la pantalla principal.
CENTRAR :	Centra la ventana activa de acuerdo con sus dimensiones propias y el tamaño del monitor.
COMPARAR rotación	Genera un tabla de datos de una longitud igual al doble de la tabla de medidas original y compara con la tabla teórica, en cada comparación incrementa el puntero del dato medido (cambia el inicio de la comparación) y entrega el error de cada comparación si el error es menor al anterior cambia el comienzo de la tabla, este proceso se repite sucesivamente del primero al último dato de la tabla original (numed o número de medidas), hasta encontrar el valor del puntero que genere el menor error que es el nuevo inicio de la tabla , esto se realiza tanto para el campo Ey como Ez, entonces se asume la fase del campo teórico, cuando solo se tiene la magnitud, pero si se tiene el vector de campo, se cambia el puntero del vector completo respetando la fase medida, con este proceso se rota el campo medido ajustándolo al teórico .
CONSULTA : frmIngre	Esconde la ventana frmIngreso y carga y muestra la pantalla frmConsulta.
FORM : frmIngre	Activa la base de datos y la tabla de trabajo.
INGRESO : frmconsulta	Esconde la pantalla de Consulta y de acuerdo con la selección de la caja de combo carga y presenta la pantalla de Ingreso o Salida según la opción escogida.
INTEGRAL	Genera una base de datos de campo lejano a partir de los datos de la posición y la magnitud y fase del capo cercano resultante.
MAGNIREsul	Se ingresa las componentes rectangulares del campo electromagnético en magnitud y fase, y genera un campo cercano resultante.

NORMALIZAR	Encuentra el máximo valor de un campo de una tabla de una base de datos cualquiera y lo iguala a 1 con la siguiente fórmula $10 \exp (Vi-MAX)/20$, es decir cambia de db a una magnitud normal de campo eléctrico.
SALIR : frmconsulta	Descarga la pantalla de Consulta y carga la pantalla Principal.
TIMER : frmingre	Esconde y muestra dos dibujos alternadamente usando el temporizador de la computadora..
TIMER : frmconsulta	Esconde y muestra dos dibujos alternadamente usando el temporizador de la computadora..

CAPITULO 4

PRESENTACIÓN Y ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

4.1.- MEDICIONES DE CAMPO LEJANO

Comprobación Teórica

La expresión general para el campo electromagnético lejano de una antena dipolo alimentada en su centro y de cualquier longitud $L=2H$, viene dada por:

$$E = \frac{j60I_m e^{-j\beta r}}{r} \left(\frac{\cos(\beta H \cos \theta) - \cos \beta H}{\sin \theta} \right)$$

Si asumimos una constante $K=j30I_m e^{-j\beta H}/r$ (independizando del radio), $\beta=2\pi/\lambda$ y $H=\lambda/4$ es decir que el dipolo es de longitud $L=\lambda/2$ tenemos:

$$E_\theta = \frac{j60I_m e^{-j\beta r}}{r} \left(\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta\right)}{\sin \theta} \right) = 2K \left(\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos \theta\right)}{\sin \theta} \right)$$

En donde la constante K la igualamos a 1 con una superficie de indagación esférica, con una variación de 10° en la variable θ , solo tomamos de 10° a 90° por la simetría de los datos, en los cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas.

Es importante aclarar que los valores cercanos a cero producen resultados incoherentes (tienden al infinito) generando una región de incertidumbre que para nuestro caso es de aproximadamente de 15° a 20° ; tampoco nos interesa la fase del campo lejano por lo que tampoco la calculamos, tenemos los siguientes valores de campo electromagnético lejano:

θ postheta	CAMPO LEJANO teórico
10	0.2748
20	0.5532
30	0.8356
40	1.1178
50	1.3893
60	1.633
70	1.8285
80	1.9558
90	2

4.2.- MEDICIONES DE CAMPO CERCANO

Para las mediciones de campo cercano se utilizó los siguientes aparatos:

- (1) Medidor de campo LEADER LFC-945 para UHF y VHF Signal level meter
- (2) Generador 1362 General Radio Company de 220-920 Mhz.,
- (3) Una fuente de poder 1269-A serie 135 de General Radio Company
- (4) Rotor CDR Cornell Dubilier modelo HAM 4518 con su control (4c)

Los siguientes accesorios:

- (5) Cámara sin eco
- (6) Dos bancos
- (7) Cuatro antenas bajo prueba
- (8) Dos antenas de prueba o indagación
- (9) Extensiones eléctricas
- Cables coaxiales de 75Ω (10) y 50Ω (11)

Distribuidos de la siguiente manera:

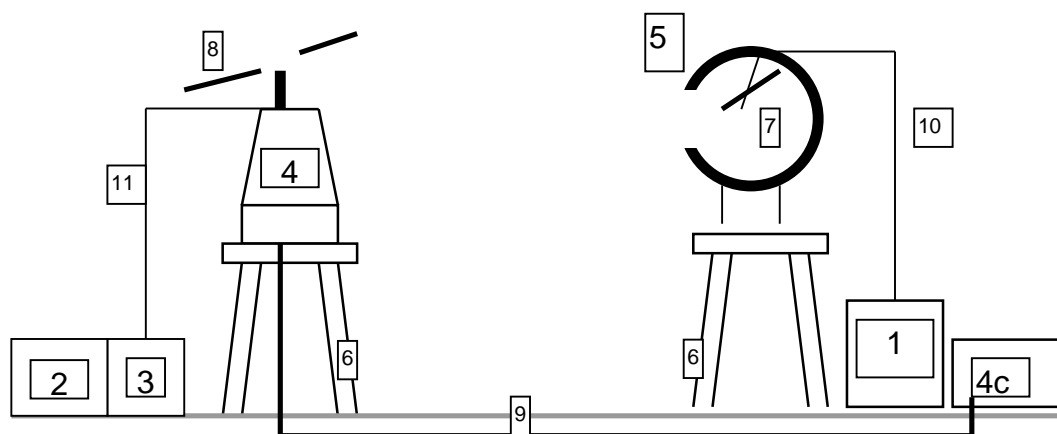


Figura 4.1.- Sistema de Medición de Campo Cercano utilizado

Este equipo se lo instaló primero en la terraza del edificio nuevo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica sin la Cámara sin eco y en el Laboratorio de Microondas con la Cámara sin eco.

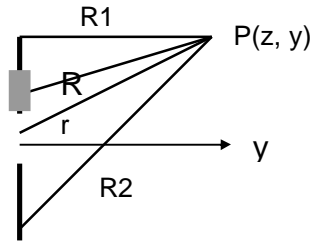
Para el campo cercano teórico ⁽¹⁾ de un dipolo tenemos dos componentes E_z y E_y :

$$E_z = -j30I_m \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} - 2 \cos \beta H \left(\frac{e^{-j\beta r}}{r} \right) \right)$$

y

$$E_y = j30I_m \left(\frac{z-H}{y} \frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + \frac{z+H}{y} \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} - \frac{2 \cos \beta H}{y} \left(\frac{e^{-j\beta r}}{r} \right) \right)$$

En donde: $R^2 = (z-h)^2 + y^2$, $r^2 = z^2 + y^2$, $R_1^2 = (z-H)^2 + y^2$ y $R_2^2 = (z+H)^2 + y^2$



En donde (de la Tabla de Campo Cercano Teórico) tenemos:

- r distancia entre el centro de la antena hasta el punto de observación
- R1 distancia entre el extremo superior de la antena (+H) y el punto de observación
- R2 distancia entre el extremo inferior de la antena (-H) y el punto de observación
- R distancia entre el punto de integración que se desplaza a través de la antena y el punto de observación
- Ezmag Magnitud del campo eléctrico Ez y Ey respectivamente
- Eymag
- Ezfase Fase del campo eléctrico Ez y Ey respectivamente
- Eyfase

$$E = E_r + jE_i = E \cos \varphi + jE \sin \varphi$$

La parte real del campo eléctrico está dada por: $E_r^2 = E_x^2 + E_y^2 + E_z^2$	La parte imaginaria del campo eléctrico está dada por: $E_i^2 = E_x^2 + E_y^2 + E_z^2$
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

Ángulo de fase = φ está dado por:

$$\tan \varphi = E_i / E_r$$

Con las mismas consideraciones del campo lejano e igualando a 2 el mayor valor de campo cercano, tomando K como una constante, y todas las magnitudes son múltiplos de la longitud de onda λ tenemos:

$$E_z = -K \left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right)$$

y

$$E_y = \frac{K}{y} \left(\frac{z-H}{y} \frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} + \frac{z+H}{y} \frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} \right)$$

Reemplazando los valores de los exponenciales complejos por sus equivalencias tenemos una parte real y otra imaginaria de cada campo.

TABLA DEL CAMPO CERCANO TEÓRICO

R A D I O S			Campo en z		Campo en y		CAMPO CERCANO	
r	R1	R2	Ezmag	Ezfase	Eymag	Eyfase	Eccmag	Eccfase
1	0.755	1.247	0.5251	-0.1094	0.3036	1.2351	0.6066	-0.1094
	0.7698	1.2379	0.5323	-0.4322	0.5763	1.2113	0.7846	-0.4322
	0.7934	1.2229	0.6284	-0.8643	0.7881	1.1757	1.008	-0.8643
	0.8243	1.2023	0.8426	-1.2211	0.9124	1.1335	1.2419	-1.2211
	0.8609	1.1764	1.1321	-1.4555	0.9295	1.0901	1.4649	-1.4555
	0.9014	1.1456	1.4362	1.5376	0.8315	1.0508	1.6595	1.5376
	0.9442	1.1106	1.6995	1.4452	0.6257	1.0196	1.811	1.4452
	0.9878	1.0721	1.8775	1.3939	0.3359	0.9996	1.9073	1.3939
	1.0308	1.0308	1.9403	1.3774	0	1.3774	1.9403	1.3774
	1.5	1.2545	1.7467	0.227	-0.1526	0.1896	1.3503	0.2958
	1.268	1.737	0.2499	-0.574	0.3624	1.3344	0.4403	-0.574
	1.2896	1.7211	0.3464	-1.0239	0.5008	1.3103	0.609	-1.0239
	1.3183	1.6991	0.5175	-1.3149	0.5872	1.2813	0.7827	-1.3149
	1.3529	1.6717	0.7306	-1.485	0.6061	1.2511	0.9493	-1.485
	1.3919	1.6394	0.95	1.5526	0.5488	1.2232	1.0971	1.5526
	1.4339	1.6028	1.1401	1.4882	0.417	1.2008	1.214	1.4882
	1.4772	1.5629	1.2694	1.4524	0.2252	1.1863	1.2892	1.4524
	1.5207	1.5207	1.3152	1.4408	0	1.4408	1.3152	1.4408
2	1.7543	2.2466	0.1273	-0.1975	0.1391	1.4063	0.1886	-0.1975
	1.7671	2.2366	0.153	-0.6997	0.2665	1.3944	0.3073	-0.6997
	1.7879	2.22	0.2386	-1.1334	0.3695	1.3763	0.4398	-1.1334
	1.8156	2.1974	0.3758	-1.3721	0.435	1.3543	0.5748	-1.3721
	1.8492	2.1692	0.5412	-1.5039	0.451	1.3313	0.7045	-1.5039
	1.8875	2.136	0.7102	1.5582	0.4101	1.3099	0.8201	1.5582
	1.9289	2.0987	0.8569	1.5092	0.3127	1.2927	0.9122	1.5092
	1.972	2.0582	0.9568	1.4818	0.1693	1.2815	0.9717	1.4818
	2.0156	2.0156	0.9923	1.473	0	1.473	0.9923	1.473
	2.5	2.2542	2.7465	8.18e-2	-0.2425	0.1102	1.4396	0.1373
	2.2667	2.7363	0.1077	-0.8054	0.2113	1.43	0.2371	-0.8054
	2.2869	2.7194	0.1826	-1.2092	0.2934	1.4155	0.3456	-1.2092
	2.3141	2.6963	0.2959	-1.4092	0.346	1.3978	0.4553	-1.4092
	2.3471	2.6676	0.4304	-1.5163	0.3595	1.3793	0.5608	-1.5163
	2.3848	2.6339	0.5673	1.5612	0.3276	1.362	0.6551	1.5612
	2.4259	2.5962	0.6862	1.5216	0.2502	1.3481	0.7303	1.5216
	2.4689	2.5553	0.7672	1.4996	0.1356	1.339	0.7791	1.4996
	2.5125	2.5125	0.796	1.4925	0	1.4924	0.796	1.4925
3	2.7541	3.2465	5.74e-2	-0.2869	9.13e-2	1.4616	0.1078	-0.2869
	2.7664	3.2361	8.25e-2	-0.8927	0.1752	1.4536	0.1936	-0.8927
	2.7863	3.2189	0.1483	-1.2637	0.2435	1.4415	0.2851	-1.2637
	2.8131	3.1956	0.2445	-1.4349	0.2875	1.4268	0.3774	-1.4349
	2.8458	3.1665	0.3575	-1.525	0.299	1.4112	0.466	-1.525
	2.8831	3.1325	0.4724	1.5629	0.2727	1.3968	0.5454	1.5629
	2.9239	3.0944	0.5721	1.5299	0.2085	1.3851	0.6089	1.5299
	2.9668	3.0534	0.6402	1.5114	0.1131	1.3775	0.6501	1.5114
	3.0104	3.0104	0.6644	1.5055	0	1.5055	0.6644	1.5055
	3.5	3.2541	3.7465	4.27e-2	-0.3304	7.8e-2	1.4773	8.89e-2
	3.2662	3.7359	6.66e-2	-0.9649	0.1497	1.4704	0.1639	-0.9649
	3.2859	3.7186	0.1251	-1.3045	0.2082	1.46	0.2429	-1.3045
	3.3124	3.695	0.2084	-1.4537	0.2459	1.4474	0.3224	-1.4537
	3.3448	3.6657	0.3058	-1.5313	0.256	1.434	0.3988	-1.5313
	3.3819	3.6315	0.4047	1.5642	0.2336	1.4216	0.4673	1.5642
	3.4226	3.5932	0.4905	1.5357	0.1787	1.4116	0.522	1.5357
	3.4653	3.552	0.5491	1.5199	9.69e-2	1.405	0.5576	1.5199
	3.5089	3.5089	0.57	1.5148	0	1.5148	0.57	1.5148
4	3.754	4.2464	3.31e-2	-0.3728	6.81e-2	1.489	7.58e-2	-0.3728
	3.766	4.2358	5.59e-2	-1.0247	0.1308	1.483	0.1422	-1.0247
	3.7856	4.2184	0.1083	-1.3359	0.1819	1.4739	0.2117	-1.3359

	3.8119	4.1946	0.1817	-1.4679	0.2149	1.4628	0.2815	-1.4679
	3.8441	4.1651	0.2672	-1.5361	0.2238	1.4512	0.3486	-1.5361
	3.881	4.1307	0.354	1.565	0.2044	1.4403	0.4087	1.565
	3.9215	4.0923	0.4293	1.5401	0.1563	1.4314	0.4569	1.5401
	3.9642	4.0509	0.4807	1.5262	8.48e-2	1.4257	0.4882	1.5262
	4.0078	4.0078	0.499	1.5218	0	1.5218	0.499	1.5218
4.5	4.254	4.7464	2.66e-2	-0.4138	6.05e-2	1.4981	6.61e-2	-0.4138
	4.2659	4.7357	4.82e-2	-1.0748	0.1161	1.4928	0.1257	-1.0748
	4.2853	4.7182	9.56e-2	-1.3609	0.1615	1.4847	0.1876	-1.3609
	4.3115	4.6943	0.1612	-1.4791	0.1909	1.4749	0.2498	-1.4791
	4.3435	4.6646	0.2373	-1.5399	0.1988	1.4645	0.3096	-1.5399
	4.3804	4.6301	0.3146	1.5657	0.1816	1.4548	0.3632	1.5657
	4.4207	4.5915	0.3816	1.5435	0.139	1.4469	0.4062	1.5435
	4.4634	4.5501	0.4275	1.5312	7.54e-2	1.4418	0.4341	1.5312
	4.5069	4.5069	0.4438	1.5272	0	1.5272	0.4438	1.5272
5	4.754	5.2464	2.19e-2	-0.4535	5.44e-2	1.5054	5.86e-2	-0.4535
	4.7658	5.2356	4.24e-2	-1.1172	0.1044	1.5006	0.1126	-1.1172
	4.7851	5.218	8.56e-2	-1.3812	0.1452	1.4933	0.1685	-1.3812
	4.8112	5.194	0.1448	-1.4882	0.1717	1.4845	0.2246	-1.4882
	4.8431	5.1642	0.2134	-1.5429	0.1789	1.4751	0.2785	-1.5429
	4.8798	5.1296	0.283	1.5663	0.1634	1.4664	0.3268	1.5663
	4.9201	5.0909	0.3435	1.5463	0.1251	1.4593	0.3656	1.5463
	4.9627	5.0494	0.3848	1.5352	6.79e-2	1.4547	0.3908	1.5352
	5.0062	5.0062	0.3995	1.5316	0	1.5316	0.3995	1.5316
5.5	5.254	5.7464	1.85e-2	-0.4918	4.94e-2	1.5114	5.27e-2	-0.4918
	5.2658	5.7356	3.78e-2	-1.1533	9.48e-2	1.507	0.1021	-1.1533
	5.285	5.7179	7.75e-2	-1.3979	0.1319	1.5004	0.153	-1.3979
	5.3109	5.6938	0.1315	-1.4956	0.156	1.4923	0.204	-1.4956
	5.3427	5.6639	0.1939	-1.5454	0.1626	1.4838	0.2531	-1.5454
	5.3794	5.6292	0.2573	1.5667	0.1485	1.4758	0.2971	1.5667
	5.4196	5.5904	0.3123	1.5485	0.1137	1.4694	0.3324	1.5485
	5.4621	5.5489	0.3499	1.5384	6.17e-2	1.4652	0.3553	1.5384
	5.5057	5.5057	0.3633	1.5351	0	1.5351	0.3633	1.5351
6	5.754	6.2464	1.59e-2	-0.5286	4.52e-2	1.5163	4.79e-2	-0.5286
	5.7657	6.2355	3.42e-2	-1.1844	8.69e-2	1.5123	9.34e-2	-1.1844
	5.7848	6.2178	7.08e-2	-1.4119	0.1209	1.5063	0.1401	-1.4119
	5.8107	6.1936	0.1204	-1.5018	0.143	1.4989	0.1869	-1.5018
	5.8424	6.1637	0.1777	-1.5475	0.149	1.4911	0.2319	-1.5475
	5.879	6.1288	0.2358	1.567	0.1362	1.4838	0.2723	1.567
	5.9192	6.09	0.2863	1.5504	0.1042	1.4778	0.3047	1.5504
	5.9617	6.0484	0.3208	1.5411	5.66e-2	1.474	0.3257	1.5411
	6.0052	6.0052	0.333	1.5381	0	1.5381	0.333	1.5381
6.5	6.2539	6.7463	1.38e-2	-0.5639	4.17e-2	1.5205	4.4e-2	-0.5639
	6.2657	6.7355	3.12e-2	-1.2114	8.02e-2	1.5168	8.6e-2	-1.2114
	6.2847	6.7177	6.52e-2	-1.4239	0.1115	1.5112	0.1292	-1.4239
	6.3105	6.6934	0.111	-1.507	0.1319	1.5044	0.1724	-1.507
	6.3422	6.6634	0.164	-1.5493	0.1375	1.4972	0.214	-1.5493
	6.3787	6.6285	0.2177	1.5673	0.1257	1.4905	0.2513	1.5673
	6.4188	6.5897	0.2643	1.5519	9.62e-2	1.485	0.2813	1.5519
	6.4613	6.548	0.2961	1.5434	5.22e-2	1.4814	0.3007	1.5434
	6.5048	6.5048	0.3075	1.5406	0	1.5406	0.3075	1.5406
7	6.7539	7.2463	1.22e-2	-0.5977	3.88e-2	1.5241	4.06e-2	-0.5977
	6.7656	7.2354	2.87e-2	-1.235	7.44e-2	1.5207	7.98e-2	-1.235
	6.7846	7.2176	6.04e-2	-1.4342	0.1036	1.5155	0.1199	-1.4342
	6.8104	7.1933	0.103	-1.5116	0.1225	1.5092	0.1601	-1.5116
	6.842	7.1633	0.1523	-1.5508	0.1277	1.5024	0.1987	-1.5508
	6.8784	7.1283	0.2021	1.5676	0.1167	1.4962	0.2334	1.5676
	6.9185	7.0894	0.2454	1.5533	8.93e-2	1.4911	0.2612	1.5533
	6.9609	7.0477	0.275	1.5453	4.85e-2	1.4878	0.2792	1.5453
	7.0045	7.0045	0.2855	1.5428	0	1.5428	0.2855	1.5428
7.5	7.2539	7.7463	1.08e-2	-0.63	3.62e-2	1.5272	3.77e-2	-0.63
	7.2656	7.7354	2.66e-2	-1.2558	6.94e-2	1.524	7.43e-2	-1.2558

	7.2846	7.7175	5.63e-2	-1.4432	9.66e-2	1.5192	0.1118	-1.4432
	7.3103	7.6932	9.61e-2	-1.5155	0.1143	1.5133	0.1494	-1.5155
	7.3418	7.6631	0.1421	-1.5521	0.1192	1.507	0.1854	-1.5521
	7.3782	7.6281	0.1886	1.5678	0.1089	1.5012	0.2178	1.5678
	7.4182	7.5891	0.2291	1.5545	8.34e-2	1.4964	0.2438	1.5545
	7.4607	7.5474	0.2567	1.547	4.53e-2	1.4933	0.2607	1.547
	7.5042	7.5042	0.2665	1.5446	0	1.5446	0.2665	1.5446
8	7.7539	8.2463	9.7e-3	-0.6609	3.39e-2	1.53	3.53e-2	-0.6609
	7.7655	8.2354	2.48e-2	-1.2742	6.51e-2	1.527	6.96e-2	-1.2742
	7.7845	8.2175	5.27e-2	-1.451	9.06e-2	1.5224	0.1048	-1.451
	7.8101	8.1931	9.01e-2	-1.5189	0.1071	1.5169	0.14	-1.5189
	7.8416	8.1629	0.1332	-1.5533	0.1117	1.511	0.1738	-1.5533
	7.878	8.1279	0.1768	1.568	0.1021	1.5055	0.2042	1.568
	7.918	8.0889	0.2147	1.5555	7.82e-2	1.5011	0.2285	1.5555
	7.9604	8.0472	0.2407	1.5485	4.24e-2	1.4982	0.2444	1.5485
	8.0039	8.0039	0.2499	1.5463	0	1.5463	0.2499	1.5463
8.5	8.2539	8.7463	8.8e-3	-0.6904	3.19e-2	1.5324	3.31e-2	-0.6904
	8.2655	8.7353	2.32e-2	-1.2907	6.12e-2	1.5295	6.55e-2	-1.2907
	8.2844	8.7174	4.96e-2	-1.458	8.52e-2	1.5253	9.86e-2	-1.458
	8.31	8.693	8.48e-2	-1.5219	0.1008	1.52	0.1317	-1.5219
	8.3415	8.6628	0.1253	-1.5543	0.1051	1.5145	0.1636	-1.5543
	8.3778	8.6277	0.1664	1.5682	9.61e-2	1.5094	0.1922	1.5682
	8.4178	8.5887	0.2021	1.5564	7.36e-2	1.5052	0.2151	1.5564
	8.4602	8.547	0.2265	1.5498	3.99e-2	1.5025	0.23	1.5498
	8.5037	8.5037	0.2352	1.5477	0	1.5477	0.2352	1.5477
9	8.7539	9.2463	8.1e-3	-0.7185	3.01e-2	1.5345	3.12e-2	-0.7185
	8.7655	9.2353	2.18e-2	-1.3054	5.78e-2	1.5318	6.18e-2	-1.3054
	8.7844	9.2174	4.68e-2	-1.4642	8.05e-2	1.5278	9.31e-2	-1.4642
	8.81	9.1929	8.e-2	-1.5246	9.52e-2	1.5229	0.1244	-1.5246
	8.8414	9.1627	0.1184	-1.5552	9.93e-2	1.5176	0.1545	-1.5552
	8.8776	9.1276	0.1572	1.5683	9.07e-2	1.5128	0.1815	1.5683
	8.9176	9.0885	0.1909	1.5572	6.95e-2	1.5088	0.2031	1.5572
	8.96	9.0468	0.2139	1.551	3.77e-2	1.5063	0.2172	1.551
	9.0035	9.0035	0.2221	1.549	0	1.549	0.2221	1.549
9.5	9.2539	9.7463	7.4e-3	-0.7453	2.85e-2	1.5364	2.95e-2	-0.7453
	9.2655	9.7353	2.06e-2	-1.3188	5.48e-2	1.5339	5.85e-2	-1.3188
	9.2843	9.7173	4.43e-2	-1.4698	7.62e-2	1.5301	8.82e-2	-1.4698
	9.3099	9.6928	7.58e-2	-1.5271	9.02e-2	1.5254	0.1178	-1.5271
	9.3413	9.6626	0.1121	-1.556	9.4e-2	1.5204	0.1463	-1.556
	9.3775	9.6274	0.1489	1.5684	8.6e-2	1.5158	0.1719	1.5684
	9.4174	9.5884	0.1808	1.5579	6.58e-2	1.5121	0.1925	1.5579
	9.4598	9.5466	0.2027	1.552	3.57e-2	1.5096	0.2058	1.552
	9.5033	9.5033	0.2105	1.5501	0	1.5501	0.2105	1.5501
10	9.7539	10.2463	6.9e-3	-0.7708	2.71e-2	1.5381	2.8e-2	-0.7708
	9.7655	10.2353	1.95e-2	-1.3309	5.2e-2	1.5357	5.56e-2	-1.3309
	9.7843	10.2173	4.2e-2	-1.4748	7.24e-2	1.5321	8.37e-2	-1.4748
	9.8098	10.1928	7.2e-2	-1.5292	8.57e-2	1.5277	0.1119	-1.5292
	9.8412	10.1625	0.1065	-1.5568	8.93e-2	1.523	0.139	-1.5568
	9.8774	10.1273	0.1414	1.5686	8.17e-2	1.5186	0.1633	1.5686
	9.9173	10.0882	0.1718	1.5585	6.25e-2	1.515	0.1828	1.5585
	9.9596	10.0464	0.1926	1.553	3.4e-2	1.5127	0.1955	1.553
	10.0031	10.0031	0.1999	1.5512	0	1.5512	0.1999	1.5512

Se realizó medidas solo de 10° a 90° por la simetría de los campos en los cuatro cuadrantes

4.3.- PROCESO DE MEDICIÓN

Mediciones de Campo Cercano SIN y CON Cámara sin ECO

- Consideramos como Antena Bajo Prueba (ABP) un dipolo localizado horizontalmente sobre una plataforma móvil, la misma que se hace girar en pasos discretos de 5° .
- Localizado en el mismo plano del dipolo se tiene la Antena de Prueba o Indagación (AP), la misma que se mantiene en posición fija, y se procede a tomar las mediciones de las magnitudes de las componentes E_z y E_y del campo eléctrico producido por la antena.
- Para la realización de estas pruebas lo conveniente habría sido contar con un sistema automático de adquisición de datos para evitar errores en la medición, pero a la falta de este sistema se recurrió a la medición manual que se tuvo que realizar en varias muestras a fin de conseguir la recurrencia de valores. El proceso desarrollado implica también la medición de la fase de la componente del campo antes indicado, parámetro que no pudo ser medido por no contar en el laboratorio con un medidor adecuado (voltímetro vectorial), que responda a la frecuencia de prueba, esta limitación se la suple introduciendo en los datos correspondientes la medición de fase con los valores calculados teóricamente.
- La medición del campo eléctrico en z (E_z) fue la que menos problemas causó, mientras la del campo eléctrico en y (E_y) provocó dificultades para su valoración por lo que se vio la necesidad de diseñar una Cámara sin ECO para mejorar estas mediciones.
- Vale indicar que en todas las medidas realizadas se mantuvo constante la separación entre la ABP y la AP en 1.5 metros.

A continuación se presentan las mediciones de las magnitudes de los campos eléctricos E_y y E_z con sus respectivas respuestas gráficas.

Medidas de Campo electromagnético en y (Ey)

*Medición del campo eléctrico en y **E_y** para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) **SIN** Cámara sin eco **Medidas $\lambda/2$ A***

En el **Cuadro N° 1** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en y (E_y) para un dipolo (ABP) de media longitud de onda ($\lambda/2$) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **SIN Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 1** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color magenta se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 04 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Conviene aclarar que la medición de la componente en y (E_y) fue la que más dificultades causó en el trabajo, de ahí que se comprenderá que las aproximaciones a las que se ha llegado son justificables.

Cuadro N° 1.- Dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) Componente

del Campo eléctrico en y (Ey) SIN Cámara sin eco MEDIDAS $\lambda/2$ A

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	23	14	16	16	16	17
5°	22	16	18	16	16.5	17
10°	22	16	17	16.5	17	18
15°	22	16.5	18	17	16.5	17
20°	22	17	19	17	17.5	18
25°	21	17	20	17	18	19
30°	20.5	17.5	21	18	17	17.5
35°	21	18.5	21	20	20	20.5
40°	20	20	21	21	21.5	21.5
45°	20	20	22	21.5	21.5	21
50°	20	20	23	22	22	21
55°	20.5	20.5	23	23	23	22
60°	21	21	23	22	23	22
65°	20.5	21	23.5	24	23	22.5
70°	21	20	24	24	23	23
75°	21	20	24.5	24	23.5	23
80°	20	19.5	24	24	24.5	23
85°	19	19	24.5	24	24.5	23.5
90°	20	18.5	25	24.5	25	24
95°	20.5	17	25	25	25	24.5
100°	20	16	25	25	25.5	25
105°	20	15	25	24.5	25	24.5
110°	19	13	25	24	25	26
115°	20	15	24.5	23	25	24
120°	19.5	14	24.5	22	25	24
125°	19	13	24	21.5	24	23.5
130°	19	13	23	21.5	23	24
135°	18	11	22.5	20	22	21
140°	17.5	9	22	19	21.5	20
145°	17	9.5	21	17	20	19
150°	16.5	9	19	15	19	18
155°	16	10	18	14	18	17
160°	15	12	17	11	17.5	16
165°	15	13.5	15	8	15	14.5
170°	15	10	14	10	14	13
175°	15	11	13.5	9.5	13.5	13
180°	15	12	13	9	13.5	12
185°	15	12	12	9	13	11
190°	14.5	12	11	11	13	12
195°	14	12	10	13	13	14.5
200°	14.5	12	10	15	13	14
205°	15	12	11.5	16	14	15
210°	15	13	13	18	14	16
215°	15	13	15	19	14.5	14
220°	14	13	16	20	15	15.5
225°	14.5	13	16.5	21	16.5	15
230°	14	13.5	16.5	21	19	18
235°	13	13.5	18	21	20	19
240°	13.5	13	17.5	22	21	20
245°	14	13	18.5	23	21	22
250°	14.5	12.5	20	22	22	21
255°	15	12.5	19	23	22.5	21
260°	15.5	12	20.5	22.5	23	21
265°	15.5	11	19	22	21	20
270°	16	10.5	18	22	22.5	21
275°	16	9.5	16.5	21	22	20
280°	16.5	9	15	20	22	21
285°	17	6.5	13	19	22	20
290°	18.5	7	11.5	19	21	20
295°	20	7.5	10	16	21.5	18
300°	19	7.5	8	16.5	20.5	18
305°	20	7	8.5	16.5	19.5	17
310°	20.5	6.5	9	16.5	19	18
315°	21	6.5	9.5	17	18	19
320°	20.5	7.5	12	18	17.5	18
325°	22	9	12.5	16	16.5	14
330°	22	10	13	17	16	15
335°	22	11.5	14	17	15.5	16
340°	22	11.5	14	17	15.5	16
345°	22	12	15	16.5	15.5	15
350°	22.5	11	16	16	16.5	15
355°	23	13	16	16	16	17

*Medición del campo eléctrico en y **E_y** para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) **CON** Cámara sin eco **Medidas** $\lambda/2$*

En el **Cuadro N° 2** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en y (E_y) para un dipolo (ABP) de media longitud de onda ($\lambda/2$) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **CON Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 2** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color magenta se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 02 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Conviene aclarar que la medición de la componente en y (E_y) fue la que más dificultades causó en el trabajo, de ahí que se comprenderá que las aproximaciones a las que se ha llegado son justificables.

Cuadro N° 2.- Dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) Componente

del Campo eléctrico en y (E_y) *CON Cámara sin eco* **MEDIDAS $\lambda/2$**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	27	26	25	31	32	28
5°	27	26	26	31	32	28
10°	28	26	26.5	31.5	32	28
15°	28	26	26.5	31	32.5	27
20°	27	26	27	31	32.5	29
25°	27.5	27	27	30.5	33	30
30°	27.5	26.5	27.5	30	32.5	30
35°	27	26	27	30	32	30
40°	27.5	25.5	27.5	29	32	31
45°	28	25	27	28	31.5	29.5
50°	27.5	25	27	27	30.5	28
55°	27	27	24	26.5	26	31
60°	26.5	23	26	25	30	28
65°	26	22	25	23.5	29.5	30
70°	26	21.5	24	22	29	26
75°	25.5	20	22	20.5	27.5	25
80°	25	18	23	19	27	26.5
85°	25	16	21	20	26.5	25
90°	24	15	19	21	26	25
95°	23.5	14	18	22	25.5	21
100°	23	15	17	24	25	22.5
105°	22.5	16	17	26	24.5	23
110°	23	18	19	27.5	24.5	25
115°	23.5	20	20	28.5	25	26
120°	24	22	21	29	25.5	24
125°	25	23	23	29.5	27	26.5
130°	26	24	24.5	30	27.5	28
135°	26.5	24.5	25	30	28.5	29
140°	27	25	25.5	30	30	29
145°	28	26	26	30	30.5	30
150°	29	26.5	26	29	30.5	30
155°	29.5	28	26.5	29.5	29	30.5
160°	30	27.5	27	28	31	29
165°	30	27.5	27.5	27.5	31	30
170°	30	28	28	26.5	31	30
175°	30	27.5	28	25.5	31	30
180°	30	27	28	23.5	31	31
185°	29.5	27	28	22.5	31	30.5
190°	29	27	27.5	20	31	31
195°	29	26.5	27	18.5	31	31
200°	28.5	29	26.5	20	30.5	30
205°	28	28	26	21	30	29
210°	28	27.5	26	22	30.5	30
215°	28	26.9	24.5	22.5	30	29
220°	27.5	26	23	22.5	29.5	29
225°	27	25	22	22.5	29	28
230°	26.5	23.5	21.5	23	28	27
235°	26	20	21	24	27.5	28
240°	26	18	20	24	26	25
245°	25.5	16	19	24.5	25.5	25
250°	25	12	18	25	25.5	24.5
255°	24.5	11	18.5	25	25	26
260°	25	16	19	25	25.5	25
265°	25.5	18	15	25.5	25.5	25
270°	24.5	19	10	26	26.5	25
275°	25	20	13	26.5	26.5	25
280°	24.5	22	14.5	26.5	26.5	25
285°	23.5	24	16	26.5	27.5	27
290°	23	24	15	27	27.5	26
295°	22.5	24	16	27	28	26.5
300°	22.5	25	17	27	29	28
305°	23	24.5	16.5	28	29	28.5
310°	22.5	25	16	29	29.5	22
315°	22	25.5	17	30	30	24
320°	22	26	19	30	29.5	22.5
325°	22.5	26	21	30.5	29.5	29
330°	22.5	26	23	31	30	30
335°	22.5	25.5	23.5	31	30	31.5
340°	23	26.5	24	30.5	30	29
345°	22.5	27	24.5	31	31	30
350°	22	28	25	31.5	30.5	30
355°	25	23	18	28	29	29

*Medición del campo eléctrico en y **E_y** para un dipolo de una longitud de onda (λ) **CON** Cámara sin eco **Medidas** λ*

En el **Cuadro N° 3** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en y (E_y) para un dipolo (ABP) de una longitud de onda (λ) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **CON Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 3** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color magenta se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 01 y 02. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Conviene aclarar que la medición de la componente en y (E_y) fue la que más dificultades causó en el trabajo, de ahí que se comprenderá que las aproximaciones a las que se ha llegado son justificables.

Cuadro N° 3.- Dipolo de una longitud de onda (λ) Componente

del Campo eléctrico en y (**E_y**) *CON Cámara sin eco* **MEDIDAS 1λ**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	15	15	23	24	21.5	23
5°	14.5	14.5	23	23.5	21.5	22
10°	14	13	22.5	24	21	23
15°	13.5	13	22	23	20.5	21
20°	13	12	20	20.5	18.5	19
25°	12	11	20	21	18.5	19
30°	12	8	21	21.5	19.5	20
35°	12	11	19	20.5	17.5	19
40°	13	11	18	19	16.5	18
45°	12.5	12.5	17	18	15	16.5
50°	13	14	18	19.5	16	17
55°	14	16	16	17	15	16
60°	15	18	17	18	15.5	15
65°	17	20	18	18.5	16.5	17
70°	17.5	22	19	19.5	17.5	18
75°	18	23	19	20	17	19
80°	19	24	20.5	21.5	19	20
85°	22	22	22	22.5	20.5	21
90°	22.5	23.5	19.5	20	19	20
95°	23	21	21	22	19.5	21
100°	23	20	20	21	18.5	19
105°	23	19	20.5	21.5	19	20
110°	23	20	21	21.5	19.5	20
115°	22.5	19	20.5	22	20.5	21
120°	22.5	19	20	21	20.5	20
125°	22	19	21.5	22.5	21	21.5
130°	22	19	22.5	23.5	22	23
135°	21	19	21	22	21.5	20
140°	20	16	20	21	20	20
145°	20	14	19	20	19.5	19
150°	21	12	18	19	18.5	18
155°	21	11	15	16.5	17	16
160°	21	10.5	17	17.5	17	17
165°	19	10	15.5	15	15	15
170°	17	10	14.5	14	14	14.5
175°	20	9	12	10.5	12	11
180°	20	9	12	10.5	12	11
185°	16	9	12	11	11	11
190°	14	9	11.5	10.5	10	10
195°	12	8	12	11	10.5	11
200°	10	7.5	10	9.5	9	10
205°	13	8.5	8	7.5	7	8
210°	15	7.5	6.5	6	5.5	7
215°	16.5	6	5	4.5	4	5
220°	16.5	6	5	4.5	4	5
225°	18	6	7	6.5	6	7
230°	20	8	9	7.5	7	7
235°	22	10	9.5	8	7.5	7
240°	23	8	9.5	8.5	8	8
245°	24	7	10	9	9	9
250°	24.5	8.5	10	9	10	10
255°	26.5	10	13	12	12	12
260°	26.5	12.5	13	12	13	12
265°	27	13.5	13	12	12	13
270°	28	14	13	12.5	13.5	13
275°	28	15	11	10.5	11.5	11
280°	28.5	16	10.5	10	11	11
285°	29	17	10	9.5	10.5	10
290°	28.5	18.5	11	10.5	11.5	27
295°	27	19	11	10.5	11.5	11
300°	26	20	12	11.5	12.5	12
305°	27	22	13	12.5	13.5	13
310°	25	22	15	14.5	16	15
315°	24	22	17	16	17.5	16
320°	22	22	17.5	17	18	20
325°	20	22.5	18	17.5	18.5	18
330°	19	21.5	19	18	19	19
335°	15	21	20	19.5	20.5	20
340°	15	21	23	22.5	23.5	23
345°	14.5	21	25	24.5	26	25
350°	12	20.5	24	23.5	25	24
355°	12	20	24	23.5	24.5	24

*Medición del campo eléctrico en y **E_y** para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) SIN Cámara sin eco **Medidas $3/2\lambda$ A***

En el **Cuadro N° 4** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en y (E_y) para un dipolo (ABP) de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **SIN Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 4** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color margenta se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 01, 02 y 04. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Conviene aclarar que la medición de la componente en y (E_y) fue la que más dificultades causó en el trabajo, de ahí que se comprenderá que las aproximaciones a las que se ha llegado son justificables.

Cuadro N° 4.- Dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) Componente del Campo eléctrico en y (E_y) *SIN Cámara sin eco* **MEDIDAS $3/2\lambda$ A**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	27.5	28	14	20	18	17
5°	30	27	13	18	16	16
10°	31	28	10	16	14.5	15
15°	32	29	5	13	13	15
20°	31.5	30	10	10	11	15
25°	30	30.5	13	8	10	15.5
30°	28	31	13	8.5	9	14
35°	26.5	31	13	9.5	10	13
40°	25	30	13	11	9	11.5
45°	23	29	13	14	9.5	10
50°	27	28	12.5	14.5	10	11
55°	23	25	12	14.5	9	12
60°	24	23	10	14.5	10	13
65°	24	20	8	13	10.5	14
70°	25	18	6	11.5	11	15
75°	22	17	3.5	11	11	16
80°	24	18.5	1	12.5	12	16
85°	25	20	3	12	12.5	15
90°	26	25	5	13.5	13	14
95°	27	27	6.5	14	14	13
100°	26	28	8	14	13	12.5
105°	27	29	9	13.5	12	13
110°	26	31	9	12.5	11	14
115°	24	31.5	8.5	11.5	10.5	14.5
120°	23	32	8	10	9.5	15
125°	25	32	7	10	8	15
130°	29	31	7.5	11	7.5	14
135°	31	30	8	12.5	7	14
140°	30	27.5	9	13.5	8.5	16
145°	28	25	10.5	14.5	9	17
150°	27	25	10.5	13.5	9.5	18
155°	29	24	10	11.5	11	19
160°	30	25	8.5	10	11.5	18
165°	31	26	7	8.5	12	17
170°	31	27	5.5	7	13	16
175°	30	28	4	6	13.5	12
180°	28	27.5	6	5	14	13
185°	27	29	7	6	14	14
190°	29	28.5	8	7	14	15
195°	30	28	9.5	9	13.5	16
200°	31	28	10	10	13	17
205°	31	29.5	9	11	15	17.5
210°	30	29.5	7.5	12	15.5	16.5
215°	28	30	6.5	13	16	15.5
220°	25	30	4	13	17	13.5
225°	20	29	3	13	17	12
230°	16	28.5	0	12.5	17.5	11
235°	15	28	-3	10	17	10
240°	20	25	-4	8	18	9.5
245°	25	20	-5	4	17.5	9
250°	28	17	-4	2	17	8
255°	29	15.5	-3	6	15	7
260°	30	14	-3	10	14	9
265°	32	16	-3	13	13	11
270°	32	18	-4	13	11	12.5
275°	31	20	-5	14	10	14
280°	29	25	-5.5	14	9	16
285°	26	27	-5	14	10	17
290°	22	29	-4	14	11	16
295°	25	30	-2	14	14	16
300°	28	29	-1	15	15.5	16
305°	29	26	0	15	15	15
310°	29.5	26	2	15	14	15.5
315°	29	20	4	15	10	17
320°	30	26	5	14	12	17
325°	30	23	7	13	10	18
330°	30	20	9	12	9	19
335°	31	25	11	14	11	19
340°	30	27	12	15	13	19
345°	29	29	13	16	16	18
350°	27	30	14	18	18	17
355°	25	28	14	20	18	18

Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) CON Cámara sin eco **Medidas $3/2\lambda$**

En el **Cuadro N° 5** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en y (E_y) para un dipolo (ABP) de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **CON Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 5** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color margenta se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 01, 02, 05 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Conviene aclarar que la medición de la componente en y (E_y) fue la que más dificultades causó en el trabajo, de ahí que se comprenderá que las aproximaciones a las que se ha llegado son justificables.

Cuadro N° 5.- Dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) Componente del Campo eléctrico en y (E_y) *CON Cámara sin eco* **MEDIDAS $3/2\lambda$**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	15	14	22	25	25	27
5°	14.5	13.5	23	21.5	26	24

10°	14	13	23	17.2	25	23
15°	10.5	11	22	15.5	24	23
20°	7	7	20	12	22	19
25°	10	3	18	13.5	18	20
30°	12.5	5	16.5	17	15	19
35°	15	6	15	18.5	12	17
40°	17	7	13	20	14	14.5
45°	17	12	13	21	20	18
50°	20.5	12.5	16	22	23	17.5
55°	24.5	13.5	17	23	24.5	20
60°	24	14	17.5	24	26	20
65°	23.5	14	18	26	26.5	20
70°	23	14	19	26	26.5	19.5
75°	22.5	13.5	20	26.5	26	19
80°	21.5	12.5	21	26	25	19.5
85°	21	12	20.5	26	26	19.5
90°	17	10	20	26	26.5	20
95°	13	8.5	20	27	27	21
100°	10	7.5	20	27.5	27	23.5
105°	10	7	20	28	27	26
110°	11.5	7.5	20.5	28.5	26.5	28
115°	13	8	21	28.5	26.5	28
120°	14.5	10	21	28.5	26.5	27
125°	15	10.5	20	28.5	26.5	26
130°	19	11.5	19.5	28	25.5	26.5
135°	23	12	18	28	23.5	27
140°	24	12	16.5	27	21	27
145°	23	12	16	26	19	26.5
150°	22	11.5	15	25	20	25
155°	21.5	10	13	23	22	25
160°	12	9	11.5	21.5	23.5	23
165°	12.5	6.5	13	20	24	21.5
170°	13	4	14.5	22	23.5	21
175°	8.5	4	16	23	23	22.5
180°	12	3	16	24	22	23.5
185°	14	2	15.5	25	19	25
190°	15	3	15	25	17	25
195°	12	6	14.5	25	15	22
200°	12	9	11.5	23.5	15	20
205°	12	9	10	21	16	19.5
210°	14.5	4	8.5	19	18	19
215°	15	7	7	18	20.5	22
220°	15.5	10	5	17.5	23	23.5
225°	16.5	7	4	16	25	24
230°	17	4	5.5	18.5	26	24.5
235°	20	9	7	21	26	26.5
240°	24.5	10	9	23	25	27
245°	25	11	10.5	24	25	25.5
250°	24	11	12	25	25	25.5
255°	23.5	11	13	27	25	25.5
260°	21	10	13	27	25	25
265°	19.5	8.5	13	27	25	25.5
270°	18	7	12	26	25.5	27
275°	13	2	14	26	26	24
280°	9	5	14.5	26	26	23.5
285°	9	8	15	26.5	25	22
290°	8	4	15	27	24.5	21
295°	7	2	15	27	25.5	19.5
300°	10	4.5	15	27	25.5	17
305°	12	7	14	26.5	4	15.5
310°	14	9	13	26	23.5	14
315°	15.5	10	11.5	25	22.5	18
320°	16	10	10	22.5	20	20
325°	24	10	9	21	20	21
330°	23.5	8	7	19	21	22
335°	22	5	8	20	22	23.5
340°	18.5	2	10	23.5	24	24
345°	10.5	3	11	25	25	24
350	12	5	10	26	25.5	23.5
355°	13.5	6	10	27	25	23

Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ) SIN Cámara sin eco Medidas 2λ

En el **Cuadro N° 6** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en y (E_y) para un dipolo (ABP) de dos longitudes de onda (2λ) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **SIN Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 6** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color magenta se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 02, 04, 05 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Conviene aclarar que la medición de la componente en y (E_y) fue la que más dificultades causó en el trabajo, de ahí que se comprenderá que las aproximaciones a las que se ha llegado son justificables.

Cuadro N° 6.- Dipolo de dos longitudes de onda (λ) Componente del Campo eléctrico en y (**E_y**) *SIN Cámara sin eco* **MEDIDAS 2λ**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	35	25	27	26	25	26
5°	34	24	28	25	26	28

10°	33	25	29	24	25	29
15°	33	28	29	23	23	27
20°	31	30	28	23	25	29
25°	32	29	29	20	21	25
30°	31	31	30	18	25	30
35°	31	30	30	15	30	30
40°	30	29	29	16	29	30
45°	30.5	28	29.5	16	29	28.5
50°	30	29	29	15	29	28
55°	29	29.5	30	16	29	30.5
60°	28	30	29	15	29.5	30.5
65°	30	31	29	13	29	28
70°	29	31	27.5	14	28	30
75°	29	32	26.5	16	28	31
80°	29	32	25.5	14	30	31
85°	29	32	24	16	28	30
90°	29.5	33	22	14	25	30
95°	30	33	24	18	30	31
100°	30	34	24	20	30	29
105°	31	33	26	23	30	32
110°	29	33	24	26	30	32
115°	28	33	27	27	29	31
120°	28	33	26.5	29	29	31
125°	27	32	26	27	28	29
130°	26	32	27	27.5	27	30
135°	26	30	26	28	27	29
140°	28	31	25	25	29	30
145°	25	32	25	25	27	30
150°	27	30	25	23	29	28
155°	26	28	23	24	27	28
160°	25	27	20	23	26	27
165°	25	27	18	21	26	27
170°	24.5	27.5	19	17	23	24
175°	24	28	20	16	25	26
180°	27	31	20	17	26	25
185°	25	30	22.5	15	24	24
190°	23.5	30	21	16	23	22
195°	22	29	23	15	22	25
200°	18	30	24	15	20	21
205°	16.5	30	25	20	21	22
210°	15	30	23.5	23	24	22
215°	20	31	20	19	22	20
220°	25	29	16.5	19	23	27
225°	26	31	15	21	15	22
230°	27	33	13	24	26	25
235°	28	32	10	26	27	30
240°	28	33	11	24	27	28
245°	29	34	10	22	27	29
250°	31	33	13	25	29	30
255°	30	32	15	25	30	31
260°	30	33	17	25	28	29
265°	29	32	20	24	28	30
270°	29	31	22	27	28	29
275°	29	30	25	26	28	29
280°	29	28	26	25	28	27.5
285°	29	31	27	25	28	30
290°	29	30.5	26	24	28	26
295°	30	30	25	22	29	28
300°	29.5	30	24.5	21	28	27.5
305°	29	30	26	20.5	28	26
310°	30	30.5	25	22.5	30	28
315°	30.5	28	24	21.5	29	27
320°	31	27	23.5	24	30	24
325°	31	27	24.5	23	31	27
330°	32	27	25	21	31	29
335°	31	26.5	25	21	30	28
340°	33	26	25.5	19	30	30
345°	33	26	25.5	15	25	25
350°	34	26	25.5	20	31	30
355°	35	25	26	20	33	28

Medición del campo eléctrico en y E_y para un dipolo de dos longitudes de onda
(2 λ) CON Cámara sin eco Medidas 2 λ A

En el **Cuadro N° 7** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en y (E_y) para un dipolo (ABP) de dos longitudes de onda (2λ) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **CON Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 7** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color margenta se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 01, 02, 03 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Conviene aclarar que la medición de la componente en y (E_y) fue la que más dificultades causó en el trabajo, de ahí que se comprenderá que las aproximaciones a las que se ha llegado son justificables.

Cuadro N° 7.- Dipolo de dos longitudes de onda (λ) Componente del Campo eléctrico en y (**E_y**) *CON Cámara sin eco* **MEDIDAS 2λ A**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	11	12	14	16.5	16	15
5°	10	12	13	15	15	14
10°	9	13	14	14	14	15
15°	8	12.5	15	15.5	14	15

20°	6.5	11	15	15.5	14	15
25°	5.5	10	15	15.5	15	14.5
30°	4.5	13	16	15.5	14	14
35°	6	12	17	16	13	14.5
40°	7	12.5	16	15.5	12	14
45°	7	13	16	14.5	11.5	13
50°	7	14	15.5	13	11	12
55°	5.5	12	15	12.5	12	12
60°	14.5	10	14	12	13	12
65°	2	8.5	13	11	14	12.5
70°	4	7	12	10	14	12
75°	6	7	11	11	16	13.5
80°	7	7	10.5	12	17	14
85°	8	8	10	12.5	17	15
90°	9.5	7	9	13	18	15.5
95°	11	9	9	14	17.5	16
100°	12	11	10	15	17	16
105°	13	12	11	16	17	17
110°	13	13	12	16.5	16	16
115°	13	14	13	17	15	16
120°	13	14	13	18	14	16
125°	14	14	13	20	13	13
130°	15	14	13.5	22	23.5	20
135°	15.5	15	13.5	23.5	14	21
140°	16	16	14	25	13	18
145°	17	15	14.5	25	11.5	16
150°	16	16	15	25	10.5	16
155°	17	15	16	24	10	12
160°	16	14	16	23	10	11
165°	15	13	16	22.5	10	11
170°	14.5	11.5	16	22	10	10
175°	14	10	15	21	11.5	11.5
180°	14	9	14	21	12.5	10
185°	13	9	13.5	21	13	12
190°	12	9	13.5	20	14	17
195°	12	10	13.5	20.5	15	17.5
200°	12.5	11.5	12	21	16	18
205°	13	12.5	12	19	17	18
210°	14	13.5	11	18	17	16
215°	15	14.5	11.5	18	17	18
220°	16	16	11.5	18	16	17
225°	16	16	12	18	15	16.5
230°	15.5	16	12	18	14	16
235°	15	15.5	12	17	12	14.5
240°	13	14.5	10	15	10	12
245°	12	13	10	13.5	10	11.5
250°	10	11	9	12	12	12
255°	10.5	10	10	12	13	12.5
260°	10	9	8	12	14	13
265°	11	11	11	14	13	13.5
270°	12	11	13	13.5	12	12.5
275°	13	13	11	14	14	13
280°	13.5	10.5	12	15	14	14.5
285°	13.5	11.5	11	15.5	14	14
290°	14	12.5	10	16	13	14.5
295°	15	13	11	15	12	13.5
300°	14	13	12	17	13	15
305°	13.5	11.5	14	17	11	14
310°	13	10	14	16	14	15
315°	13	8.5	14	15.5	13	14
320°	12	7	15	15	12	14
325°	11	10	15.5	15	14	14.5
330°	10	10	16	14	15	14
335°	9	11	15	13	14	12
340°	10	11	15	14.5	14	15
345°	9	13	15	16	14.5	15
350°	11	12	15	16.5	15	15
355°	12	13	15	16.5	16	16

Medidas de Campo electromagnético en z

*Medición del campo eléctrico en z **Ez** para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) SIN Cámara sin eco **Medidas $\lambda/2$***

En el **Cuadro N° 8** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en z (Ez) para un dipolo (ABP) de media longitud de onda ($\lambda/2$) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **SIN Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 8** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color verde se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 01, 03 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Es importante decir que la medición de la componente en z (Ez) no presentó dificultades y no hubo necesidad de utilizar la cámara sin eco.

Cuadro N° 8.- Dipolo de media longitud de onda ($1/2\lambda$) Componente del Campo eléctrico en z (**Ez**) *SIN Cámara sin eco* **MEDIDAS $\lambda/2$**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	19	12.5	38	28	3	25
5°	19	12	38	26.7	3	24
10°	19	12	38	26	2.5	23
15°	18.5	11.5	37.5	24	2	21
20°	18	11	37	22.5	2.5	18
25°	17.5	10.5	36	21	2	17
30°	16	10	36	18	2.5	16
35°	16.5	9.5	36	12.5	2	15
40°	15	9	35	10	2	11
45°	14.5	8	34.5	10	3	7.8
50°	13	8	34.5	13	2	5
55°	13.5	8	34	14	2	3
60°	12	6	33.5	15	2	3
65°	11	5.5	32.5	17	2	6
70°	7.5	4	32	18	2	10
75°	3.5	2	31	19	1	11
80°	0	0	30	22.5	5	12
85°	5	9	27.5	23.5	5	13
90°	6.5	13	25	24	5	15
95°	5.5	10	23	25	5	16
100°	5	8	20	25.5	5	16.5
105°	4.5	10.5	17	26	5.5	17
110°	4	13	16	26.5	5.5	18
115°	4.5	15	15	27	5.5	19
120°	8	17	20	27	6	21
125°	9	18	23	28	5.5	21.5
130°	10	21	27	28	5	22
135°	12	24	30	28	4.5	23.5
140°	13.5	26	32	28.5	4.5	24
145°	14	28	33	28.5	5	25
150°	14.5	29	35	28	5	25
155°	15.5	30	35.5	28	5	25
160°	15	31	36.5	28	3	25
165°	15.5	31	36.5	27	3	25
170°	16	31.5	37	26	4	25
175°	16.5	32	37	25	4	24
180°	17	32.5	37	25	6	23
185°	17.5	32	37.5	24.5	7	23
190°	17.5	32.5	39.5	23.5	7	21.5
195°	17	32.5	40	23	7	20
200°	17	33.5	39.5	21	7.5	18.5
205°	16.5	32	39	19	8	17.5
210°	16	32	38	18	8	16
215°	15	31	37	12	10	15
220°	14.5	30.5	36.5	11.5	10	13.5
225°	14	30.5	36	11	10.5	13.5
230°	13	29	35	9.5	10.5	13
235°	12	28	34.5	9	11	14
240°	10.5	27	33.5	9	10.5	15
245°	9	25	33	10	11	16.5
250°	6.5	22	32	11.5	10.5	17
255°	2	17	31	12	11	17.5
260°	1	15	29	12.5	11	18.5
265°	0	13	26	13	11	22
270°	5	15	22	13	11	22
275°	3.5	17	17.5	13	11.5	22.5
280°	2	19	13	13.5	11.5	22.5
285°	6	22	15	13.5	12	23.2
290°	9	24	17	13	12	24
295°	11	26	20	14.5	12.5	24.5
300°	13	27	25	15	13.5	25
305°	14.5	28	27	15	13	25
310°	15	28.5	29.5	15	13	25
315°	16	29.5	31	15	12.5	25.5
320°	16.5	30	31.5	18	13	26
325°	17	30	32	17	13	26
330°	17	30	33	16.5	13	26
335°	17	30.5	34	16	12.5	25.8
340°	17.5	30	34.5	14	12.5	25
345°	18	30	34.5	13.5	12.5	15.5
350°	17.5	29.5	35	12.8	12.5	14.5
355°	17.5	30	35	12	12.5	15.5

Medición del campo eléctrico en z E_z para un dipolo de una longitud de onda (λ) SIN Cámara sin eco **Medidas λ**

En el **Cuadro N° 9** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en z (E_z) para un dipolo (ABP) de una longitud de onda (1λ) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **SIN Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 9** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color verde se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 02, 03, 04 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Es importante decir que la medición de la componente en z (E_z) no presentó dificultades y no hubo necesidad de utilizar la cámara sin eco.

Cuadro N° 9.- Dipolo de una longitud de onda (λ) Componente del Campo eléctrico en z (**E_z**) *SIN Cámara sin eco* **MEDIDAS** λ

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	24	32	31	31	28	31
5°	23.5	32	31	30.5	26.5	30
10°	23.5	32	31	30	28	30.5
15°	23	31.5	30.5	28.5	27.5	30.5
20°	22.5	31.5	30	29	26	29
25°	22	31	30	30	26.5	30
30°	21.5	31	29.5	29	25.5	29
35°	21	30.5	29	29	25.5	29
40°	20	30	29	29	25	30
45°	19	30	28.5	28	25	27.5
50°	18	29.5	28	27	23	27
55°	16	29	27	26.8	22.5	26
60°	14	28	26.5	25.5	21	26
65°	12	27	26	25	20.5	27
70°	10	25.5	25	24.5	16.5	24
75°	9	24.5	25.5	22.5	16.5	24
80°	8.5	23.5	26	21	16	24
85°	5.5	20.5	24	20	14	22
90°	2.5	1	22.5	17	2	20
95°	0	6	21.5	14	3.5	18
100°	4	12.5	16	11	8.5	14
105°	8.5	13.5	11	8.5	21	10
110°	4	15	6.5	7	9.5	6
115°	3	17	2	6	10.5	4.5
120°	2	18	8	8.5	10.5	8.5
125°	5	20	10.5	11	12	11.5
130°	7	22	13	12.5	15	12.5
135°	9	26.5	15	14.5	18.5	15
140°	10.5	29	15.5	16	20	16
145°	12	30	16	17	21.5	17
150°	12.5	30.5	20	21	21.5	20.5
155°	13	31	24	25	22	25.5
160°	13	31	25.5	27.5	22	26
165°	13	31	25	28	23	26.5
170°	13	30.5	26.5	29	22	28
175°	13	30.5	27	30	23	28.5
180°	14	30	27.5	30	22	29
185°	13.5	30	27.5	30	22	29
190°	13	27	27.5	31	20	30
195°	12	25	28	29.5	17.5	28
200°	11.5	23	27	29	17	28
205°	11	22	26.5	28.5	15	17.5
210°	9.5	21	25	27	15.5	26
215°	8.5	20	22	26	14	24
220°	7.5	18	15	25	12	20
225°	6.5	17	9	23	12	11.7
230°	6	16	5	22	11	14
235°	4	15	1	21	10	11
240°	2	12	3	19	7	11
245°	0	10.5	5	18	5	11.5
250°	3.5	10.5	5	17	12	11
255°	7	11	5	18	9	12
260°	8.5	11	2	18	10	11
265°	10	10	3	18.5	10	11
270°	12.5	10	1	18	11.5	9.5
275°	15	10	4.5	17	12.5	11.5
280°	14.5	10	5	15	13	11
285°	14	11	3.5	12.5	12.5	9
290°	11	12	2	12.5	11.5	7
295°	9.5	14	2	14	11.5	8
300°	8	15	6	14.5	12.5	10
305°	5	16	8	15	12.5	13
310°	3	18.5	10	16.5	11	14
315°	2	21	12.5	17.5	12.5	16
320°	4.5	26	15	20.5	15	17
325°	7	28	15	26	18.5	20
330°	10	30	19	27.5	21	23
335°	11	30.5	23	28.5	20.5	25
340°	11.5	31	25	28.5	21.5	27
345°	12	31.5	26	29	23	27.5
350°	12	32	25	29.5	25	27
355°	12	32	25	30	22	28

Medición del campo eléctrico en z Ez para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) SIN Cámara sin eco Medidas $3/2\lambda$

En el **Cuadro N° 10** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en z (E_z) para un dipolo (ABP) de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **SIN Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 10** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color verde se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 01, 02, 03 y 06. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Es importante decir que la medición de la componente en z (E_z) no presentó dificultades y no hubo necesidad de utilizar la cámara sin eco.

Cuadro N° 10.- Dipolo de tres medios de longitud de onda (λ) Componente del Campo eléctrico en z (E_z) *SIN Cámara sin eco* **MEDIDAS $3/2\lambda$**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	28.5	24	31.5	33	26	32
5°	29	26.5	26.5	32.5	28	30
10°	27.5	29	28.5	31.5	28	30
15°	26.5	29	34	30.5	27	32

20°	24	27.5	36	32	26	34
25°	20.5	25	36.5	31.5	22.5	34
30°	17	22	37	32	19	34
35°	29.5	19	38	33	25	35
40°	32	26	37.5	35	29	36
45°	32.5	28.5	35	36	30	35
50°	33	31	33	36	32	34.5
55°	33	32	26.5	36	32.5	31
60°	32.5	33	19.5	35	32	27
65°	32	33.5	26	34.5	32.5	30
70°	31.5	34	31	33.5	32.5	32
75°	29	33.5	32.5	33	31	32
80°	27	33	33	30	30	32.5
85°	25	32	34.5	22	28	28.5
90°	21.5	31	35	23	26.5	29
95°	20	29.5	35.5	24	25	31
100°	17.5	28	36	31	22	33.5
105°	15.5	28	35	33	22	34
110°	17.5	27.5	34.5	34	22.5	34
115°	20	28	34	35	24.5	34.5
120°	24	29	33.5	36	26.5	34.5
125°	28	31	30.5	38	30	34
130°	30.5	32	27	38	31	32.5
135°	31.5	34	20	38	32.5	29
140°	32	34.5	19	39	33	29
145°	32	35	16.5	38	34	27.5
150°	32.5	34.5	14	37	33	25
155°	32	33.5	11.5	36.5	32.5	24
160°	30.5	32.5	10.5	33.5	31.5	27
165°	29	31.5	15	21	30	18.5
170°	28	29.5	16	25	28.5	21
175°	16	27	14	23	21.3	18.5
180°	18	27.5	13	21.5	22.5	17.5
185°	23.5	28	7	28	26	17.5
190°	27	29	1.5	32	28	16.5
195°	27	30.5	15	31.5	29	22.5
200°	24	31	15.5	32	27.5	29
205°	20.5	30.5	16	31	26	24.5
210°	18.5	30	17	30	23	24
215°	17	28.5	20	15	22.5	17.5
220°	28	27.5	23.5	13	28	18.5
225°	30	25	23	16.5	28	20
230°	30.5	21.5	22	22.5	26	21.5
235°	30.5	23	20.5	31	26	26.5
240°	30	25	18.5	34	27.5	27
245°	28.5	32	11	35	30	24
250°	26	34	9	35	30	21.5
255°	24.5	34.5	7.5	35	29.5	22.5
260°	18	34	10	34.5	26	22.5
265°	16	33.5	5	33.5	25	20.5
270°	12	32	3	32	22	16
275°	15.5	31	9	29	22.5	20
280°	17.5	30	10	25	24	17.5
285°	16.5	27.5	8	21	20.5	15
290°	28	25	6.5	22	26.5	15
295°	29	24	12	29.5	26.5	19.5
300°	30	25	13	33	27.5	23
305°	29.5	26.5	13	33.5	28	25.5
310°	29.5	28	12.5	34.5	28.5	23
315°	29	31	12	35	30	24
320°	27	33	10	35	30	23
325°	21	34	30	33.5	25	32
330°	18	34	35	30	26	32
335°	15	34	36	29	25	32.5
340°	16	32	35.5	28	24	32
345°	18.5	28	33	29	24	32
350°	21.5	25	32.5	30	22.5	31.5
355°	23	24	32	30	23.5	31

*Medición del campo eléctrico en z Ez para un dipolo de dos longitudes de onda
(2λ) SIN Cámara sin eco Medidas 2λ*

En el **Cuadro N° 11** se presenta los resultados obtenidos para la medición del campo eléctrico en z (E_z) para un dipolo (ABP) de dos longitudes de onda (2λ) separado de la antena de indagación (AP) una distancia de 1.5 metros, **SIN Cámara sin eco**. En el cuadro indicado la primera columna corresponde al ángulo de giro θ alrededor de la antena (ABP) y las seis columnas siguientes corresponden a resultados de cada serie de mediciones en dB.

En el **Gráfico N° 8** se muestran los resultados obtenidos para cada serie de mediciones, así como el gráfico teórico haciendo referencia a la misma figura en lo que corresponden a campos medidos en color verde se muestran los resultados tal como se presentan en las tablas. En estos resultados y debido al Sistema de medición no siempre era posible hacer coincidir la posición de la plataforma móvil con el origen del desplazamiento del ángulo θ ; para obviar este problema una vez obtenidos los datos se puede hacer una rotación de la figura con el fin de reducir el error en la magnitud y que todas las medidas estén orientadas con el mismo origen, los resultados se muestran en color azul.

De los resultados obtenidos se puede decir que las figuras que más se acercan al valor teórico correspondiente son las medidas 01, 02, 04 y 05. En realidad no existe una correspondencia absoluta, pero dadas las limitaciones en el sistema de medición, como la disponibilidad de espacio adecuado podemos considerar los resultados satisfactorios.

Es importante decir que la medición de la componente en z (E_z) no presentó dificultades y no hubo necesidad de utilizar la cámara sin eco.

Cuadro N° 11.- Dipolo de dos longitudes de onda (2λ) Componente del Campo eléctrico en z (E_z) *SIN Cámara sin eco* **MEDIDAS 2λ**

θ	MEDIDA01	MEDIDA02	MEDIDA03	MEDIDA04	MEDIDA05	MEDIDA06
0°	26.5	28	24	25	25	26
5°	26	28	24	25	26	27
10°	27.5	28.5	24.5	26	25	24
15°	30	29.5	25	27	28	27.5
20°	30.5	30.5	26.5	27.5	30	27
25°	31.5	31.5	27.5	27.5	31	27
30°	32	32	27	28	31	27.5

35°	31.5	33	26.5	27.5	32	27
40°	31	33	26	27	32	26.5
45°	28	32	23	26.5	30	25
50°	23.5	31	21	25.5	27	23
55°	19	30	20	24.5	25	22
60°	18	27	20	21	23	20.5
65°	21	24	20.5	21.5	22.5	21
70°	24	21	22	22	23	22
75°	25.5	21	22.5	20	23	21
80°	25	20	21	20	22.5	20.5
85°	25	20	20	19.5	22.5	20
90°	23.5	19.5	19	19	21	19.5
95°	22.5	20.5	17.5	19	21	18
100°	21.5	19	18	19	20	19.5
105°	19	20	21	17.5	20	19
110°	18	23	22	18	21	20
115°	17.5	24	23	19	21.5	21
120°	17	25	25	20	23	22.5
125°	23	27	26	23	25	24.5
130°	26	31	26	23.5	23.5	25
135°	29	32.5	25.5	24.5	30	25
140°	32.5	32.5	25	25	32	25.5
145°	33.5	33	21	25.5	33	23
150°	34.5	32.5	10.5	26	32	28
155°	35	30	12.5	25	32.5	23
160°	34.5	26.5	13	25	29	27
165°	33.5	27	13	25	30	26
170°	33	26	16	23.5	29	24
175°	30	25.5	18	23	27	24
180°	28.5	26	19	22.5	27	22
185°	27.5	26	19	22.5	26.5	20
190°	26.5	29	19	22.5	27	22
195°	27	30.5	19	22.5	28.5	21
200°	29	32	19	24	30	22
205°	31	33	18	24.5	32	22
210°	34	32.5	16.5	25	33	20.5
215°	34.5	31.5	17	26	32	21.5
220°	35.5	30.5	17	26.5	32	21.5
225°	36	30	17	26	33	22
230°	35	28	15	26	31	21
235°	35	29	13	25.5	32	20
240°	34	30	12	25.5	32	18
245°	33	28	11.5	24.5	30	18
250°	30	26.5	11.5	24	28	17
255°	26	25	11.5	22	26	16
260°	22	22	13	16.5	22	15
265°	18	22.5	13.5	18.5	20	19
270°	12	23	13.5	19.5	17	16
275°	21	24	14	21	23	17
280°	30	25	15	22	28	19.5
285°	37	26	15.5	23	30	20
290°	33.5	27	14.5	24.5	30	20
295°	30	28	14	25	29	21
300°	31.5	28.5	13.5	25.5	29	18.5
305°	32.5	28.5	12	26	30	20
310°	33.5	29	10	25.5	30	16
315°	35.5	27.5	8	25.5	31	17
320°	32.5	26	7	23.5	30	15
325°	32	22	6.5	22	25	15
330°	29	20.5	8	21	25	15
335°	25	19	8	20	22	14
340°	21	18	9	21	20	15
345°	19	21	8	22	20	15
350	22.5	23	7.5	24	22.5	16
355°	26	24	10	25	25	17.5

4.4.- ESTUDIO COMPARATIVO

Comparación de los resultados teóricos de Campo Cercano y Lejano

Comparamos los datos teóricos (teolej) de la fórmula y los calculados (calej) por el Programa CACALEC desarrollado en la tesis, para un dipolo de media longitud de onda, con los siguiente resultados:

**Tabla de la Comparación
del Campo Lejano (Ecl) teórico y calculado**

r	θ	calej	teolej	Comparación
1	10	0.6253	0.2748	2.2755
	20	0.8087	0.5532	1.462
	30	1.039	0.8356	1.2435
	40	1.2801	1.1178	1.1452
	50	1.51	1.3893	1.0868
	60	1.7106	1.633	1.0475
	70	1.8667	1.8285	1.0209
	80	1.966	1.9558	1.0052
	90	2	2	1
1.5	10	0.686	0.2748	2.4967
	20	0.6696	0.5532	1.2104
	30	0.9261	0.8356	1.1083
	40	1.1902	1.1178	1.0648
	50	1.4436	1.3893	1.039
	60	1.6683	1.633	1.0216
	70	1.8461	1.8285	1.0096
	80	1.9605	1.9558	1.0024
	90	2	2	1
2	10	0.5099	0.2748	1.8556
	20	0.6194	0.5532	1.1197
	30	0.8864	0.8356	1.0608
	40	1.1585	1.1178	1.0364
	50	1.4199	1.3893	1.022
	60	1.6529	1.633	1.0122
	70	1.8386	1.8285	1.0055
	80	1.9585	1.9558	1.0014
	90	2	2	1
2.5	10	0.4324	0.2748	1.5736
	20	0.5957	0.5532	1.0769
	30	0.8683	0.8356	1.0392
	40	1.144	1.1178	1.0234
	50	1.409	1.3893	1.0142
	60	1.646	1.633	1.008
	70	1.8349	1.8285	1.0035
	80	1.9575	1.9558	1.0009
	90	2	2	1
3	10	0.39	0.2748	1.4194
	20	0.5828	0.5532	1.0535
	30	0.8582	0.8356	1.0271
	40	1.1361	1.1178	1.0163
	50	1.4028	1.3893	1.0097
	60	1.6418	1.633	1.0054
	70	1.8329	1.8285	1.0024
	80	1.957	1.9558	1.0006
	90	2	2	1
3.5	10	0.3642	0.2748	1.3256
	20	0.5751	0.5532	1.0396
	30	0.8523	0.8356	1.02
	40	1.1312	1.1178	1.012
	50	1.3993	1.3893	1.0072
	60	1.6396	1.633	1.0041

	70	1.8316	1.8285	1.0017
	80	1.9565	1.9558	1.0004
	90	2	2	1
4	10	0.3474	0.2748	1.2642
	20	0.5699	0.5532	1.0303
	30	0.8485	0.8356	1.0154
	40	1.1283	1.1178	1.0093
	50	1.3972	1.3893	1.0057
	60	1.6381	1.633	1.0031
	70	1.8313	1.8285	1.0015
	80	1.9567	1.9558	1.0005
	90	2	2	1
4.5	10	0.3353	0.2748	1.2203
	20	0.5665	0.5532	1.024
	30	0.8454	0.8356	1.0118
	40	1.1257	1.1178	1.0071
	50	1.3952	1.3893	1.0042
	60	1.6368	1.633	1.0023
	70	1.8306	1.8285	1.0011
	80	1.9563	1.9558	1.0003
	90	2	2	1
5	10	0.326	0.2748	1.1865
	20	0.5637	0.5532	1.019
	30	0.8436	0.8356	1.0095
	40	1.1244	1.1178	1.0059
	50	1.3942	1.3893	1.0035
	60	1.636	1.633	1.0019
	70	1.8303	1.8285	1.001
	80	1.9564	1.9558	1.0003
	90	2	2	1
5.5	10	0.3192	0.2748	1.1618
	20	0.5621	0.5532	1.0161
	30	0.8423	0.8356	1.008
	40	1.123	1.1178	1.0047
	50	1.3933	1.3893	1.0029
	60	1.6356	1.633	1.0016
	70	1.8299	1.8285	1.0008
	80	1.956	1.9558	1.0001
	90	2	2	1
6	10	0.3138	0.2748	1.1421
	20	0.561	0.5532	1.0141
	30	0.8414	0.8356	1.007
	40	1.1225	1.1178	1.0042
	50	1.3928	1.3893	1.0025
	60	1.6354	1.633	1.0015
	70	1.83	1.8285	1.0008
	80	1.9562	1.9558	1.0002
	90	2	2	1
6.5	10	0.3101	0.2748	1.1287
	20	0.5593	0.5532	1.0112
	30	0.8403	0.8356	1.0057
	40	1.1213	1.1178	1.0031
	50	1.3919	1.3893	1.0018
	60	1.6345	1.633	1.0009
	70	1.8296	1.8285	1.0006
	80	1.9558	1.9558	1
	90	2	2	1
7	10	0.3063	0.2748	1.1146
	20	0.559	0.5532	1.0106
	30	0.8399	0.8356	1.0052
	40	1.1215	1.1178	1.0033
	50	1.3919	1.3893	1.0019
	60	1.635	1.633	1.0012
	70	1.8298	1.8285	1.0007
	80	1.9559	1.9558	1
	90	2	2	1
7.5	10	0.3032	0.2748	1.1034
	20	0.5576	0.5532	1.008
	30	0.839	0.8356	1.0041

	40	1.1212	1.1178	1.003
	50	1.3914	1.3893	1.0015
	60	1.6345	1.633	1.0009
	70	1.8296	1.8285	1.0006
	80	1.9565	1.9558	1.0003
	90	2	2	1
8	10	0.3014	0.2748	1.0969
	20	0.557	0.5532	1.007
	30	0.8387	0.8356	1.0038
	40	1.1204	1.1178	1.0023
	50	1.391	1.3893	1.0012
	60	1.6343	1.633	1.0008
	70	1.8287	1.8285	1.0001
	80	1.956	1.9558	1.0001
	90	2	2	1
8.5	10	0.2991	0.2748	1.0884
	20	0.557	0.5532	1.0069
	30	0.8384	0.8356	1.0034
	40	1.1199	1.1178	1.0018
	50	1.3912	1.3893	1.0013
	60	1.6344	1.633	1.0008
	70	1.8291	1.8285	1.0003
	80	1.9558	1.9558	1
	90	2	2	1
9	10	0.2974	0.2748	1.0825
	20	0.5565	0.5532	1.006
	30	0.8384	0.8356	1.0033
	40	1.1202	1.1178	1.0021
	50	1.3913	1.3893	1.0014
	60	1.6344	1.633	1.0009
	70	1.8289	1.8285	1.0002
	80	1.9559	1.9558	1
	90	2	2	1
9.5	10	0.296	0.2748	1.0772
	20	0.5558	0.5532	1.0048
	30	0.838	0.8356	1.0029
	40	1.1192	1.1178	1.0013
	50	1.39	1.3893	1.0005
	60	1.6333	1.633	1.0002
	70	1.829	1.8285	1.0003
	80	1.9553	1.9558	0.9998
	90	2	2	1
10	10	0.2948	0.2748	1.0728
	20	0.5563	0.5532	1.0056
	30	0.8374	0.8356	1.0022
	40	1.1196	1.1178	1.0015
	50	1.3907	1.3893	1.001
	60	1.6338	1.633	1.0005
	70	1.8289	1.8285	1.0002
	80	1.956	1.9558	1.0001
	90	2	2	1

Como podemos observar a medida que el ángulo θ se aleja de cero y r aumenta los resultados de la comparación, arrojan errores menores al 1%.

A continuación presentamos el **Cuadro N° 12** en los que se encuentran en la primera columna el ángulo de giro θ y en las siguientes los resultados del Campo Lejano Teórico (teolej) evaluado con la fórmula y Calculado por el programa (calej) CACELEC (Con el campo cercano resultante calculado con el programa (4.2)) para las diferentes longitudes de onda.

Cuadro N° 12 .- Valores del Campo Lejano calculado (calej) y teórico (teolej) para dipolos de media ($\lambda/2$), una (λ), tres medios ($3/2\lambda$) y dos (2λ) longitudes de onda

θ	calej($\lambda/2$)	teolej($\lambda/2$)	calej(λ)	teolej(λ)	calej($3/2\lambda$)	teolej($3/2\lambda$)	calej(2λ)	teolej(2λ)
0°	0,2117	0,1372	0,0346	0,0008	0,4750	0,2964	0,1345	0,0028
5°	0,3203	0,2748	0,0532	0,0066	0,7165	0,5932	0,2061	0,0227
10°	0,4467	0,4134	0,0783	0,0221	0,9925	0,8897	0,3012	0,0763
15°	0,5802	0,5532	0,1131	0,0523	1,2715	1,1808	0,4302	0,1794
20°	0,7171	0,6939	0,1640	0,1017	1,5339	1,4562	0,6099	0,3443
25°	0,8562	0,8356	0,2368	0,1746	1,7591	1,7002	0,8481	0,5773
30°	0,9956	0,9773	0,3358	0,2739	1,9229	1,8903	1,1353	0,8729
35°	1,1342	1,1178	0,4625	0,4016	2,0000	1,9994	1,4427	1,2095
40°	1,2702	1,2559	0,6167	0,5576	1,9664	2,0000	1,7247	1,5482
45°	1,4016	1,3893	0,7950	0,7393	1,8057	1,8682	1,9273	1,8327
50°	1,5260	1,5158	0,9917	0,9410	1,5146	1,5919	2,0000	2,0000
55°	1,6411	1,6330	1,1981	1,1547	1,1101	1,1760	1,9117	1,9966
60°	1,7441	1,7381	1,4036	1,3691	0,6439	0,6488	1,6668	1,7972
65°	1,8325	1,8285	1,5957	1,5709	0,3332	0,0629	1,3184	1,4230
70°	1,9042	1,9018	1,7620	1,7468	0,6184	0,5129	0,9780	0,9446
75°	1,9568	1,9558	1,8907	1,8835	1,0130	0,9997	0,7960	0,4725
80°	1,9890	1,9888	1,9721	1,9702	1,2888	1,3255	0,8006	0,1270
85°	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,3865	1,4403	0,8317	0,0000
90°	1,9890	1,9888	1,9721	1,9702	1,2888	1,3255	0,8006	0,1270
95°	1,9568	1,9558	1,8907	1,8835	1,0130	0,9997	0,7960	0,4726
100°	1,9042	1,9018	1,7620	1,7468	0,6184	0,5129	0,9780	0,9446
105°	1,8325	1,8285	1,5957	1,5708	0,3332	0,0630	1,3184	1,4230
110°	1,7441	1,7381	1,4036	1,3690	0,6439	0,6489	1,6668	1,7972
115°	1,6411	1,6330	1,1981	1,1547	1,1101	1,1760	1,9117	1,9966
120°	1,5260	1,5158	0,9917	0,9410	1,5146	1,5919	2,0000	2,0000
125°	1,4016	1,3893	0,7950	0,7393	1,8057	1,8682	1,9273	1,8327
130°	1,2702	1,2559	0,6167	0,5576	1,9664	2,0000	1,7247	1,5482
135°	1,1342	1,1178	0,4625	0,4016	2,0000	1,9994	1,4427	1,2095
140°	0,9956	0,9773	0,3358	0,2739	1,9229	1,8902	1,1353	0,8729
145°	0,8562	0,8356	0,2368	0,1745	1,7591	1,7002	0,8481	0,5773
150°	0,7171	0,6939	0,1640	0,1017	1,5339	1,4561	0,6099	0,3443
155°	0,5802	0,5532	0,1131	0,0523	1,2715	1,1808	0,4302	0,1793
160°	0,4467	0,4134	0,0783	0,0221	0,9925	0,8897	0,3012	0,0763
165°	0,3203	0,2748	0,0532	0,0066	0,7165	0,5932	0,2061	0,0226
170°	0,2117	0,1372	0,0346	0,0008	0,4750	0,2964	0,1345	0,0028
175°	0,1602	0,0000	0,0262	0,0000	0,3597	0,0000	0,1020	0,0000
180°	0,2117	0,1372	0,0346	0,0008	0,4750	0,2965	0,1345	0,0028
185°	0,3203	0,2748	0,0532	0,0066	0,7165	0,5932	0,2061	0,0227
190°	0,4467	0,4134	0,0783	0,0221	0,9925	0,8897	0,3012	0,0763
195°	0,5802	0,5532	0,1131	0,0523	1,2715	1,1809	0,4302	0,1794
200°	0,7171	0,6939	0,1640	0,1017	1,5339	1,4562	0,6099	0,3443
205°	0,8562	0,8356	0,2368	0,1746	1,7591	1,7002	0,8481	0,5773
210°	0,9956	0,9773	0,3358	0,2740	1,9229	1,8903	1,1353	0,8729
215°	1,1342	1,1178	0,4625	0,4016	2,0000	1,9994	1,4427	1,2095
220°	1,2702	1,2559	0,6167	0,5576	1,9664	2,0000	1,7247	1,5482
225°	1,4016	1,3893	0,7950	0,7394	1,8057	1,8682	1,9273	1,8327
230°	1,5260	1,5158	0,9917	0,9410	1,5146	1,5919	2,0000	2,0000
235°	1,6411	1,6330	1,1981	1,1547	1,1101	1,1759	1,9117	1,9966
240°	1,7441	1,7382	1,4036	1,3691	0,6439	0,6488	1,6668	1,7971
245°	1,8325	1,8285	1,5957	1,5709	0,3332	0,0629	1,3184	1,4229
250°	1,9042	1,9018	1,7620	1,7468	0,6184	0,5130	0,9780	0,9445
255°	1,9568	1,9558	1,8907	1,8835	1,0130	0,9998	0,7960	0,4725

260°	1,9890	1,9888	1,9721	1,9702	1,2888	1,3255	0,8006	0,1270
265°	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,3865	1,4403	0,8317	0,0000
270°	1,9890	1,9888	1,9721	1,9702	1,2888	1,3254	0,8006	0,1270
275°	1,9568	1,9558	1,8907	1,8835	1,0130	0,9997	0,7960	0,4726
280°	1,9042	1,9018	1,7620	1,7467	0,6184	0,5128	0,9780	0,9447
285°	1,8325	1,8285	1,5957	1,5708	0,3332	0,0630	1,3184	1,4230
290°	1,7441	1,7381	1,4036	1,3690	0,6439	0,6489	1,6668	1,7972
295°	1,6411	1,6330	1,1981	1,1547	1,1101	1,1761	1,9117	1,9966
300°	1,5260	1,5158	0,9917	0,9410	1,5146	1,5920	2,0000	2,0000
305°	1,4016	1,3893	0,7950	0,7393	1,8057	1,8682	1,9273	1,8327
310°	1,2702	1,2558	0,6167	0,5576	1,9664	2,0000	1,7247	1,5481
315°	1,1342	1,1178	0,4625	0,4016	2,0000	1,9994	1,4427	1,2094
320°	0,9956	0,9773	0,3358	0,2739	1,9229	1,8902	1,1353	0,8729
325°	0,8562	0,8356	0,2368	0,1745	1,7591	1,7002	0,8481	0,5772
330°	0,7171	0,6939	0,1640	0,1017	1,5339	1,4561	0,6099	0,3442
335°	0,5802	0,5532	0,1131	0,0523	1,2715	1,1808	0,4302	0,1793
340°	0,4467	0,4134	0,0783	0,0221	0,9925	0,8897	0,3012	0,0762
345°	0,3203	0,2748	0,0532	0,0066	0,7165	0,5931	0,2061	0,0226
350	0,2117	0,1372	0,0346	0,0008	0,4750	0,2964	0,1345	0,0028
355°	0,1602	0,0000	0,0262	0,0000	0,3597	0,0000	0,1020	0,0000

En el **Gráfico N° 12** presentamos Comparación de los valores del Cuadro N° 12 y podemos observar que existe gran analogía entre el valor teórico y el calculado por el programa para las diferentes longitudes de onda, es importante recalcar que estos diagramas se encuentran desfasados 90°, debido a que el origen de Excel, en los que está realizado el Gráfico N° 12, está desfasado 90° con respecto al origen de Visual Basic.

Comparación de los resultados experimentales del Campo Cercano Resultante y Campo Lejano teóricos y calculados

A continuación presentamos los resultados prácticos del programa, por etapas:

- La Primera Etapa se refiere al Campo Cercano Resultante, cuyo algoritmo es el siguiente: la magnitud y fase de los campos eléctricos E_y y E_z son respectivamente la magnitud y fase de los vectores de variable compleja de E_y y E_z , de estos vectores complejos separamos la parte real y la parte imaginaria en dos sistemas de coordenadas 3DR y 3DI, luego en cada uno de los sistemas anteriores encontramos el vector resultante real e imaginario que son a su vez las componentes del Campo Cercano Resultante y luego la magnitud y la fase de este Campo Resultante, que es el valor que se gráfica.
- La Segunda Etapa se refiere al Campo Lejano Calculado por el programa CACALEC, que en su parte primordial elimina la influencia de la componente radial y establece una doble sumatoria en θ (la posición física) y en la fase eléctrica φ , que determinan la magnitud del Campo Lejano Resultante, teniendo en cuenta que tanto θ como φ siempre son positivos (en el caso de ser negativos se suma 2π radianes). Debido a las limitaciones en las cercanías de cero se producen errores que se reflejan en el resultado final como una constante que afecta a todos los datos del problema.

La notación utilizada representa lo siguiente:

{nombre de la tabla de E_y } {número de medida en z }/{número de medida en y }

Por ejemplo: **(Medidas $\lambda/2$ MEDIDA 1/MEDIDA 3)**, significa que del Campo en z (E_z) se tomó la MEDIDA01 y del Campo en y (E_y) de la tabla Medidas $\lambda/2$ se tomó la MEDIDA03.

A continuación presentamos los gráficos del Campo Cercano Resultante Calculado con su respectivo Campo Lejano calculado.

Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de media longitud de onda ($\lambda/2$) CON Cámara sin eco Medidas $\lambda/2$

En el **Gráfico N° ccr1** se presenta la magnitud y la fase del **Campo Cercano Resultante** para un dipolo de media longitud de onda del que se tomaron datos del Campo en y **Ey** de la Tabla **Medidas $\lambda/2$** .

Como podemos observar existe gran similitud entre los gráficos del **Campo Cercano Resultante** de las mediciones y del teórico, lo que representa que el fundamento teórico desarrollado en este trabajo es idóneo .

En el **Gráfico N° clc1** se presenta la correspondiente magnitud y fase del **Campo Lejano Calculado** del Gráfico N° ccr1

Es visible encontrar un gran parecido entre los gráficos del **Campo Lejano Calculado** de las mediciones y del Campo Lejano teórico, que indica que los criterios utilizados para encontrar el campo lejano son adecuados.

Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de media longitud de onda($\lambda/2$) SIN Cámara sin eco Medidas $\lambda/2$ A

En el **Gráfico N° ccr2** se presenta la magnitud y la fase del **Campo Cercano Resultante** para un dipolo de media longitud de onda del que se tomaron datos del Campo en y **Ey** de la Tabla **Medidas $\lambda/2$ A**.

Como podemos observar existe gran similitud entre los gráficos del **Campo Cercano Resultante** de las mediciones y del teórico, lo que representa que el fundamento teórico desarrollado en este trabajo es idóneo .

En el **Gráfico N° clc2** se presenta la correspondiente magnitud y fase del **Campo Lejano Calculado** del Gráfico N° ccr2

Es visible encontrar un gran parecido entre los gráficos del **Campo Lejano Calculado** de las mediciones y del Campo Lejano teórico, que indica que los criterios utilizados para encontrar el campo lejano son adecuados.

Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de una longitud de onda (λ) CON Cámara sin ecoMedidas λ

En el **Gráfico N° ccr3** se presenta la magnitud y la fase del **Campo Cercano Resultante** para un dipolo de una longitud de onda del que se tomaron datos del Campo en y **Ey** de la Tabla **Medidas λ** .

Como podemos observar existe gran similitud entre los gráficos del **Campo Cercano Resultante** de las mediciones y del teórico, lo que representa que el fundamento teórico desarrollado en este trabajo es idóneo .

En el **Gráfico N° clc3** se presenta la correspondiente magnitud y fase del **Campo Lejano Calculado** del Gráfico N° ccr3

Es visible encontrar un gran parecido entre los gráficos del **Campo Lejano Calculado** de las mediciones y del Campo Lejano teórico, que indica que los criterios utilizados para encontrar el campo lejano son adecuados.

Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) CON Cámara sin ecoMedidas $3/2\lambda$

En el **Gráfico N° ccr4** se presenta la magnitud y la fase del **Campo Cercano Resultante** para un dipolo de tres medios de longitud de onda del que se tomaron datos del Campo en y **Ey** de la Tabla **Medidas $3/2\lambda$** .

Como podemos observar existe gran similitud entre los gráficos del **Campo Cercano Resultante** de las mediciones y del teórico, lo que representa que el fundamento teórico desarrollado en este trabajo es idóneo .

En el **Gráfico N° clc4** se presenta la correspondiente magnitud y fase del **Campo Lejano Calculado** del Gráfico N° ccr4

Es visible encontrar un gran parecido entre los gráficos del **Campo Lejano Calculado** de las mediciones y del Campo Lejano teórico, que indica que los criterios utilizados para encontrar el campo lejano son adecuados.

Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de tres medios de longitud de onda ($3/2\lambda$) SIN Cámara sin eco Medidas $3/2\lambda$ A

En el **Gráfico N° ccr5** se presenta la magnitud y la fase del **Campo Cercano Resultante** para un dipolo de tres medios de longitud de onda del que se tomaron datos del Campo en y **Ey** de la Tabla **Medidas $3/2\lambda$ A**.

Como podemos observar existe gran similitud entre los gráficos del **Campo Cercano Resultante** de las mediciones y del teórico, lo que representa que el fundamento teórico desarrollado en este trabajo es idóneo .

En el **Gráfico N° clc5** se presenta la correspondiente magnitud y fase del **Campo Lejano Calculado** del Gráfico N° ccr5

Es visible encontrar un gran parecido entre los gráficos del **Campo Lejano Calculado** de las mediciones y del Campo Lejano teórico, que indica que los criterios utilizados para encontrar el campo lejano son adecuados.

*Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ) SIN Cámara sin eco***Medidas 2λ**

En el **Gráfico N° ccr6** se presenta la magnitud y la fase del **Campo Cercano Resultante** para un dipolo de dos longitudes de onda del que se tomaron datos del Campo en y **Ey** de la Tabla **Medidas 2λ** .

Como podemos observar existe gran similitud entre los gráficos del **Campo Cercano Resultante** de las mediciones y del teórico, lo que representa que el fundamento teórico desarrollado en este trabajo es idóneo .

En el **Gráfico N° clc6** se presenta la correspondiente magnitud y fase del **Campo Lejano Calculado** del Gráfico N° ccr6

Es visible encontrar un gran parecido entre los gráficos del **Campo Lejano Calculado** de las mediciones y del Campo Lejano teórico, que indica que los criterios utilizados para encontrar el campo lejano son adecuados.

Campo Cercano Resultante y Campo Lejano Calculado para un dipolo de dos longitudes de onda (2λ) CON Cámara sin ecoMedidas 2λ A

En el **Gráfico N° ccr7** se presenta la magnitud y la fase del **Campo Cercano Resultante** para un dipolo de dos longitudes de onda del que se tomaron datos del Campo en y **Ey** de la Tabla **Medidas 2λ A**.

Como podemos observar existe gran similitud entre los gráficos del **Campo Cercano Resultante** de las mediciones y del teórico, lo que representa que el fundamento teórico desarrollado en este trabajo es idóneo .

En el **Gráfico N° clc7** se presenta la correspondiente magnitud y fase del **Campo Lejano Calculado** del Gráfico N° ccr7

Es visible encontrar un gran parecido entre los gráficos del **Campo Lejano Calculado** de las mediciones y del Campo Lejano teórico, que indica que los criterios utilizados para encontrar el campo lejano son adecuados.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El marco teórico para encontrar la relación existente entre los campos electromagnético cercano y lejano, al tener componentes reales e imaginarias en las tres dimensiones físicas se desarrollo suponiendo dos sistemas de coordenadas (uno real y otro imaginario) simultáneamente presentes y perpendiculares en todo y cada uno de sus componentes.
- Se escogió un sistema de coordenadas esférico por la conveniencia de evaluar las medidas circulares concéntricas para mayor facilidad .
- El algoritmo utilizado enfrenta parámetros en diferentes dimensiones uno de ellos es la fase del campo electromagnético que lamentablemente no se la pudo medir y otro es la magnitudes físicas y eléctricas del fenómeno, utiliza un doble sumatorio en el ángulo de variación de la azimuth y en la fase eléctrica total.
- En las pruebas teóricas se calculó las componentes del campo cercano en magnitud y fase; ulteriormente se evaluó estos valores en el programa CACELEJ diseñado en está tesis, y se comparo la cantidad calculado con el valor teórico, y se determinó que en las cercanías del cero existía el mayor error, este se debe a que en la doble integral se utilizan funciones con valores indeterminados en la cercanía del cero, pero luego a partir de 7° los errores se reducen hasta menos del 1%.
- Para realizar las mediciones se reparo el Rotor Cornell Dubilier CDR del Laboratorio de Propagación y Antenas.
- Es favorable la utilización de la antena encapsulada ya que se obtienen buenos resultados , casi como si estuviéramos en una cámara sin eco totalmente aislada, pero hay que tener muy en cuenta que se debe trabajar en rangos de frecuencia apartados de cualquier frecuencia utilizada y un perfecto acoplamiento entre la antena de prueba y el medidor de campo por lo que se utilizó un cable coaxial para reducir totalmente las pérdidas y hay que evitar cualquier tipo de movimiento mientras se realizan las pruebas.

- La Cámara sin eco, se construyó para mejorar las medidas de campo en y que tenían gran dificultad para conseguir las.
- El programa CACELEC es interactivo y está desarrollado en base a eventos y objetos con un sin número de mensajes que permiten saber exactamente en que parte del mismo se encuentra.
- El programa CACELEC posee un sistema de Normalización que localiza el mayor valor ($V_{m\acute{a}x}$) de la medición en dB y con la siguiente fórmula iguala este valor a $1 \{10^{(V_{med}-V_{max})/20}\}$ y normaliza los demás valores medidos V_{med} .
- El programa CACELEC posee un sistema de Comparación entre la medida realizada y el campo teórico, que encuentra el menor error entre estos dos valores y rota el valor medido para que se asemeje más al valor teórico y asigna al valor rotado la fase correspondiente teórica (en el caso que no exista esta medición).
- El programa CACELEC posee un sistema de Suavizamiento de curvas que trabaja con un vector de tres valores medidos comparando el vector central $vec(i)$ con el anterior $vec(i-1)$ y siguiente $vec(i+1)$, si en ambos casos el valor del vector central es mayor en un 60 % al de los otros vectores reemplaza este vector por la media geométrica de los vectores $vec(i-1)$ y $vec(i+1)$.
- La fase resultante del campo cercano siempre tiene que ser positiva, en el caso de ser negativa se tiene que sumar 2π radianes.
- Como existe incertidumbre en el valor cero de nuestro sumatorio, por que las funciones utilizadas tienden a infinito en este valor, se empezó el sumatorio desde un valor épsilon ξ cercano a cero ($1E-7$).
- En la parte de los sumatorios fue necesario multiplicar la función encontrada por una constante $1E-11$ para evitar un Over flow en la cantidad que se iba acumulando.

ANEXOS

ANEXO A

SIMBOLOGÍA UTILIZADA

Lista de Acrónimos

ABP	Antena bajo prueba
AP	Antena de prueba o indagación
CACELEJ	Nombre del programa desarrollado en esta tesis
CEM	Compatibilidad electromagnética
E	Campo eléctrico
EBP	Equipo bajo prueba
FPB	Filtro pasa banda
H	Campo magnético
IEM	Interferencia electromagnética
RSR(SNR)	Relación señal a ruido
TDF	Transformada Discreta de Fourier
TF	Transformada de Fourier
TRF	Transformada Rápida de Fourier

ANEXO B

LISTADO DEL PROGRAMA

Frm Ccer.txt

Sub cancelcerlej_Click ()

```
numed.Text = ""  
frecuen.Text = ""  
h.Text = ""  
ere.Text = ""  
Option1.Value = False  
Option2.Value = False  
Label3.Visible = False  
h.Visible = False  
mindat.Enabled = False  
numed.SetFocus  
Unload FrmIngreso
```

End Sub

Sub Centrar (frm As Form)

'Centra la forma a la mitad de la pantalla

```
frm.Move (Screen.Width - frm.Width) / 2, (Screen.Height - frm.Height) / 2
```

End Sub

Sub Form_Load ()

```
Centrar Me
```

End Sub

Sub grafccres_Click ()

```
Load Formccer  
Load grafiresul  
Formccer.Hide  
grafiresul.Show
```

End Sub

Sub grafccyz_Click ()

```
Load Formccer  
Load graficompo  
Formccer.Hide  
graficompo.Show
```

End Sub

Sub grafclej_Click ()

```
Load Formccer  
Load graflejano  
Formccer.Hide  
graflejano.Show
```

End Sub

Sub masal_Click ()

```
End
```

End Sub

Sub menucon_Click ()

```
FrmIngreso.Hide
```

```

Load frmConsulta
frmConsulta.Show
End Sub

```

```

Sub merejec_Click ()
PRINCIPAL
MsgBox "BIEN EJECUCION"
End Sub

```

```

Sub midauto_Click ()
Load FRMAUTO
FRMAUTO.Show
End Sub

```

```

Sub midmanu_Click ()
'Unload Formccer
Formccer.Hide
'Unload frmingreso
FrmIngreso.Hide
Load Manual
Manual.Show
End Sub

```

```

Sub okcerlej_Click (Index As Integer)
If (Val(numed.Text) = 0 Or Len(numed.Text) = 0) Then
    M$ = "Ingreso datos erróneos"
    MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif (Val(frecuen.Text) = 0 Or Len(frecuen.Text) = 0) Then
    M$ = "Ingreso datos erróneos"
    MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif (Val(ere.Text) = 0 Or Len(ere.Text) = 0) Then
    M$ = "Ingreso datos erróneos"
    MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif (Val(Option1) = False And Val(Option2) = False) Then
    M$ = "Ingreso datos erróneos"
    h.Enabled = False
    MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif (Val(h.Text) = 0 Or Len(h.Text) = 0) And Val(Option1) = True Then
    M$ = "Ingreso datos erróneos"
    MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif (Val(Option1) = True And Val(Option2) = False) Then
    h.Enabled = True
    mindat.Enabled = True
Elseif (Val(Option1) = False And Val(Option2) = True) Then
    h.Enabled = True
    mindat.Enabled = True
End If
freq = Val(frecuen.Text)
numed = Val(numed.Text)
medidas = numed
ache = Val(h.Text)
dist = Val(ere.Text)
MsgBox " el valor de numed es " & numed & " el valor de la frecuencia es " & freq & " Mega
Hertz y el valor de la distancia R es " & dist
'Unload frmingreso
End Sub

```

```

Sub Option1_GotFocus ()
h.Visible = True
h.Enabled = True

```

```
Label3.Visible = True
End Sub
```

```
Sub Option2_GotFocus ()
    h.Visible = False
    h.Enabled = False
    Label3.Visible = False
End Sub
```

Frm consul4.txt

```
Dim FDS As dynaset
Const OFN_FILEMUSTEXIST = &H1000&
Dim b As Integer
```

```
Sub abrirArchivo (ByVal ArchivoDeDatos As String)
    Dim i As Integer
    ' dtaTabla.Connect = " "
    dtaTabla.DatabaseName = ArchivoDeDatos
    ' dtaTabla.ReadOnly = True
    ' dtaTabla.Exclusive = True
    dtaTabla.Refresh
    For i = 0 To dtaTabla.Database.TableDefs.Count - 1
        cboTablas.AddItem dtaTabla.Database.TableDefs(i).Name
    Next i
    cboTablas.Text = "(Ninguna)"
End Sub
```

```
Sub cboTablas_Click ()
    Rellenar cboTablas.Text
End Sub
```

```
Sub Centrar (frm As Form)
    frm.Move (Screen.Width - frm.Width) / 2, (Screen.Height - frm.Height) / 2
End Sub
```

```
Sub cmdAbrir_Click ()
    cboTablas.Clear
    dlogo.DefaultExt = ".MDB"
    dlogo.FileName = ""
    dlogo.Filter = "Bases de Datos (*.MDB)*.MDB|Todos los Archivos (*.*)|*.*"
    dlogo.Flags = OFN_FILEMUSTEXIST
    dlogo.Action = 1
    If dlogo.FileName = "" Then Exit Sub
    abrirArchivo dlogo.FileName
End Sub
```

```
Sub cmdIngreso_Click ()
    'Unload frmConsulta
    frmConsulta.Hide
    If cboTablas.Text = "MEDICIONES CAMPO CERCANO" Then
        Load frmIngreso
        frmIngreso.Show
        Exit Sub
    Else
        MsgBox "Escogió mal la tabla"
        Load frmConsulta
        frmConsulta.Show
        Exit Sub
    End If
End Sub
```

```
End If
'Unload frmConsulta
End Sub
```

Sub cmdSalir_Click ()

```
Unload frmConsulta
frmConsulta.Hide
Load Formccer
Formccer.Show
End Sub
```

Sub Form_Load ()

```
Centrar Me
b = 0
cmdIngreso.Visible = False
End Sub
```

Sub Rellenar (ByVal NombreDeLaTabla As String)

```
Dim i As Integer
Dim anchoc As Integer
dtaTabla.RecordSource = NombreDeLaTabla
'grdDatos.Cols = dtaTabla.Database(NombreDeLaTabla).Fields.Count - 1
grdDatos.Row = 0
```

```
For i = 0 To dtaTabla.Database(NombreDeLaTabla).Fields.Count - 1
grdDatos.Cols = i + 1
grdDatos.Col = i
```

```
grdDatos.Text = dtaTabla.Database(NombreDeLaTabla).Fields(i).Name
grdDatos.ColWidth(i) = TextWidth(grdDatos.Text) + 100
Next i
```

```
dtaTabla.Refresh
```

```
dtaTabla.Recordset.MoveLast
grdDatos.Rows = dtaTabla.Recordset.RecordCount + 1
```

```
dtaTabla.Recordset.MoveFirst
grdDatos.Row = 0
```

```
Do While Not dtaTabla.Recordset.EOF
grdDatos.Row = grdDatos.Row + 1
For i = 0 To dtaTabla.Database(NombreDeLaTabla).Fields.Count - 1
grdDatos.Col = i
```

```
If IsNull(dtaTabla.Recordset(i).Value) Then
grdDatos.Text = " "
Else
grdDatos.Text = dtaTabla.Recordset(i).Value
End If
anchoc = TextWidth(grdDatos.Text) + 100
If anchoc > grdDatos.ColWidth(i) Then
grdDatos.ColWidth(i) = anchoc
End If
Next i
```

```
dtaTabla.Recordset.MoveNext
Loop
cmdIngreso.Visible = True
```

```
cmdAbrir.Enabled = False
End Sub
```

Sub Timer1_Timer ()

```
If b = 0 Then
  Img1.Visible = True
  Img2.Visible = False
  b = 1
Else
  Img1.Visible = False
  Img2.Visible = True
  b = 0
End If
End Sub
```

Frm forauto.txt

Sub cmdContinuar_Click ()

```
If Len(dirarchivoyy.Text) = 0 Then
  M$ = "Ingreso datos erróneos"
  MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif Len(tablayy.Text) = 0 Then
  M$ = "Ingreso datos erróneos"
  MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif Len(dirarchivozz.Text) = 0 Then
  M$ = "Ingreso datos erróneos"
  MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif Len(tablazz.Text) = 0 Then
  M$ = "Ingreso datos erróneos"
  MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif Len(Eymag.Text) = 0 Then
  M$ = "Ingreso datos erróneos"
  MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif Len(Ezmag.Text) = 0 Then
  M$ = "Ingreso datos erróneos"
  MsgBox M$, MB_ICONSTOP
Elseif Len(Eyfase.Text) = 0 & Len(Ezfase.Text) = 0 Then
  AUTOARCHIVOYY = dirarchivoyy.Text
  autotablayy = tablayy.Text
  AUTOARCHIVOZZ = dirarchivozz.Text
  autotablazz = tablazz.Text
  AUTOEYMAG = Eymag.Text
  AUTOEZMAG = Ezmag.Text
  M$ = "Solo existen datos de la magnitud"
  MsgBox M$, MB_ICONSTOP
```

```
borrado "c:\vb\fertes\cccl.mdb", "mediciones campo cercano"
borrado "c:\vb\fertes\cccl.mdb", "camcercal"
```

TEORICO

NORMALIZAR AUTOARCHIVOYY, AUTOARCHIVOZZ, autotablayy, autotablazz, AUTOEYMAG, AUTOEZMAG

COMPARAR

MAGNITUDFASE

LLENARCCMAGFASE

```

Else
AUTOARCHIVOYY = dirarchivoyy.Text
autotablays = tablays.Text
AUTOARCHIVOZZ = dirarchivozz.Text
autotablazz = tablazz.Text
AUTOEYMAG = Eymag.Text
autoEyfase = Eyfase.Text
AUTOEZMAG = Ezmag.Text
autoEzfase = Ezfase.Text
    M$ = "Existen datos de magnitud y fase"
    MsgBox M$, MB_ICONSTOP

```

NORMALIZAR AUTOARCHIVOYY, AUTOARCHIVOZZ, autotablays, autotablazz, AUTOEYMAG, AUTOEZMAG

```

    Dim BASEYY As database
    Dim dinayy As dynaset
    Dim BASEZZ As database
    Dim dinazz As dynaset
    Set BASEYY = OpenDatabase(AUTOARCHIVOYY, False, True)
    Set dinayy = BASEYY.CreateDynaset(autotablays)
    Set BASEZZ = OpenDatabase(AUTOARCHIVOZZ, False, True)
    Set dinazz = BASEZZ.CreateDynaset(autotablazz)
i = 0
Do While dinayy.EOF = False
    aufaseyy(i) = dinayy(autoEyfase)
    aufasezz(i) = dinazz(autoEzfase)
    aumagniy(i) = aumagniy(i)
    aumagniz(i) = aumagniz(i)
    i = i + 1
    dinayy.MoveNext
Loop

```

MAGNITUDFASE

LLENARCCMAGFASE

End If

End Sub

Sub cmdSalir_Click ()

```

frmauto.Hide
Load Formccer
Formccer.Show

```

End Sub

Frm Grafico4.txt

Sub CCYZIMPRIMIR_Click ()

```

CURRENTX = 500
CURRENTY = 1000
GRAFICOMPO.PrintForm

```

End Sub

Sub cmdgrafccsal_Click ()

```

Unload GRAFICOMPO
GRAFICOMPO.Hide

```

```

Load Formccer
Formccer.Show
End Sub

```

Sub Graf1_Click ()

```

Dim gralej As Database, CAM As dynaset
Dim i As Long
Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
Set CAM = gralej.CreateDynaset("CAMCERCAL", 4)
i = Int(medidas)'72
GRAFICOMPO.Graf1.NumPoints = i
Do While CAM.EOF = False
  GRAFICOMPO.Graf1.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("Número"), 1, 3))
  GRAFICOMPO.Graf1.GraphData = CAM("EYMAG")
  CAM.MoveNext
Loop
GRAFICOMPO.Graf1.DrawMode = 2
MsgBox ("Bien")
End Sub

```

Sub GRAF11_Click ()

```

Dim gralej As Database, CAM As dynaset, NOR As dynaset
Dim i As Long
Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb")
Set CAM = gralej.CreateDynaset("medicion2", 4)
Set NOR = gralej.CreateDynaset("medicion3", 4)
i = Int(medidas)
GRAFICOMPO.GRAF11.NumPoints = i
GRAFICOMPO.GRAF11.NumSets = 2
Do While CAM.EOF = False
  GRAFICOMPO.GRAF11.ThisSet = 1
  GRAFICOMPO.GRAF11.ThisPoint = Val(Mid$(NOR("NUMERO"), 1, 3))
  GRAFICOMPO.GRAF11.GraphData = CAM("CCMAGYY")
  GRAFICOMPO.GRAF11.ThisSet = 2
  GRAFICOMPO.GRAF11.ThisPoint = Val(Mid$(NOR("NUMERO"), 1, 3))
  GRAFICOMPO.GRAF11.GraphData = NOR("CCMAGYY")
  GRAFICOMPO.GRAF11.ColorData = 1
  NOR.MoveNext
  CAM.MoveNext
Loop
GRAFICOMPO.GRAF11.DrawMode = 2
MsgBox ("Bien")
End Sub

```

Sub GRAFO_Click ()

```

Dim gralej As Database, CAM As dynaset
Dim i As Long
Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
Set CAM = gralej.CreateDynaset("CAMCERCAL", 4)
i = Int(medidas)'72
GRAFICOMPO.GRAFO.NumPoints = i
Do While CAM.EOF = False
  GRAFICOMPO.GRAFO.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("Número"), 1, 3))
  GRAFICOMPO.GRAFO.GraphData = CAM("EZMAG")
  CAM.MoveNext
Loop
GRAFICOMPO.GRAFO.DrawMode = 2
MsgBox ("Bien")
End Sub

```

Sub GRAFO1_Click ()

```

Dim gralej As Database, CAM As dynaset, NOR As dynaset
Dim i As Integer
Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb")
Set CAM = gralej.CreateDynaset("medicion2", 4)
Set NOR = gralej.CreateDynaset("medicion3", 4)
i = Int(medidas)/72
GRAFICOMPO.GRAFO1.NumPoints = i
GRAFICOMPO.GRAFO1.NumSets = 2
Do While CAM.EOF = False
  GRAFICOMPO.GRAFO1.ThisSet = 1
  GRAFICOMPO.GRAFO1.ThisPoint = Val(Mid$(NOR("NUMERO"), 1, 3))
  GRAFICOMPO.GRAFO1.GraphData = CAM("CCMAGZZ")
  GRAFICOMPO.GRAFO1.ThisSet = 2
  GRAFICOMPO.GRAFO1.ThisPoint = Val(Mid$(NOR("NUMERO"), 1, 3))
  GRAFICOMPO.GRAFO1.GraphData = NOR("CCMAGZZ")
  NOR.MoveNext
  CAM.MoveNext
Loop
GRAFICOMPO.GRAFO1.DrawMode = 2
MsgBox ("Bien")
End Sub

```

Frm grafres.txt**Sub cmdgrafccresl_Click ()**

```

Unload grafiresul
grafiresul.Hide
Load Formccer
Formccer.Show
End Sub

```

Sub Graf1_Click ()

```

Dim gralej As database, res As database, CAM As dynaset, NOR As dynaset
Dim i As Integer
Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
Set res = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb")
Set CAM = gralej.CreateDynaset("MEDICIONES CAMPO CERCANO", 4)
Set NOR = res.CreateDynaset("CC RESULTANTE MAGNITUD FASE", 4)
i = Int(72)/Int(medidas)
grafiresul.GRAF1.NumPoints = i
Do While CAM.EOF = False
  grafiresul.GRAF1.ThisPoint = Val(Mid$(NOR("NUMERO"), 1, 3))
  grafiresul.GRAF1.GraphData = CAM("FAS CC")
  CAM.MoveNext
  NOR.MoveNext
Loop
grafiresul.GRAF1.DrawMode = 2
MsgBox ("Bien")
End Sub

```

Sub GRAF11_Click ()

```

Dim gralej As database, CAM As dynaset
Dim i As Long
Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb")
Set CAM = gralej.CreateDynaset("CC RESULTANTE MAGNITUD FASE", 4)
i = Int(medidas)
grafiresul.GRAF11.NumPoints = i
Do While CAM.EOF = False

```



```

    grafiresul.GRAF11.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("NUMERO"), 1, 3))
    grafiresul.GRAF11.GraphData = CAM("FASE CC")
    CAM.MoveNext
Loop
    grafiresul.GRAF11.DrawMode = 2
    MsgBox ("Bien")
End Sub

Sub GRAFO_Click ()
    Dim gralej As database, res As database, CAM As dynaset, NOR As dynaset
    Dim i As Long
    Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
    Set res = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb")
    Set CAM = gralej.CreateDynaset("MEDICIONES CAMPO CERCANO")
    Set NOR = res.CreateDynaset("CC RESULTANTE MAGNITUD FASE", 4)
    i = Int(medidas)
    grafiresul.GRAFO.NumPoints = i
Do While CAM.EOF = False
    grafiresul.GRAFO.ThisPoint = Val(Mid$(NOR("NUMERO"), 1, 3))
    grafiresul.GRAFO.GraphData = CAM("MAG CC")
    CAM.MoveNext
    NOR.MoveNext
Loop
    grafiresul.GRAFO.DrawMode = 2
    MsgBox ("Bien")
End Sub

Sub GRAFO1_Click ()
    Dim gralej As database, CAM As dynaset
    Dim i As Integer
    Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb")
    Set CAM = gralej.CreateDynaset("CC RESULTANTE MAGNITUD FASE", 4)
    i = Int(medidas)
    grafiresul.GRAFO1.NumPoints = i
Do While CAM.EOF = False
    grafiresul.GRAFO1.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("NUMERO"), 1, 3))
    grafiresul.GRAFO1.GraphData = CAM("MAG CC")
    CAM.MoveNext
Loop
    grafiresul.GRAFO1.DrawMode = 2
    MsgBox ("Bien")
End Sub

Sub RESIMPRIMIR_Click ()
    grafiresul.PrintForm
End Sub

Frm grafleja.txt

Sub cmdgraflejano_Click ()
    Unload graflejano
    graflejano.Hide
    Load Formccer
    Formccer.Show
End Sub

Sub Graf1_Click ()
    Dim gralej As Database, CAM As dynaset
    Dim i As Long

```

```

Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
Set CAM = gralej.CreateDynaset("CAMPO LEJANO CALCULADO", 4)
i = Int(medidas)
graflejano.Graf1.NumPoints = i
Do While CAM.EOF = False
    graflejano.Graf1.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("Número"), 1, 3))
    graflejano.Graf1.GraphData = CAM("CLEJFASE")
    CAM.MoveNext
Loop
graflejano.Graf1.DrawMode = 2
MsgBox ("Bien")
End Sub

```

```

Sub GRAF11_Click ()
    Dim gralej As Database, CAM As dynaset
    Dim i As Long
    Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
    Set CAM = gralej.CreateDynaset("CAMPO LEJANO CALCULADO", 4)
    i = Int(medidas)
    graflejano.GRAF11.NumPoints = i
    Do While CAM.EOF = False
        graflejano.GRAF11.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("Número"), 1, 3))
        graflejano.GRAF11.GraphData = CAM("FASEMED")
        CAM.MoveNext
    Loop
    graflejano.GRAF11.DrawMode = 2
    MsgBox ("Bien")
End Sub

```

```

Sub GRAFO_Click ()
    Dim gralej As Database, CAM As dynaset
    Dim i As Long
    Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
    Set CAM = gralej.CreateDynaset("CAMPO LEJANO CALCULADO", 4)
    i = Int(medidas)
    graflejano.GRAFO.NumPoints = i
    Do While CAM.EOF = False
        graflejano.GRAFO.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("Número"), 1, 3))
        graflejano.GRAFO.GraphData = CAM("CLEJMAG")
        CAM.MoveNext
    Loop
    graflejano.GRAFO.DrawMode = 2
    MsgBox ("Bien")
End Sub

```

```

Sub GRAFO1_Click ()
    Dim gralej As Database, CAM As dynaset
    Dim i As Long
    Set gralej = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
    Set CAM = gralej.CreateDynaset("CAMPO LEJANO CALCULADO", 4)
    i = Int(medidas)
    graflejano.GRAFO1.NumPoints = i
    Do While CAM.EOF = False
        graflejano.GRAFO1.ThisPoint = Val(Mid$(CAM("Número"), 1, 3))
        graflejano.GRAFO1.GraphData = CAM("CLEJMAGMED")
        CAM.MoveNext
    Loop
    graflejano.GRAFO1.DrawMode = 2
    MsgBox ("Bien")
End Sub

```

Sub LEJIMPRIMIR_Click ()

```
graflejano.PrintForm
```

```
End Sub
```

Frm Ingreso4.txt

```
Dim b As Integer
```

Sub Centrar (frm As Form)

```
frm.Move (Screen.Width - frm.Width) / 2, (Screen.Height - frm.Height) / 2
```

```
End Sub
```

Sub cmdAceptar_Click ()

```
' dtalIngreso.Recordset.Refresh
```

```
dtalIngreso.Recordset.Update
```

```
MsgBox "La tabla ha sido modificada", MB_OK + MB_ICONINFORMATION
```

```
dtalIngreso.Recordset.MoveLast
```

```
dtalIngreso.Recordset.Edit
```

```
dtalIngreso.Recordset.AddNew
```

```
Text1.SetFocus
```

```
End Sub
```

Sub cmdBorrar_Click ()

```
dtalIngreso.Recordset.Update
```

```
MsgBox "El dato ha sido borrado", MB_OK + MB_ICONINFORMATION
```

```
dtalIngreso.Recordset.MoveLast
```

```
dtalIngreso.Recordset.Edit
```

```
dtalIngreso.Recordset.Delete
```

```
Text1.SetFocus
```

```
End Sub
```

Sub cmdCancelar_Click ()

```
frmingreso.Hide
```

```
Load Formccer
```

```
Formccer.Show
```

```
End Sub
```

Sub cmdConsulta_Click ()

```
frmingreso.Hide
```

```
Load frmConsulta
```

```
frmConsulta.Show
```

```
End Sub
```

Sub Form_Load ()

```
Centrar Me
```

```
b = 0
```

```
dtalIngreso.DatabaseName = "c:\vb\fertes\ccmed.mdb"
```

```
dtalIngreso.RecordSource = "MEDICION1"
```

```
dtalIngreso.Refresh
```

```
If Not dtalIngreso.Recordset.EOF Then
```

```
dtalIngreso.Recordset.MoveLast
```

```
dtalIngreso.Recordset.Edit
```

```
End If
```

```
dtalIngreso.Recordset.AddNew
```

```
End Sub
```

Sub Iniciar_Click ()

```
cmdAceptar.Enabled = True
```

```

cmdBorrar.Enabled = True
cmdCancelar.Enabled = True
cmdConsulta = True
Borrar.Enabled = False
tabla = nombre.Text
borrado "C:\VB\ferfes\CCMED.MDB", tabla
Dim MIBASE As DATABASE
Dim DESTINO As DYNASET
Dim i As Integer
Set MIBASE = OpenDatabase("C:\VB\ferfes\CCMED.MDB")
Set DESTINO = MIBASE.CreateDynaset(tabla)
i = 1
Do While i < medidas
    DESTINO.AddNew
    DESTINO("NUMERO") = i
    i = i + 1
    DESTINO.Update
Loop
frmConsulta.Hide
Unload frmConsulta
Load frmIngreso
frmIngreso.Show
nombre.Visible = False
End Sub

```

Sub Timer1_Timer ()

```

If b = 0 Then
    Img1.Visible = True
    Img2.Visible = False
    b = 1
Else
    Img1.Visible = False
    Img2.Visible = True
    b = 0
End If
End Sub

```

Frm Manual4.txt

Sub Centrar (frm As Form)

```

frm.Move (Screen.Width - frm.Width) / 2, (Screen.Height - frm.Height) / 2
End Sub

```

Sub ESCALAR_Click ()

```

Manual.Hide
Load frmIngreso
frmIngreso.IblTitulo.Caption = "INGRESO DE DATOS DE CAMPO CERCANO SOLO
MAGNITUD"
frmIngreso.Label1.Caption = "Magnitud del campo en Z"
frmIngreso.Label2.Caption = ""
frmIngreso.Label3.Caption = "Magnitud del campo en Y"
frmIngreso.Label55.Caption = ""
    frmIngreso.txtccmagyy.Enabled = True
    frmIngreso.txtccfaseyy.Enabled = False
    frmIngreso.txtccmagzz.Enabled = True
    frmIngreso.txtccfasezz.Enabled = False
vector = False
modulo = True
frmIngreso.Show

```

End Sub

Sub Form_Load ()

```
Load formccer
'msgBox "el valor de numed es " & numed
'msgBox "y el de frec " & freq
Centrar Me
Load frmIngreso
```

End Sub

Sub VECTORIAL_Click ()

```
Manual.Hide
Load frmIngreso
frmIngreso.IblTitulo.Caption = "INGRESO DE DATOS DE CAMPO ELECTROMAGNETICO
CERCANO MAGNITUD Y FASE"
frmIngreso.Label1.Caption = "Magnitud del campo en Z Ez"
frmIngreso.Label2.Caption = "Fase del campo en Z"
frmIngreso.Label3.Caption = "Magnitud del campo en Y Ey"
frmIngreso.Label55.Caption = "Fase del campo en Y"
frmIngreso.txtccmagyy.Enabled = True
frmIngreso.txtccfaseyy.Enabled = True
frmIngreso.txtccmagzz.Enabled = True
frmIngreso.txtccfasezz.Enabled = True
modulo = False
vector = True
frmIngreso.Show
End Sub
```

Modulo4.txt

```
Global modulo As Integer
Global nombase, nombaseyy, nombasezz As String
Global nomtabla, nomtablayy, nomtablazz As String
Global nomcampo, nomcampoyy, nomcampoz As String
Global tabla As String
Global AUTOARCHIVOYY, AUTOARCHIVOZZ, autotablayy, autotablazz As String
Global AUTOEYMAG, autoEyfase, AUTOEZMAG, autoEzfase As String
Global valor As Double
Global vector As Integer
Global numed As Integer
Global medidas As Integer
Global pi As Double
Global al As Double
Global i As Long
Global freq As Single
Global h As Single
Global ache As Single
Global dist As Single
Global r As Single
Global ro As Single
Global numero As Integer
Global j As Integer
Global cantidad As Integer
Global tempo0(), tempo1(), tempo2(), tempo3(), tempo4(), tempo5()
Global vec0(), vec1(), vec2(), vec3(), vec4()
Global vecxx(), vecyy(), veczz()
Global av(), ah(), ar()
Global avbw(), ahbw(), bw(), cw()
Global cv(), ch()
Global kx(), ky()
```

Global r1(), r2(), magrezz(), magimzz(), magnizz(), fasezz(), magreyy(), magimyy(), magniyy(), faseyy(), alfa() As Double
 Global aumagrezz(), aumagimzz(), aumagnizz(), aufasezz(), aumagreyy(), aumagimyy(), aumagniyy(), aufaseyy() As Double
 Global aumagreal(), aumagimag(), aumagnitud(), aufase(), autempoyy(), autempozz()
 Global ritmo(), calteomag(), calteofase()

***** C O M E N T A R I O

'Este subprograma borra los datos de una tabla (*nomtabla)
 'de una base de datos (*nombase) especificando los nombres

Sub borrado (nombase, nomtabla)

```
Dim dblanco As database
Dim tabvacía As Table
Set dblanco = OpenDatabase(nombase)
Set tabvacía = dblanco.OpenTable(nomtabla)
Do While tabvacía.EOF = False ' Chequea el fin del archivo
    tabvacía.Delete ' Borra la tabla.
    tabvacía.MoveNext
Loop
End Sub
```

Sub COMPARAR ()

```
ReDim Preserve aumagrezz(cantidad), aumagimzz(cantidad), aumagnizz(cantidad),
aufasezz(cantidad)
ReDim Preserve aumagreyy(cantidad), aumagimyy(cantidad), aumagniyy(cantidad),
aufaseyy(cantidad)
ReDim Preserve aumagreal(cantidad), aumagimag(cantidad), aumagnitud(cantidad),
aufase(cantidad)
ReDim Preserve autempoyy(2 * cantidad), autempozz(2 * cantidad)
ReDim Preserve magniyy(cantidad), magnizz(cantidad)
Dim sumatem As Double
Dim suma As Double
Dim n, comienzoyy, comienzozz As Integer
n = medidas
```

***** INGRESO DE LAS MAGNITUDES DE DATOS MEDIDOS

```
Dim BD As database
Dim dina As dynaset
Set BD = OpenDatabase("c:\vb\ferres\ccmed.mdb")
Set dina = BD.CreateDynaset("medicion2")
i = 0
Do While dina.EOF = False
    autempoyy(i) = dina("ccmagyy")
    autempozz(i) = dina("ccmagzz")
    autempoyy(n + i) = dina("ccmagyy")
    autempozz(n + i) = dina("ccmagzz")
    i = i + 1
    dina.MoveNext
Loop
```

```
MsgBox "la magnitud temporal en Ey(45) es " & autempoyy(45)
MsgBox "la magnitud temporal en Ey(117) es " & autempoyy(117) & "# de medidas " & i
n = medidas
MsgBox "el valor de vector de N es " & n
borrado "c:\vb\ferres\ccmed.mdb", "medicion3"
Dim midb As database
Dim mipaso As dynaset
Set midb = OpenDatabase("c:\vb\ferres\ccmed.mdb")
Set mipaso = midb.CreateDynaset("medicion3")
Dim db As database
```

```

Dim paso As dynaset
Set db = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
Set paso = db.CreateDynaset("camcercal")
'*****INGRESO DATOS TEÓRICOS*****
i = 0
Do While paso.EOF = False
    magniyy(i) = paso("Eymag")
    magnizz(i) = paso("Ezmag")
    faseyy(i) = paso("Eyfase")
    fasezz(i) = paso("Ezfase")
    i = i + 1
    paso.MoveNext
Loop

MsgBox "la magnitud teórica en Ey(45) es " & magniyy(45)
MsgBox "la magnitud teórica en Ey(71) es " & magniyy(71)
For i = 0 To n - 1
    sumatem = 0
    For j = 0 To n - 1
        sumatem = (autempoyy(i + j) - magniyy(j)) ^ 2 + sumatem
    Next j
    If i = 0 Then
        suma = sumatem
        comienzo = i
    ElseIf sumatem < suma Then
        suma = sumatem
        comienzoyy = i
    Else suma = suma
    End If
Next i
MsgBox "el vector de comienzo en y es " & comienzoyy
For i = 0 To n - 1
    sumatem = 0
    For j = 0 To n - 1
        sumatem = (autempozz(i + j) - magnizz(j)) ^ 2 + sumatem
    Next j
    If i = 0 Then
        suma = sumatem
        comienzo = i
    ElseIf sumatem < suma Then
        suma = sumatem
        comienzozz = i
    Else suma = suma
    End If
Next i
MsgBox "el vector de comienzo en z es " & comienzozz

For i = 0 To n - 1
    mipaso.AddNew
    mipaso("numero") = i + 1
    mipaso("ccmagyy") = autempoyy(comienzoyy + i)
    mipaso("ccmagzz") = autempozz(comienzozz + i)
    mipaso("ccfaseyy") = faseyy(i)
    mipaso("ccfasezz") = fasezz(i)
    mipaso.Update
Next i
MsgBox "el valor de vector de comienzo es " & aumagniyy(0)
MsgBox "el valor de la fase del vector de comienzo es " & aufaseyy(0)
End Sub

```

Sub INTEGRAL ()

```

' LOS DATOS DE ENTRADA SON LOS VECTORES vecj(i)
  numed = medidas
'****INGRESO DE DATOS EN COORDENADAS ESFÉRICAS"
'****Coordenada r, Coordenada Theta, Coordenada Phi
  For i = 0 To numed
    tempo0(i) = vec0(i)
    tempo1(i) = vec1(i)
    tempo2(i) = vec2(i)
  Next i
'*****
'*****
i = 0
Do While i <= numed
  vecxx(i) = tempo0(i) * Sin(tempo1(i)) * Cos(tempo2(i))
  vecyy(i) = tempo0(i) * Sin(tempo1(i)) * Sin(tempo2(i))
  veczz(i) = tempo0(i) * Cos(tempo1(i))
  i = i + 1
Loop
MsgBox "bien vectores rectangulares"
'Ángulo de azimuth
'vectores de propagación Kx y ky
j = 0
Do While j <= numed
  kx(j) = Sin(tempo2(j))
  cv(j) = 0 'valores iniciales de los sumatorios
  ch(j) = 0
'Ángulo de elevación
  ky(j) = Sin(tempo1(j))
  j = j + 1
Loop
MsgBox "bien azimuth y elevación"
'*****
Dim Angy As Double
Dim beta As Double
Dim x As Double
j = 0
Do While j <= numed
  av(j) = vec3(j)'ojo10 ^ (vec3(j) / 20!) '* complejo(pv)
  tempo4(j) = vec4(j)
  'MsgBox "av(j) es " & av(j)
  'ah(j) = 10 ^ (vec3(j) / 20!) * Complejo(ph)
  ar(j) = .25 * pi * (tempo0(j) ^ 2)'ojo +2
  av(j) = av(j) * ar(j)
  tempo3(j) = av(j)
  'msgBox "tempo3(j) es " & tempo3(j)
  'ah(j) = ah(j) * ar(j)
  j = j + 1
Loop
k = 0
Do While k <= numed
  Angy = ky(k) * vecyy(k)
  cw(k) = Angy
  k = k + 1
Loop
MsgBox "bien Angy"
l = 0
Dim dospii As Double
dospii = 8 * Atn(1)

```



```

Do While l <= numed
  beta = al * ((kx(l) * vecxx(l)) + veczz(l))
  bw(l) = beta'Complejo(beta)
' la fase del ángulo
  If tempo3(l) <> 0 Then
    tempo4(l) = tempo4(l) + bw(l) + (1 - (1 / tempo3(l)) * cw(l))
    vec4(l) = tempo4(l) \ dospii
    vec4(l) = (tempo4(l) / dospii) - vec4(l)
    tempo4(l) = vec4(l) * dospii
    avbw(l) = av(l) * bw(l)
    'ahbw(l) = ah(l) * bw(l)
    'MsgBox "avbw(" & l & ") es " & avbw(l) & " y el de tempo1(" & l & ") es " & tempo1(l)
& " y el de tempo4(" & l & ") es " & tempo4(l)
  End If
'Loop' ojo aqui no
*****
' o j o aqui las integrales
*****
  For n = .000001 To tempo1(l) Step .0001
    cv(l) = .000000000001 * (1 - (n / Sqr(n ^ 2 + 1))) * avbw(l) * Cos(n) * Abs(Cos(n - pi / 4))
^ n * Exp(Abs(n + pi / 4)) / n ^ 2 + cv(l)
    ')) + cv(l)
    ch(l) = .000000000001 * (1 - (n / Sqr(n ^ 2 + 1))) * avbw(l) * Cos(n) * Abs(Sin(n)) ^ n *
Exp(Abs(n - pi / 4)) / n ^ 2 + ch(l)
    ' - 2 * Sqr(2)
  Next n
  'MsgBox " el valor cv(" & l & ") es " & cv(l) & " y el de ch(" & l & ") es " & ch(l)
  For n = .000001 To Abs(tempo4(l)) Step .0001
    cv(l) = .000000000001 * avbw(l) * n + cv(l)'Cos(n) ^ 2 + cv(l)
    ch(l) = .000000000001 * avbw(l) * n + ch(l)'Sin(n) ^ 2 + ch(l)
  Next n
  'MsgBox "el valor cv(" & l & ") es " & cv(l)
  'MsgBox " el valor de cv(" & l & ") es " & cv(l) & " y el de ch(" & l & ") es " & ch(l)
  tempo3(l) = cv(l) ^ 2 + ch(l) ^ 2
  tempo3(l) = Sqr(tempo3(l)) * Cos(3 * tempo4(l)) * Sin(2 * tempo4(l))
  If cv(l) <> 0 Then
    tempo4(l) = Atn(ch(l) / cv(l))
    Else tempo4(l) = pi / 2
  End If
  If tempo4(l) < 0 Then
    tempo4(l) = dospii + tempo4(l)
    Else tempo4(l) = tempo4(l)
  End If
*****
**** CAMPO TEORICO CALCULADO
*****
  If Sin(tempo1(l)) <> 0 Then
    tempo5(l) = Abs(2 * (Cos((2 * pi * ache) * (Cos(tempo1(l)))) - Cos(2 * pi * ache)) /
Sin(tempo1(l)))
    Else tempo5(l) = Abs(2 * (Cos((2 * pi * ache) * (Cos(tempo1(l)))) - Cos(2 * pi * ache)) / .0001)
  End If
  l = l + 1
Loop

****Procedimiento para encontrar el mayor número del arreglo tempo3
*****
If Abs(tempo3(0)) >= Abs(tempo3(1)) Then
  divisor = Abs(tempo3(0))
Else divisor = Abs(tempo3(1))

```

```

End If
For j = 2 To medidas
  If divisor >= Abs(tempo3(j)) Then
    divisor = divisor
  Else divisor = Abs(tempo3(j))
  End If
Next j

If Abs(tempo5(0)) >= Abs(tempo5(1)) Then
  mayor = Abs(tempo5(0))
Else mayor = Abs(tempo5(1))
End If
For j = 2 To medidas
  If mayor >= Abs(tempo5(j)) Then
    mayor = mayor
  Else mayor = Abs(tempo5(j))
  End If
Next j

For i = 0 To medidas
  If divisor <> 0 Then
    tempo3(i) = 2 * tempo3(i) / divisor
  End If
  If mayor <> 0 Then
    tempo5(i) = 2 * tempo5(i) / mayor
  End If
Next i

```

End Sub

Sub LLENARCCMAGFASE ()

```

  borrado "c:\vb\fertes\cccl.mdb", "medidas cc magnfase"
  Dim MIBD As database
  Dim midina As dynaset
  Set MIBD = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
  Set midina = MIBD.CreateDynaset("medidas cc magnfase")

  i = 0
  For i = 0 To medidas
    midina.AddNew
    midina("pos R") = r
    midina("pos S") = i * 2 * pi / medidas
    midina("pos T") = 0
    midina("Eccmag") = aumagnitud(i)
    midina("Eccfase") = aufase(i)
    i = i + 1
    midina.Update
  Next i

```

End Sub

Sub MAGNITUDFASE ()

```

ReDim Preserve aumagrezz(cantidad), aumagimzz(cantidad), aumagnizz(cantidad),
aufasezz(cantidad)
ReDim Preserve aumagreyy(cantidad), aumagimyy(cantidad), aumagniy(cantidad),
aufaseyy(cantidad)
ReDim Preserve aumagreal(cantidad), aumagimag(cantidad), aumagnitud(cantidad),
aufase(cantidad)
ReDim Preserve autempoyy(cantidad), autempozz(cantidad)
MsgBox "aumagniy(0) es igual a " & aumagniy(0)
  Dim BD As database
  Dim dina As dynaset

```

```

Dim MIBD As database
Dim midina As dynaset
borrado "c:\vb\ferfes\ccmed.mdb", "CC RESULTANTE MAGNITUD FASE"
Set BD = OpenDatabase("c:\vb\ferfes\ccmed.mdb")
Set dina = BD.CreateDynaset("medicion3")
Set MIBD = OpenDatabase("c:\vb\ferfes\ccmed.mdb")
Set midina = MIBD.CreateDynaset("CC RESULTANTE MAGNITUD FASE")
i = 0
Do While dina.EOF = False
    aumagniyy(i) = dina("ccmagyy")
    aufaseyy(i) = dina("ccfaseyy")
    aumagnizz(i) = dina("ccmagzz")
    aufasezz(i) = dina("ccfasezz")
    i = i + 1
    dina.MoveNext
Loop

For i = 0 To medidas - 1

    aumagreyy(i) = aumagniyy(i) * Cos(aufaseyy(i))
    aumagimyy(i) = aumagniyy(i) * Sin(aufaseyy(i))
    aumagrezz(i) = aumagnizz(i) * Cos(aufasezz(i))
    aumagimzz(i) = aumagnizz(i) * Sin(aufasezz(i))

    aumagnitud(i) = Sqr(aumagnizz(i) ^ 2 + aumagniyy(i) ^ 2)
    aumagreal(i) = Sqr(aumagrezz(i) ^ 2 + aumagreyy(i) ^ 2)
    aumagimag(i) = Sqr(aumagimzz(i) ^ 2 + aumagimyy(i) ^ 2)
    If aumagreal(i) <> 0 Then
        aufase(i) = Atn(aumagimag(i) / aumagreal(i))
        Else aufase(i) = pi / 2
    End If
    If aufase(i) < 0 Then
        aufase(i) = 2 * pi + aufase(i)
        Else aufase(i) = aufase(i)
    End If
    'MsgBox "la magnitud de fase(4)" & aufase(4) & "la magnitud de ccmag(4)" & aumagnitud(4)
    midina.AddNew
        midina("Numero") = i + 1
        PRESENTACION r
        midina("pos r") = r
        autempoyy(i) = (2 * pi / medidas) * i
        PRESENTACION autempoyy(i)
        midina("pos s") = autempoyy(i)
        autempozz(i) = 0
        PRESENTACION autempozz(i)
        midina("pos t") = autempozz(i)
        PRESENTACION aumagnitud(i)
        midina("mag cc") = aumagnitud(i)
        PRESENTACION aufase(i)
        midina("fase cc") = aufase(i)
    midina.Update
Next i

End Sub

Sub NORMALIZAR (nombaseyy, nombasezz, nomtablavy, nomtablazz, nomcampoyy,
nomcampozz)
    Dim BASEYY As database
    Dim dinayy As dynaset
    Dim BASEZZ As database

```

```

Dim dinazz As dynaset
Dim BASEORI As database
Dim dinaori As dynaset
Set BASEYY = OpenDatabase(nombaseyy, False, True)
Set dinayy = BASEYY.CreateDynaset(nomtablayy)
Set BASEZZ = OpenDatabase(nombasezz, False, True)
Set dinazz = BASEZZ.CreateDynaset(nomtablazz)
borrado "c:\vb\fertes\ccmed.mdb", "medicion2"
Set BASEORI = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb", False, False)
Set dinaori = BASEORI.CreateDynaset("medicion2")
ReDim aumagnizz(cantidad)
ReDim aumagniyy(cantidad)
Dim mayoryy As Single
Dim mayorzz As Single
i = 0
Do While dinayy.EOF = False
    aumagniyy(i) = dinayy(nomcampoyy)
    aumagnizz(i) = dinazz(nomcampozy)
    i = i + 1
    dinayy.MoveNext
    dinazz.MoveNext
Loop

If aumagniyy(0) >= aumagniyy(1) Then
    mayoryy = aumagniyy(0)
Else mayoryy = aumagniyy(1)
End If
For j = 2 To medidas - 1
    If mayoryy >= aumagniyy(j) Then
        mayoryy = mayoryy
    Else mayoryy = aumagniyy(j)
    End If
Next j
MsgBox "la mayor magnitud en y es " & mayoryy

If aumagnizz(0) >= aumagnizz(1) Then
    mayorzz = aumagnizz(0)
Else mayorzz = aumagnizz(1)
End If
For j = 2 To medidas - 1
    If mayorzz >= aumagnizz(j) Then
        mayorzz = mayorzz
    Else mayorzz = aumagnizz(j)
    End If
Next j
MsgBox "la mayor magnitud en z es " & mayorzz
For i = 0 To medidas - 1
    aumagniyy(i) = aumagniyy(i) - mayoryy
    aumagnizz(i) = aumagnizz(i) - mayorzz
    aumagniyy(i) = 10 ^ (aumagniyy(i) / 20)
    aumagnizz(i) = 10 ^ (aumagnizz(i) / 20)
Next i
'****SUAVIZAMIENTO DE CURVAS EN ZZ
difzz1 = aumagnizz(medidas - 1) / aumagnizz(0)
difzz2 = aumagnizz(medidas - 1) / aumagnizz(medidas - 2)
difzz3 = aumagnizz(0) / aumagnizz(medidas - 1)
difzz4 = aumagnizz(0) / aumagnizz(1)
If difzz1 > 1.6 & difzz2 > 1.6 Then
    aumagnizz(medidas - 1) = Sqr(aumagnizz(0) * aumagnizz(medidas - 2))
Else aumagnizz(medidas - 1) = aumagnizz(medidas - 1)

```

```

End If
If difzz3 > 1.6 & difzz4 > 1.6 Then
    aumagnizz(0) = Sqr(aumagnizz(1) * aumagnizz(medidas - 1))
Else aumagnizz(0) = aumagnizz(0)
End If
For i = 1 To medidas - 2
    difzz1 = aumagnizz(i) / aumagnizz(i - 1)
    difzz2 = aumagnizz(i) / aumagnizz(i + 1)
    If difzz1 > 1.6 & difzz2 > 1.6 Then
        aumagnizz(i) = Sqr(aumagnizz(i - 1) * aumagnizz(i + 2))
    Else aumagnizz(i) = aumagnizz(i)
    End If
Next i

```

```

For i = 0 To medidas - 1
    dinaori.AddNew
    dinaori("ccmagyy") = aumagniy(i)
    dinaori("ccmagzz") = aumagnizz(i)
    dinaori.Update
Next i

```

```

MsgBox "la magnitud en Ey(45) es " & aumagniy(45)
MsgBox "la magnitud en Ez(45) es " & aumagnizz(45)
End Sub

```

Sub PRESENTACION (valor)

```

Const present = "###,###.#####"
Const cientifica = "0.00E-00"
If Abs(valor) < .0001 Then
    valor = 0'Format$(valor, cientifica)
Else valor = Format$(valor, present)
End If

```

End Sub

Sub PRINCIPAL ()

```

'****Declaraci3n de constantes
pi = 4 * Atn(1)
rad = 180 / pi
'MsgBox "La frecuencia es igual a " & freq & " Mega Hertz y R es igual a " & dist
'MsgBox "el valor de numed es " & medidas
lambda = 300 / freq
al = 2 * pi / lambda
ro = lambda
h = ache * lambda
numed = medidas
numero = 10 * numed
cantidad = 100 * numed
numero = Int(numero)
cantidad = Int(cantidad)
present = "###,###.#####"
'MsgBox "el valor de numed es " & numed
'****Declaraci3n de bases de datos y estructuras dinamicas
Dim db As database
Dim dinamica As dynaset
Dim paso As dynaset
Set db = OpenDatabase("c:\vb\ferfes\cccl.mdb")
Set dinamica = db.CreateDynaset("mediciones campo cercano")
Set paso = db.CreateDynaset("camcercal")
'****Declaraci3n de variables
ReDim av(numero), ah(numero), ar(numero)

```

```

ReDim avbw(cantidad), ahbw(cantidad), bw(cantidad), cw(cantidad)
ReDim cv(cantidad), ch(cantidad), cw(cantidad)
ReDim kx(numero), ky(numero)
Dim theta As Double
Dim n As Double
ReDim ritmo(numero), calteomag(numero), calteofase(numero)
ReDim tempo0(numero), tempo1(numero), tempo2(numero), tempo3(numero),
tempo4(numero), tempo5(numero)
ReDim vec0(numero), vec1(numero), vec2(numero), vec3(numero), vec4(numero)
ReDim vecxx(numero), vecyy(numero), veczz(numero)

```

```

*****
PROGRAMA PRINCIPAL
*****

```

```

Dim BD As database
Dim dina As dynaset
Set BD = OpenDatabase("c:\vb\fertes\cccl.mdb")
*/ Set dina = BD.CreateDynaset("mediciones campo cercano")
*****n u e v o
i = 0
Do While dina.EOF = False
vec0(i) = dina("pos R")
vec1(i) = dina("pos S")
vec2(i) = dina("pos T")
vec3(i) = dina("mag cc")
vec4(i) = dina("fas cc")
i = i + 1
dina.MoveNext
Loop
MsgBox "bien vectores TEÓRICOS"
***Borrado de la tabla de salida*****
borrado "c:\vb\fertes\CCCL.MDB", "CAMPO LEJANO CALCULADO"

```

INTEGRAL

```

MsgBox "bien los lazos TEÓRICOS"
***INGRESO DE DATOS CALCULADOS EN EL CAMPO LEJANO
For i = 0 To medidas
calteomag(i) = tempo3(i)
calteofase(i) = tempo4(i)
Next i
*****
***** AQUÍ INGRESAMOS LOS DATOS MEDIDOS *****
*****
Dim MIBD As database
Dim midina As dynaset
Set MIBD = OpenDatabase("c:\vb\fertes\ccmed.mdb")
Set midina = MIBD.CreateDynaset("cc resultante magnitud fase")
i = 0
Do While midina.EOF = False
vec0(i) = midina("pos R")
vec1(i) = midina("pos S")
vec2(i) = midina("pos T")
vec3(i) = midina("mag cc")
vec4(i) = midina("fase cc")
i = i + 1
midina.MoveNext
Loop
MsgBox "bien vectores medidos"
***Borrado de la tabla de salida*****

```

borrado "c:\vb\ferfes\CCMED.MDB", "CAMPO LEJANO MEDIDO INTEGRAL"

INTEGRAL

```

MsgBox "bien todos los lazos"
'***INGRESO DE DATOS CALCULADOS EN EL CAMPO LEJANO
Dim dblej As database
Dim campolej As dynaset
Dim divisor As Double
Dim mayor As Double
Set dblej = OpenDatabase("c:\vb\ferfes\cccl.mdb")
Set campolej = dblej.CreateDynaset("CAMPO LEJANO CALCULADO")
Set dinamica = dblej.CreateDynaset("mediciones campo cercano")
i = 0
Do While dinamica.EOF = False
    campolej.AddNew
    campolej("Número") = i + 1
    PRESENTACION tempo0(i)
    campolej("posr") = tempo0(i)
    PRESENTACION tempo1(i)
    campolej("postheta") = tempo1(i) * rad
    PRESENTACION tempo2(i)
    campolej("posphi") = tempo2(i) * rad
    PRESENTACION tempo3(i)
    campolej("clejmag") = calteomag(i)
    PRESENTACION tempo4(i)
    campolej("clejfase") = calteofase(i)
    PRESENTACION tempo3(i)
    campolej("clejmagmed") = tempo3(i)
    PRESENTACION tempo4(i)
    campolej("fasemed") = tempo4(i)
    PRESENTACION tempo5(i)
    campolej("teoclej") = tempo5(i)
    campolej("teofaseclej") = Format$(al * tempo0(i), present)
    If tempo5(i) <> 0 Then
        campolej("comparacion") = Format$(calteomag(i) / tempo5(i), present)
        campolej("comparacionmed") = Format$(tempo3(i) / tempo5(i), present)
    Else
        campolej("comparacion") = calteomag(i) / .001
        campolej("comparacionmed") = tempo3(i) / .001
    End If
    campolej.Update
    dinamica.MoveNext
    i = i + 1
Loop
MsgBox "bien todo"
End Sub

Sub TEORICO ()
    pi = 4 * Atn(1)
    rad = 180 / pi
    lambda = 300 / freq
    al = 2 * pi / lambda
    ro = lambda
    h = ache * lambda
    numed = medidas
    numero = 10 * numed
    cantidad = 100 * numed
    numero = Int(numero)
    cantidad = Int(cantidad)
    MsgBox "el valor de numed es " & numed

```

```

Dim db As database
Dim dinamica As dynaset
Dim paso As dynaset
Set db = OpenDatabase("c:\vb\ferres\cccl.mdb")
Set dinamica = db.CreateDynaset("mediciones campo cercano")
Set paso = db.CreateDynaset("camcercal")
For i = 1 To medidas
dinamica.AddNew
dinamica("Número") = i
r = dist * ro
'MsgBox " ro es " & ro & " r es " & r & " pi " & pi & " i " & i & "h" & h
theta = (2 * i * pi) / medidas'36'18
PRESENTACION r
    dinamica("pos R") = r
PRESENTACION theta
    dinamica("pos S") = theta
    dinamica("pos T") = 0

ReDim r1(cantidad), r2(cantidad), magrezz(cantidad), magimzz(cantidad), magnizz(cantidad),
fasezz(cantidad)
ReDim magreyy(cantidad), magimyy(cantidad), magniyy(cantidad), faseyy(cantidad),
alfa(cantidad)
ReDim magreal(cantidad), magimag(cantidad), magnitud(cantidad), fase(cantidad)
ReDim vecyy(cantidad), veczz(cantidad)
vecyy(i) = r * Sin(theta)
veczz(i) = r * Cos(theta)

r1(i) = r ^ 2 + h ^ 2 - 2 * veczz(i) * h
r1(i) = Sqr(r1(i))
r2(i) = r ^ 2 + h ^ 2 + 2 * veczz(i) * h
r2(i) = Sqr(r2(i))

zm = veczz(i) - h
zp = veczz(i) + h

If r1(i) <> 0 & r2(i) <> 0 & r <> 0 Then
    magrezz(i) = -((Sin(al * r1(i)) / r1(i)) + (Sin(al * r2(i)) / r2(i)) - ((2 * Cos(al * h) * Sin(al * r)) / r))
    magimzz(i) = -((Cos(al * r1(i)) / r1(i)) + (Cos(al * r2(i)) / r2(i)) - ((2 * Cos(al * h) * Cos(al * r)) /
r))
    alfa(i) = r * Sin(theta)
    If alfa(i) <> 0 Then
        magreyy(i) = ((zm * Sin(al * r1(i)) / r1(i)) + (zp * Sin(al * r2(i)) / r2(i)) - ((2 * veczz(i) *
Cos(al * h) * Sin(al * r)) / r)) / alfa(i)
        magimyy(i) = ((zm * Cos(al * r1(i)) / r1(i)) + (zp * Cos(al * r2(i)) / r2(i)) - ((2 * veczz(i) *
Cos(al * h) * Cos(al * r)) / r)) / alfa(i)
    Else
        magreyy(i) = ((zm * Sin(al * r1(i)) / r1(i)) + (zp * Sin(al * r2(i)) / r2(i)) - ((2 * veczz(i) *
Cos(al * h) * Sin(al * r)) / r)) / .00001
        magimyy(i) = ((zm * Cos(al * r1(i)) / r1(i)) + (zp * Cos(al * r2(i)) / r2(i)) - ((2 * veczz(i) *
Cos(al * h) * Cos(al * r)) / r)) / .00001
        MsgBox " Error en la magnitud del campo en y (Ey" & i & ") tiende al infinito"
    End If
End If
magniyy(i) = Sqr(magreyy(i) ^ 2 + magimyy(i) ^ 2)
magnizz(i) = Sqr(magrezz(i) ^ 2 + magimzz(i) ^ 2)
If magrezz(i) <> 0 Then
    fasezz(i) = Atn(magimzz(i) / magrezz(i))
Else fasezz(i) = pi / 2
End If
If magreyy(i) <> 0 Then

```



```

faseyy(i) = magimyy(i) / magreyy(i)
faseyy(i) = Atn(faseyy(i))
Else faseyy(i) = pi / 2
  MsgBox "error magnitud real del campo y Ey(" & i & ") es igual a 0"
End If
magnitud(i) = Sqr(magnizz(i) ^ 2 + magniyy(i) ^ 2)
magreal(i) = Sqr(magrezz(i) ^ 2 + magreyy(i) ^ 2)
magimag(i) = Sqr(magimzz(i) ^ 2 + magimyy(i) ^ 2)
If magreal(i) <> 0 Then
  fase(i) = Atn(magimzz(i) / magrezz(i))
  Else fase(i) = pi / 2
End If
If fase(i) < 0 Then
  fase(i) = 2 * pi + fase(i)
  Else fase(i) = fase(i)
End If
PRESENTACION magnitud(i)
  dinamica("mag cc") = magnitud(i)
PRESENTACION fase(i)
  dinamica("fas cc") = fase(i)
paso.AddNew
  paso("Número") = i
PRESENTACION r
  paso("radio") = r
PRESENTACION h
  paso("h") = h
PRESENTACION r1(i)
  paso("r1") = r1(i)
PRESENTACION r2(i)
  paso("r2") = r2(i)
PRESENTACION magrezz(i)
  paso("Ezr") = magrezz(i)
PRESENTACION magimzz(i)
  paso("Ezi") = magimzz(i)
PRESENTACION magnizz(i)
  paso("Ezmag") = magnizz(i)
PRESENTACION fasezz(i)
  paso("Ezfase") = fasezz(i)
PRESENTACION magreyy(i)
  paso("Eyr") = magreyy(i)
PRESENTACION magimyy(i)
  paso("Eyi") = magimyy(i)
PRESENTACION magniyy(i)
  paso("Eymag") = magniyy(i)
PRESENTACION faseyy(i)
  paso("Eyfase") = faseyy(i)
PRESENTACION magreal(i)
  paso("Eccr") = magreal(i)
PRESENTACION magimag(i)
  paso("Ecci") = magimag(i)
PRESENTACION magnitud(i)
  paso("Eccmag") = magnitud(i)
PRESENTACION fase(i)
  paso("Eccfase") = fase(i)
paso.Update
dinamica.Update
Next i
End Sub

```

ANEXO C

MANUAL DEL USUARIO

- Lea cuidadosamente las instrucciones, el programa es interactivo .
- Antes de iniciar la ejecución del programa verifique que exista las bases de datos con sus respectivas tablas y campos como por ejemplo cccl.mdb y las demás bases auxiliares que se encuentran inmersas en el programa.
- Ingrese primero los datos de la Pantalla Inicial como el número de mediciones, frecuencia de trabajo, distancia a la que fue hecha la medición concéntrica, si es o no un dipolo y la semilongitud del dipolo, tiene mensajes de error en caso de no introducir bien los datos.
- Luego Ingrese los datos con Medidas Manual o Automática.
- A continuación Resultados (Ejecución) , en esta etapa el programa se demora por los sumatorios que realiza.
- Para ver los Gráficos haga un click en el gráfico que desea observar o imprimir.
- Es importante ingresar los nombres del archivo, tablas y campo correctamente, ya que sino encuentra la dirección especificada se detiene el programa.
- Siempre la distancia de medición debe ser mayor a la longitud del dipolo.

BIBLIOGRAFÍA

- Appel - Hansen J., *Reflectivity level of radio anechoic chambers*, IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. AP-21, July 1973.
- Baird, R., *et al. A Brief History of Near Field Measurements of Antennas at the National Bureau of Standard*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation.
- Emerson W. H., *Electromagnetic wave absorbers and anechoic chambers through years*, IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. AP-21, July 1973.
- Evans, G., *Antenna Measurements Techniques*, Artech House, Norwood, MA, 1990.
- Free W. R. *Electromagnetic interference measurement methods -shielded enclosures*, Tech. Rep. ECOM-02381-F, Contract DA28-034, AMC-02381 (E), Dec. 1967.
- Free W. R., *Radiated EMI measurements in shielded enclosures*, IEEE Electromagnet. Compat. Symp. Rec., 1967.
- Galahan S. *Understanding microwave absorbing materials and anechoic chambers*, *Microwaves*, Pt. I, Dec. 1969; Pt. II, Jan. 1970; Pt. III, Apr. 1970; Pt. IV, May 1970.
- Gatti, M., and Rahmat Samii, *FFT Applications to Plane Polar Near-Field Antenna Measurements*, IEEE AP.
- Goodman, J., *Introduction to Fourier Optics*, McGraw-Hill, New York, 1968.
- Hansen, J., *Spherical Near-Field Antenna Measurements*, Peter Peregrinus, Stevenage, 1988.
- Harburn, G., *et al. Atlas of Optical Transforms*, G. Bell and Sons. London. 1975.
- Hayking, S., *Array Signal Processing*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985.
- Hjellming, R., *An Introduction to the NRAO Very Large Array*, National Radio Astronomy Observatory, Socorro, NM, 1983.

- Hollis, W. *et al.*, *Microwave Antenna Measurements*, Scientific Atlanta, 1981.
- IEEE, *Standard Test Procedures for Antennas*, IEEE STD149-1979
- Jordan Edward ., *Ondas electromagnéticas y sistemas radiantes*, Paraninfo Tercera Edición Madrid 1983
- Koch, W., *Lasers and Holography*, Dover, New York, 1981.
- Kovaly, J., *Synthetic Aperture Radar*, Artech House, Norwood, MA, 1976.
- Lee, H., *Imaging Technology*, IEEE Press, New York, 1986.
- Ludwig, A., *The Definition of Cross Polarization*, IEEE AP.
- Mensa, D., *High Resolution Radar cross-section Imaging*, Artech House, Norwood, MA, 1990.
- Napier, P., *et al.* *The Very Large Array: Design and Performance of a Modern Synthesis Radio Telescope*, Proc. IEEE, Vol. 71, N° 11, November 1983.
- Readhead, A., *Radio Astronomy by Very-Long-Baseline Interferometry*, *Scientific American*, June 1982.
- Repjar, A., *et al.*, *Accurate Determination of Planar Near-Field Correction for Linearly Polarized Probes*, IEEE AP-36
- Shulman, A., *Principle of Optical Data Processing for Engineers*, NASA Technical Report # TR. R-327, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, 1970.
- Slater, D., *Near Field Design*, AMTA Conference Proceedings, 1985
- Steyskai, H., *Digital Beamforming Antennas*, *Microwave J.*, January 1987.
- Stimson, G., *Introduction to Airborne Radar*, Hughes Aircraft Co., El Segundo, CA, 1983.
- Sutton, J., *Underwater Acoustic Imaging*, Pro. IEEE, Vol. 67, N°4, April 1979.
- Thompson, A. R., and J. W. Morán, *Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy*, John Wiley and Sons, New York, 1986.
- Thompson, A. R., and J. W. Morán, *Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy*, John Wiley & Sons, New York, NY, 1986.
- Toler J. C. and Woody J. A., *An analysis of errors in radiated EMC*

measurements† in Proc. Of the 2nd. Symp. Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility (Montreal, Switzerland), June 28-20 1977.

- Ulaby, F., R. Moore and A. Fung, *†Microwave Remote Sensing†*, Vol. 2, Artech House, Norwood, MA, 1982.
- Walter, W., *et al. †Seismic Imaging Atlas 1976†*, Geophysical Co., Pasadena, CA, 1976.
- Yaghjian, A., *†Approximate Formulas for the Far Fields and Gain of open-ended Rectangular Waveguide†*, NBSIR 83-1689, National Institute of Standards, May 1983.