

### 4.1 Introducción.

En este capítulo se presentará al lector los programas que se utilizaron para el desarrollo de los programas de diseño de guías de onda, los cuales fueron Visual Basic 6.0, en el cual se desarrollo la interfaz y el programa en si y Mathcad, el cual fue de gran apoyo para realizar las operaciones utilizadas en el programa de una manera más sencilla y así poder comprobar que tanto el software, llamado "Diseño de una guía de onda circular", como el de "Diseño de una guía de onda rectangular", funcionan correctamente.

También se explicará la manera en la que se encuentran estructurados ambos programas que se elaboraron, así como la justificación de porque se usaron tanto el programa de Visual Basic 6.0 como Mathcad para la elaboración de estos softwares, presentado una breve introducción de cada programa para conocer sus características principales y así el lector comprenda mejor el funcionamiento de los softwares y el porque se utilizaron dichos programas para su elaboración.

Éste capítulo no pretende enseñar al lector a manejar los programas utilizados para el desarrollo de ambos softwares, puesto que llevar a cabo esta labor no es nada sencilla ya que el tema es demasiado extenso y queda fuera del objetivo de esta tesis.

### 4.2 Visual Basic 6.0.

Visual Basic 6.0 es uno de los lenguajes de programación que más entusiasmo despierta entre los programadores de PCs, tanto en expertos como novatos. En el caso de los programadores expertos por la facilidad con la que desarrollan aplicaciones complejas en tiempos cortos (comparado con lo que cuesta programar en Visual C++, por ejemplo). En el caso de los programadores novatos por el hecho de ver de lo que son capaces a los pocos minutos de empezar su aprendizaje, la desventaja al utilizar Visual Basic 6.0 es una menor velocidad o eficiencia en las aplicaciones.

Visual Basic 6.0 es un lenguaje de programación visual, también llamado lenguaje de 4ª generación. Esto quiere decir que un gran número de tareas se realizan sin escribir código, simplemente con operaciones gráficas realizadas con el ratón sobre la pantalla. Visual Basic 6.0 es también un programa basado en objetos, aunque no orientado a objetos como C++ o Java. La diferencia está en que Visual Basic 6.0 utiliza objetos con propiedades y métodos.

Existen distintos tipos de programas. En los primeros tiempos de los ordenadores los programas eran de tipo secuencial (también llamados tipo batch) Un programa secuencial es un programa que se arranca, lee los datos que necesita, realiza los cálculos e imprime o guarda en el disco los resultados. Mientras un programa secuencial está ejecutándose no necesita ninguna intervención del usuario. A este tipo de programas se les llama también programas basados u orientados a procedimientos o a algoritmos (procedural languages). Este tipo de programas siguen utilizándose ampliamente en la actualidad, pero la difusión de los PCs ha puesto de actualidad otros tipos de programación.

Los programas interactivos exigen la intervención del usuario en tiempo de ejecución, bien para suministrar datos o bien para indicar al programa lo que debe hacer por medio de menús. Los programas interactivos limitan y orientan la acción del usuario. Por su parte los programas orientados a eventos son los programas típicos de Windows, tales como Netscape, Word, Excel y PowerPoint. Cuando uno de estos programas ha arrancado, lo único que hace es quedarse a la espera de las acciones del usuario, que en este caso son llamadas eventos. El usuario dice si quiere abrir y modificar un fichero existente, o bien comenzar a crear un fichero desde el principio. Estos programas pasan la mayor parte de su tiempo esperando las acciones del usuario (eventos) y respondiendo a ellas. Las acciones que el usuario puede realizar en un momento determinado son variadísimas, y exigen un tipo especial de programación: la programación orientada a eventos. Este tipo de programación es sensiblemente más complicada que la secuencial y la interactiva, pero Visual Basic 6.0 la hace especialmente sencilla y agradable. Visual Basic 6.0 está orientado a la realización de programas para Windows, pudiendo incorporar todos los elementos de este entorno informático: ventanas, botones, cajas de diálogo y de texto, botones de opción y de selección, barras de desplazamiento, gráficos, menús, etc.

Prácticamente todos los elementos de interacción con el usuario de los que dispone Windows 95/98/NT, pueden ser programados en Visual Basic 6.0 de un modo muy sencillo. En ocasiones bastan unas pocas operaciones con el ratón y la introducción a través del teclado de algunas sentencias para disponer de aplicaciones con todas las características de Windows 95/98/NT.

### 4.2.1 Modo de Diseño y Modo de Ejecución.

La aplicación Visual Basic de Microsoft puede trabajar de dos modos distintos: en modo de diseño y en modo de ejecución. En modo de diseño el usuario construye interactivamente la aplicación, colocando controles en el formulario, definiendo sus propiedades, y desarrollando funciones para gestionar los eventos.

La aplicación se prueba en modo de ejecución. En ese caso el usuario actúa sobre el programa (introduce eventos) y prueba cómo responde el programa. Hay algunas propiedades de los controles que deben establecerse en modo de diseño, pero muchas otras pueden cambiarse en tiempo de ejecución desde el programa escrito en Visual Basic 6.0. También hay propiedades que sólo pueden establecerse en modo de ejecución y que no son visibles en modo de diseño.

Visual Basic 6.0 es una excelente herramienta de programación que permite crear aplicaciones propias (programas) para Windows 95/98 o Windows NT. Con ella se puede crear desde una simple calculadora hasta una hoja de cálculo de la talla de Excel (en sus primeras versiones...), pasando por un procesador de textos o cualquier otra aplicación que se le ocurra al programador. Sus aplicaciones en Ingeniería son casi ilimitadas: representación de movimientos mecánicos o de funciones matemáticas, gráficas termodinámicas, simulación de circuitos, etc.

Este programa permite crear ventanas, botones, menús y cualquier otro elemento de Windows de una forma fácil e intuitiva, es por ello que fue elegido para desarrollar el software de "Diseño de una guía de onda". El lenguaje de programación que se utilizará será el Basic.

Un programa –en sentido informático– está constituido en un sentido general por variables que contienen los datos con los que se trabaja y por algoritmos que son las sentencias que operan sobre estos datos. Estos datos y algoritmos suelen estar incluidos dentro de funciones o procedimientos. Un procesador digital únicamente es capaz de entender aquello que está constituido por conjuntos de unos y ceros. A esto se le llama lenguaje de máquina o binario, y es muy difícil de manejar. Por ello, desde casi los primeros años de los ordenadores, se comenzaron a desarrollar los llamados lenguajes de alto nivel, que están mucho más cerca del lenguaje natural. Estos lenguajes están basados en el uso de identificadores (nombre simbólico que se refiere a un dato o programa determinado), tanto para los datos como para las componentes elementales del programa, que en algunos lenguajes se llaman rutinas, procedimientos, o funciones. Además, cada lenguaje dispone de una sintaxis o conjunto de reglas con las que se indica de modo inequívoco las operaciones que se quiere realizar.

Los lenguajes de alto nivel son más o menos comprensibles para el usuario, pero no para el procesador. Para que éste pueda ejecutarlos es necesario traducirlos a su propio lenguaje de máquina. Al paso del lenguaje de alto nivel al lenguaje de máquina se le denomina compilación. En Visual Basic esta etapa no se aprecia tanto como en otros lenguajes donde el programador tiene que indicar al ordenador explícitamente que realice dicha compilación. Los programas de Visual Basic se dice que son interpretados y no compilados ya que el código no se convierte a código máquina sino que hay otro programa que durante la ejecución "interpreta" las líneas de código que ha escrito el programador. En general durante la ejecución de cualquier programa, el código es cargado por el sistema operativo en la memoria RAM.

## 4.2.2 El entorno de programación Visual Basic 6.0.

Cuando se arranca Visual Basic 6.0 aparece en la pantalla una configuración similar a la mostrada en la Figura 4.2.2. En ella se pueden distinguir los siguientes elementos:

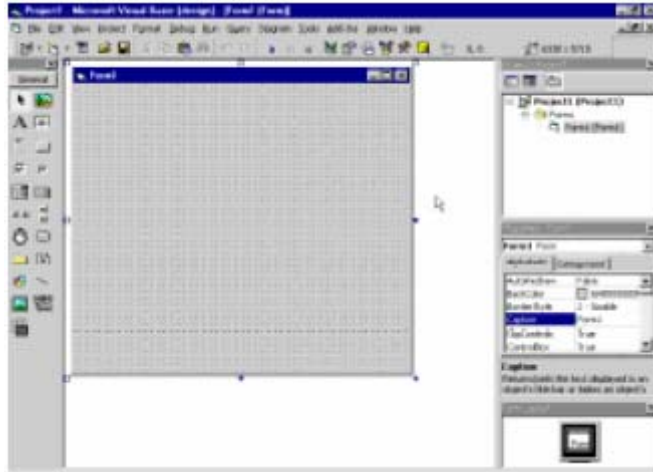


Figura 4.2.2. Entorno de programación de Visual Basic 6.0.

- La barra de títulos, la barra de menús y la barra de herramientas de Visual Basic 6.0 en modo Diseño (parte superior de la pantalla).
- Caja de herramientas (toolbox) con los controles disponibles (a la izquierda de la ventana).
- Formulario (form) en gris, en que se pueden ir situando los controles (en el centro). Está dotado de una rejilla (grid) para facilitar la alineación de los controles.
- Ventana de proyecto, que muestra los formularios y otros módulos de programas que forman parte de la aplicación (arriba a la derecha).
- Ventana de Propiedades, en la que se pueden ver las propiedades del objeto seleccionado o del propio formulario (en el centro a la derecha). Si esta ventana no aparece, se puede hacer visible con la tecla <F4>.
- Ventana FormLayout, que permite determinar la forma en que se abrirá la aplicación cuando comience a ejecutarse (abajo a la derecha).

Existen otras ventanas para edición de código (Code Editor) y para ver variables en tiempo de ejecución con el depurador o Debugger (ventanas Immediate, Locals y Watch). Todo este conjunto de herramientas y de ventanas es lo que se llama un entorno integrado de desarrollo o IDE (Integrated Development Environment).

Construir aplicaciones con Visual Basic 6.0 es muy sencillo: basta crear los controles en el formulario con ayuda de la toolbox y del ratón, establecer sus propiedades con ayuda de la ventana de propiedades y programar el código que realice las acciones adecuadas en respuesta a los eventos o acciones que realice el usuario.

### 4.3 Mathcad profesional 2001.

Mathcad es un sistema que permite resolver una variedad de problemas utilizando una amplia variedad de herramientas soportando análisis y técnicas de visualización. Mathcad está siendo utilizado por cientos de ingenieros, científicos y estudiantes a lo largo de un rango amplio de disciplinas para mejorar cálculos complejos, gráficos y aplicaciones en negocios, así como para realizar publicaciones del trabajo realizado en Mathcad en la red.

#### 4.3.1 ¿Qué es Mathcad?

En general se puede pensar en Mathcad como un programa que combina un sistema altamente poderoso de cómputo centrado en notaciones matemáticas y un procesador de texto flexible. Esto significa que con Mathcad las tareas de mejoramiento en el área de cómputo, así como de documentación están integrados en un solo proceso, resultando con esto un incremento en la productividad.

A diferencia que otros softwares, con la ayuda de Mathcad el usuario puede plasmar las expresiones matemáticas de la misma manera en que él lo hace, esto es porque el área de trabajo de Mathcad es similar a una hoja de papel, en donde se pueden introducir ecuaciones, gráficas, funciones y texto en cualquier parte del área de trabajo como se muestra en la figura 4.3.1, en la cual se muestra la ventana de Mathcad profesional 2001.

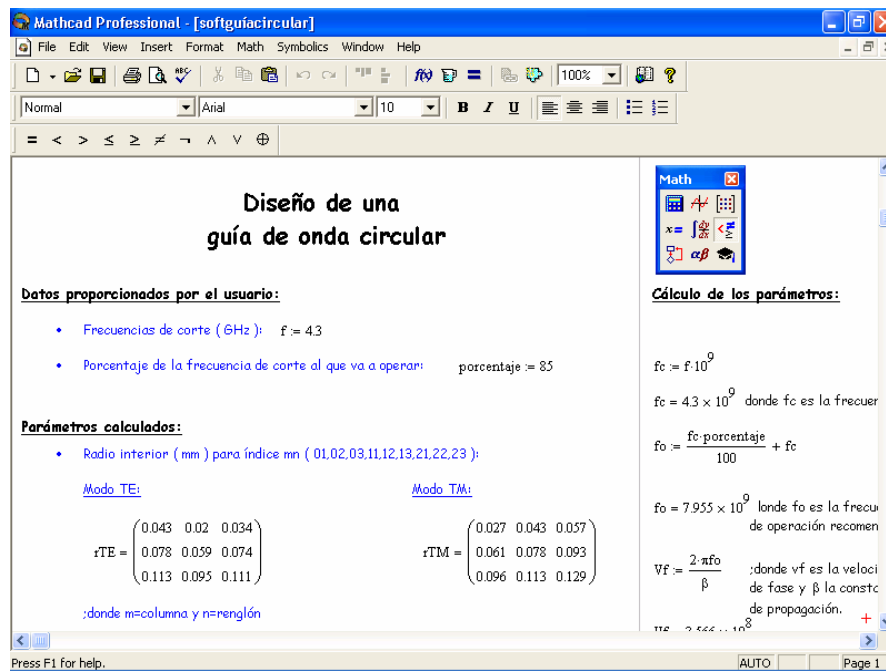


Figura 4.3.1 Programa de Mathcad profesional 2001.

El introducir una fórmula en Mathcad es muy sencillo puesto que sólo necesitas escribirla como la observas comúnmente en los libros de texto y listo, pero la única diferencia es que éstas se encuentran vivas, al realizar un cambio en alguna variable o ecuación, Mathcad realiza el cálculo nuevamente de manera instantánea. Ésta nueva tecnología es referida por Mathcad como una interfaz de documento vivo. A parte de todas las herramientas que ofrece éste grandioso software también es capaz de manejar unidades y realizar conversiones sin ningún problema. Las unidades son utilizadas frecuentemente en nuestros cálculos, así que Mathcad regresa el resultado en las unidades deseadas por el usuario.

Mathcad permite que el usuario tome el control totalmente, el usuario puede controlar el formato de ecuaciones, expresiones y resultados. Con ayuda de este programa se pueden resolver una gran variedad de problemas técnicos, desde los más elementales hasta los más complicados, es un software que te da el poder para tener el trabajo hecho. Con Mathcad se puede explorar problemas, formular ideas, analizar datos, modelar, programar y probar escenarios y así elegir la mejor solución para después documentar, presentar y finalmente comunicar los resultados de una manera entendible y mucho más flexible.

### 4.4 Justificación del uso de Visual Basic y Mathcad para el desarrollo del software.

Uno de los objetivos de esta tesis es desarrollar un programa que facilite el diseño de una guía de onda circular y otro que realice el diseño de una rectangular, inicialmente sólo se elaboró el software para una guía de onda circular, puesto que su implementación sería más sencilla por la disponibilidad de los materiales, puesto que es mucho más fácil encontrar formar circulares que rectangulares y por lo tanto sería más económico, pero debido a que la antena donada que se utilizará en esta tesis posee una cavidad para una guía rectangular a cierta frecuencia se procedió a la realización de este software, el cual tiene el nombre de "Diseño de una guía de onda rectangular" y en el cual nos basamos para obtener las dimensiones de la guía rectangular a implementar para la antena donada.

Se decidió utilizar Mathcad inicialmente para la elaboración de ambos programas puesto que es un programa, como ya se explicó altamente amigable y por lo tanto muy fácil de utilizar, pero como no se puede realizar interfaces gráficas, es por ello que se recurrió a la ayuda de Visual Basic 6.0, pero aún así Mathcad nos sirvió para realizar un documento en donde se observan mucho mejor los cálculos realizados por el software implementado en Visual, puesto que en éste último sólo se muestra al usuario la interfaz, en donde debe introducir los datos requeridos para realizar el cálculo de los demás parámetros, pero no se le muestra el código que se realizó para realizar dichos cálculos, en otro apartado de éste capítulo se mostrará dicha interfaz así como los cálculos realizados en Mathcad para entender mejor los cálculos que realiza tanto el software de guías circulares como el de rectangulares.

Visual Basic 6.0 se eligió entre otros programas debido a que el desarrollo de la interfaz para el usuario es bastante sencilla de realizar, puesto que no se necesita de ningún tipo de código para crear botones, cuadro de textos, etc., sólo es necesario conocer las herramientas y arrastrarlas a la ventana de objeto o formulario, como se mostró en la sección 4.2.2 y listo tenemos una hermosa interfaz a la cual se le puede cambiar el color de fondo, formato de la letra, entre otros atributos, de una manera más sencilla, que en otros programas de programación en los que se necesita una serie



de códigos para realizar dicha tarea. Aparte de todo Visual permite al programador hacer cálculos matemáticos que en otros programas se llevarían una gran cantidad de lazos y rutinas y permite al usuario realizar en una sola línea de instrucción cálculos complejos despreocupándolo de crear algoritmos para desarrollar el programa, es por ello que se eligieron estos dos programas para la elaboración de ambos softwares.

### 4.5 Creación del software en Visual Basic 6.0 y Mathcad.

En los capítulos anteriores se presentó la base teórica que fue necesario investigar, desarrollar, resumir y depurar, para la realización de ésta tesis. También, se explicaron los conceptos generales y específicos tanto de líneas de transmisión, guías de onda, Visual Basic 6.0 y Mathcad. En ésta y en las siguientes secciones de éste capítulo se presentará la planeación y la estructura del programa que se elaboró.

El programa de Mathcad, como ya se explicó, se puede decir que fue utilizado para mostrar de una manera más sencilla los cálculos desarrollados en el software que se llevó a cabo en Visual, y en el cual se explica con mayor detalle los pasos que se siguieron para obtener los resultados deseados.

En el programa de Visual para una guía circular, se le pide al usuario que introduzca ciertos datos tales como:

- Modo de propagación.
- Índice mn (01, 02, 03, 11, 12, 13, 21, 22, 23).
- Armónicos deseados dentro de la guía.
- Frecuencia de corte.
- Porcentaje de la frecuencia de corte a la que se operará la guía.

Y el programa automáticamente al oprimir el botón de "Calcular" como se muestra en el capítulo 6, calcula el radio interior de la guía, la frecuencia de operación recomendada, la longitud de onda de corte, la velocidad de fase, velocidad de grupo, la impedancia característica para el modo de propagación dado y por último la longitud de la guía circular. Y en el programa para diseñar una guía de onda rectangular elaborado en Visual Basic 6.0, también se le pedían al usuario que introdujera ciertos parámetros, los cuales difieren un poco de los que se piden en el programa de la guía circular antes mencionado, y estos son:

- Modo de propagación.
- Índice  $m_n$  dependiendo del modo escogido.
- Armónicos deseados dentro de la guía.
- Dimensión a y b.
- Porcentaje de la frecuencia de corte a la que se operará la guía.

De igual manera que en el programa de una guía circular al oprimir el botón "Calcular" calculaba los siguientes parámetros de manera automática.

- Frecuencia de corte.
- Frecuencia de operación recomendada.
- Longitud de onda de corte.
- Velocidad de grupo y de fase.
- Impedancia característica para el modo de propagación elegido.
- Longitud de la guía.

En el caso de Visual Basic 6.0 para ambos programas si se desea consultar el código realizado de programación en Basic para el desarrollo de las fórmulas favor de dirigirse a los apéndices A y B.

### 4.5.1 Planeación del software.

El programa que se desarrolló en Mathcad tiene como objetivo mostrar el cálculo de los parámetros de una manera más sencilla, para facilitar la comprensión del software elaborado, así como la implementación de éste mismo, puesto con su ayuda fue mucho más fácil para mí desarrollar el código en Visual Basic 6.0, en realidad Mathcad me sirvió como algoritmo para desarrollar el programa de "Diseño de una guía de onda circular" y el de "Diseño de una guía de onda rectangular".

El programa en Visual se planeó de tal forma que hubiera una interfaz; es decir una ventana principal para el usuario y en el cual éste pudiera meter datos como en el programa de Mathcad, pero con la diferencia que éstos los introduciría en una interfaz más amigable y bonita, en éste sólo aparecerían los resultados de los parámetros a calcular y se tendría la opción de salir del programa, así como de empezar un nuevo cálculo.

### 4.5.2 Estructura del software.

La estructura que se llevó a cabo para realizar el programa en Mathcad no fue tan complicada puesto que con la ayuda de la parte teórica vista en el capítulo anterior sólo era cuestión de reunir las fórmulas necesarias y realizar los cálculos deseados, a continuación se muestra un diagrama a bloques de la estructura del programa realizado en Mathcad, tanto para una guía de onda circular Figura 4.5.2-1, como para una rectangular Figura 4.5.2-2.

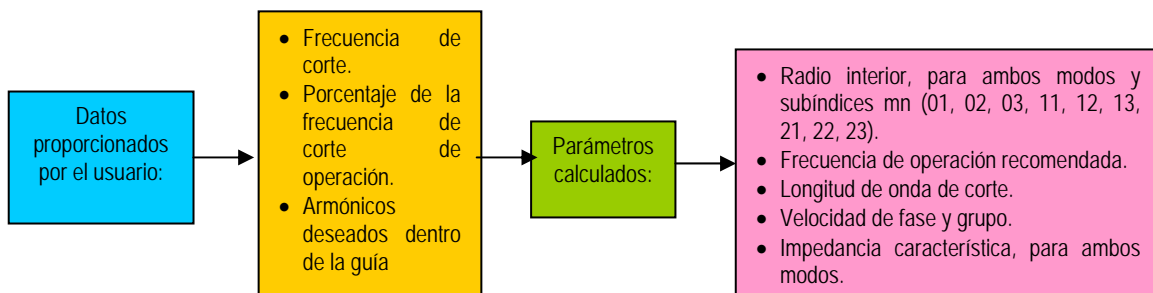


Figura 4.5.2-1. Estructura del programa de Mathcad para una guía de onda circular.

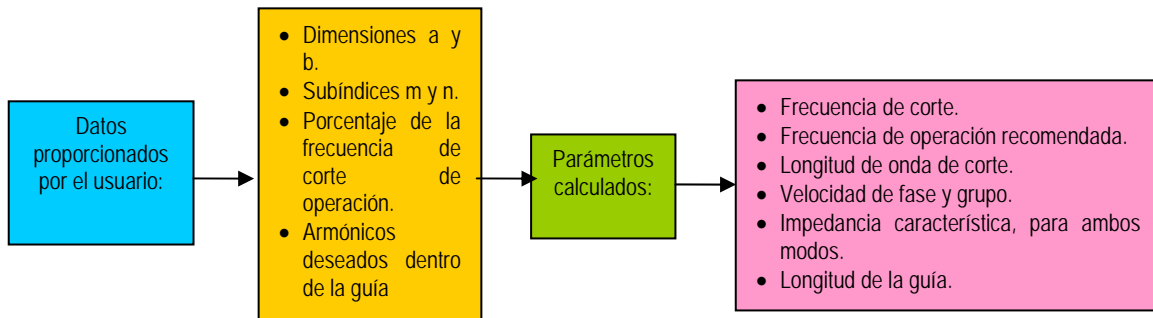


Figura 4.5.2-2. Estructura del programa de Mathcad para una guía de onda rectangular.

Ya que conocemos la estructura del programa realizado en Mathcad para una guía de onda circular y una rectangular, entonces ya será mucho más fácil entender como se fue conformando cada programa. A continuación se muestran las fórmulas empleadas para el diseño de una guía de onda circular y posteriormente las empleadas en la el diseño de una guía rectangular, así como el programa en sí realizado en Mathcad para cada diseño. Cabe recordar que dicho procedimiento al igual que las fórmulas que verán, fueron empleadas para la elaboración del software en Visual Basic 6.0, tanto para la guía circular como la rectangular.

## Diseño de una guía de onda circular

### Datos proporcionados por el usuario:

- Frecuencias de corte ( GHz ):  $f := 3.5$
- Porcentaje de la frecuencia de corte al que va a operar (%): porcentaje := 75
- Armónicos deseados dentro de la guía :  $a := 2$

### Parámetros calculados:

- Radio interior ( mm ) para índice mn ( 01,02,03,11,12,13,21,22,23:)

Modo TE:

$$r_{TE} = \begin{pmatrix} 0.052 & 0.025 & 0.042 \\ 0.096 & 0.073 & 0.091 \\ 0.139 & 0.116 & 0.136 \end{pmatrix}$$

Modo TM:

$$r_{TM} = \begin{pmatrix} 0.033 & 0.052 & 0.07 \\ 0.075 & 0.096 & 0.115 \\ 0.118 & 0.139 & 0.159 \end{pmatrix}$$

;donde m=columna y n=renglón

- Frecuencia de operación recomendada ( Hz ):  $f_0 = 6.125 \times 10^9$
- Longitud de onda de corte ( cm ):  $\lambda = 8.571$
- Velocidad de fase ( m/seg ):  $V_f = 3.656 \times 10^{10}$
- Velocidad de grupo ( m/seg ):  $V_g = 2.462 \times 10^{10}$
- Impedancia Característica ( Ohms ):

$$\text{Modo TE: } Z_{cTE} = 5.773 \times 10^5$$

$$\text{Modo TM: } Z_{cTM} = 3.888 \times 10^5$$

- Longitud de la guía ( cm ): Longitud = 8.571

Figura 4.5.2-3. Interfaz del usuario para el Diseño de una guía de onda circular.

Como se observa en esta parte del programa el usuario introduce los datos que se le piden y esto es toda su participación, puesto que al introducirlos, Mathcad realiza los cálculos de manera automática. Debido que Mathcad no cuenta con interfaz, traté de acomodar los datos de tal forma que quedarán en una sola hoja, para que el usuario no tuviera que buscar los resultados a lo largo del programa, a esto yo le llamé la interfaz del usuario como se muestra en la figura 4.5.2-3 para el caso de una guía de onda circular.

La interfaz del usuario muestra los parámetros calculados, pero no muestra las fórmulas que se utilizaron para obtenerlos y esto es, porque los cálculos se llevaron en una hoja a parte dentro del programa realizado en Mathcad y la cual es la siguiente:

**Cálculo de los parámetros:**

$$f_c := f \cdot 10^9 \qquad \lambda := \frac{3 \cdot 10^{10}}{f_c} \qquad ; \text{donde } 3 \cdot 10^8 \text{ es la velocidad de la luz.}$$

$$f_c = 3.5 \times 10^9 \qquad ; \text{donde } f_c \text{ es la frecuencia de corte} \qquad \lambda = 8.571$$

$$f_o := \frac{f_c \cdot \text{porcentaje}}{100} + f_c \qquad \frac{1}{\beta}$$

$$f_o = 6.125 \times 10^9 \qquad ; \text{donde } f_o \text{ es la frecuencia de operación recomendada.} \qquad \beta := \frac{2 \cdot \pi}{3 \cdot 10^8} (f_o^2 - f_c^2)^2$$

$$V_f := \frac{2 \cdot \pi f_o}{\beta} \cdot 10^2 \qquad ; \text{donde } v_f \text{ es la velocidad de fase y } \beta \text{ la constante de propagación.} \qquad V_g := \frac{(3 \cdot 10^{10})^2}{V_f} \qquad ; \text{donde } V_g \text{ es la velocidad de grupo.}$$

$$V_f = 3.656 \times 10^{10} \qquad V_g = 2.462 \times 10^{10}$$

Impedancia característica modo TE y TM  $\qquad \text{Longitud} := \left(\frac{\lambda}{2}\right) \cdot a$

$$\mu := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \qquad ; \text{donde } \mu \text{ (H/m) es la permeabilidad para una guía rellena de aire}$$

$$Z_{cTE} := 4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot V_f \qquad Z_{cTM} := 4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot V_f \left[ 1 - \left(\frac{f_c}{f_o}\right)^2 \right]$$

$$Z_{cTE} = 5.773 \times 10^5 \qquad Z_{cTM} = 3.888 \times 10^5$$

;donde  $Z_{cTE}$  y  $Z_{cTM}$  son la impedancia característica del modo correspondiente.

**Cálculo de los parámetros :**

$$S_{mn} := \begin{pmatrix} 3.832 & 1.841 & 3.054 \\ 7.016 & 5.331 & 6.706 \\ 10.173 & 8.536 & 9.969 \end{pmatrix}$$

$$T_{mn} := \begin{pmatrix} 2.405 & 3.832 & 5.136 \\ 5.520 & 7.016 & 8.417 \\ 8.654 & 10.173 & 11.620 \end{pmatrix}$$

$$r_{TE} := \frac{S_{mn} \cdot (3 \cdot 10^8)}{2 \cdot \pi \cdot f_c}$$

$$r_{TM} := \frac{T_{mn} \cdot (3 \cdot 10^8)}{2 \cdot \pi \cdot f_c}$$

Modos de propagación:

- TE
- TM

Radio interior (mm) para modo TE y TM para índice mn ( 01,02,03,11,12,13,21,22,23 )

$$r_{TE} = \begin{pmatrix} 0.052 & 0.025 & 0.042 \\ 0.096 & 0.073 & 0.091 \\ 0.139 & 0.116 & 0.136 \end{pmatrix}$$

$$r_{TM} = \begin{pmatrix} 0.033 & 0.052 & 0.07 \\ 0.075 & 0.096 & 0.115 \\ 0.118 & 0.139 & 0.159 \end{pmatrix}$$

:donde m = columna y n = renglón

En esta parte del programa donde se calculan los parámetros, se explica el significado de las variables involucradas en las fórmulas para su mayor comprensión, como se puede observar, para así tener conocimiento de que es lo que se esta calculando.

En cuanto al software realizado en Visual Basic 6.0, consiste en dos etapas: La primera es cuando el usuario introduce los datos como:

- Modo de propagación: TE ó TM.
- Índice mn (01, 02, 03, 11, 12, 13, 21, 22, 23).
- Armónicos deseados dentro de la guía.
- Frecuencia de corte.
- Porcentaje de la frecuencia de corte a la que se va operar.

Y la segunda es cuando se oprime el botón “Calcular”, en el cual se encuentra la rutina de ejecución del programa, donde se encuentran guardadas las operaciones a seguir para el cálculo de los parámetros las cuales ya se mostraron en esta sección. El botón al ser oprimido calcula los siguientes parámetros:

- Radio interior.
- Frecuencia de operación recomendada.
- Longitud de onda de corte.
- Velocidad de fase y de grupo.
- Impedancia Característica.
- Longitud de la guía.

Estas dos etapas se pueden observar en la figura 4.5.2-4. la cual es un diagrama a bloques de la estructura del software “Diseño de una guía de onda circular” elaborado en Visual Basic 6.0, en donde se muestra en una manera más sencilla los pasos que se siguieron para poder llevarlo a cabo.

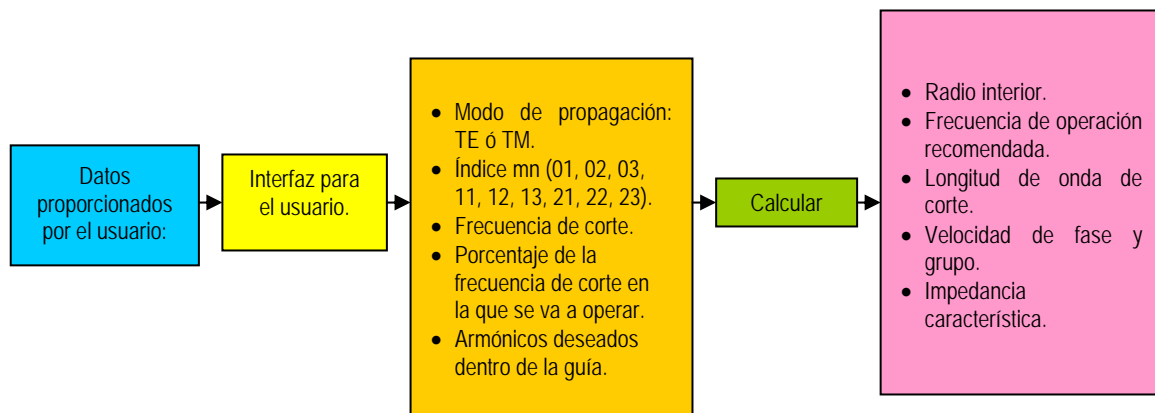


Figura 4.5.2-4. Estructura del Software “Diseño de una guía de onda circular”, elaborado en Visual Basic 6.0.

Ya una vez mostrado el mostrado el programa realizado en Mathcad para una guía de onda circular, entonces será más fácil entender el programa realizado en Mathcad para el “Diseño de una



guía de onda rectangular". En donde se mostrará una interfaz Figura 4.5.2-5, como en el caso de la guía de onda circular y las fórmulas empleadas en otra hoja dentro del mismo programa.

## Diseño de una guía de onda rectangular

### Datos proporcionados por el usuario:

- Según el modo de propagación son los subíndices m,n:
  - Para modo TM • Subíndice m : m := 1  
m,n=1,2,3
  - Para modo TE • Subíndice n : n := 0  
m,n=0,1,2,3 excepto m=n=0
- Armónicos deseados ar := 2 • Dimensión a (cm): a := 7.214  
dentro de la guía: • Dimensión b (cm): b := 3.404
- Porcentaje de la frecuencia de corte al que va a operar (%): porcentaje := 75

### Parámetros calculados:

- Frecuencia de Corte (Hz):  $f_c = 2.079 \times 10^9$
- Frecuencia de operación recomendada ( Hz ):  $f_o = 3.639 \times 10^9$
- Longitud de onda de corte ( cm ):  $\lambda_c = 14.428$
- Velocidad de fase ( cm/seg ):  $V_f = 3.656 \times 10^{10}$
- Velocidad de grupo (cm/seg ):  $V_g = 2.462 \times 10^{10}$
- Longitud de la guía de onda ( cm ):  $L = 14.428$
- Impedancia Característica ( Ohms ):

Modo TE:  $Z_{cTE} = 5.773 \times 10^5$

Modo TM:  $Z_{cTM} = 3.888 \times 10^5$

Figura 4.5.2-5. Interfaz del usuario para el Diseño de una guía de onda rectangular.

Las fórmulas empleadas para el diseño de una guía de onda rectangular son las que se muestran, las cuales son explicadas con una leyenda como en el caso de la guía circular para facilitar su comprensión.

**Cálculo de los parámetros:**

$$\lambda_c := \frac{2}{\left[ \left( \frac{m}{a} \right)^2 + \left( \frac{n}{b} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$f_o := \frac{f_c \cdot \text{porcentaje}}{100} + f_c$$

$$f_o = 3.639 \times 10^9 \quad ; \text{donde } f_o \text{ es la frecuencia de operación recomendada.}$$

$$V_f := \frac{2 \cdot \pi \cdot f_o}{\beta} \cdot 10^2 \quad ; \text{donde } v_f \text{ es la velocidad de fase y } \beta \text{ la constante de propagación.}$$

$$V_f = 3.656 \times 10^{10}$$

Impedancia característica modo TE y TM

$$\mu := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \quad ; \text{donde } \mu \text{ (H/m) es la permeabilidad para una guía rellena de aire.}$$

$$Z_{cTE} := 4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot V_f$$

$$Z_{cTE} = 5.773 \times 10^5$$

;donde  $Z_{cTE}$  y  $Z_{cTM}$  son la impedancia característica del modo correspondiente.

$$f_c := \frac{3 \cdot 10^{10}}{\lambda_c} \quad ; \text{donde } 3 \cdot 10^{10} \text{ es la velocidad de la luz en cm/seg.}$$

$$f_c = 2.079 \times 10^9 \quad ; \text{donde } f_c \text{ es la frecuencia de corte}$$

$$\beta := \frac{2 \cdot \pi}{3 \cdot 10^8} \left( f_o^2 - f_c^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_g := \frac{\left( 3 \cdot 10^{10} \right)^2}{V_f} \quad ; \text{donde } V_g \text{ es la velocidad de grupo.}$$

$$V_g = 2.462 \times 10^{10}$$

$$L := \frac{\lambda_c}{2} \cdot ar \quad ; \text{Longitud de la guía de onda rectangular en cm.}$$

$$Z_{cTM} := 4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot V_f \left[ 1 - \left( \frac{f_c}{f_o} \right)^2 \right]$$

$$Z_{cTM} = 3.888 \times 10^5$$

En cuanto al software realizado en Visual Basic 6.0, consiste en dos etapas también: La primera es cuando el usuario introduce los datos mencionados anteriormente en la sección 4.5. Y la

segunda es cuando se oprime el botón "Calcular", en el cual se encuentra la rutina de ejecución del programa, donde se encuentran guardadas las operaciones a seguir para el cálculo de los parámetros las cuales también se mostraron en la sección 4.5.

Estas dos etapas se pueden observar en la figura 4.5.2-6, la cual es un diagrama a bloques de la estructura del software "Diseño de una guía de onda rectangular" elaborado en Visual Basic 6.0, en donde se muestra en una manera más sencilla los pasos que se siguieron para poder llevarlo a cabo.

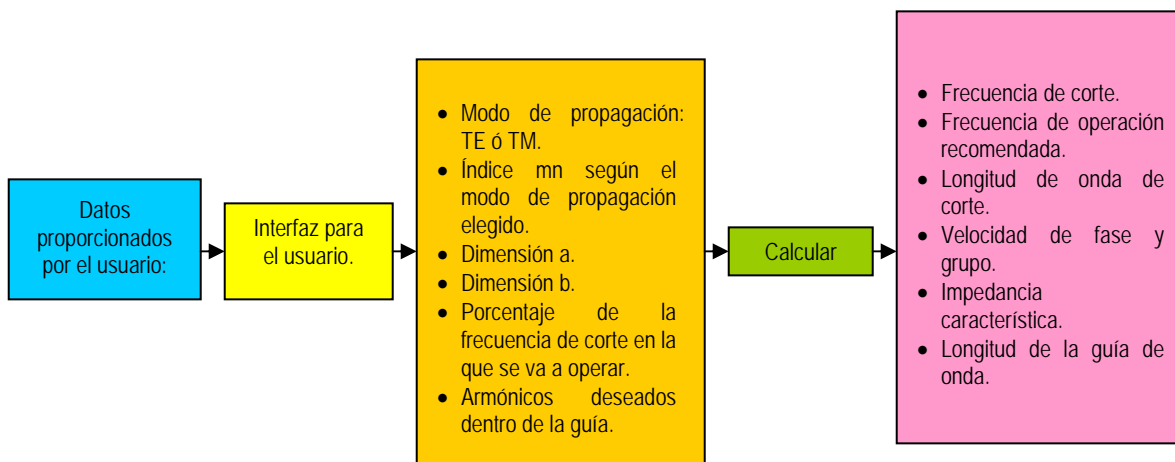


Figura 4.5.2-6. Estructura del Software "Diseño de una guía de onda rectangular", elaborado en Visual Basic 6.0.

Se puede observar que tanto la estructura para el diseño de una guía de onda circular como una rectangular no difieren en mucho puesto que para el cálculo de la impedancia característica, la velocidad de grupo y de fase, la longitud de la guía de onda, así como la frecuencia de operación recomendada se utilizaron las mismas fórmulas, por lo tanto una vez realizado el programa para el diseño de una guía de onda circular, fue muy fácil la elaboración del programa para una guía de onda rectangular.

#### 4.6 Interfaz del software elaborado en Visual Basic 6.0.

Lo primero que realice en Visual, fue la creación del formulario, el cual ya se mostró en la sección 4.4.2, en el cual diseñe la interfaz del usuario de una manera muy fácil, con la ayuda de las herramientas (Toolbox). La Figura 4.6-1., muestra la caja de herramientas, que incluye los controles con los que se puede diseñar la pantalla de la aplicación. Estos controles son por ejemplo botones, etiquetas, cajas de texto, zonas gráficas, etc. Para introducir un control en el formulario simplemente hay que clicar en el icono adecuado de la toolbox y colocarlo en el formulario con la posición y el tamaño deseado, clicando y arrastrando con el ratón. Clicando dos veces sobre el icono de un control aparece éste en el centro del formulario y se puede modificar su tamaño y/o trasladar con el ratón como se desee. El número de controles que pueden aparecer en esta ventana varía con la configuración del sistema. Para introducir nuevos componentes se utiliza el comando Components en el menú Project, con lo cual se abre el cuadro de diálogo mostrado en la Figura 4.6-2.



Figura 4.6-1. Caja de Componentes (Toolbox).

Los formularios son las zonas de la pantalla sobre las que se diseña el programa y sobre las que se sitúan los controles o herramientas de la toolbox. Al ejecutar el programa, el form se convertirá en la ventana de la aplicación, donde aparecerán los botones, el texto, los gráficos, etc. Para lograr una mejor presentación existe una malla o retícula (grid) que permite alinear los controles manualmente de una forma precisa (evitando tener que introducir coordenadas continuamente). Esta malla sólo será visible en el proceso de diseño del programa; al ejecutarlo no se verá. De cualquier forma, se puede desactivar la malla o cambiar sus características en el menú Tools/Options/General, cambiando la opción Align Controls to Grid.

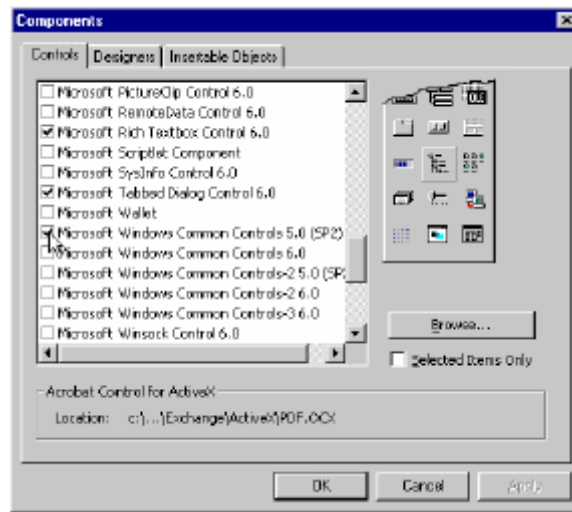


Figura 4.6-2. Cuadro de dialogo de los componentes.

Exteriormente, los formularios tienen una estructura similar a la de cualquier ventana. Sin embargo, también poseen un código de programación que estará escrito en Basic, y que controlará algunos aspectos del formulario, sobre todo en la forma de reaccionar ante las acciones del usuario (eventos). El formulario y los controles en él situados serán el esqueleto o la base del programa. Una aplicación puede tener varios formularios, pero siempre habrá uno con el que arrancará la aplicación, en este caso es el botón de "Calcular". Resumiendo, cuando se vaya a crear un programa en Visual Basic 6.0 habrá que dar dos pasos:

1. Diseñar y preparar la parte gráfica (formularios, botones, menús, etc.)
2. Realizar la programación que gestione la respuesta del programa ante los distintos eventos.

Los resultados que se obtuvieron con respecto al programa de una guía circular, como de una guía rectangular se mostrarán en el capítulo VI, junto con la guía de onda ya terminada. Ahora que ya tenemos el programa de "Diseño de una guía de onda rectangular" continuaremos ahora con la implementación de la guía rectangular cuyas dimensiones se muestran en el capítulo V, el cual habla de los materiales utilizados en su elaboración y del tipo de antena para la cual la guía de onda fue diseñada, así como las dimensiones de ésta.