

# CAPÍTULO IV

## Desarrollo del Software

### 4.1 Visual Basic 6.0.

La facilidad de utilizar Visual Basic impulsa a los programadores de PC's a desarrollar aplicaciones complejas en un tiempo muy corto que, comparados con visual C++, llevarían más tiempo.

Visual Basic 6.0 es considerado un programador de cuarta generación, esto quiere decir que no se necesita escribir código para realizar un gran número de operaciones, simplemente se realizan instrucciones gráficas que facilitan el desarrollo del software.

Visual Basic 6.0 es también un programador basado en objetos, aunque no orientado a objetos como C++ o Java. La diferencia es que visual utiliza objetos con

propiedades y métodos, pero carece de los mecanismos de herencia y polimorfismo propios de los verdaderos lenguajes orientados a objetos como Java y C++.

## **4.2 Software para el presupuesto de enlace.**

Este programa fue creado para calcular y diseñar el presupuesto del enlace de un sistema satelital, así como para evaluar su desempeño en la calidad de la señal que será transmitida. El programa fue diseñado de tal manera que el usuario pueda evaluar el diseño que tenga en mente, ya que el programa es capaz de evaluar las ganancias y la pérdidas que ocurren en la señal de radio durante el recorrido de ésta, desde que fue transmitida por la estación terrestre hasta que es recibida por el satélite y de vuelta hacia la Tierra.

## **4.3 Algoritmo del programa.**

Para explicar el algoritmo del programa es necesario dividirlo en diferentes secciones que faciliten su comprensión. El análisis de la posición de la antena se realiza utilizando las ecuaciones que se encuentran en el capítulo 2 y para el presupuesto del enlace se ocupan las ecuaciones mostradas en el capítulo 3.

### **4.3.1 Algoritmo de posición de la antena.**

La obtención de los ángulos de posición de la antena depende de la latitud y la longitud de la estación terrena y la longitud del satélite se obtiene mediante las siguientes formulas:

$$Az_m = \tan^{-1} \left( \frac{\tan(LA_{es} - LO_{sat})}{\sin LA_{es}} \right)$$

Ecuación 4.1

$$Elev = \tan^{-1} \left( \frac{\cos LA_{es} \cos(LO_{es} - LO_{sat}) - 0.151}{\sqrt{1 - \cos^2 LA_{es} \cos^2(LO_{es} - LO_{sat})}} \right)$$

Ecuación 4.2

El cálculo de la distancia del radio enlace requiere del ángulo de elevación de la antena y de la ecuación:

$$S = [R^2 + (R + h)^2 - 2R(R + h)\cos \mathbf{b}]^{1/2}$$

Ecuación 4.3

La figura 4.1 muestra el algoritmo de los ángulos y la distancia del enlace.

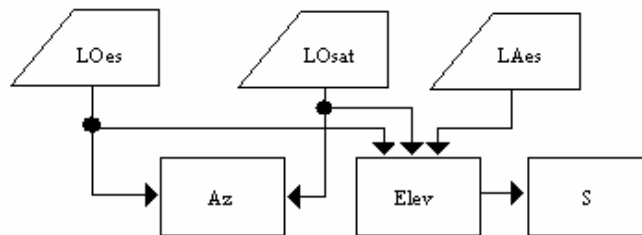


Figura 4.1 Algoritmo para la posición de la antena y la distancia del enlace.

#### 4.3.2 Algoritmo para la ganancia de la antena transmisora “Atx”.

El cálculo de la ganancia de la antena transmisora requiere de los datos siguientes: el diámetro de la antena  $D$ , la eficiencia del sistema  $\eta$  y la frecuencia  $f_{rec}$ .

Esta instrucción se ejecuta con la ecuación:

$$At(dB) = 10 \text{Log} \left( \eta \left( \frac{\pi D f}{c} \right)^2 \right)$$

#### Ecuación 4.4

La figura 4.2 muestra el algoritmo con que se obtiene la ganancia de la antenna receptora.

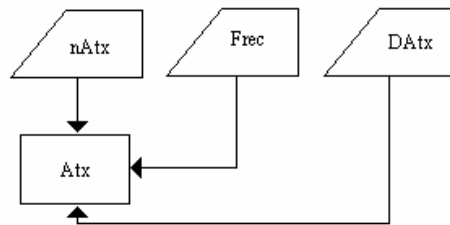


Figura 4.2 Algoritmo de la ganancia de la antenna transmisora

#### 4.3.3 Algoritmo de la potencia isotrópica radiada efectiva “PIRE”

La potencia isotrópica radiada efectiva se obtiene del resultado que producen los siguientes datos: Potencia de transmisión  $P_t$  y la ganancia de la antenna  $A_{tx}$ . Para ejecutar la instrucción de **PIRE** se utiliza la ecuación:

$$PIRE (dB) = 10Log(P_t A_t)$$

#### Ecuación 4.5

La figura 4.3 muestra el algoritmo necesario para obtener la **PIRE**.

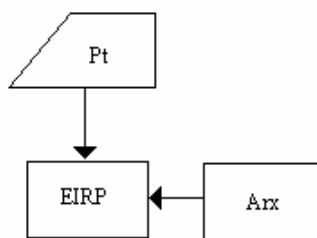


Figura 4.3 Algoritmo de la potencia isotrópica radiada efectiva.

#### 4.3.4 Algoritmo de las pérdidas por trayectoria en el espacio libre “Lp”.

Las pérdidas por trayectoria requieren de los siguientes datos para ser calculadas: frecuencia de transmisión *freq*, distancia del radioenlace *S* y la constante de la velocidad de la luz *c*. La ecuación que se utiliza para obtener las pérdidas por trayectoria en el espacio libre es:

$$L_p(dB) = 92.4 + 20\text{Log}f(\text{GHz}) + 20\text{Log}D(\text{Km})$$

Ecuación 4.6

La figura 4.4 muestra el algoritmo de las pérdidas por trayectoria en el espacio libre.

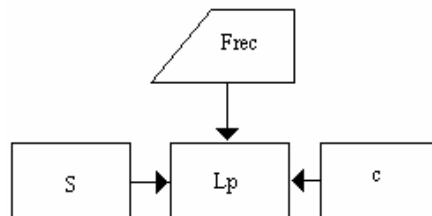


Figura 4.4 Algoritmo de pérdidas por trayectoria en el espacio libre.

#### 4.3.5 Algoritmo de las pérdidas por gases en la atmósfera “Lg”.

Las pérdidas por gases en la atmósfera requiere de los siguientes datos para poder ser calculadas: frecuencia de transmisión *freq* y la elevación de la antena *elev*.

Para obtener las pérdidas por gases se requiere de la ecuación:

$$L_g = (Abs)(da)$$

Ecuación 4.7

La figura 4.5 muestra el algoritmo de las pérdidas por gases atmosféricos.

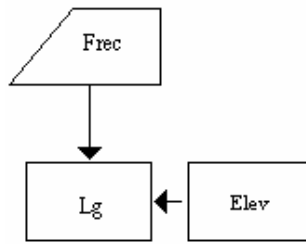


Figura 4.5 Algoritmo de pérdidas por gases atmosféricos.

#### 4.3.6 Algoritmo de la densidad de flujo a la distancia del enlace “C”.

La densidad de flujo requiere de los siguientes datos para poder ser calculada: potencia de transmisión  $P_t$ , ganancia de la antena transmisora  $A_{tx}$  y pérdidas por trayectoria en el espacio libre  $L_p$ . Para poder obtener la densidad de flujo se requiere de la ecuación:

$$C' = \frac{P_t A_{tx}}{4r^2 p}$$

Ecuación 4.8

La figura 4.6 muestra el algoritmo de la densidad de flujo.

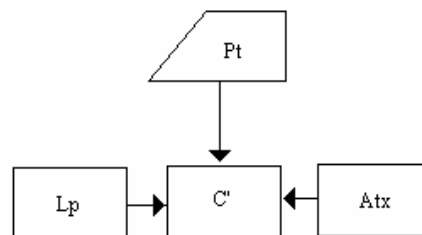


Figura 4.6 Algoritmo de la densidad de potencia.

#### 4.3.7 Algoritmo de la potencia recibida a la distancia del receptor “Prx”.

La potencia recibida a la distancia del receptor se obtiene con los mismos datos que la densidad de flujo, solo que ésta requiere de la ganancia de la antena receptora para poder convertir la potencia en potencia eléctrica. Para el cálculo de la potencia recibida a la distancia de receptor se requiere de la ecuación:

$$Pr_x = \frac{Pt_x A_{tx} A_{rx}}{4r^2 \rho}$$

Ecuación 4.9

La figura 4.7 muestra el algoritmo de la potencia recibida a la distancia del receptor

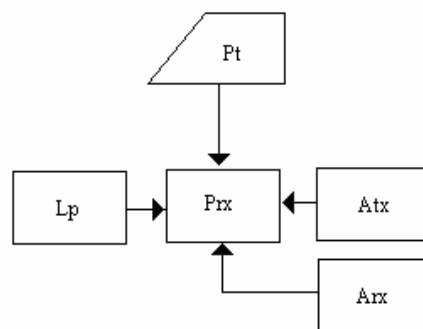


Figura 4.7 Algoritmo de la potencia recibida a la distancia del receptor.

#### 4.3.8 Algoritmo de la relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido “G/T”.

La relación ganancia a temperatura equivalente de ruido requiere de los siguientes datos para su obtención: ganancia de la antena receptor  $A_{rx}$  y la temperatura del sistema  $T_{sis}$ . El cálculo de la relación se obtiene de:

$$\frac{G}{T_e}(dB) = 10 \text{Log} \left( \frac{A_{rx}}{T_e} \right)$$

Ecuación 4.10

La figura La figura 4.8 muestra el algoritmo de la relación.

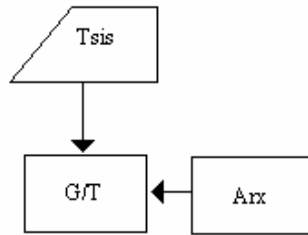


Figura 4.8 Algoritmo de la relación ganancia a temperatura equivalente de ruido.

#### 4.3.9 Algoritmo de las pérdidas por lluvia “Lr”.

Las pérdidas por lluvia requiere de dos datos para calcularse: frecuencia de transmisión *freq* y cantidad de lluvia en la región **R**. Para calcular este parámetro se requiere de:

$$Lr = (a)(da) = (aR^b)(da)$$

Ecuación 4.11

La figura 4.9 muestra el algoritmo para obtener las pérdidas por lluvia.

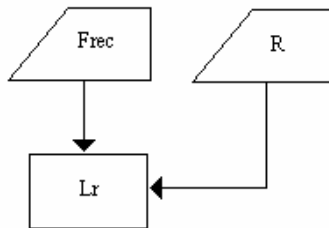


Figura 4.9 Algoritmo de las pérdidas por lluvia.

#### 4.3.10 Algoritmo de la relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido con lluvia “G/T lluvia”.



La relación ganancia a temperatura equivalente de ruido cuando llueve se obtiene de los siguientes parámetros: ganancia de la antena receptora **Arx** y las pérdidas por lluvia **Lr**. Estos cálculos los realiza la ecuación:

$$\frac{G}{Te} \text{ lluvia}(dB) = 10 \text{Log} \frac{Arx}{Tr}$$

Ecuación 4.12

La figura 4.10 muestra el algoritmo de la relación cuando hay lluvia.

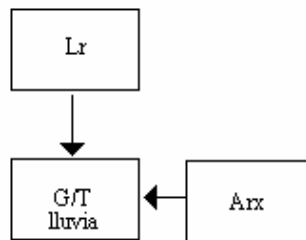


Figura 4.10 Algoritmo de la relación ganancia a temperatura equivalente de ruido con lluvia.

#### 4.3.11 Algoritmo de la relación de portadora a densidad de ruido “C/No”.

La relación de portadora a densidad a ruido se obtiene con los siguientes datos: potencia radiada efectiva **PIRE**, pérdidas por trayectoria **Lp**, la relación ganancia a temperatura equivalente de ruido **G/T**, pérdidas por gases atmosféricos **Lg** y la constante de Boltzman **K**. La siguiente ecuación muestra la obtención de la relación:

$$\left( \frac{C}{No} \right)_{dB} = EIRP(dBW)_u - Lp(dB)_u + \left( \frac{G}{Te} \right) dBK^{-1}_u - Lg(dB) - K(dBWK)$$

Ecuación 4.13

La figura 4.11 muestra el algoritmo de la relación de portadora a densidad de ruido.

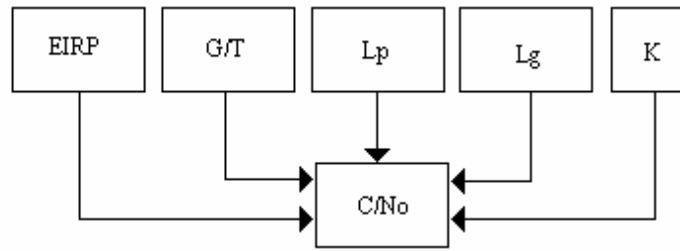


Figura 4.11 Algoritmo de la relación portadora a densidad de ruido.

#### 4.3.12 Algoritmo de la relación de portadora a señal a ruido “C/N”.

La relación de portadora a señal a ruido se obtiene de los siguientes datos: relación de portadora a densidad a ruido  $C/N_0$  y el ancho de banda  $BW$ . Esta relación se obtiene de:

$$\left( \frac{C}{N} \right) = \frac{C}{N_0} - BW$$

Ecuación 4.14

La figura 4.12 muestra el algoritmo de la relación.

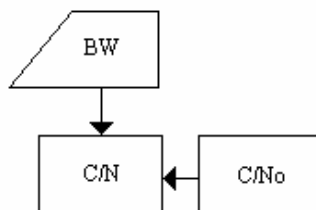


Figura 4.12 Algoritmo relación portadora a señal a ruido.

#### 4.3.13 Algoritmo de la relación de energía de bit a densidad de ruido “Eb/No”.

La relación energía de bit a densidad de ruido se obtiene con los siguientes datos: relación portadora a señal a ruido  $C/N$ , ancho de banda  $BW$  y frecuencia de bit  $fb$ . La siguiente ecuación muestra como se obtiene la relación:

$$\left(\frac{Eb}{No}\right) = \left(\frac{C}{N}\right) \left(\frac{B}{fb}\right)$$

Ecuación 4.15

La figura 4.13 muestra el algoritmo de la relación energía de bit a densidad de ruido.

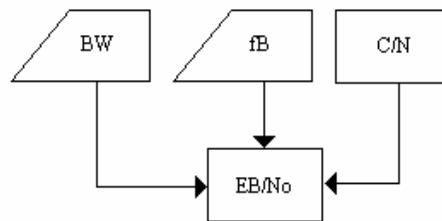


Figura 4.13 Algoritmo relación energía de bit a densidad de ruido.

#### 4.3.14 Algoritmo de la relación de portadora a señal a ruido con lluvia “C/No lluvia”.

La relación de portadora a señal a ruido con lluvia se obtiene de los siguientes datos: relación de portadora a densidad a ruido con lluvia  $C/No$  y el ancho de banda  $BW$ . Esta relación se obtiene de la ecuación:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dB} = EIRP(dBW)_u - Lp(dB)_u + \left(\frac{G}{Te}\right) dBK^{-1}_u - Lg(dB)_u - K(dBWK)_u - B(dB)_u - Lr(dB)_u$$

Ecuación 4.16

La figura 4.14 muestra el algoritmo de la relación.

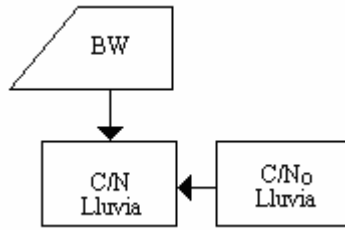


Figura 4.14 Algoritmo relación portadora a señal a ruido con lluvia.

**4.3.15 Algoritmo de la eficiencia total de la relación de portadora a señal a ruido “C/N total”.**

La eficiencia total de la relación de portadora a señal a ruido se obtiene de las relaciones de portadora a densidad de ruido del enlace de subida como la del enlace de bajada. Y se obtiene de la ecuación:

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{sis} = \frac{1}{\frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_u} + \frac{1}{\left(\frac{C}{N}\right)_d}}$$

Ecuación 4.17

La figura 4.15 muestra el algoritmo de la relación total.

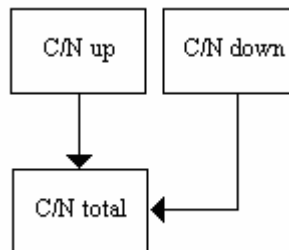


Figura 4.15 Algoritmo de la eficiencia total de la relación C/N.