

Informe Técnico CAY 1982 - 4

OPTIMIZACION PRELIMINAR DE LAS
POSICIONES DEL SUBREFLECTOR

Gonzalo Gutiérrez Lorenzo

Alberto Barcia Cancio

Juan Peñalver Moreno

El presente trabajo ha sido sufragado con cargo a los presupuestos del Proyecto de Investigación: "Estudio de la estructura y composición química de la Galaxia", con fondos dotados por la Comisión Asesora para la Investigación Científica y Técnica

1.- PRINCIPIOS GENERALES DE ANTENAS.

1.1- Comportamiento en transmisión y recepción de una antena.

Una antena es un dispositivo destinado a producir una buena adaptación entre el espacio libre y una línea de transmisión conectada a la entrada/salida de un receptor/transmisor. Con la antena se optimiza la transferencia de energía electromagnética entre el espacio (energía radiante) y dicha línea de transmisión (energía guiada), que la entrega a un receptor o la recibe de un transmisor. Además de maximizar la transferencia de energía electromagnética entre el espacio libre y el receptor o transmisor, la antena determina la distribución espacial con que dicha energía es captada o radiada por medio de su diagrama de radiación.

Una importante propiedad de las antenas es el denominado principio de reciprocidad, el cual establece que el diagrama de radiación de la antena es el mismo en transmisión que en recepción como se demuestra en el apartado 1.1.3.

1.1.1- Antena en transmisión.

Funcionando en transmisión, la antena se caracteriza por su ganancia directiva en potencia o sencillamente función directividad $D(\theta, \phi)$ tal que

$$D(\theta, \phi) = \frac{p(\theta, \phi)}{P_{tr}/4\pi} \quad (1.1)$$

siendo (θ, ϕ) coordenadas polares respecto al eje de la antena, $p(\theta, \phi)$ la potencia radiada por unidad de ángulo sólido en la dirección (θ, ϕ) y P_{tr} la potencia total radiada. Ya que

$$\int_{4\pi} p(\theta, \phi) d\Omega = P_{tr} \quad (1.2)$$

siendo $d\Omega$ el diferencial de ángulo sólido, se desprende

$$\int_{4\pi} D(\theta, \phi) d\Omega = 4\pi \quad (1.3)$$

Puesto que la potencia total suministrada a la antena P_t es mayor que la potencia total radiada P_{tr} , se denomina eficiencia de radiación de la antena η_r a la relación

$$\eta_r = \frac{P_{tr}}{P_t} \quad (1.4)$$

y análogamente se define la función ganancia de potencia $G(\theta, \phi)$ tal que

$$G(\theta, \phi) = \frac{p(\theta, \phi)}{P_t/4\pi} = \eta_r D(\theta, \phi) \quad (1.5)$$

η_r será un valor próximo e inferior a la unidad que tiene en cuenta las pérdidas óhmicas de la antena y en la práctica de difícil determinación.

Se denomina sencillamente directividad D_0 o ganancia G_0 al valor máximo de $D(\theta, \phi)$ o $G(\theta, \phi)$ respectivamente. El diagrama de radiación de la antena $f(\theta, \phi)$ será la función directividad o ganancia normalizada, es decir

$$f(\theta, \phi) = \frac{D(\theta, \phi)}{D_0} = \frac{G(\theta, \phi)}{G_0} \quad (1.6)$$

1.1.2- Antena en recepción.

La potencia total captada por la antena se puede obtener según

$$P = \frac{\Delta V}{2} \int_{4\pi} A_e(\theta, \phi) I(\theta, \phi) d\Omega \quad (1.7)$$

siendo $I(\theta, \phi)$ la intensidad de radiación incidente según la dirección (θ, ϕ) , $\Delta\nu$ el ancho de banda considerado y $A_e(\theta, \phi)$ se define como el área efectiva de captación según la dirección (θ, ϕ) . El factor $1/2$ aparece ya que, normalmente, la antena capta radiación con una sola polarización.

Llamando A_0 al valor máximo de $A(\theta, \phi)$, normalmente $A_0 = A(0, 0)$, se define también el diagrama de radiación $f(\theta, \phi)$ como

$$f(\theta, \phi) = \frac{A(\theta, \phi)}{A_0} \quad (1.8)$$

En el siguiente apartado se demuestra que el diagrama de radiación definido en (1.8) es el mismo que el definido en (1.6).

1.1.3- Principio de reciprocidad.

El principio de reciprocidad establece que el diagrama de radiación de una antena es el mismo en transmisión que en recepción, o lo que es lo mismo $G(\theta, \phi) \propto A(\theta, \phi)$ como se demuestra a continuación:

Según (1,7) y dado que

$$I(\theta, \phi) = \frac{2 k T(\theta, \phi)}{\lambda^2} \quad (1.9)$$

con k constante de Boltzman, λ longitud de onda y $T(\theta, \phi)$ temperatura efectiva de radiación según la dirección (θ, ϕ) , la potencia total captada por la antena será

$$P = \frac{\Delta\nu k}{\lambda^2} \int_{4\pi} A_e(\theta, \phi) T(\theta, \phi) d\Omega \quad (1.10)$$

Supongamos ahora un sistema en equilibrio termodinámico y aislado térmicamente del exterior como muestra la figura 1.1, todo ello a una temperatura T . Consideremos un emisor en la dirección (θ, ϕ) con un ángulo sólido Ω suficientemente pequeño como para que $A_e(\theta, \phi)$ sobre Ω pueda considerarse constante, según (1.10) la potencia captada de dicho ángulo sólido Ω valdrá

$$P_{\text{rec}\Omega} = \frac{\Delta\nu k}{\lambda^2} \int_{\Omega} A_e(\theta, \phi) T d\Omega = \frac{\Delta\nu k A_e(\theta, \phi) T \Omega}{\lambda^2} \quad (1.11)$$

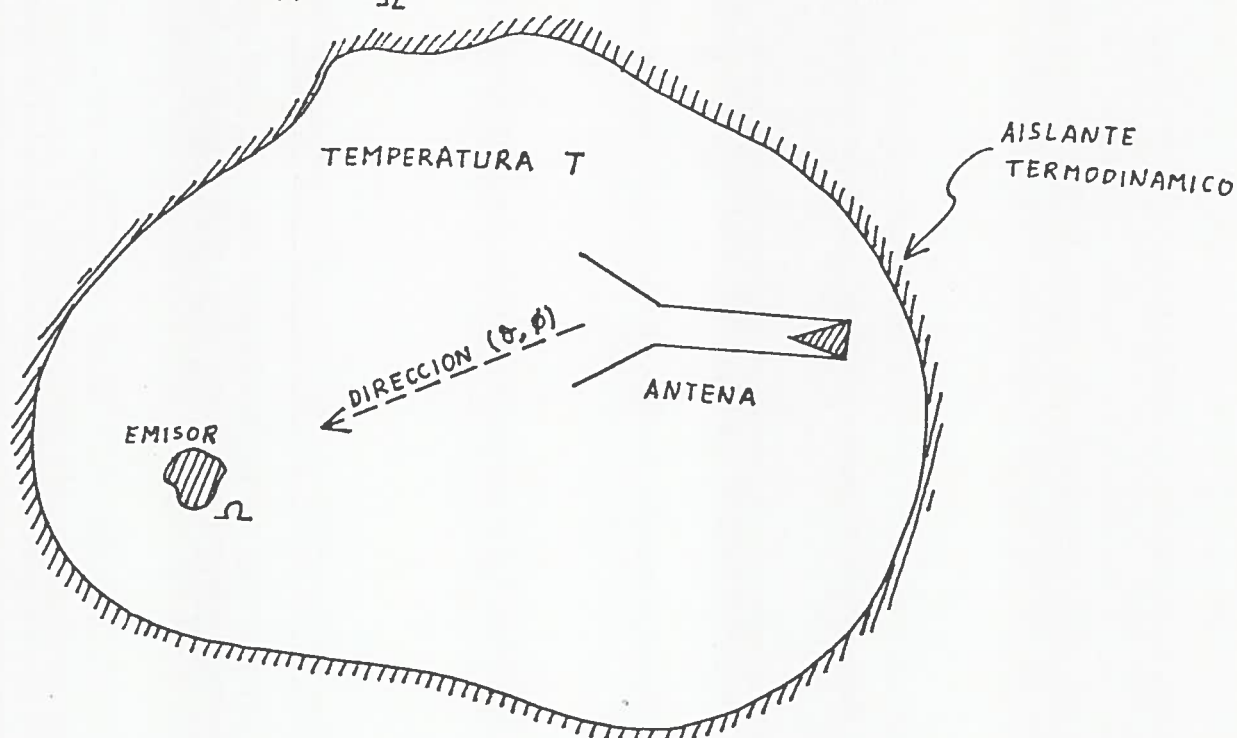


Figura 1.1

Sistema en equilibrio termodinámico

Análogamente, la potencia emitida por la antena sobre Ω valdrá, según (1.5)

$$P_{\text{emit}\Omega} = \int_{\Omega} p(\theta, \phi) d\Omega = \frac{\Omega P_t}{4\pi} G(\theta, \phi) \quad (1.12)$$

donde P_t es la potencia total disponible por la carga adaptada que se acopla a los terminales de salida de la antena y vale

$$P_t = k T \Delta\nu \quad (1.13)$$

con lo que

$$P_{\text{emit}\Omega} = \frac{k T \Delta\nu \Omega}{4\pi} G(\theta, \phi) \quad (1.14)$$

Por haber equilibrio termodinámico $P_{\text{rec}\Omega} = P_{\text{emit}\Omega}$ y

$$G(\theta, \phi) = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_e(\theta, \phi) \quad (1.15)$$

lo que confirma que el comportamiento en emisión $G(\theta, \phi)$ tiene la misma distribución espacial que en recepción $A_e(\theta, \phi)$ y el diagrama de radiación $f(\theta, \phi)$ es el mismo para ambos casos, es decir

$$f(\theta, \phi) = \frac{D(\theta, \phi)}{D_o} = \frac{G(\theta, \phi)}{G_o} = \frac{A_e(\theta, \phi)}{A_o} \quad (1.16)$$

1.2- Distribución del diagrama de radiación.

El diagrama de radiación $f(\theta, \phi)$ permite a la antena captar energía según distintas contribuciones, concretamente en antenas milimétricas de grandes dimensiones, por trabajar al límite de su precisión geométrica, se produce una degradación del diagrama de difracción, dando lugar a un diagrama de error que puede contener un porcentaje considerable de la energía total. A su vez, efectos de "spillover y scattering", debidos a que la antena es de sistema Cassegrain y está protegida por un radomo, originan un nuevo empeoramiento del diagrama de difracción.

Se considerará por tanto el diagrama de radiación compuesto por tres contribuyentes básicos: diagrama de difracción, diagrama de error y "spillover y scattering" (ver Informe Técnico CAY 1982-3).

1.3- Enfoque del subreflector.

Con el presente trabajo se determina la posición óptima para el subreflector del sistema Cassegrain de la antena de 13.7m de milimétricas del CAY. Con éllo se optimiza el diagrama de difracción, es decir aumenta el nivel del haz principal, disminuye el de los lóbulos secundarios y se consigue simetría en dicho diagrama. Queda bien claro que con dicho enfoque del subreflector las mejoras conseguidas afectan al

diagrama de difracción y parcialmente al spillover pero no a las contribuciones de scattering y diagrama de error.

2.- ENFOQUE EN UN SISTEMA CASSEGRAIN.

2.1- Sistema Cassegrain.

Una antena con sistema Cassegrain consta, a semejanza de los telescopios ópticos, de dos superficies reflectoras encargadas de concentrar la máxima radiación posible incidente, según una onda plana, en un punto llamado foco (foco secundario en sistemas Cassegrain), y que para el caso de las antenas es recogida por la bocina como último escalón en su transición a energía guiada. El equivalente de tal comportamiento respecto a la radiación incidente es el de poder disponer de un diagrama de antena que concentre el máximo poder de captación posible en el haz principal del diagrama de difracción.

El comportamiento de tal sistema Cassegrain queda como se esquematiza en la figura 2.1, los rayos incidentes a través de una onda plana

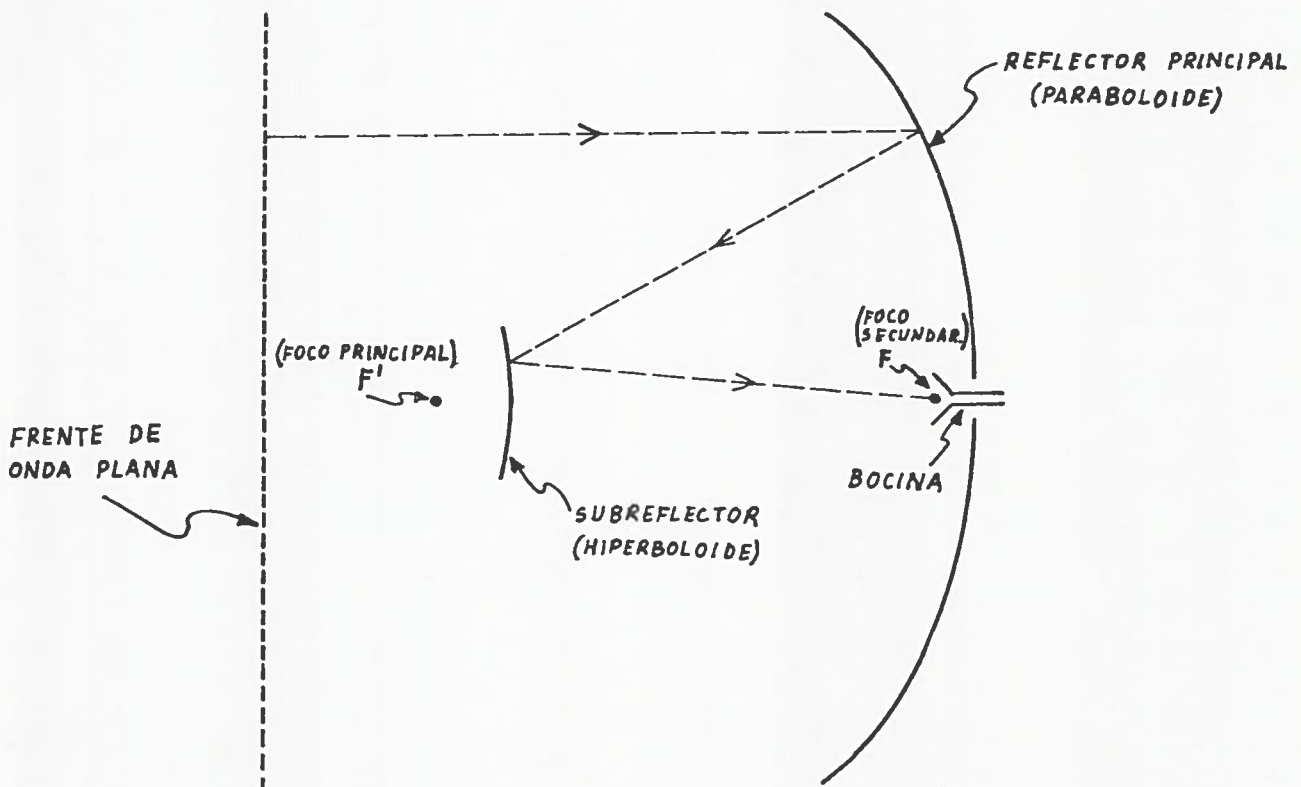


Figura 2.1

Comportamiento del sistema Cassegrain .

se reflejan en el reflector principal concentrándose en el foco del paraboloide F' , debido a que el subreflector intercepta los rayos antes de su convergencia en F' , y por ser su superficie un hiperboloide de focos F' y F , se produce una nueva reflexión que desvía nuevamente la radiación concentrándola ahora en F , donde es recogida por la bocina.

La tabla 2.1 junto con la figura 2.2 muestra las características geométricas de tal sistema Cassegrain en la antena de 13.7 m del CAY.

Diámetro del reflector principal, D	13.716m(540")
Distancia focal del paraboloide, f	5.080m(200")
f/D del paraboloide	0.3704
Excentricidad del hiperboloide, $e=c/a$	1.20
Amplificación, $M=(e+1)/(e-1)$	11.00
Distancia focal del sistema Cassegrain, $F=Mf$	55.880m(2200")
F/D del sistema Cassegrain, $F/D=Mf/D$	4.074
Diámetro del subreflector, D_s	1.086m(42.75")
Distancia del foco principal al vértice del hiperboloide, $c-a$	0.385m(15.17")
Distancia del foco secundario al vértice del hiperboloide, $c+a$	4.238m(166.833")
Distancia del foco secundario al vértice del paraboloide, $S_f=f-2c$	0.457m(18.00")
Distancia del vértice del paraboloide al plano de apertura, $h=D^2/16f$	2.315m(91.13")
Distancia del foco principal al plano de apertura, $f-h$	2.765m(108.87")
Radio angular del reflector principal desde el foco principal, $\theta_p=\arcsen((D/2f)/(1+(D/4f)^2))$..	$68^\circ 04'$
Radio angular del subreflector desde el foco secundario, $\theta_s=\arcsen((D/2F)/(1+(D/4F)^2))$..	$7^\circ 02'$

Tabla 2.1

Parámetros geométricos del sistema Cassegrain de la antena de 13.7m del Centro Astronómico de Yebes (CAY)

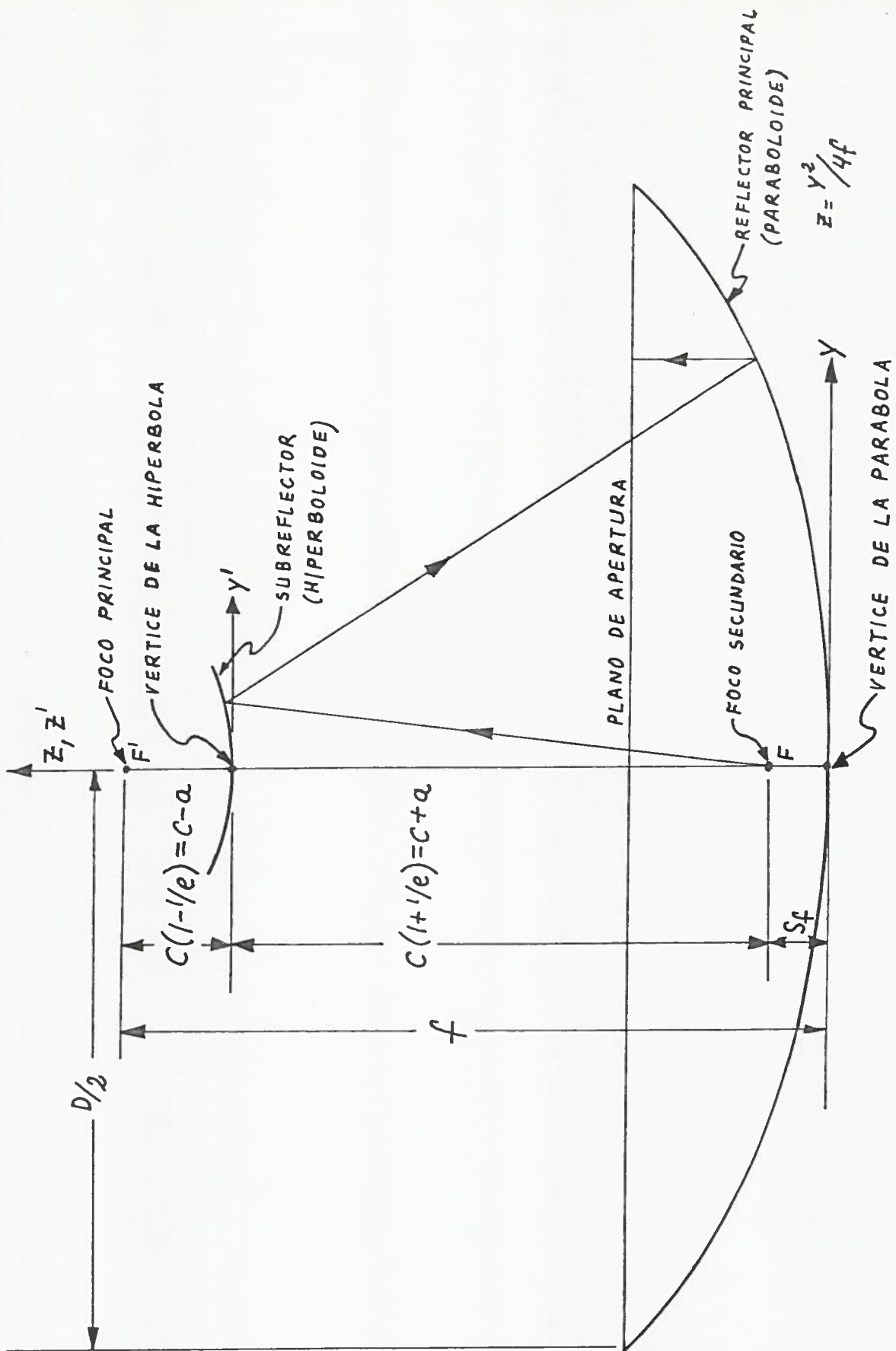


Figura 2.2

Características geométricas de una antena con sistema Cassegrain

2.2- Enfoque en un sistema Cassegrain.

Para que la antena capte la máxima radiación posible en una dirección determinada, o lo que es lo mismo, se optimice el haz principal del diagrama de difracción, es preciso, aparte de disponer de superficies reflectoras de la precisión adecuada, saber donde se encuentra ubicado el foco, ya que allí se concentra la radiación incidente.

En un sistema Cassegrain se dispone de dos focos: el foco principal F' o foco del paraboloide y el foco secundario F que junto con F' son los dos focos del hiperboloide subreflector. En el proceso de enfoque será preciso posicionar en el lugar adecuado tanto el subreflector como la bocina para que los focos F' y F queden en el lugar geométrico de las superficies que los determinan.

Los posibles errores a cometer en la colocación del subreflector o bocina que den origen a desenfoque son tres: desalineamiento angular, desplazamiento axial y desplazamiento lateral; al cometer cualquiera de estos errores ocurre que la longitud de la trayectoria desde el plano de apertura hasta la bocina es diferente según el punto de dicho plano que se considere, como consecuencia hay un desfase entre las distintas contribuciones de la onda plana que se encuentra en el plano de apertura y una deformación del diagrama de difracción respecto al considerado óptimo, sus efectos se exponen a continuación.

2.3- Desenfoque de la bocina.

El hecho de utilizar un sistema con geometría Cassegrain da mayor tolerancia, en líneas generales, en el posicionado de la bocina, aproximadamente en un factor M (distancia focal equivalente del sistema Cassegrain F dividida entre la distancia focal del paraboloide f), especialmente en lo que respecta al desplazamiento axial y lateral, por el contrario, con desalineamiento angular ocurre al revés. Una ligera inclinación del eje de la bocina respecto al del hiperboloide (que debe coincidir con el del paraboloide) origina una pérdida de radiación por

efecto de spillover al iluminar descentradamente el subreflector, dando una distribución de amplitud asimétrica en el plano de apertura. En la figura 2.3 se muestran los efectos en la ganancia según la inclinación de la bocina para un haz gaussiano unidimensional; como en realidad el haz gaussiano es bidimensional, la disminución en la ganancia será mayor, siendo recomendable $\theta/\theta_s < 0.1$, lo que significa un ángulo de 0.5° para la antena del CAY.

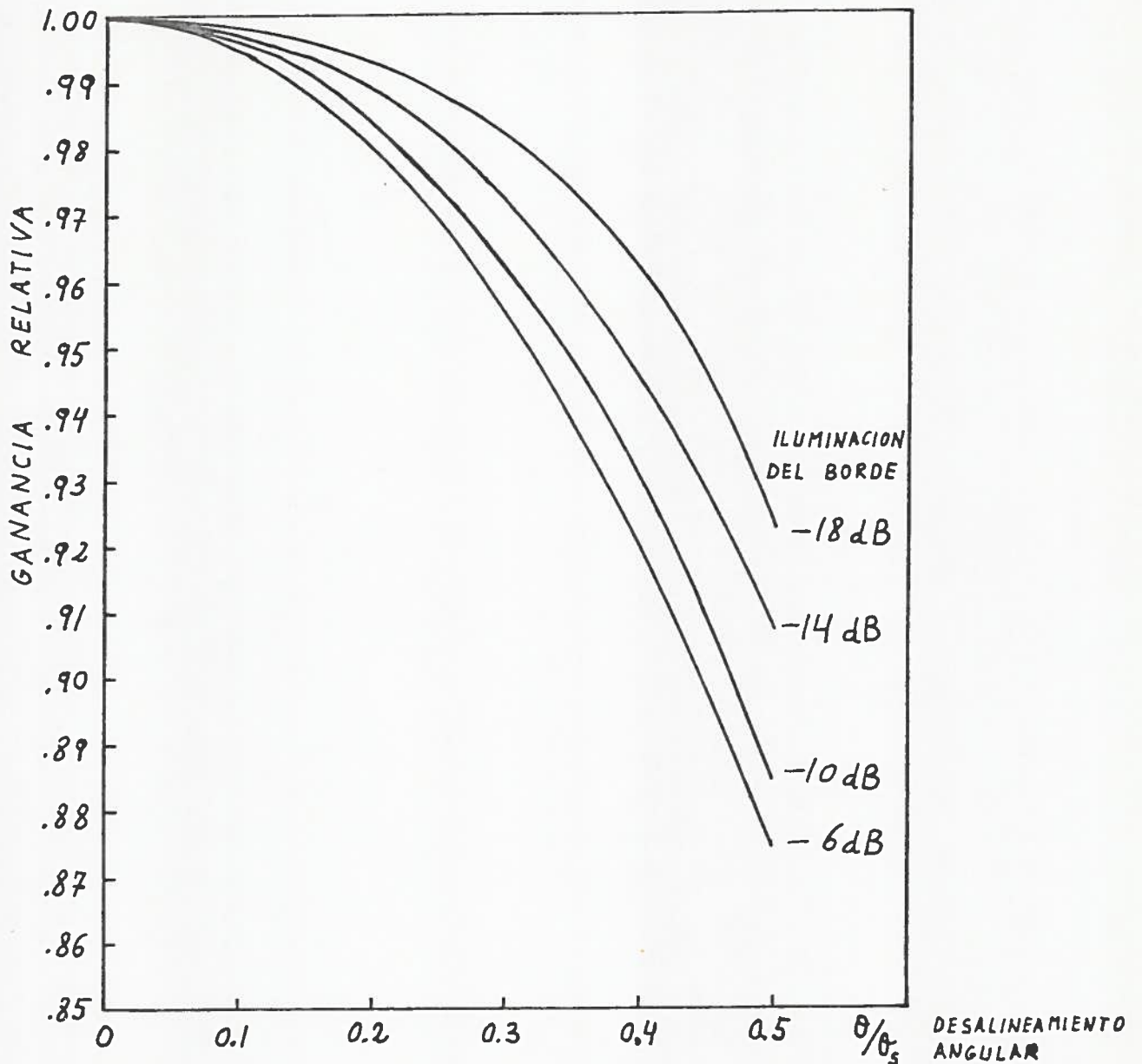


Figura 2.3

Efectos del desalineamiento angular de la bocina en la ganancia del diagrama

Respecto al desenfoque por desplazamiento axial o lateral de la bocina, sus efectos son despreciables comparados con los que produciría tal desplazamiento en el subreflector, en el siguiente apartado se comparan dichos efectos.

2.4- Desenfoque del subreflector.

2.4.1- Desplazamiento axial.

Un desenfoque por desplazamiento del subreflector a lo largo del eje origina un fuerte decrecimiento en la ganancia de antena, ligero ensanchamiento del haz principal así como aumento en el nivel de los lóbulos secundarios. De producirse tal desenfoque axial en la bocina, los efectos se ven aminorados, pues los errores de fase en la iluminación son mucho menores cuando el desplazamiento es en el foco secundario que en el primario. La figura 2.4 muestra la ganancia relativa para tales desplazamientos de bocina o subreflector.

2.4.2- Desplazamiento lateral.

Un desplazamiento lateral produce un lento decrecimiento de la ganancia, así como un importante efecto de coma o realce en el nivel del lóbulo lateral tal como se indica en la figura 2.5, se aprecia una variación en la dirección de apuntado de la antena tal que

$$\Delta\theta = 28.5'' \Delta y(\text{mm}) \quad (2.1)$$

mucho mayor que la producida por un desplazamiento similar de la bocina, que sería de

$$\Delta\theta_b = 3.69'' \Delta y_b(\text{mm}) \quad (2.2)$$

La ganancia relativa se ve modificada por el desplazamiento lateral tal como muestra la figura 2.6.

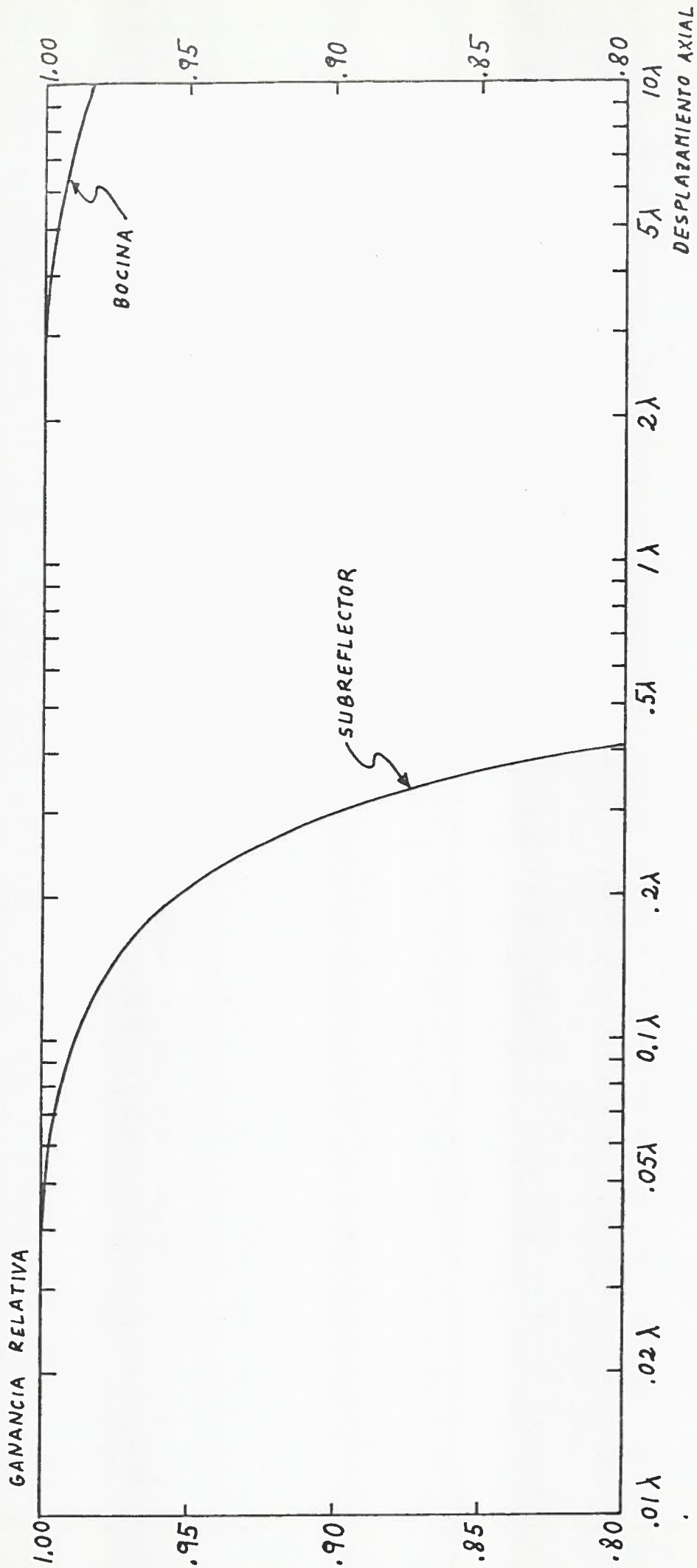


Figura 2.4
Ganancia relativa según desplazamiento axial

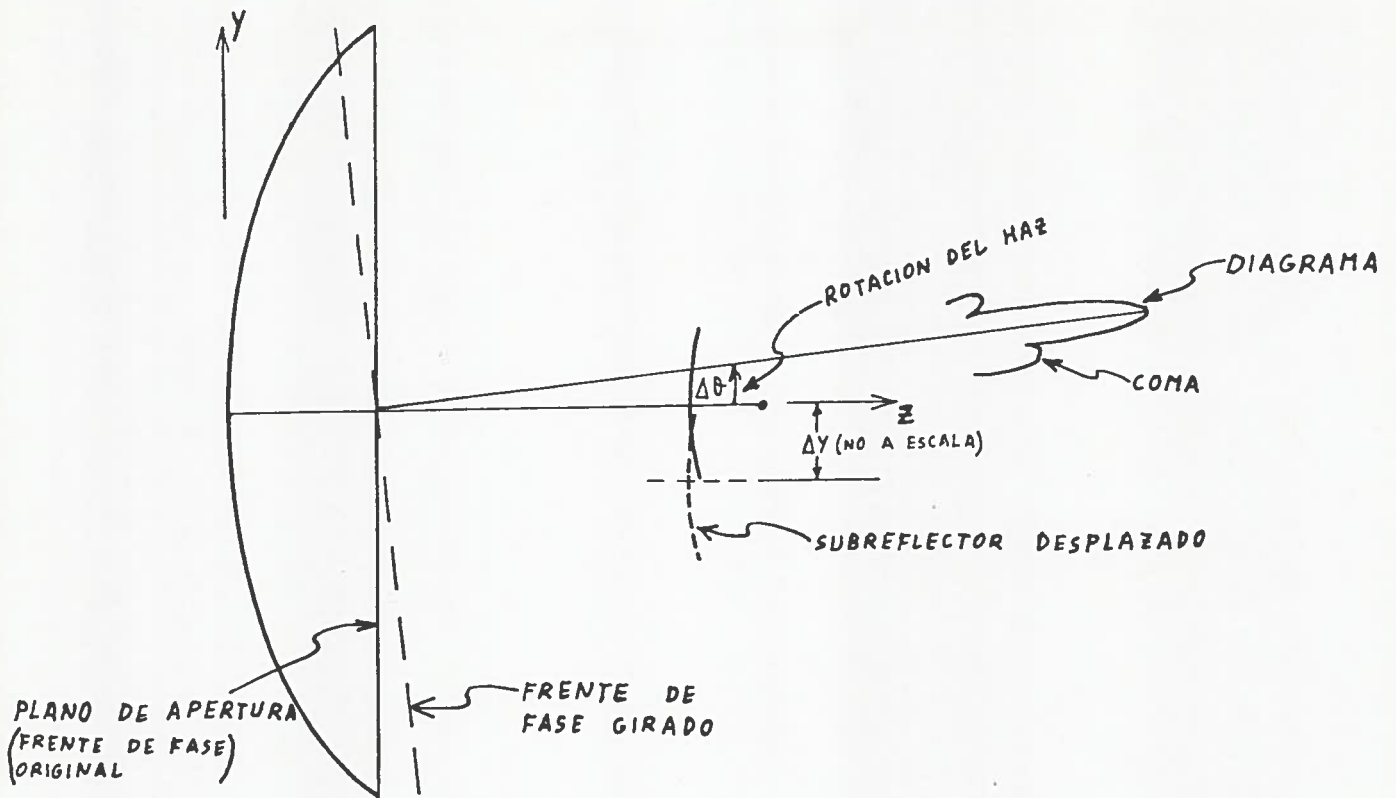


Figura 2.5

Efectos del desplazamiento lateral del subreflector

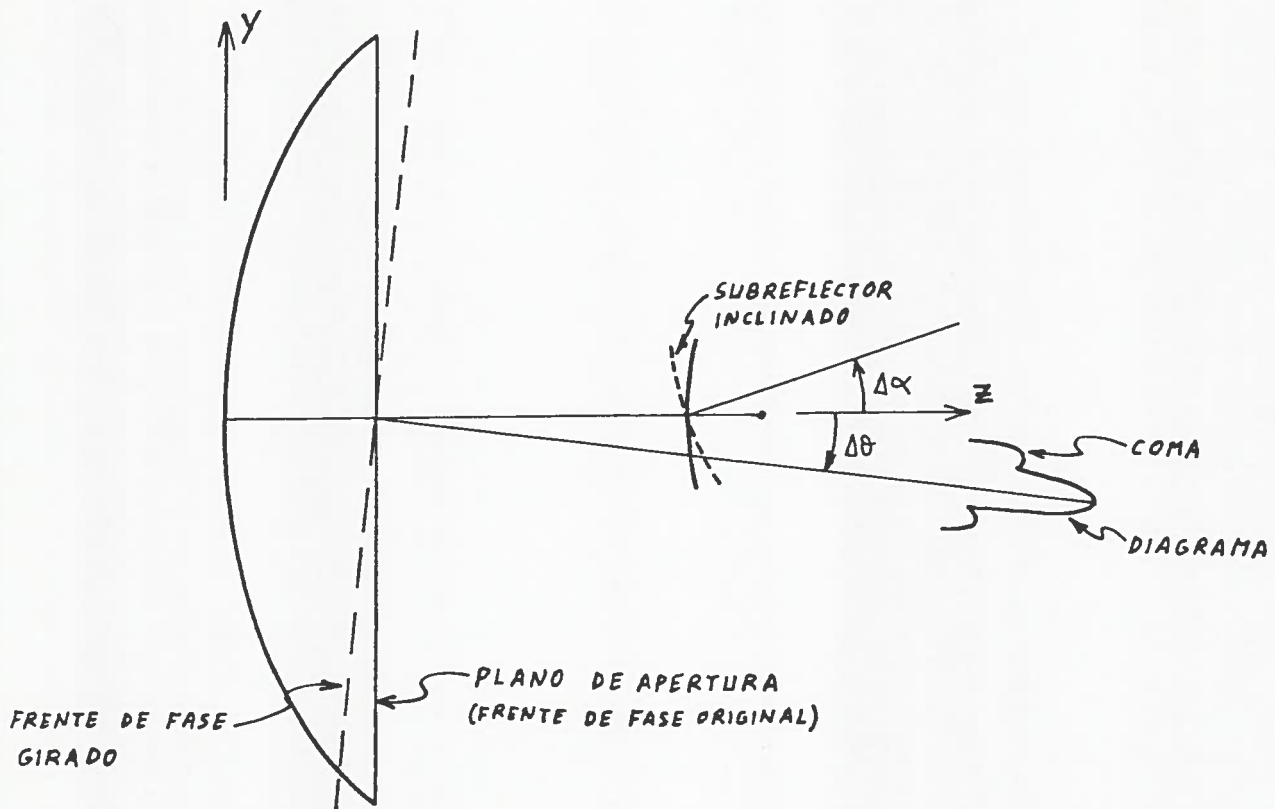


Figura 2.7

Efectos de la inclinación del subreflector

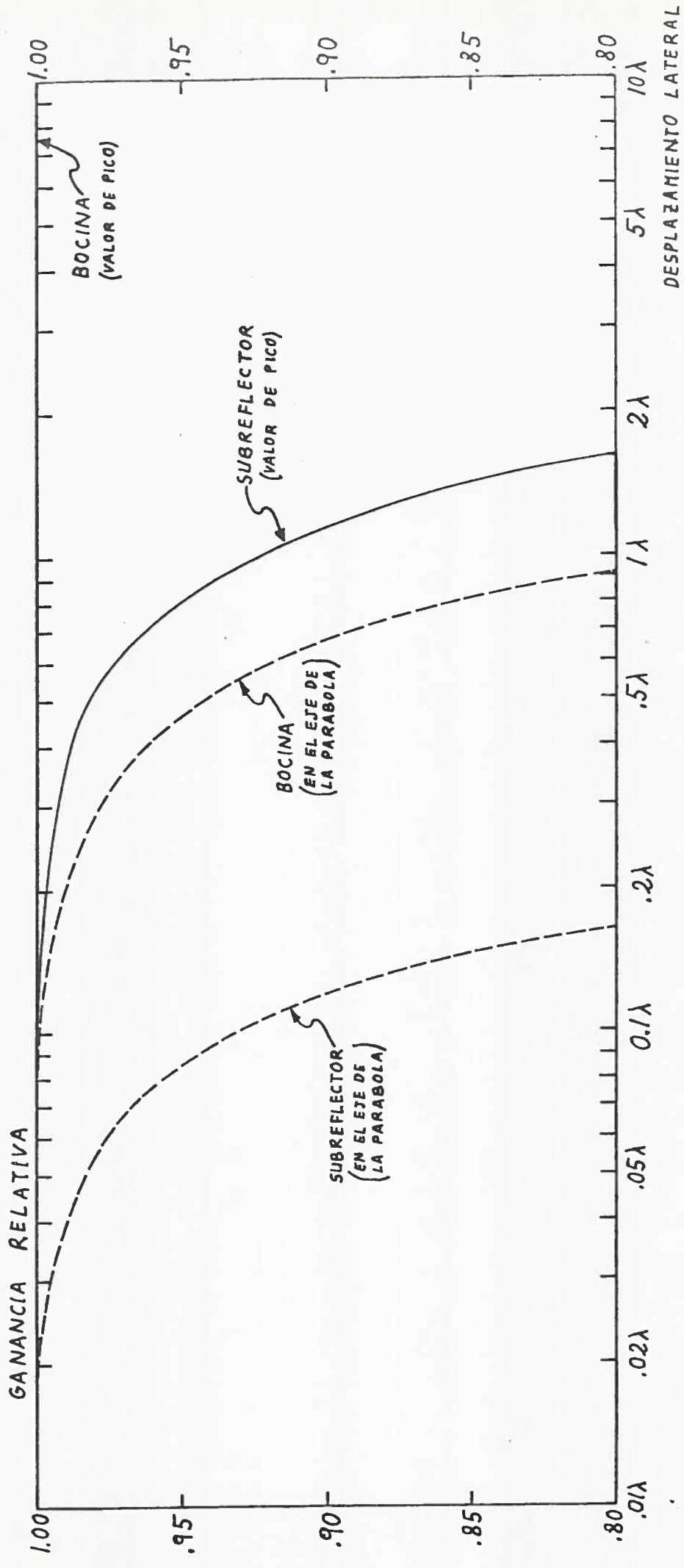


Figura 2.6
Ganancia relativa según desplazamiento lateral

2.4.3- Inclinación del subreflector.

A diferencia de la bocina, la inclinación del subreflector apenas producirá spillover, por el contrario dará lugar a una variación de puntería, así como aparición de coma o crecimiento del lóbulo lateral como se ve en la figura 2.7. La variación de puntería está relacionada con la inclinación $\Delta\alpha$ del subreflector según

$$\Delta\theta = -.125 \Delta\alpha \quad (2.3)$$

La ganancia disminuirá ligeramente con el ángulo de inclinación tal como se muestra en la figura 2.8

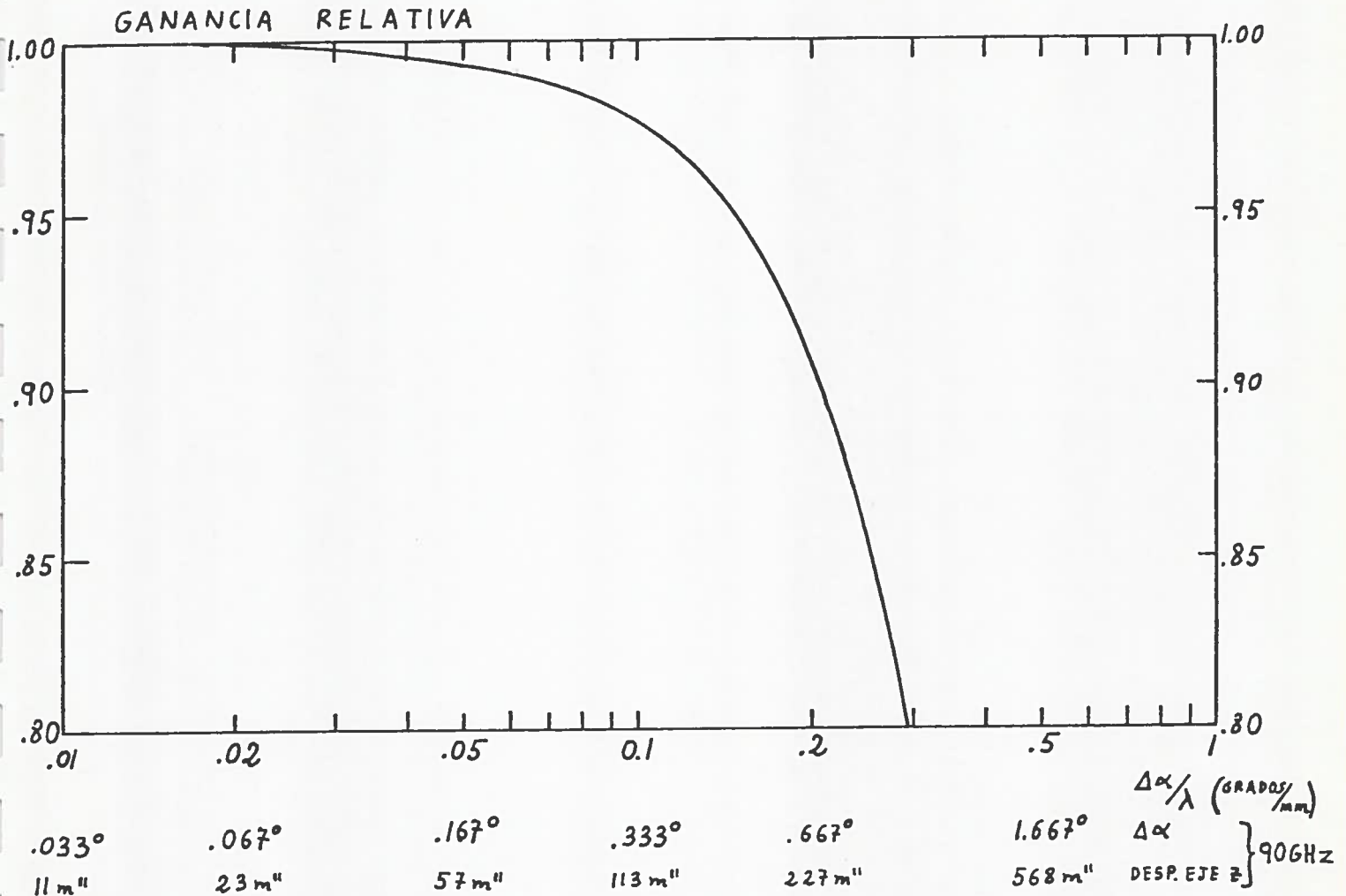


Figura 2.8

Ganancia relativa según inclinación del subreflector (en grados) o desplazamiento de un eje Z (en milipulgadas, m")

Para controlar la inclinación del subreflector se dispone de tres ejes Z desplazables independientemente y colocados como se indica en la figura 2.9. En la figura 2.8 se dá también la ganancia relativa según el desplazamiento de un solo eje Z en milipulgadas, para éllo la conversión del ángulo de inclinación del subreflector $\Delta\alpha$ a desplazamiento $d(\text{m}'')$ de un eje Z, en milipulgadas, vale

$$d(\text{m}'') = 19500 \operatorname{tg}(\Delta\alpha) \quad (2.4)$$

y para ángulos pequeños

$$d(\text{m}'') = 5.67 \Delta\alpha(\text{min. de arco}) \quad (2.5)$$

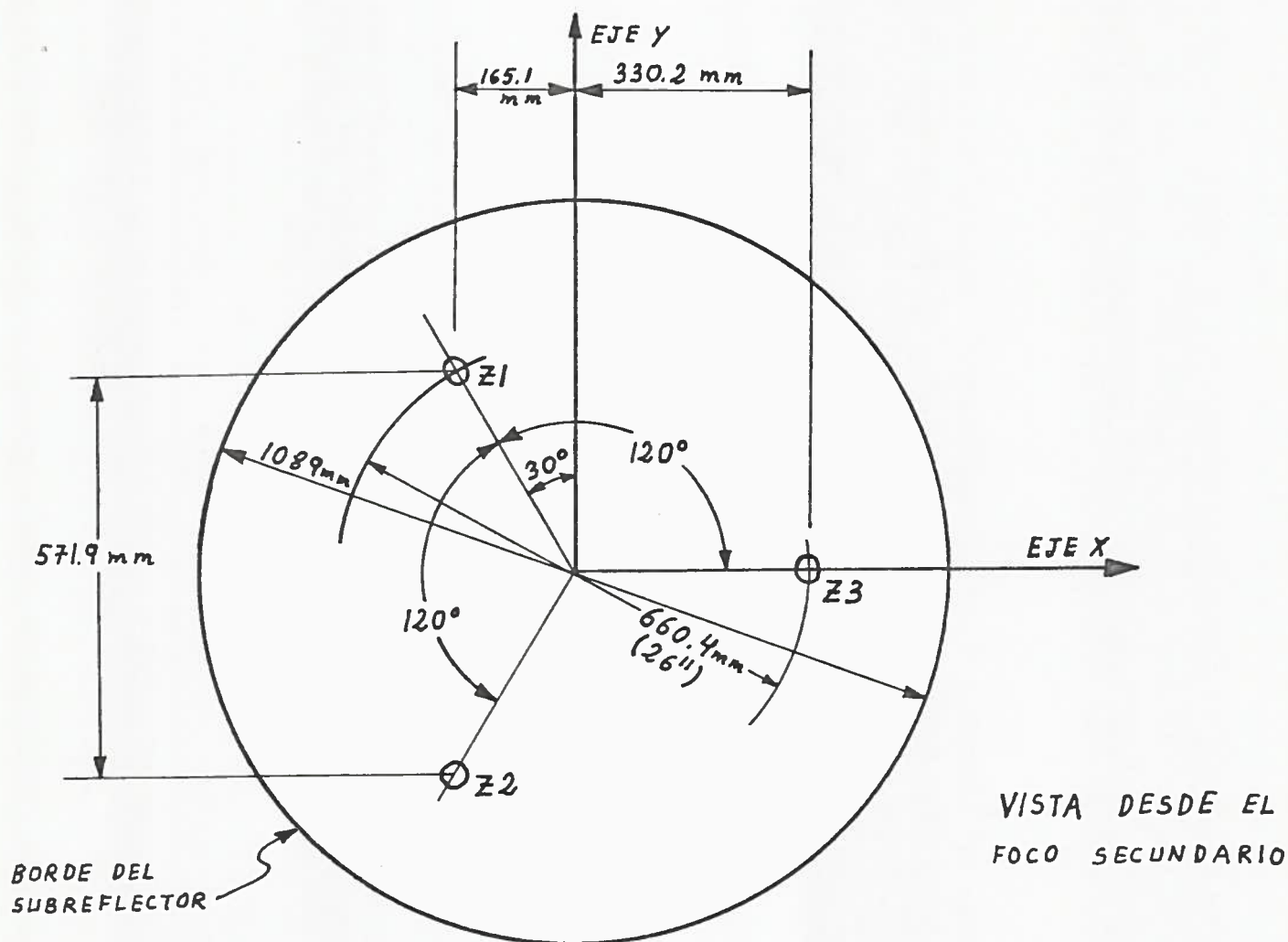


Figura 2.9

Geometría del control del subreflector

2.4.4- Ganancia relativa debida al desenfoque.

En la tabla 2.2 se dá la ganancia relativa según los distintos desplazamientos de bocina y subreflector, asimismo se dá la tolerancia permitida para que la disminución de ganancia no exceda el 5%.

<u>DESPLAZAMIENTO</u>	<u>GANANCIA RELATIVA G/G_0</u>	<u>TOLERANCIA $G/G_0 = .95$</u>
Bocina, axial, ΔZ	$1 - 1.65 \times 10^{-4} (\Delta Z / \lambda)^2$	$\Delta Z = \pm 17.4 \lambda$
Bocina, lateral, ΔY	valor de pico: $1 - 10^{-7} (\Delta Y / \lambda)^2$	$\Delta Y = \pm 707 \lambda$
	en el eje: $1 - .233 (\Delta Y / \lambda)^2$	$\Delta Y = \pm .46 \lambda$
Subr., axial, ΔZ	$1 - 1.16 (\Delta Z / \lambda)^2$	$\Delta Z = \pm .208 \lambda$
Subr., lateral, ΔY	valor de pico: $1 - .075 (\Delta Y / \lambda)^2$	$\Delta Y = \pm .82 \lambda$
	en el eje: $1 - 7.24 (\Delta Y / \lambda)^2$	$\Delta Y = \pm .083 \lambda$
Subr., inclin., $\Delta \alpha$ (λ en mm)	$\Delta \alpha$ en radianes: $1 - 7.61 \times 10^{+3} (\Delta \alpha / \lambda)^2$	$\Delta \alpha = \pm .0026 \lambda$
	en grados: $1 - 2.32 (\Delta \alpha / \lambda)^2$	$\Delta \alpha = \pm .147 \lambda$

Tabla 2.2

Ganancia relativa y tolerancia para los distintos tipos de desenfoque

Con el presente trabajo se procede al enfoque del subreflector, pues como se ha visto es mucho más crítico que el de la bocina, concretamente se centrará en el enfoque axial y lateral ya que la inclinación del subreflector tampoco es excesivamente crítica, siendo sus principales efectos los de variación del apuntado.

3.- OBTENCION DEL DIAGRAMA DE DIFRACCION PARA LA DETERMINACION DEL ENFOQUE OPTIMO.

Como se ha visto en el capítulo anterior, los desalineamientos en el foco principal, dependientes del posicionado del subreflector, son mucho más críticos que los desalineamientos en el foco secundario, dependientes del posicionado de la bocina. Así pues, el enfoque se ha realizado mediante la búsqueda de la posición óptima para el subreflector.

El subreflector dispone de cinco ejes que posibilitan todo juego de movimientos, concretamente los ejes X e Y permiten desplazamientos laterales según planos de acimut y elevación respectivamente, y tres ejes Z (Z1, Z2 y Z3) dan la posibilidad de cualquier inclinación respecto al eje del paraboloide así como desplazamiento axial mediante el movimiento solidario de los tres. La disposición de dichos cinco ejes es como se mostró en la figura 2.9; el control en su posicionado se realiza desde la consola de antena mediante potenciómetros, presentándose mediante displays la posición de cada eje en milipulgadas.

Dado que la inclinación del subreflector, mediante movimiento independiente de los ejes Z1, Z2 ó Z3, produce como principal efecto el de variación en la puntería, se descartará el ajuste independiente de cada uno de ellos, aunque sí se realizará un ajuste axial mediante el movimiento conjunto de los tres.

El ajuste se realizará de forma iterativa mediante el movimiento consecutivo de los ejes X, Y y Z (Z1, Z2 y Z3), correspondientes respectivamente a desplazamiento lateral acimutal, lateral de elevación y axial.

3.1- Contribución del diagrama de difracción en la temperatura de antena.

Mediante análisis del diagrama de difracción de la antena se puede detectar un posible desenfoque, lateral o axial, con lo que hacer la corrección adecuada en la posición del subreflector que lo subsane. Se verá pues, primeramente, como obtener dicho diagrama de difracción.

La temperatura de antena T_a al apuntar en una dirección Ω_0 se puede expresar como

$$T_a(\Omega_0) = \frac{1}{4\pi} \iint_{4\pi^s} T_s(\Omega) f(\Omega - \Omega_0) d\Omega \quad (3.1)$$

donde $T_s(\Omega)$ es la temperatura de brillo en la dirección Ω , $f(\Omega - \Omega_0)$ la amplitud del diagrama de radiación normalizado en la dirección Ω (coordenadas $\Omega - \Omega_0$ referidas al eje del diagrama) y $d\Omega$ el diferencial de ángulo sólido. El diagrama de radiación $f(\Omega - \Omega_0)$ se puede desdoblarse en la contribución del diagrama de difracción $f_d(\Omega - \Omega_0)$ y la debida a diagrama de error, spillover y scattering $f_{ess}(\Omega - \Omega_0)$ tal que

$$f(\Omega - \Omega_0) = f_d(\Omega - \Omega_0) + f_{ess}(\Omega - \Omega_0) \quad (3.2)$$

y por tanto

$$\begin{aligned} T_a(\Omega_0) &= \frac{1}{4\pi} \iint_{4\pi^s} T_s(\Omega) f_d(\Omega - \Omega_0) d\Omega + \frac{1}{4\pi} \iint_{4\pi^s} T_s(\Omega) f_{ess}(\Omega - \Omega_0) d\Omega = \\ &= T_{ad}(\Omega_0) + T_{aess}(\Omega_0) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Para pequeñas variaciones en la dirección de apuntado de antena $\Delta\Omega_0$, en las que poder reflejar el haz principal y lóbulos secundarios del diagrama de difracción al atravesar una zona con fuerte variación en la temperatura de brillo (variaciones, por ejemplo, del orden de cinco minutos de arco), la principal contribución en la variación de temperatura de antena será debida al primer término $T_{ad}(\Omega_0)$ de (3.3), ya que la contribución del segundo término $T_{aess}(\Omega_0)$ será prácticamente cons-

tante al ser f_{ess} una función de variaciones más suaves y de valor muy inferior al de f_d . Por tanto, considerar las variaciones en $T_a(\Omega_0)$ para $\Delta\Omega_0$ pequeñas es tanto como considerar $T_{ad}(\Omega_0)$, en que se refleja la distribución espacial del diagrama de difracción f_d a determinar.

Por limitarse f_d a una zona relativamente pequeña, el diferencial de ángulo sólido $d\Omega$ se puede expresar como

$$d\Omega = d\theta \, d\phi \quad (3.4)$$

siendo θ y ϕ coordenadas ortogonales en el plano del cielo y

$$T_{ad}(\theta_0, \phi_0) = \frac{1}{4\pi} \int_{\phi} \int_{\theta} T_s(\theta, \phi) f_d(\theta - \theta_0, \phi - \phi_0) \, d\theta \, d\phi \quad (3.5)$$

donde la integral se extiende al ángulo sólido en que el diagrama de difracción tiene una amplitud f_d significativa.

La expresión (3.5) proporciona un procedimiento para el cálculo de f_d , consistente en medir T_{ad} para diferentes valores de θ_0 y ϕ_0 por observación de una radiofuente de distribución de brillo conocida $T_s(\theta, \phi)$, y deconvolucionar la función obtenida. En la práctica, la medida de $T_{ad}(\theta_0, \phi_0)$ se puede hacer mediante barridos de la fuente, la cual debe ser elegida de forma conveniente con objeto de que la deconvolución de (3.5) no presente dificultades insuperables.

3.2- Radiofuentes utilizables para la determinación de f_d .

Idealmente, la radiofuente debe reunir las siguientes características:

- 1ª) estar localizada en el campo lejano de la antena, ésto es preciso para que en el plano de apertura se tenga un frente de onda plano. En plan práctico es suficiente que el desfase del frente de onda en el plano de apertura sea inferior a $\lambda/16$, con lo que la distancia d a separar la fuente de la antena deberá ser

$$d \geq d_1 = \frac{2 D^2}{\lambda} \quad (3.6)$$

donde D es el diámetro de la apertura de antena y d_1 la distancia umbral de campo lejano. Para la antena del CAY y frecuencia próxima a 90 GHz, en que se realizaron las medidas, d_1 vale 113 Km. Tal requisito imposibilita la utilización de una radiofuente terrestre, entre otros motivos porque al tener que encontrarse a la altura del horizonte, la estructura de la antena se vería fuertemente deformada por efectos gravitatorios, como ocurre al apuntar a elevaciones bajas.

- 2ª) ser puntual, es decir, de pequeño tamaño angular comparado con las dimensiones del haz principal. De esa forma, la deconvolución de la expresión (3.5) es inmediata, ya que al ser T_s una función tipo delta su convolución con cualquier función nos dá esa misma función.
- 3ª) ser intensa, con lo que el nivel de señal se encontraría por encima del de ruido incluso en la detección de los lóbulos secundarios.
- 4ª) recorrer un amplio margen de elevaciones, con posiciones perfectamente determinadas, para obtener el enfoque adecuado según distintas elevaciones de apuntado de la antena.

No se dispone de radiofuentes que simultaneamente cumplan las exigencias anteriormente expuestas. Las utilizadas para la realización del presente trabajo han sido:

- el Sol, cumple las condiciones primera, tercera y parcialmente cuarta.
- Venus y Júpiter, cumplen la condición primera y parcialmente segunda y cuarta, concretamente, durante la realización de las medidas presentaban un diámetro angular de 56" y 36", no excesivamente puntual para las dimensiones del haz principal que se estima de un diámetro de 70", correspondiéndoles aproximadamente una densidad de flujo de 5100 U.F. y 1100 U.F. respectivamente.

Por no ser las radiofuentes utilizadas puntuales, la obtención del diagrama de difracción f_d mediante deconvolución de la expresión (3.5) es un problema excesivamente complejo que no es preciso abordar, al menos en todo su rigor, pues se pueden hacer ciertas aproximaciones de tal forma que la función que se obtenga, aunque no sea exactamente f_d , sea suficientemente parecida como para reflejar las deformaciones en el diagrama de difracción que se pretenden corregir. Así pues, se han obtenido los diagramas denominados: diagrama integrado, diagrama deconvolucionado y diagrama con fuente puntual, como se expone a continuación.

3.3- Obtención del diagrama integrado.

Se ha utilizado para éllo el Sol como radiofuente extensa, y dado que sus dimensiones son mucho mayores que las del haz principal (ver figura 3.1), se le puede considerar como una fuente suficientemente extensa en una dirección a efectos de convolución con el diagrama de difracción. Para éllo conviene que $\theta_0=0$ para barridos en acimut o $\phi_0=0$ en barridos de elevación (barridos diametrales). La figura 3.2 muestra como quedaría el sistema de coordenadas para un barrido en acimut al hacer la aproximación de considerar el Sol como una fuente infinitamente extensa. La temperatura de antena en la expresión (3.5) se reduce entonces a

$$T_{ad}(\phi_0) = \frac{T_s}{4\pi} \int_{\phi=-\phi_s/2}^{+\phi_s/2} \left(\int_{\theta} f_d(\theta, \phi - \phi_0) d\theta \right) d\phi \quad (3.7)$$

donde el Sol se extiende de $-\phi_s/2$ a $+\phi_s/2$ según ϕ y de $-\infty$ a $+\infty$ según θ . Si llamamos

$$F_d(\phi) = \int_{\theta} f_d(\theta, \phi) d\theta \quad (3.8)$$

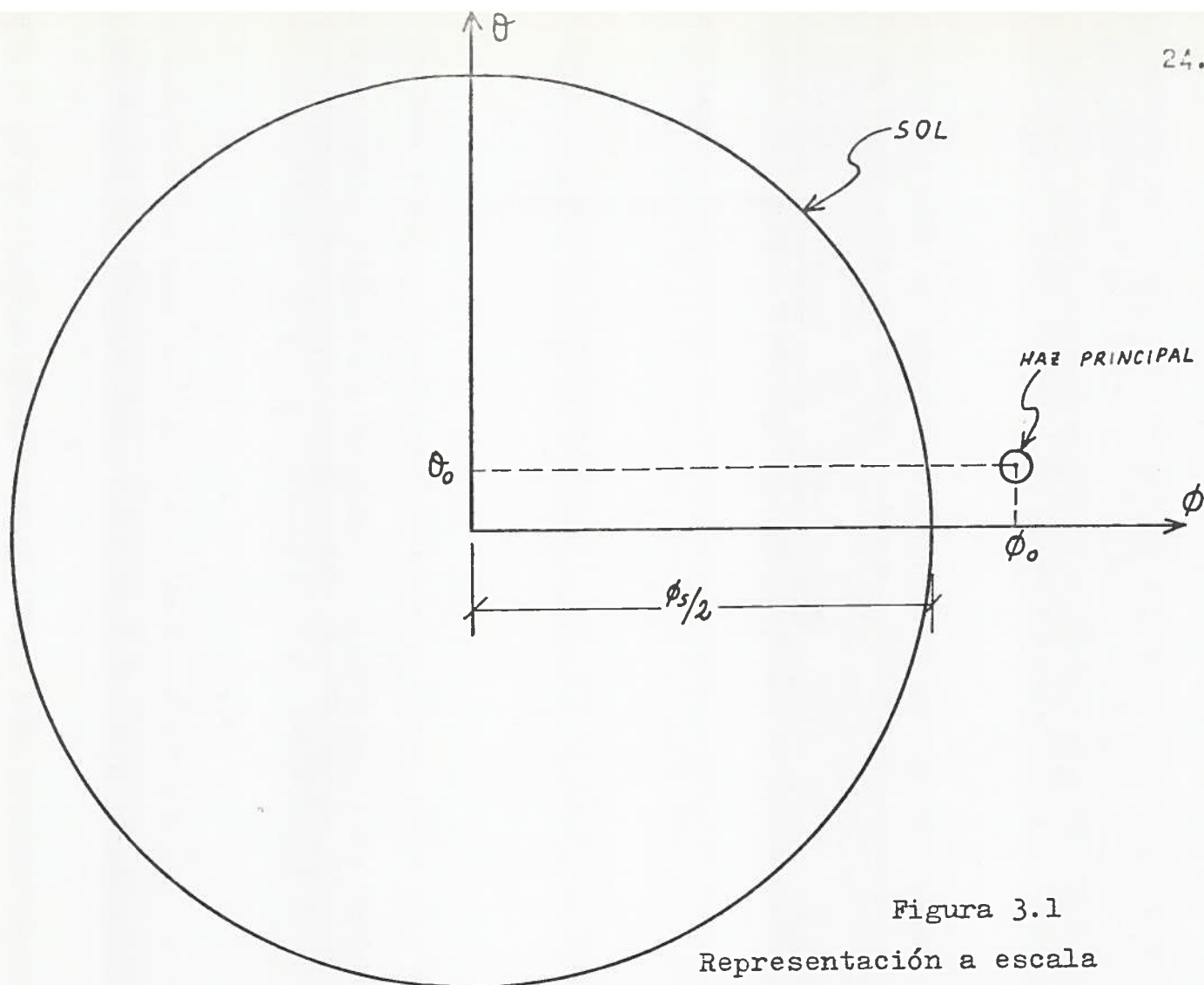


Figura 3.1
Representación a escala
del haz principal del diagrama de difracción frente al Sol

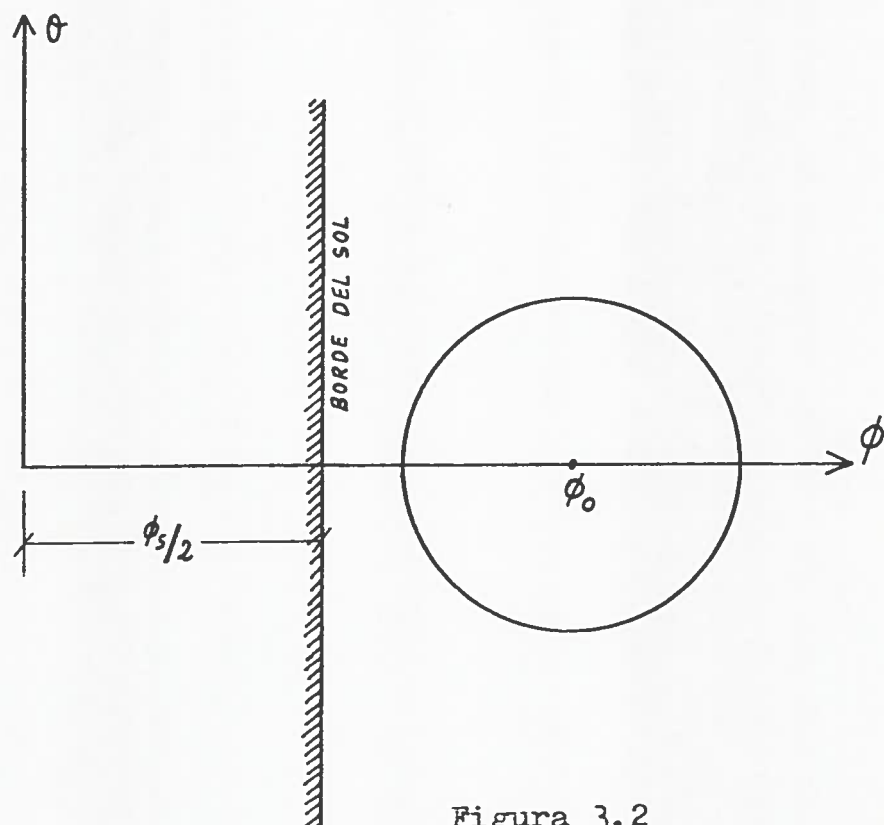


Figura 3.2
Aproximación realizada al considerar el Sol como fuente extensa

al diagrama integrado (diagrama de difracción según coordenada ϕ al integrar en la coordenada θ), se puede expresar (3.7) como

$$T_{ad}(\phi_0) = \frac{T_s}{4\pi} \int_{\phi = -\phi_s/2}^{+\phi_s/2} F_d(\phi - \phi_0) d\phi \quad (3.9)$$

haciendo el cambio de coordenadas $\phi - \phi_0 = \phi'$

$$T_{ad}(\phi_0) = \frac{T_s}{4\pi} \int_{-\phi_s/2 - \phi_0}^{+\phi_s/2 - \phi_0} F_d(\phi') d\phi' \quad (3.10)$$

con lo que

$$F_d(\phi') = - \frac{4\pi}{T_s} \left. \frac{dT_{ad}(\phi_0)}{d\phi_0} \right|_{\phi_0 = \phi_s/2 - \phi'} \quad (3.11)$$

cuando consideramos el flanco $+\phi_s/2$ del Sol, y

$$F_d(\phi') = + \frac{4\pi}{T_s} \left. \frac{dT_{ad}(\phi_0)}{d\phi_0} \right|_{\phi_0 = -(\phi_s/2 + \phi')} \quad (3.12)$$

para el flanco $-\phi_s/2$ del Sol, ya que ϕ_s es mayor que la anchura en que hay valores significativos del diagrama de difracción.

Por tanto se puede obtener el diagrama integrado $F_d(\phi')$ haciendo un barrido del Sol (figura 3.3) y derivándolo (figura 3.4) con lo que se obtienen dos diagramas debidos al paso del diagrama de difracción por el flanco de entrada y salida del Sol.

3.3.1- Limitaciones del diagrama integrado.

Para la obtención del diagrama integrado se ha hecho la aproximación de suponer al frente del Sol que corta el diagrama de difracción como un corte plano; además, el propio método, por implicar derivación, es muy susceptible a la presencia de ruido en los barridos realizados del Sol.

BARRIDO DEL SOL PARA OBTENCION
DEL DIAGRAMA INTEGRADO



Figura 3.3

Barrido del Sol ($T_{ad}(\phi_0)$) para obtener el diagrama integrado ($F_d(\phi')$)

DIAGRAMA INTEGRADO OBTENIDO
POR DERIVACION DE UN BARRIDO
DEL SOL



Figura 3.4

Diagrama integrado obtenido por derivación de un barrido del Sol

Por otro lado, el propio modelo impone unas diferencias en el diagrama integrado respecto al diagrama de difracción como son realce y ensanchamiento de los lóbulos secundarios, así como ausencia de nulos entre éstos o entre éstos y el haz principal; la explicación de éello es la siguiente:

Supongamos que la radiofuente en que se va a realizar el barrido es de tipo filiforme, como muestra la figura 3.5, con un diagrama de difracción un tanto idealizado (figura 3.6), está claro que el diagrama integrado obtenido será fiel reflejo del diagrama de difracción, ya que la anchura A de la radiofuente considerada impone una integración de sección transversal a la dirección de barrido prácticamente infinitesimal. Supongamos ahora que la anchura A de la fuente considerada es mayor, como muestra la figura 3.7, el nivel del lóbulo secundario se ve aumentado dado que la integración transversal de anchura A es ahora mayor y mientras tal crecimiento se mantiene en la sección de lóbulos secundarios integrado, no ocurre así con el haz principal ya que su anchura es menor que A . Cuando la anchura A es todavía mayor, como

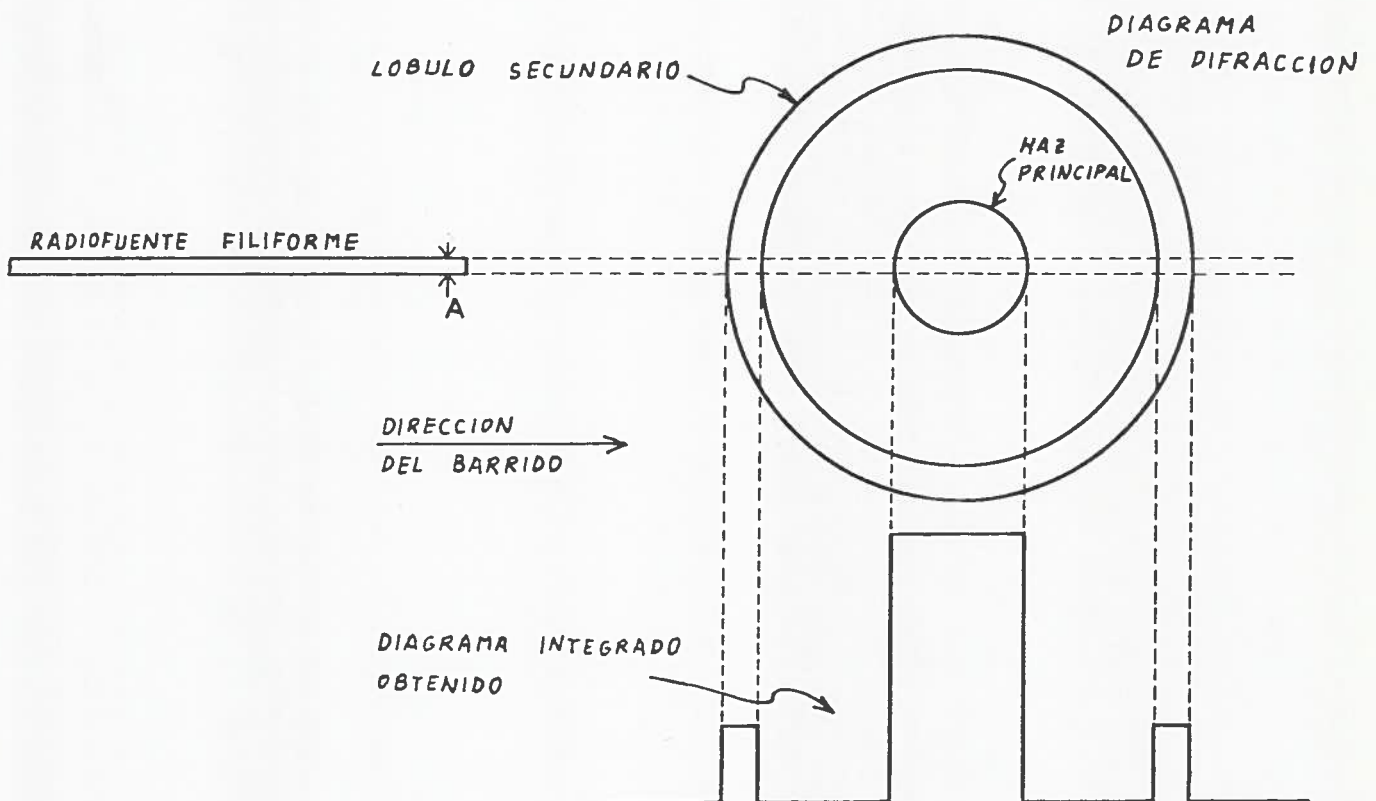


Figura 3.5

Modelo de diagrama integrado con radiofuente filiforme

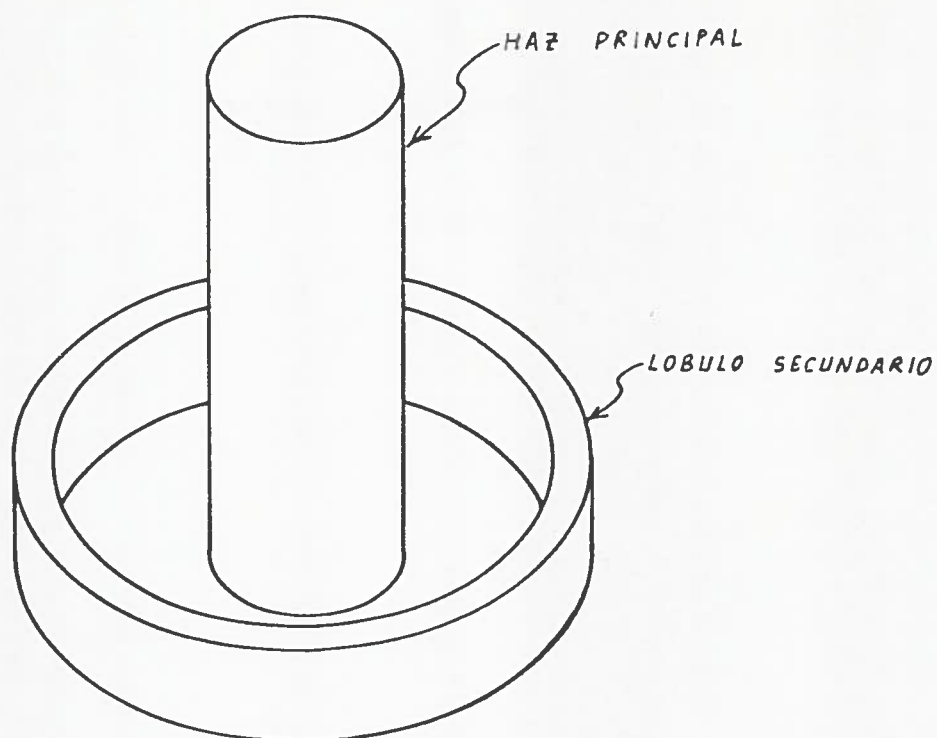


Figura 3.6

Modelo simplificado de diagrama de difracción

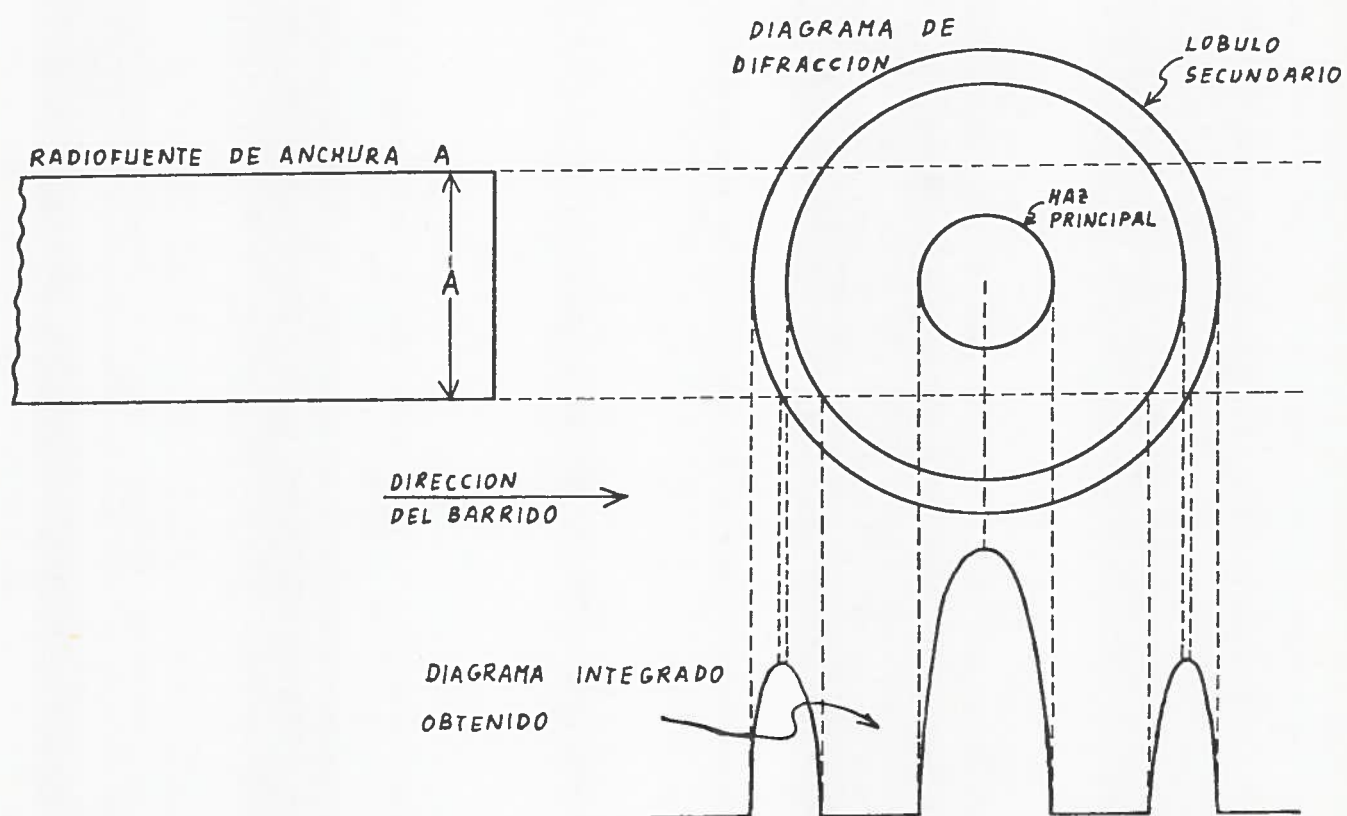


Figura 3.7

Modelo de diagrama integrado con radiofuente de anchura A

ocurre con el modelo utilizado del Sol, llegan a desaparecer los nulos entre lóbulos pues en sección transversal siempre hay integración de éstos.

A pesar de las limitaciones expuestas, es interesante la obtención del diagrama integrado, pues cualitativamente permite apreciar la presencia de "coma" así como estimar la ganancia por comparación con el nivel de ruido presente. La comparación del nivel de los lóbulos secundarios y el principal permite, asimismo, seleccionar el mejor enfoque axial.

3.3.2- Medidas realizadas.

Se desarrolló un programa de ordenador de forma que al final de cada barrido diferenciase los valores medidos y al disponerse del diagrama integrado de forma inmediata, se podían hacer las correcciones pertinentes de los errores de enfoque.

Se comenzó con el enfoque lateral en acimut, apreciándose claramente que la mejor posición para el eje X es $X=+.110$ (barrido y diagrama integrado se muestran en las figuras 3.8 y 3.9 respectivamente).

El enfoque lateral en elevación resultó menos evidente ya que el diagrama de difracción en el plano de elevación se ve fuertemente afectado por las deformaciones en la superficie del paraboloide debidas a efectos gravitatorios. Se simultaneó dicho enfoque lateral en elevación con el enfoque axial mediante la realización de 80 barridos resultado de todas las combinaciones posibles en las posiciones de los ejes X y Z que se muestran en la tabla 3.1. Puede apreciarse que los desplazamientos están espaciados en 100 milipulgadas lo que corresponde a 0.76λ a la frecuencia de trabajo de 90 GHz.

Se encuentra para el mejor enfoque axial las posiciones en los ejes Z:

$$\text{MEJOR ENFOQUE AXIAL : } \left\{ \begin{array}{l} Z1 = +.160 \\ Z2 = +.210 \\ Z3 = +.160 \end{array} \right.$$

BARRIDO EN ACIMUT DEL SOL

EJES:

X = +.110

Y = +.050

Z1 = +.160

Z2 = +.210

Z3 = +.160

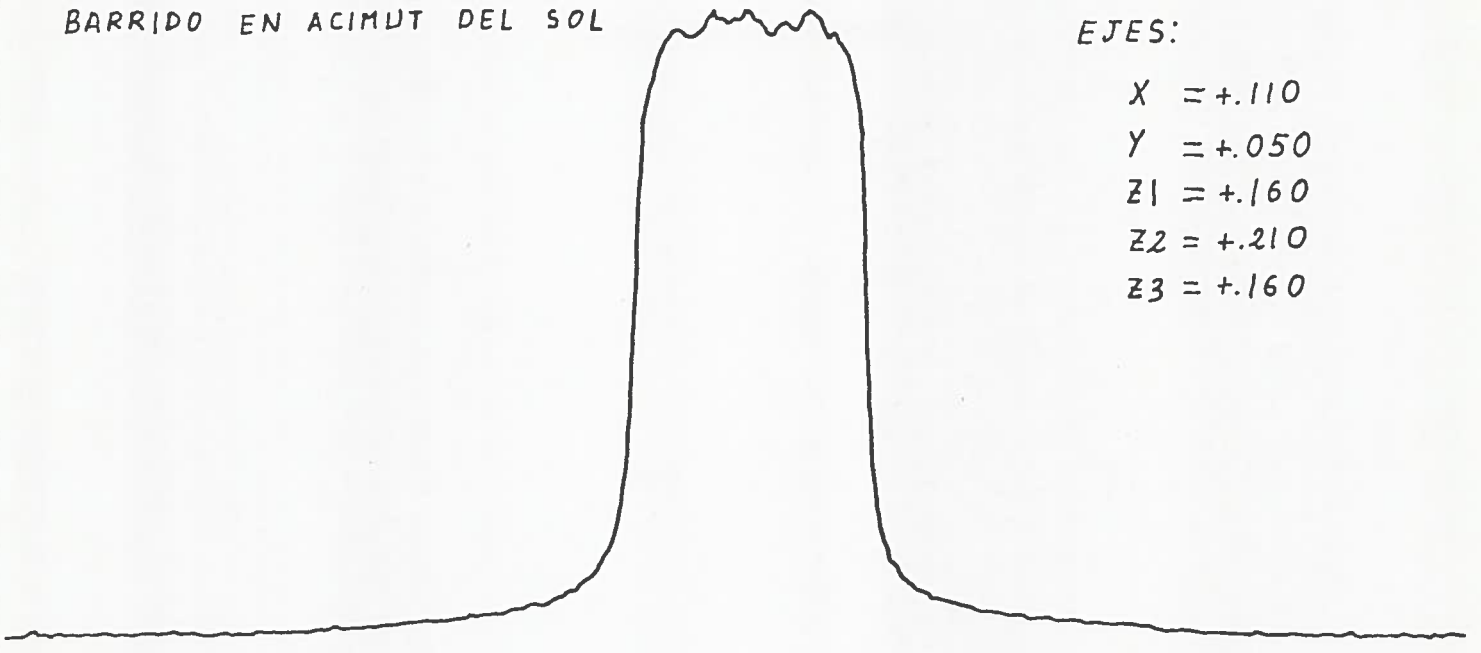


Figura 3.8

Barrido en acimut del Sol para obtención del diagrama integrado

BARRIDO EN ACIMUT
DIAGRAMA INTEGRADO

EJES:

X = +.110

Y = +.050

Z1 = +.160

Z2 = +.210

Z3 = +.160



Figura 3.9

Diagrama integrado según barrido en acimut de la figura 3.8

EJE Y	EJES Z		
	Z1	Z2	Z3
<u>+ .450</u>	+ .360	+ .410	+ .360
+ .350	+ .260	+ .310	+ .260
+ .250	<u>+ .160</u>	<u>+ .210</u>	<u>+ .160</u>
+ .150	+ .060	+ .110	+ .060
<u>+ .050</u>	- .040	+ .010	- .040
- .050	- .140	- .090	- .140
- .150	- .240	- .190	- .240
- .250	- .340	- .290	- .340
- .350			
- .450			

Tabla 3.1

Posiciones de los ejes Y y Z elegidos para el enfoque lateral de elevación y enfoque axial. Recuadradas las mejores posiciones encontradas

mientras para el enfoque lateral de elevación parecen encontrarse dos posiciones óptimas en los valores del eje Y:

$$\text{MEJORES ENFOQUES LATERALES DE ELEVACION : } \begin{cases} Y = +.050 \\ Y = +.450 \end{cases}$$

Las figuras 3.10 a 3.19 muestran la serie de diagramas integrados para enfoque según eje Y de acuerdo a la mejor posición de eje Z encontrada. La figura 3.20 tiene el mismo enfoque lateral que la 3.15 pero está desenfocada axialmente; puede apreciarse, por comparación, disminución de la ganancia (disminución en la relación señal-ruido), ensanchamiento del haz principal y aumento en el nivel de los lóbulos secundarios.

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA INTEGRADO

EJES:

$X = +.110$

$Y = +.450$

$Z1 = +.160$

$Z2 = +.210$

$Z3 = +.160$



Figura 3.10

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA INTEGRADO

EJES:

$X = +.110$

$Y = +.350$

$Z1 = +.160$

$Z2 = +.210$

$Z3 = +.160$



Figura 3.11

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA INTEGRADO

EJES:
X = +.110
Y = +.250
Z1 = +.160
Z2 = +.210
Z3 = +.160



Figura 3.12

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA INTEGRADO

EJES:
X = +.110
Y = +.150
Z1 = +.160
Z2 = +.210
Z3 = +.160

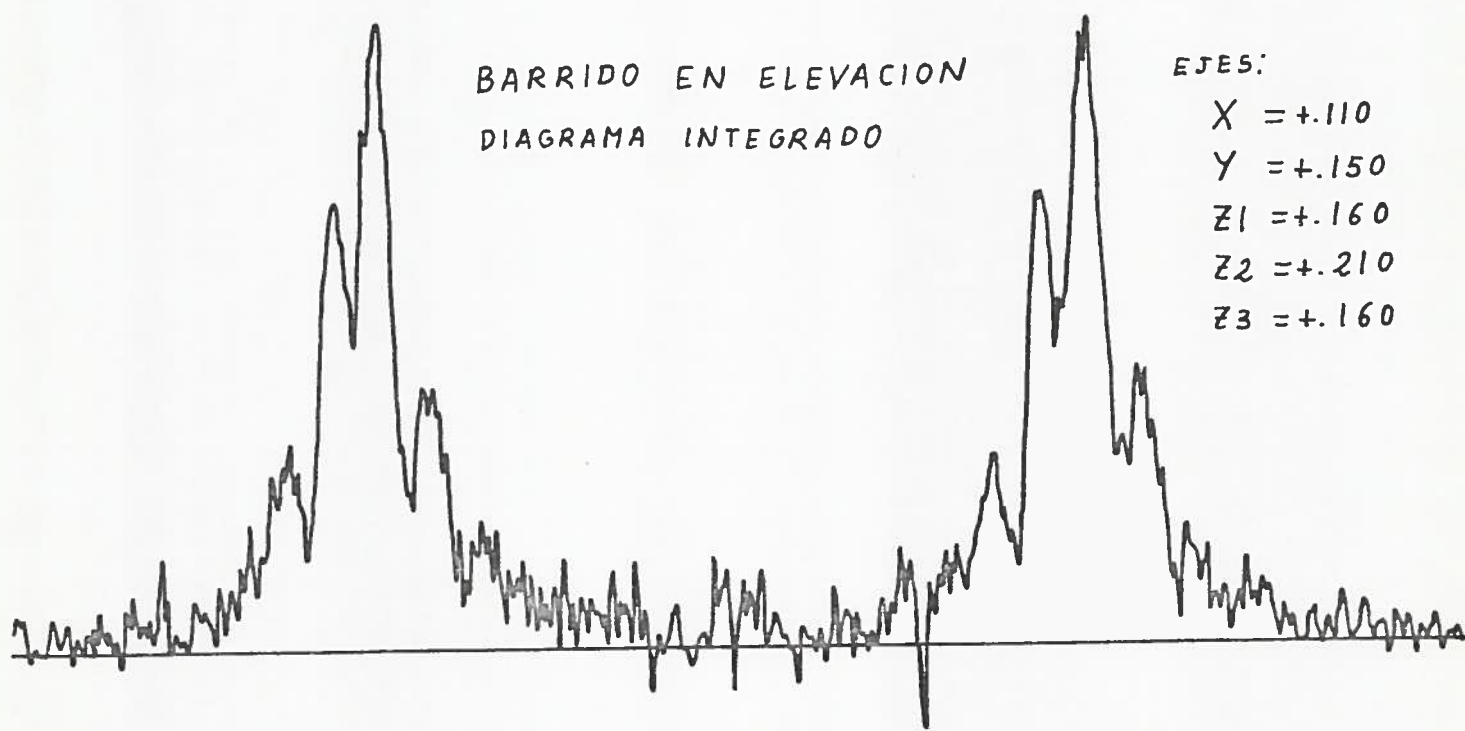


Figura 3.13



Figura 3.14



Figura 3.15

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA INTEGRADO

EJES:

$X = +.110$
 $Y = -.150$
 $Z1 = +.160$
 $Z2 = +.210$
 $Z3 = +.160$



Figura 3.16

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA INTEGRADO

EJES:

$X = +.110$
 $Y = -.250$
 $Z1 = +.160$
 $Z2 = +.210$
 $Z3 = +.160$



Figura 3.17



Figura 3.18



Figura 3.19



Figura 3.20

3.4- Obtención del diagrama deconvolucionado.

A partir del diagrama integrado, obtenido como se vió en el apartado anterior, es posible determinar el diagrama de difracción de la antena. Se supone simetría circular solamente a cada lado del máximo, ver figura 3.21, según dirección de movimiento de la antena; es decir, compuesto de dos juegos de semicilindros superpuestos que corresponden a las diversas amplitudes del diagrama de difracción, de forma que para cada valor discreto del radio haya una amplitud representada por la altura del cilindro correspondiente.

El proceso de convolución se puede simular del siguiente modo:

Al igual que con el diagrama integrado, se supone al Sol con una distribución de brillo uniforme (por ejemplo, de valor 1) y suficiente

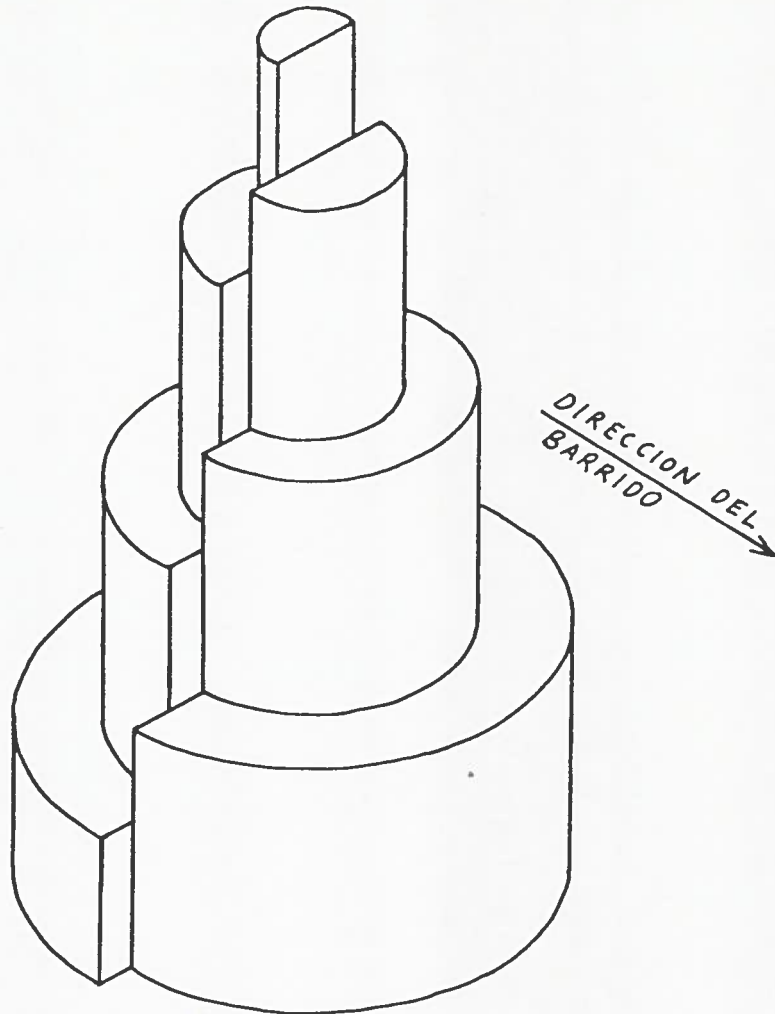


Figura 3.21

Modelo de diagrama de difracción para la obtención del diagrama deconvolucionado

mente extenso como para considerar plano el frente que corta al diagrama de difracción. La amplitud del barrido D_i al producirse los diferentes cortes (ver figura 3.22) será

$$D_1 = d_1 F_{1,1} \quad (3.13)$$

donde d_1 es el valor del diagrama en la semicorona 1 y $F_{1,1}$ el área barrida en este primer corte. Para el segundo corte se tendrá

$$D_2 = d_2 F_{2,2} + d_1 F_{2,1} \quad (3.14)$$

y en general

$$D_i = d_i F_{i,i} + \sum_{j=1}^{i-1} d_j F_{i,j} \quad (3.15)$$

donde con $F_{i,j}$ se denomina el area de la semicorona j presente en el corte i . El sistema de ecuaciones que resulta es fácilmente invertible, por lo que

$$\begin{aligned} d_1 &= D_1 / F_{1,1} \\ d_2 &= (D_2 - d_1 F_{2,1}) / F_{2,2} \\ &----- \\ d_i &= (D_i - \sum_{j=1}^{i-1} d_j F_{i,j}) / F_{i,i} \end{aligned} \quad (3.16)$$

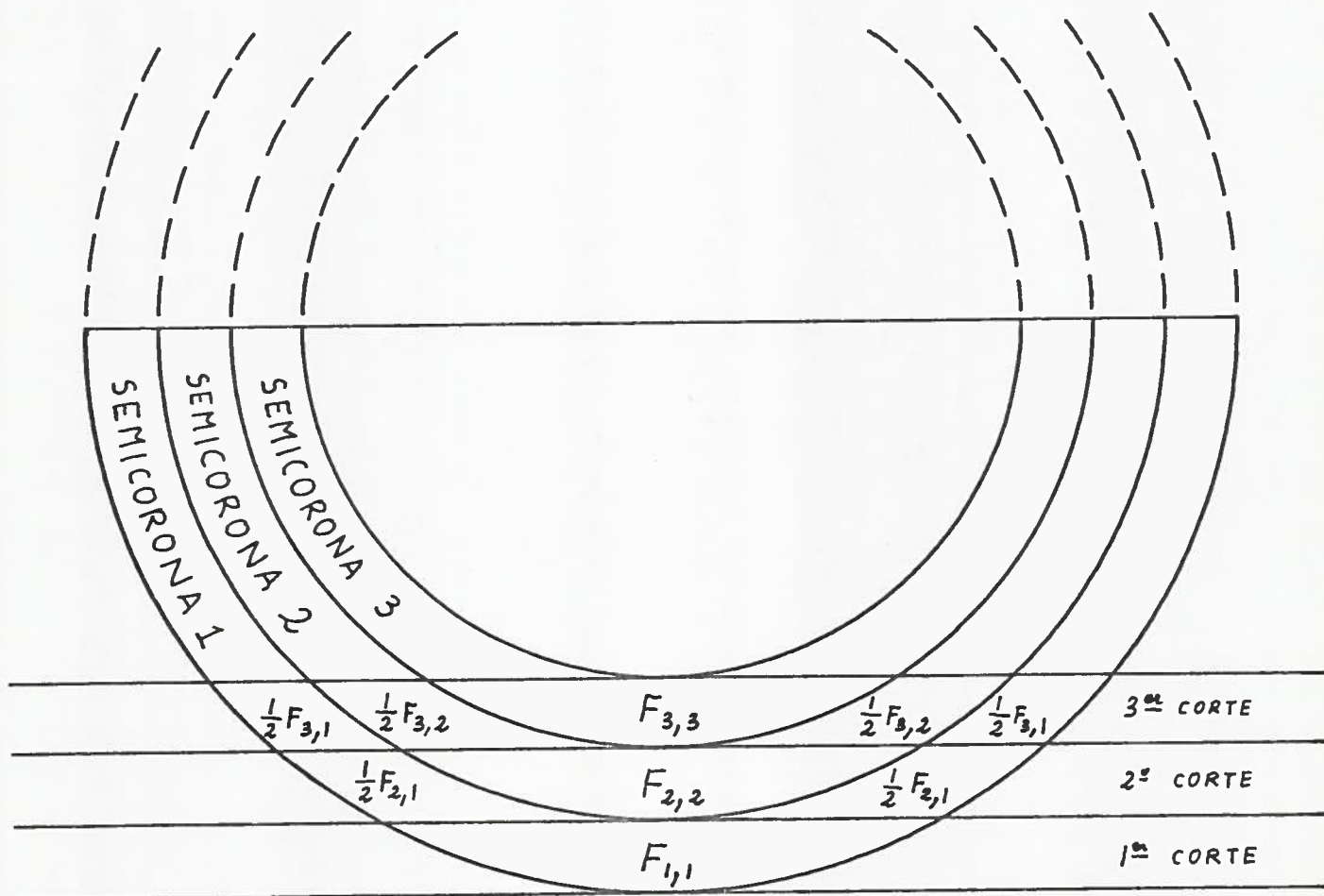


Figura 3.22

Planta del diagrama de difracción, discretizada en semicoronas circulares para la obtención del diagrama deconvolucionado

resulta ser un sistema de ecuaciones acopladas, de fácil resolución, con las que determinar las amplitudes d_i de los distintos semicilindros.

El programa DIRAD (ver apéndice) realiza la deconvolución de los barridos procedentes de radiofuentes extensas, como es el caso del Sol, con lo que se obtiene el diagrama deconvolucionado.

3.4.1- Medidas realizadas.

Se centraron las medidas, como consecuencia de los resultados obtenidos en el apartado 3.3.2, en discernir la mejor posición para el eje Y del subreflector. Las figuras 3.23 a 3.27 muestran el diagrama deconvolucionado según barridos en elevación para la mejor posición de ejes X y Z (Z1, Z2 y Z3) y espaciamientos en eje Y de 100 milipulgadas. Para $Y=+.450$ e $Y=+.050$ parecen encontrarse los niveles de lóbulo secundario menores, siendo en $Y=+.050$ donde la anchura del haz principal tiene valor mínimo.

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA DECONVOLUCIONADO

EJES:

X = +.110

Y = +.450

Z1 = +.160

Z2 = +.210

Z3 = +.160

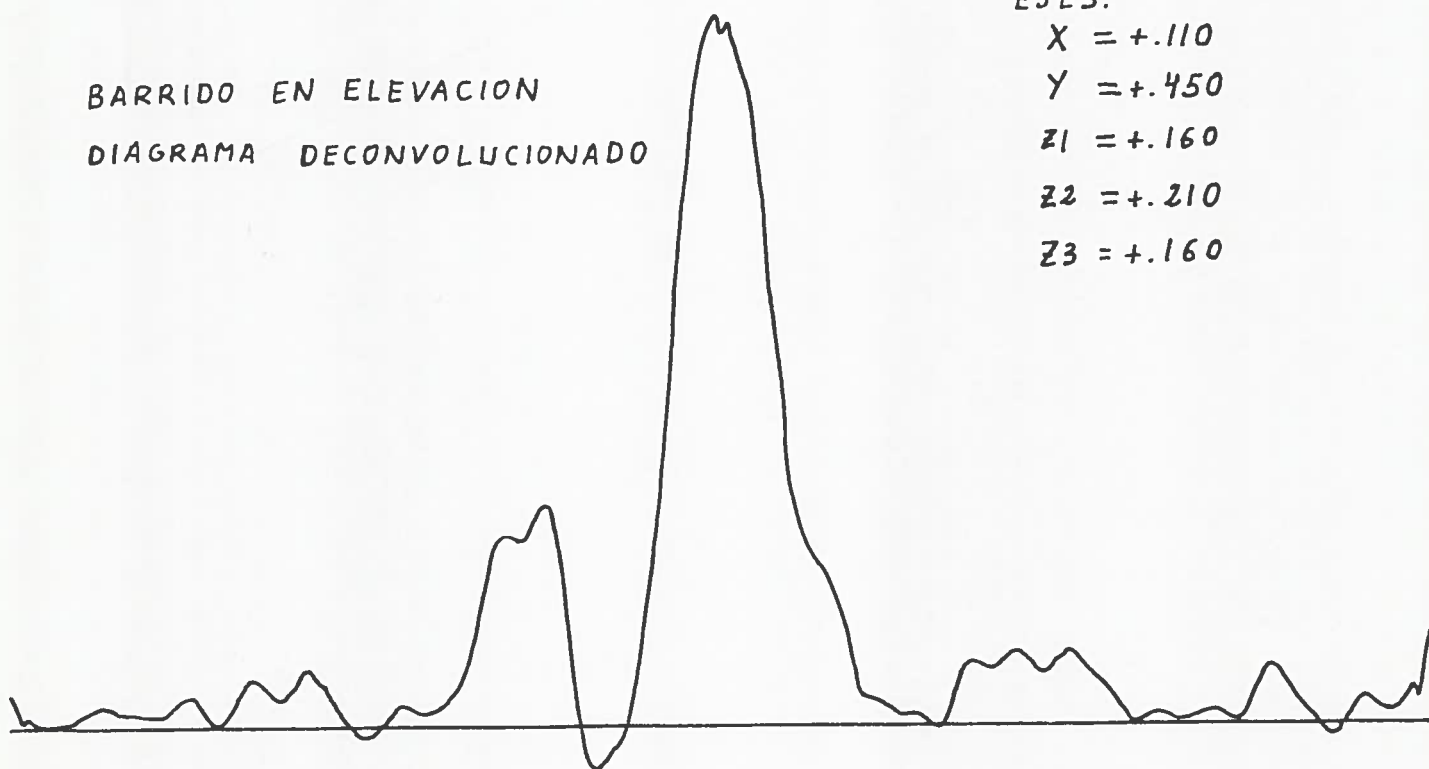


Figura 3.23

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA DECONVOLUCIONADO

EJES:

$$X = +.110$$

$$Y = +.350$$

$$Z1 = +.160$$

$$Z2 = +.210$$

$$Z3 = +.160$$

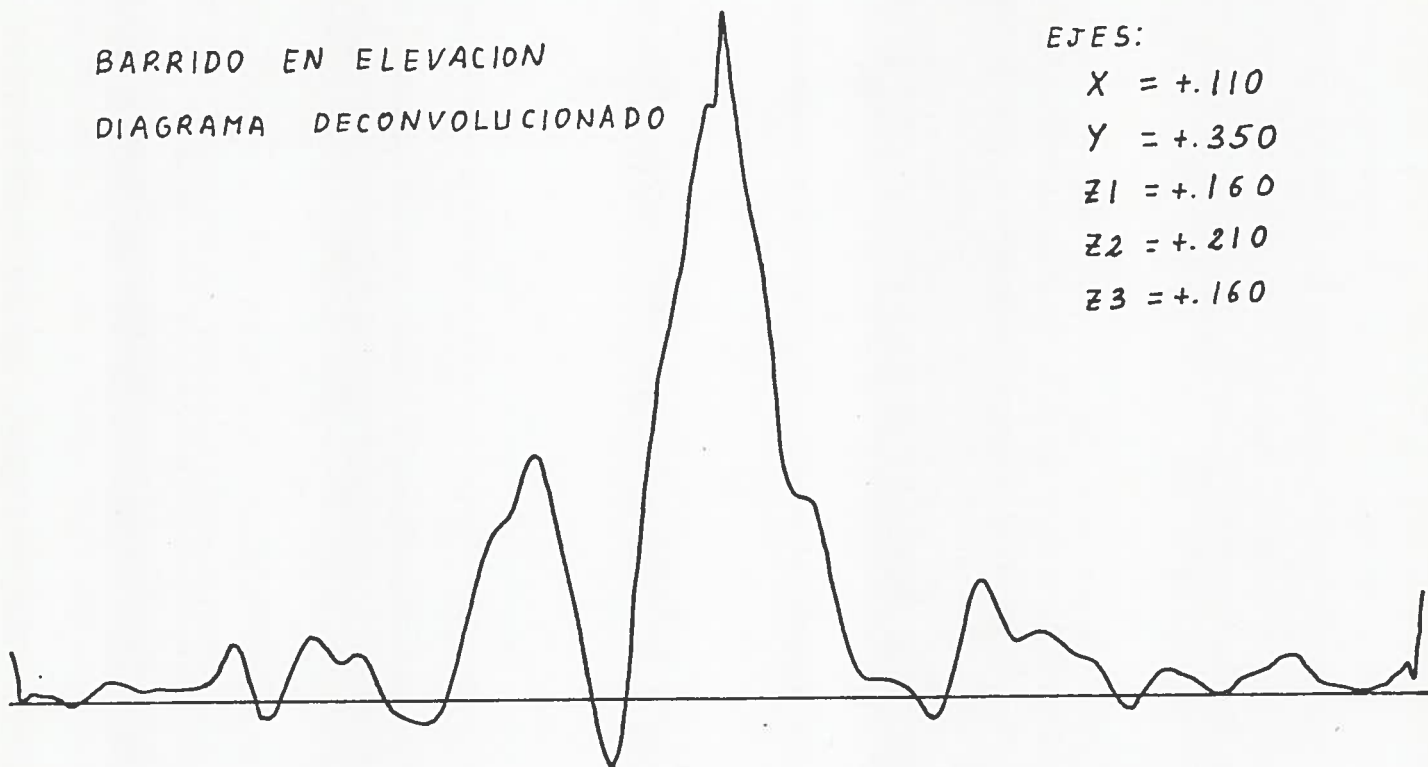


Figura 3.24

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA DECONVOLUCIONADO

EJES:

$$X = +.110$$

$$Y = +.250$$

$$Z1 = +.160$$

$$Z2 = +.210$$

$$Z3 = +.160$$

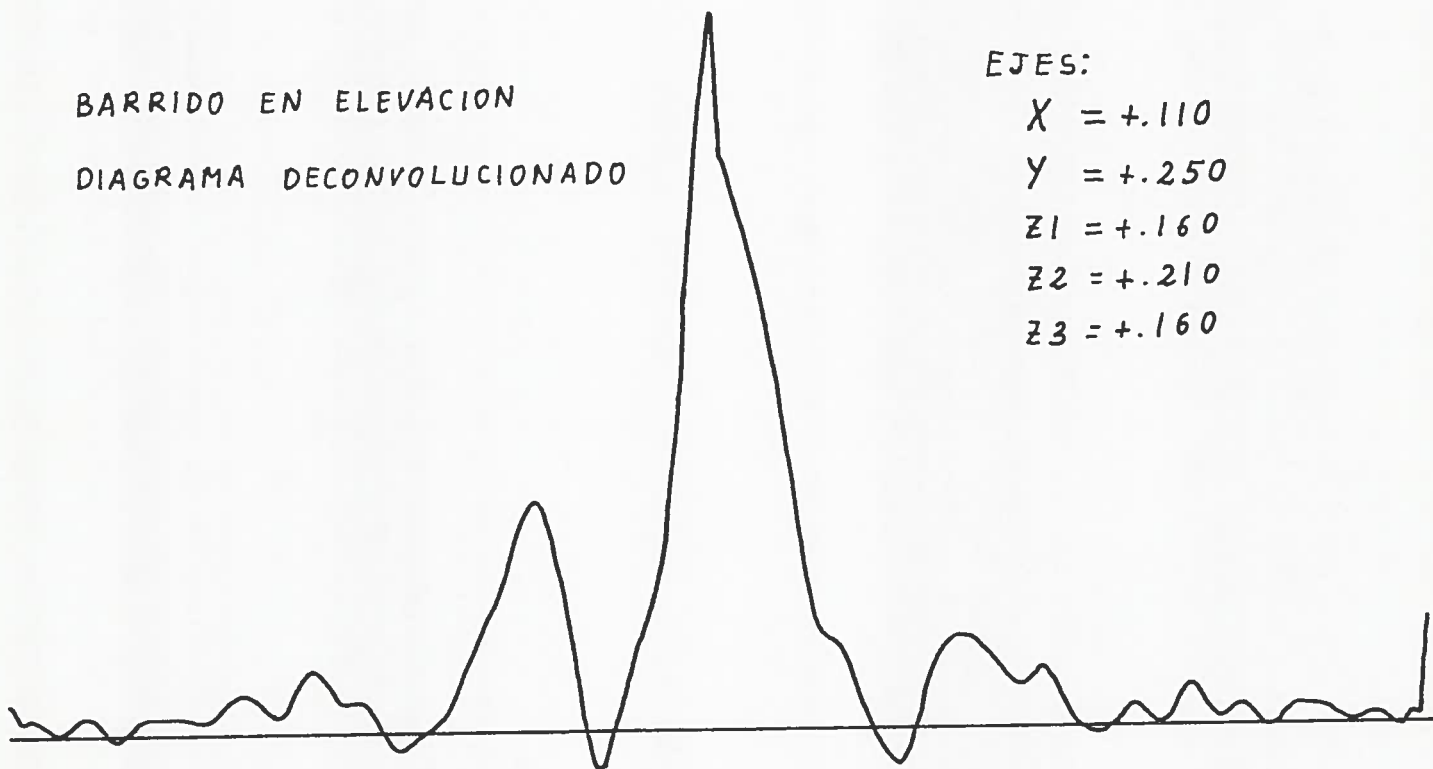


Figura 3.25

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA DECONVOLUCIONADO

EJES:

$X = +.110$
 $Y = +.150$
 $Z1 = +.160$
 $Z2 = +.210$
 $Z3 = +.160$

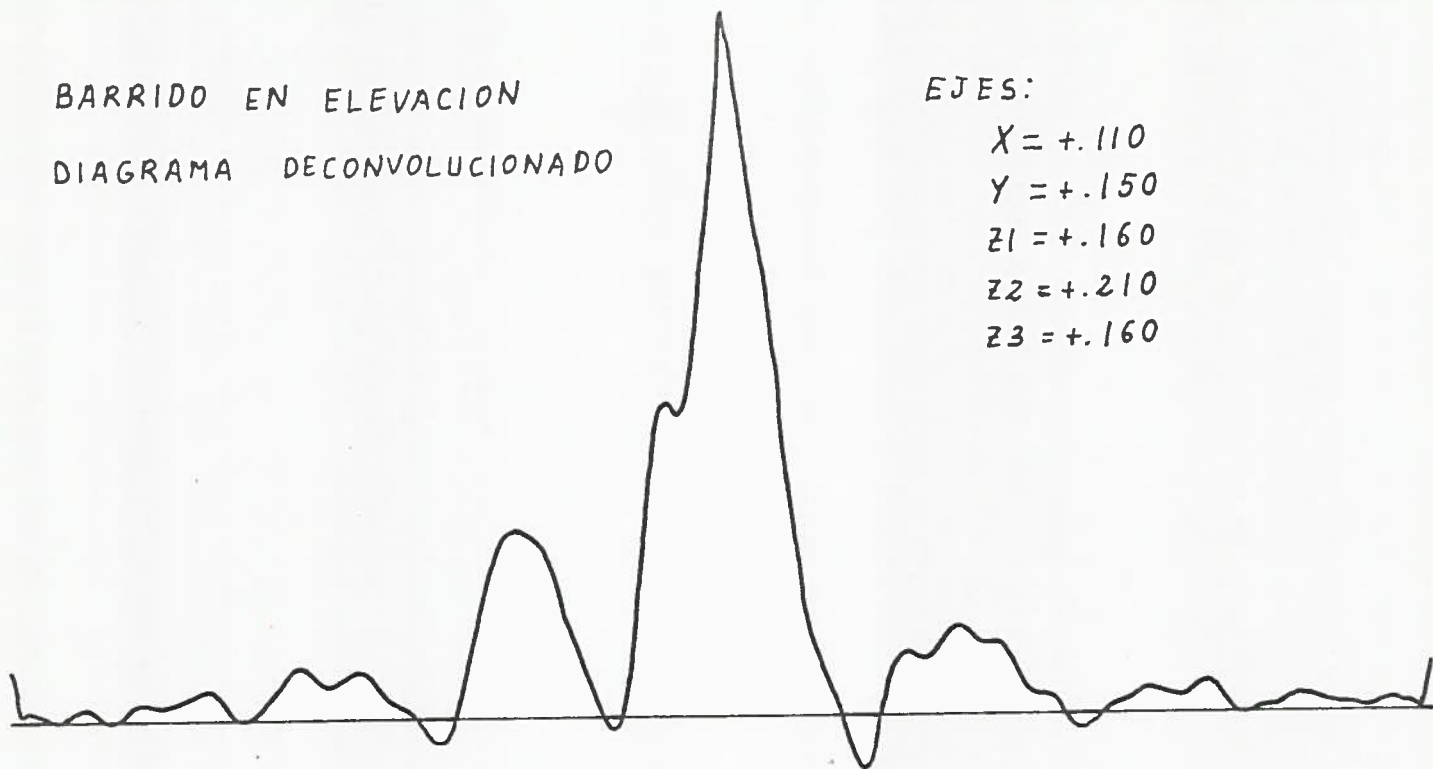


Figura 3.26

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA DECONVOLUCIONADO

EJES:

$X = +.110$
 $Y = +.050$
 $Z1 = +.160$
 $Z2 = +.210$
 $Z3 = +.160$

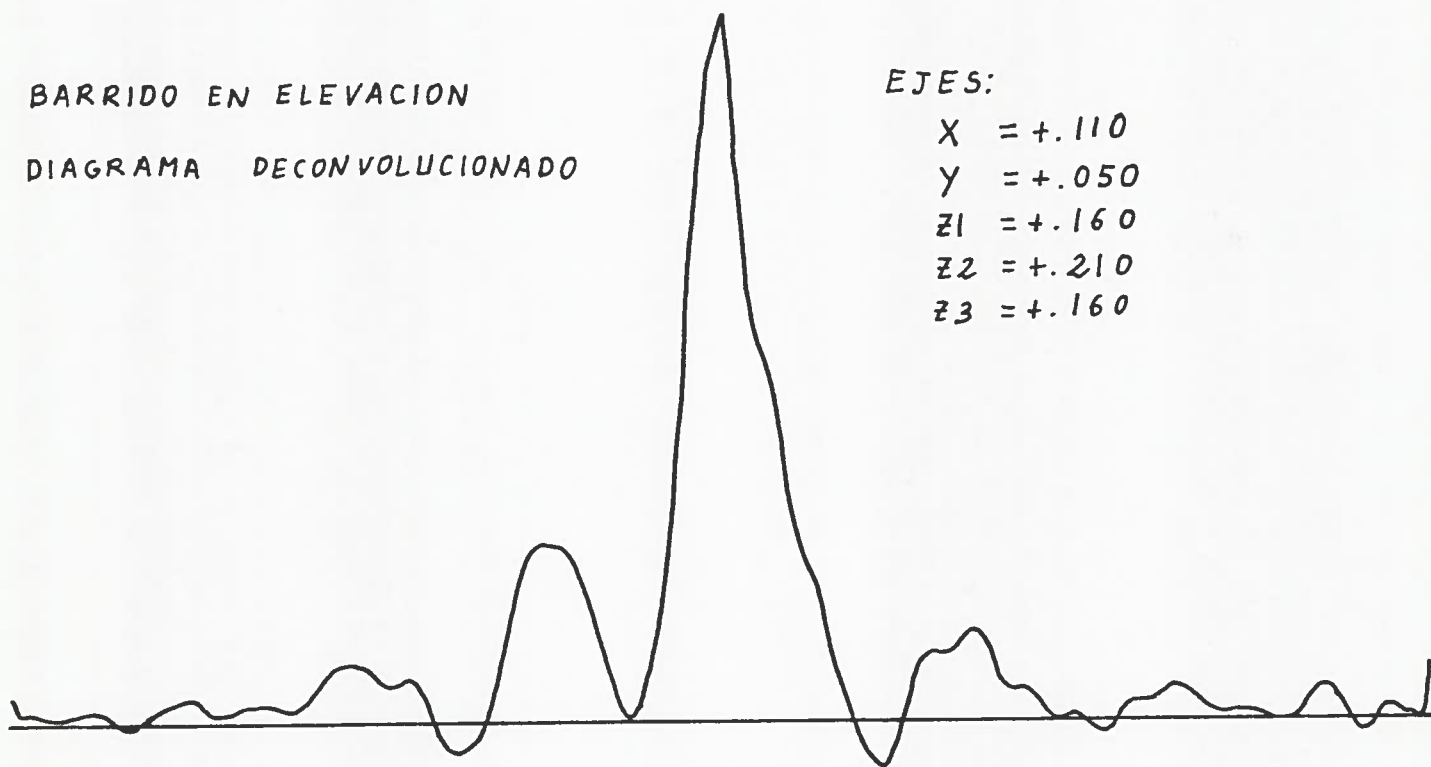


Figura 3.27

3.5- Obtención del diagrama con fuente puntual.

Se utilizaron para ello Venus y Júpiter (diámetros angulares de 56" y 36" respectivamente en el instante de las medidas) que no son excesivamente puntuales, pero se aproximan suficientemente como para asemejar la gráfica del barrido al diagrama de difracción que se desea obtener; salvo un ligero ensanchamiento del haz, por efectos de convolución, que es calculable.

3.5.1- Medidas realizadas.

Se centraron las medidas en la optimización de la posición del eje Y del subreflector para la mejor posición encontrada de los ejes X y Z.

Dado que la relación señal-ruido no era suficientemente buena, fue preciso desarrollar el programa INTEG que permite la integración de varios barridos.

Las figuras 3.28 a 3.35 muestran los resultados para barridos hechos con Venus a una elevación de aproximadamente 30°. Se aprecia una buena semejanza con el diagrama deconvolucionado obtenido anteriormente (figuras 3.23 a 3.27). Nuevamente las mejores posiciones encontradas son $Y=+.050$ e $Y=+.450$. Por debajo de la primera, el diagrama se degrada notablemente, llegando incluso a aparecer lóbulos terciarios significativos (figuras 3.33 a 3.35); por encima de $Y=+.450$ es imposible realizar medidas ya que dicho eje se encuentra próximo a su máximo desplazamiento.

Para disponer de más información en las dos posiciones óptimas del eje Y ($Y=+.050$ e $Y=+.450$) se obtuvo el diagrama de difracción bidimensional de la antena, en dichas posiciones, por medio del programa BIDRA. Los diagramas de las figuras 3.36 y 3.37 corresponden a medidas con Venus y la figura 3.38 con Júpiter. En este último caso sólo se hizo en la posición $Y=+.450$ ya que, por ser época estival, los barridos se veían muy afectados por las fluctuaciones atmosféricas, degradándose la calidad de los mismos (como se aprecia de la propia figura 3.38).

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA CON FUENTE PUNTUAL

EJES:

$X = +.110$

$Y = +.450$

$Z1 = +.160$

$Z2 = +.210$

$Z3 = +.160$

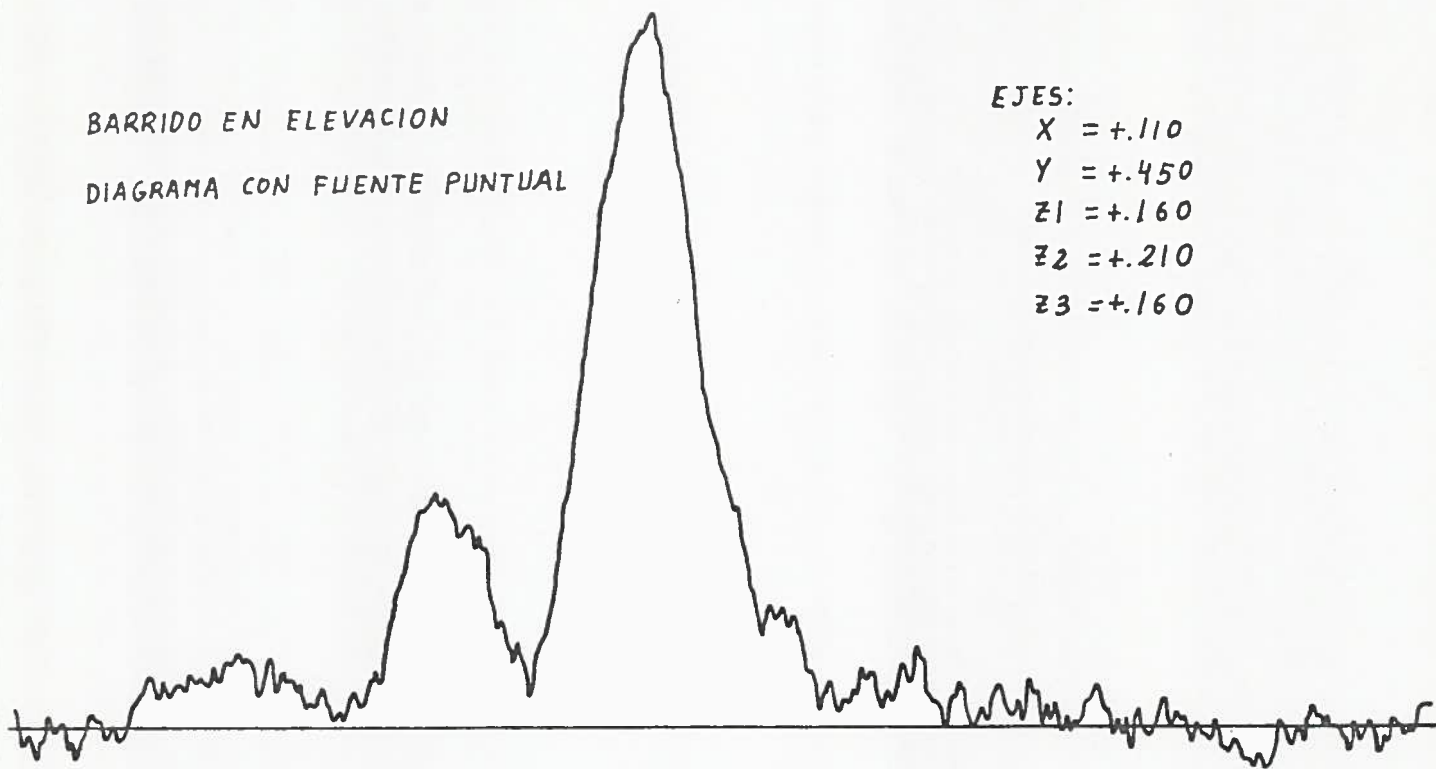


Figura 3.28

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA CON FUENTE PUNTUAL

EJES:

$X = +.110$

$Y = +.350$

$Z1 = +.160$

$Z2 = +.210$

$Z3 = +.160$

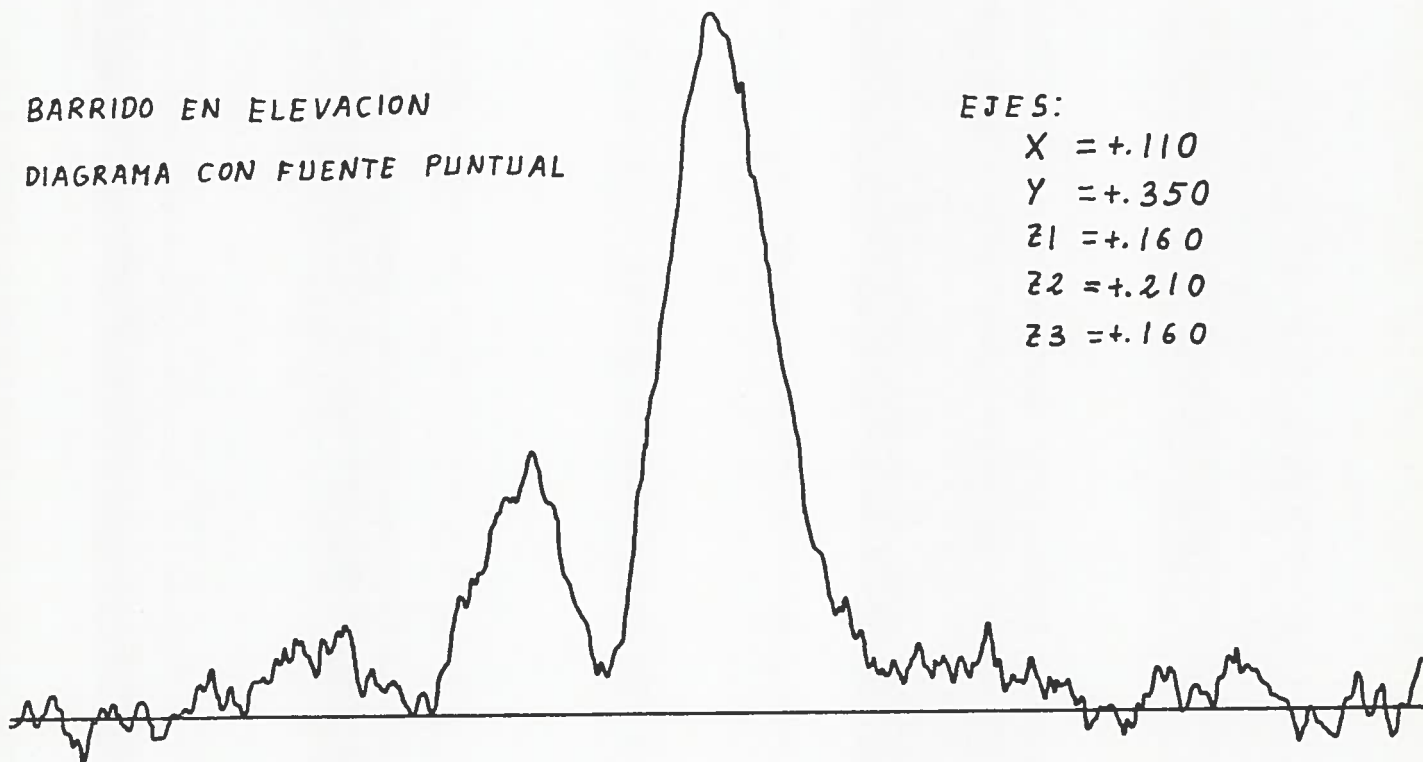


Figura 3.29

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA CON FUENTE PUNTUAL

EJES:

X = +.110

Y = +.250

Z1 = +.160

Z2 = +.210

Z3 = +.160

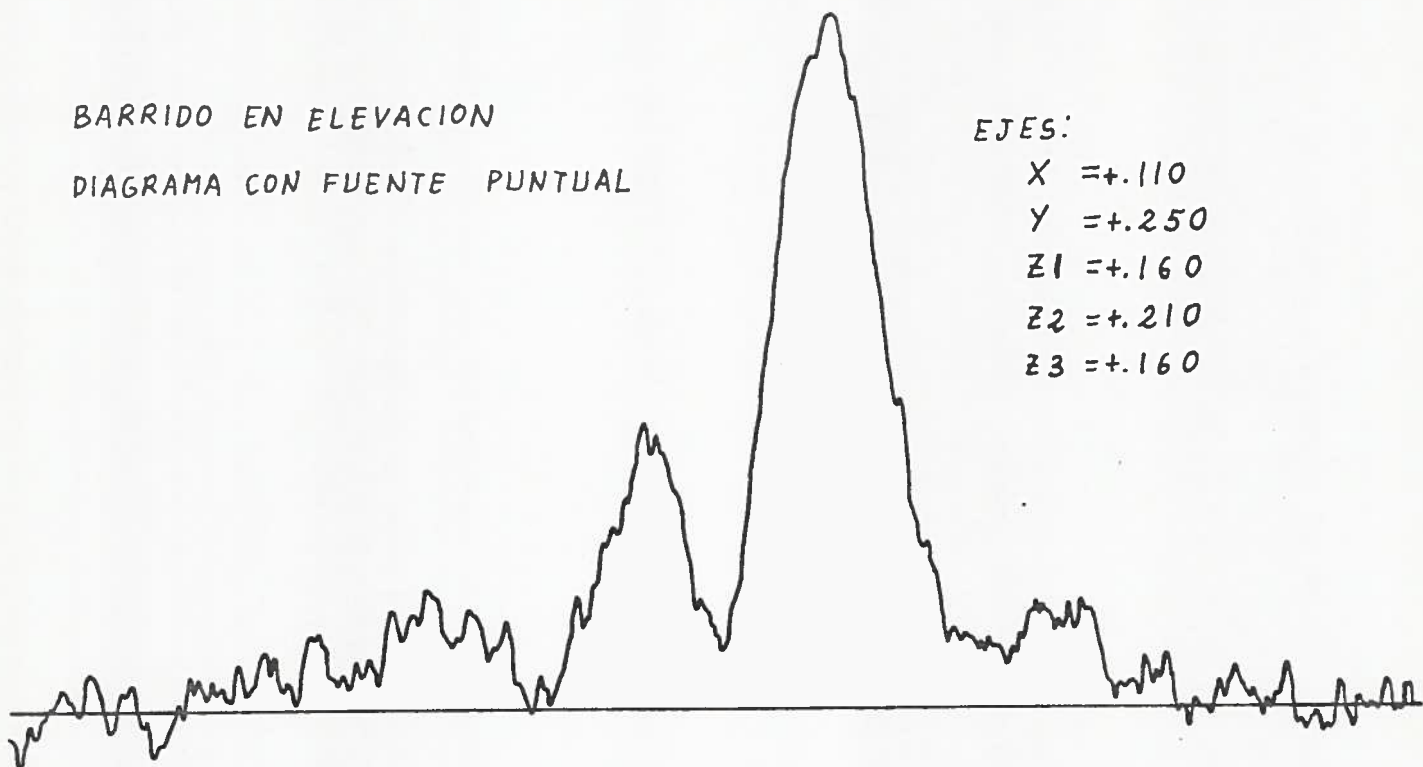


Figura 3.30

BARRIDO EN ELEVACION
DIAGRAMA CON FUENTE PUNTUAL

EJES:

X = +.110

Y = +.150

Z1 = +.160

Z2 = +.210

Z3 = +.160

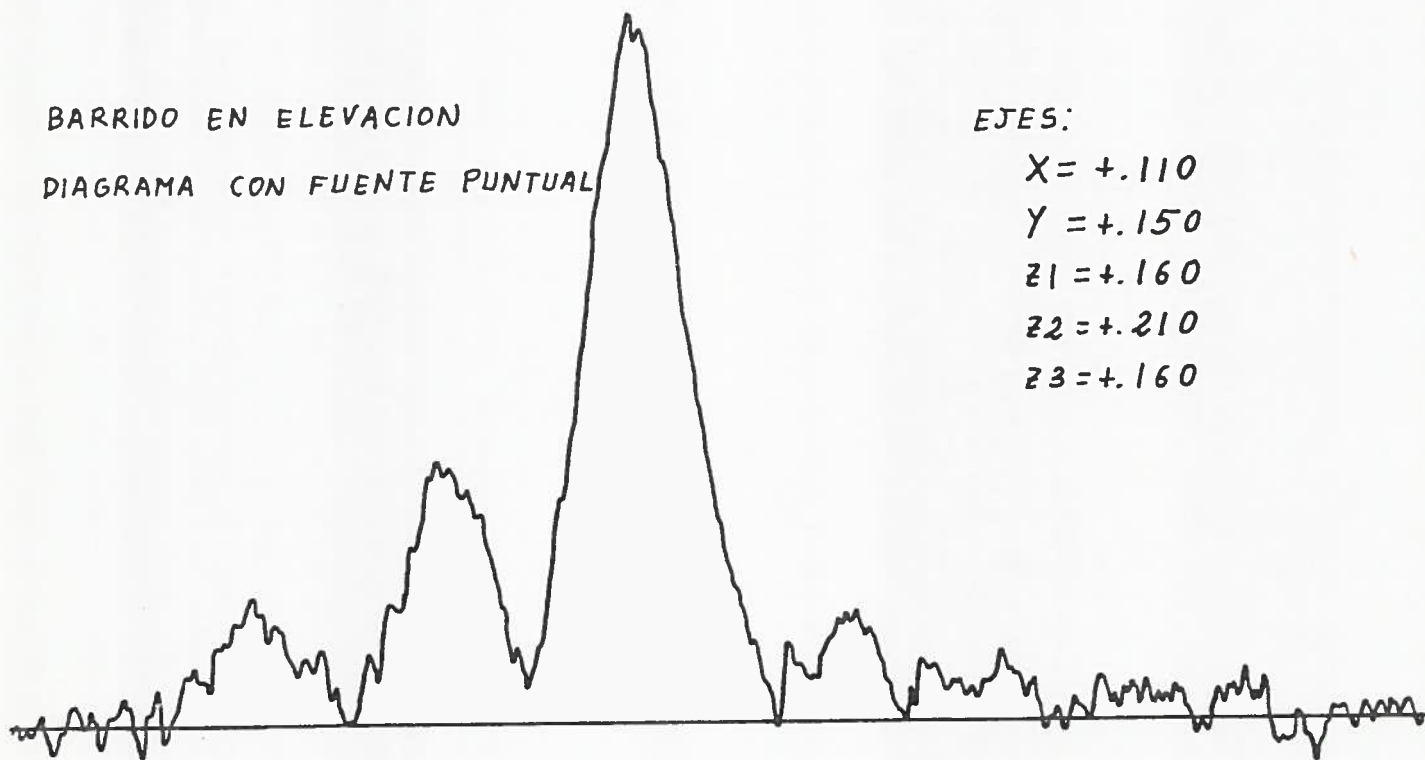


Figura 3.31

BARRIDO EN ELEVACION

DIAGRAMA CON FUENTE PUNTUAL

EJES:

$$X = +.110$$

$$Y = +.050$$

$$Z_1 = +.160$$

$$Z_2 = +.210$$

$$Z_3 = +.160$$

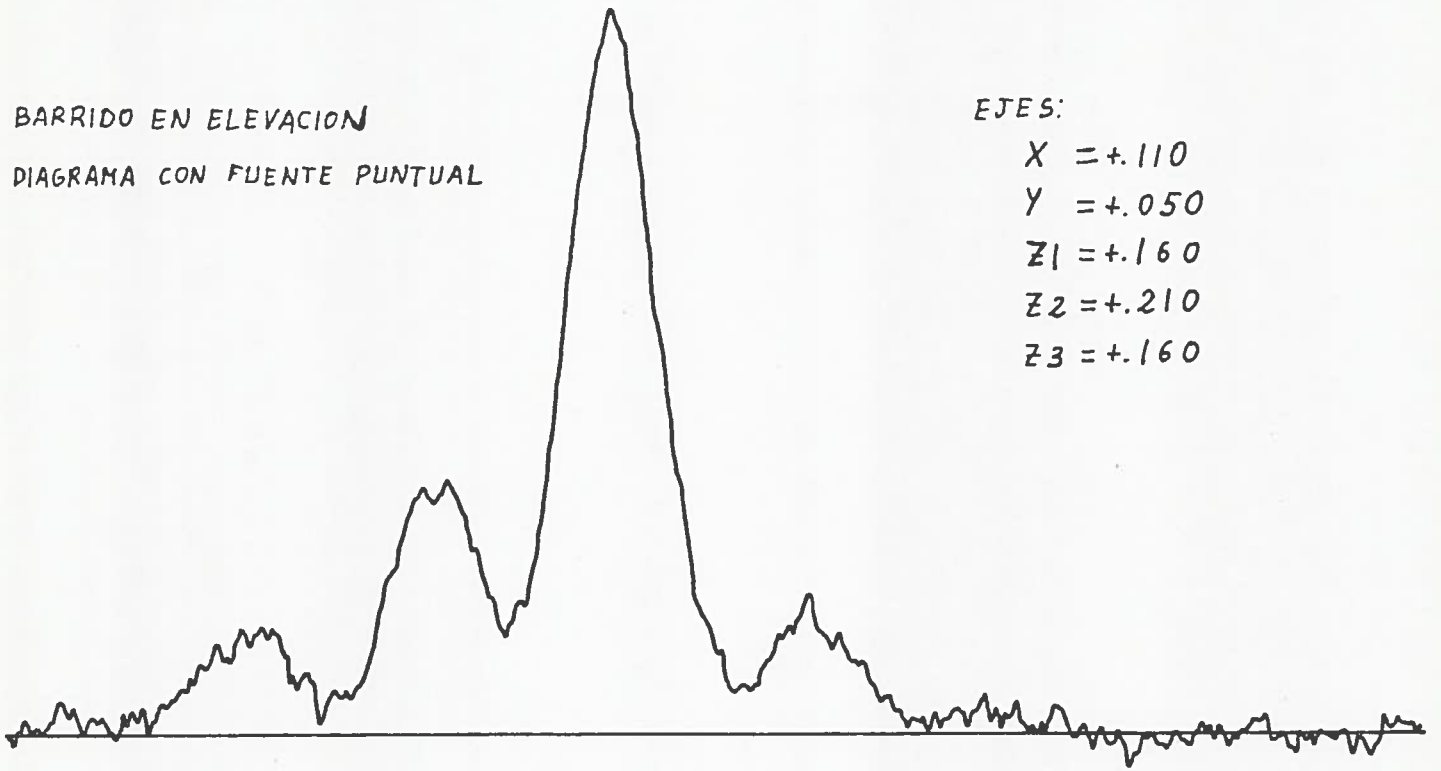


Figura 3.32

BARRIDO EN ELEVACION

DIAGRAMA CON FUENTE PUNTUAL

EJES:

$$X = +.110$$

$$Y = -.050$$

$$Z_1 = +.160$$

$$Z_2 = +.210$$

$$Z_3 = +.160$$

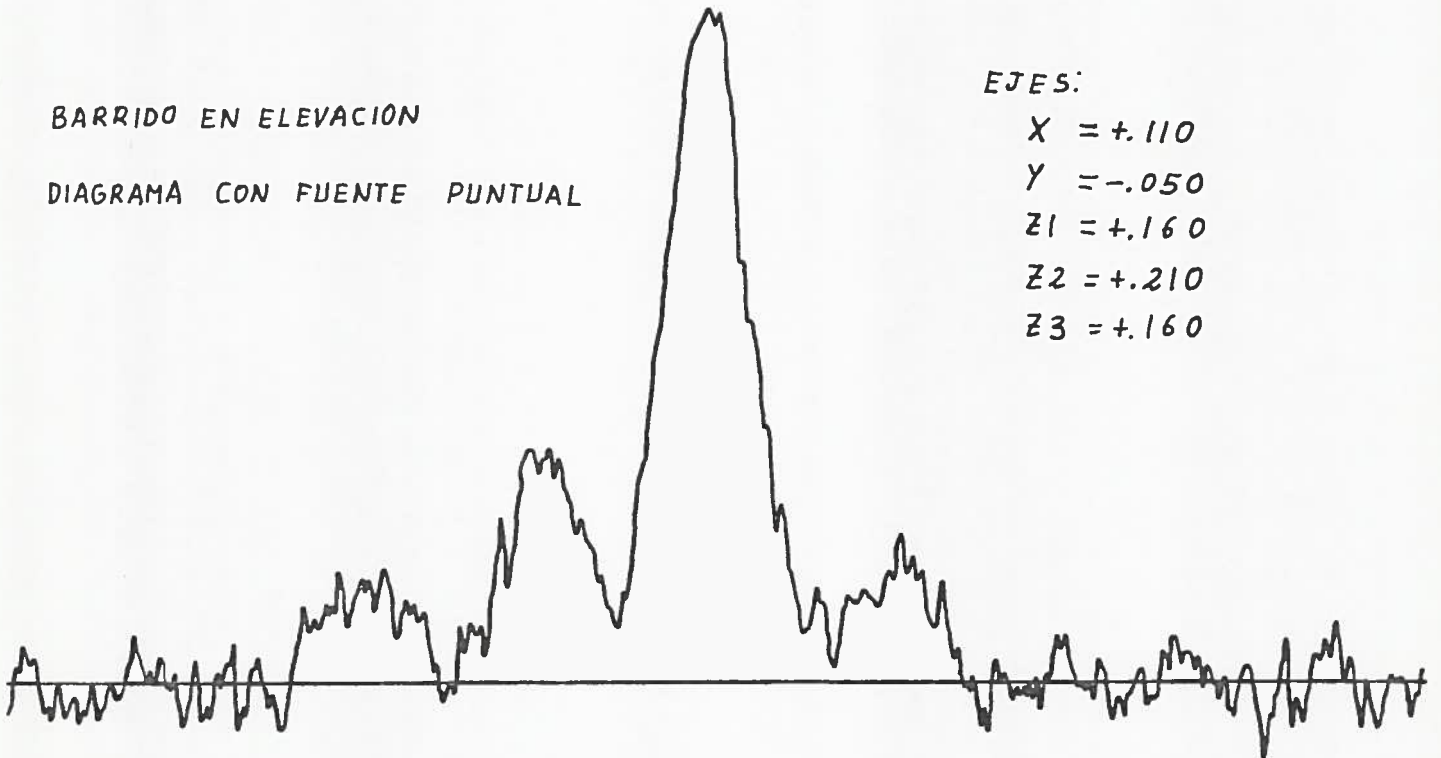


Figura 3.33

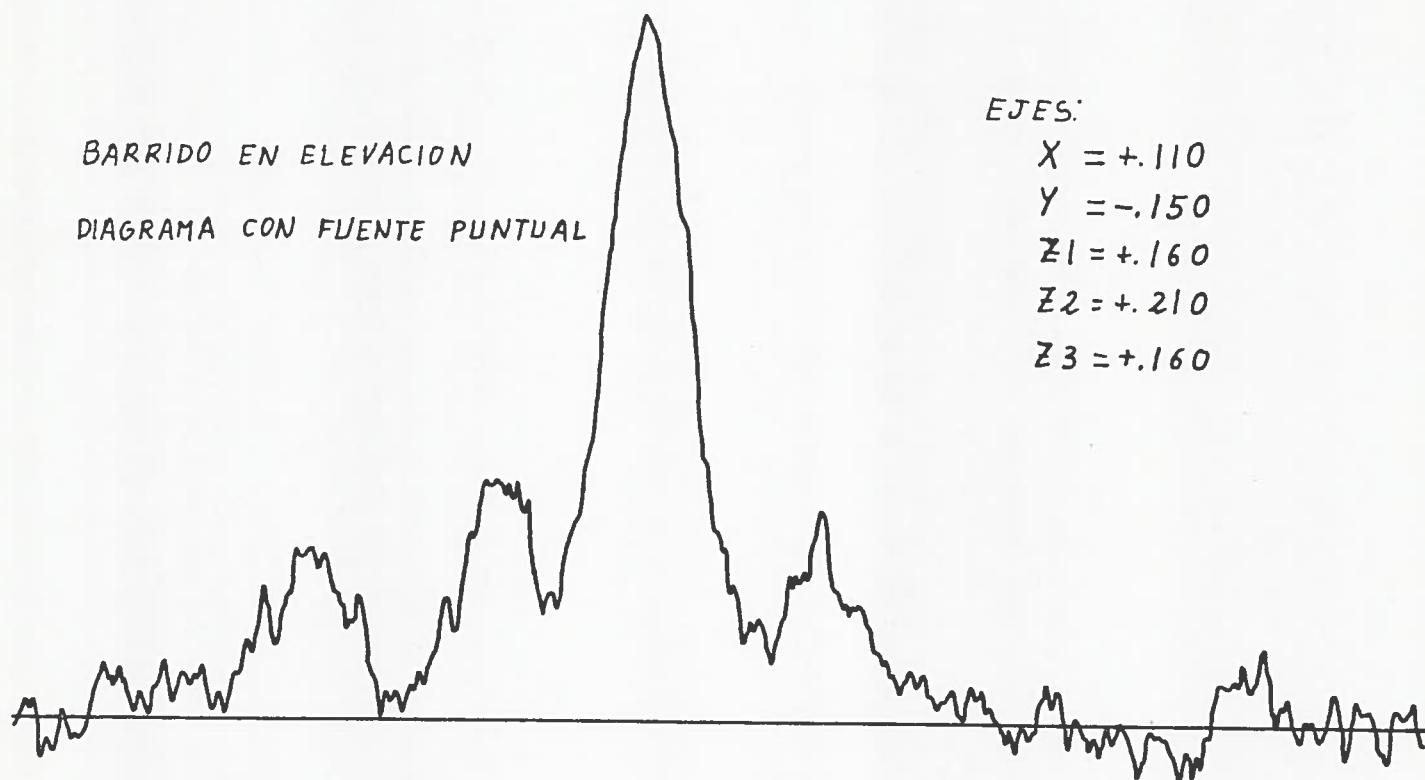


Figura 3.34

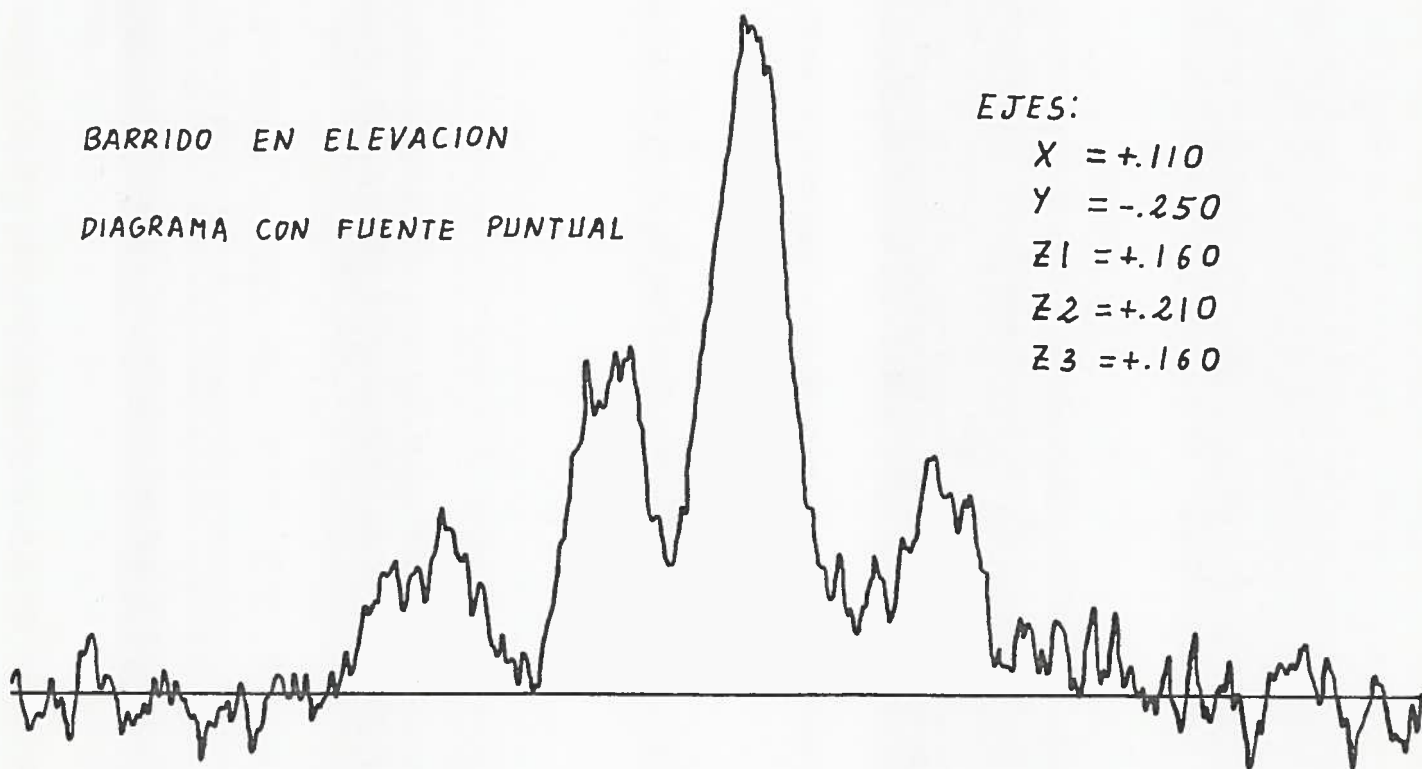


Figura 3.35

ELEVACION MEDIA : 35°

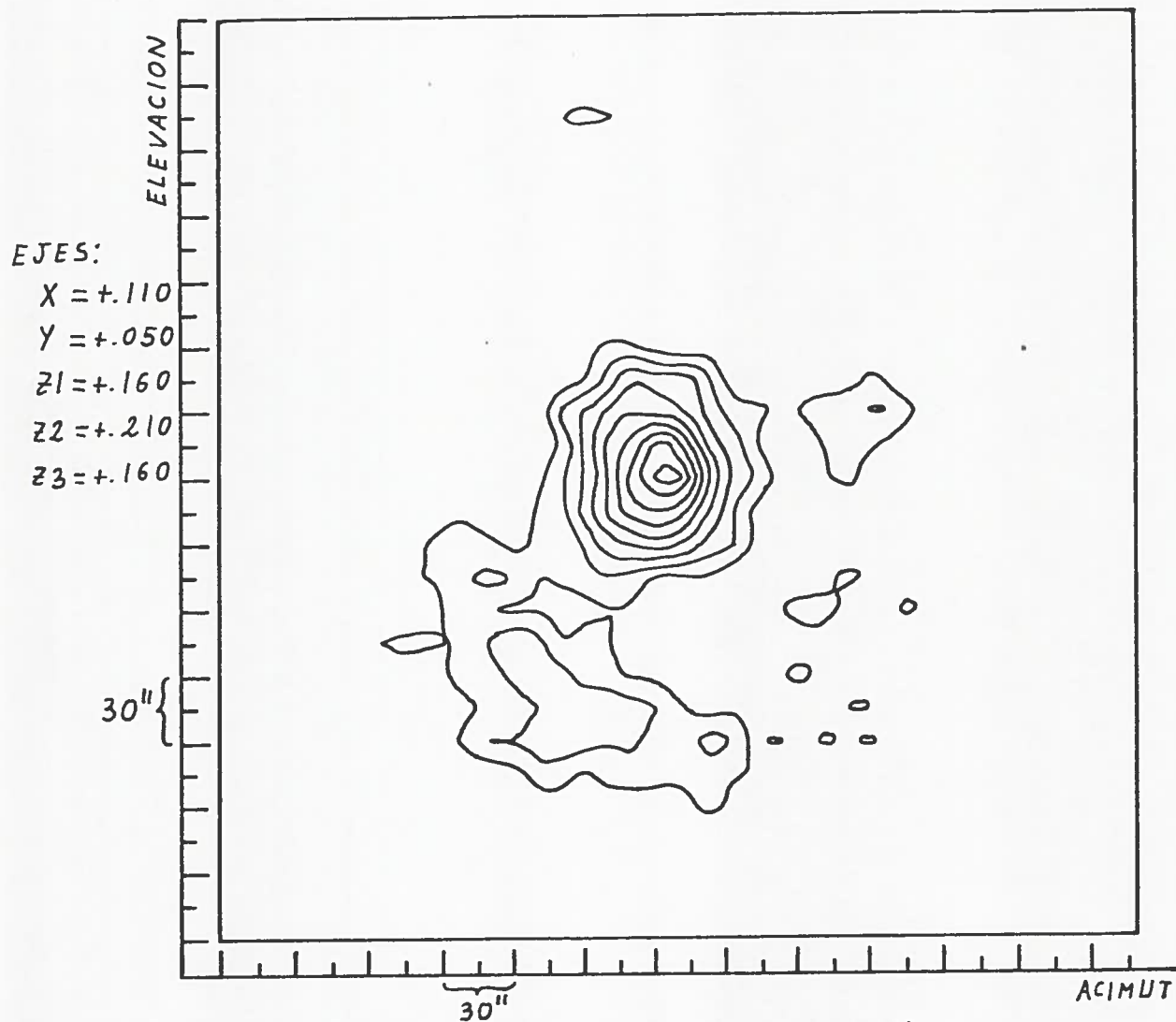


DIAGRAMA DE DIFRACCION NORMALIZADO (CON VENUS)

ISOFOIAS: CADA 0.1 DESDE 0.15

Figura 3.36

Proyección del diagrama de difracción sobre el plano del cielo

ELEVACION MEDIA : 35°

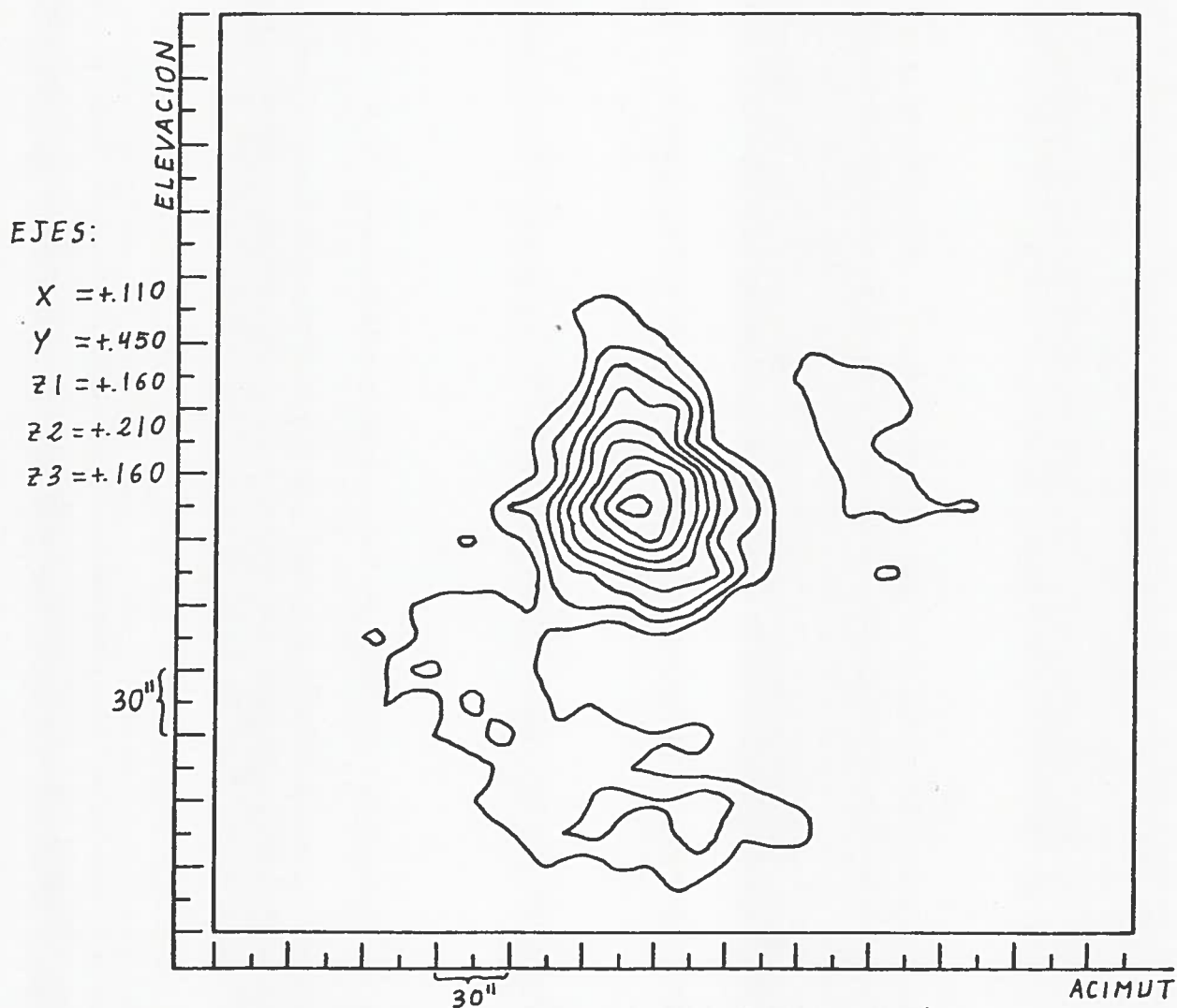


DIAGRAMA DE DIFRACCION NORMALIZADO (CON VENUS)
 ISOFOTAS: CADA 0.1 DESDE 0.15

Figura 3.37

Proyección del diagrama de difracción sobre el plano del cielo

ELEVACION MEDIA : 35°

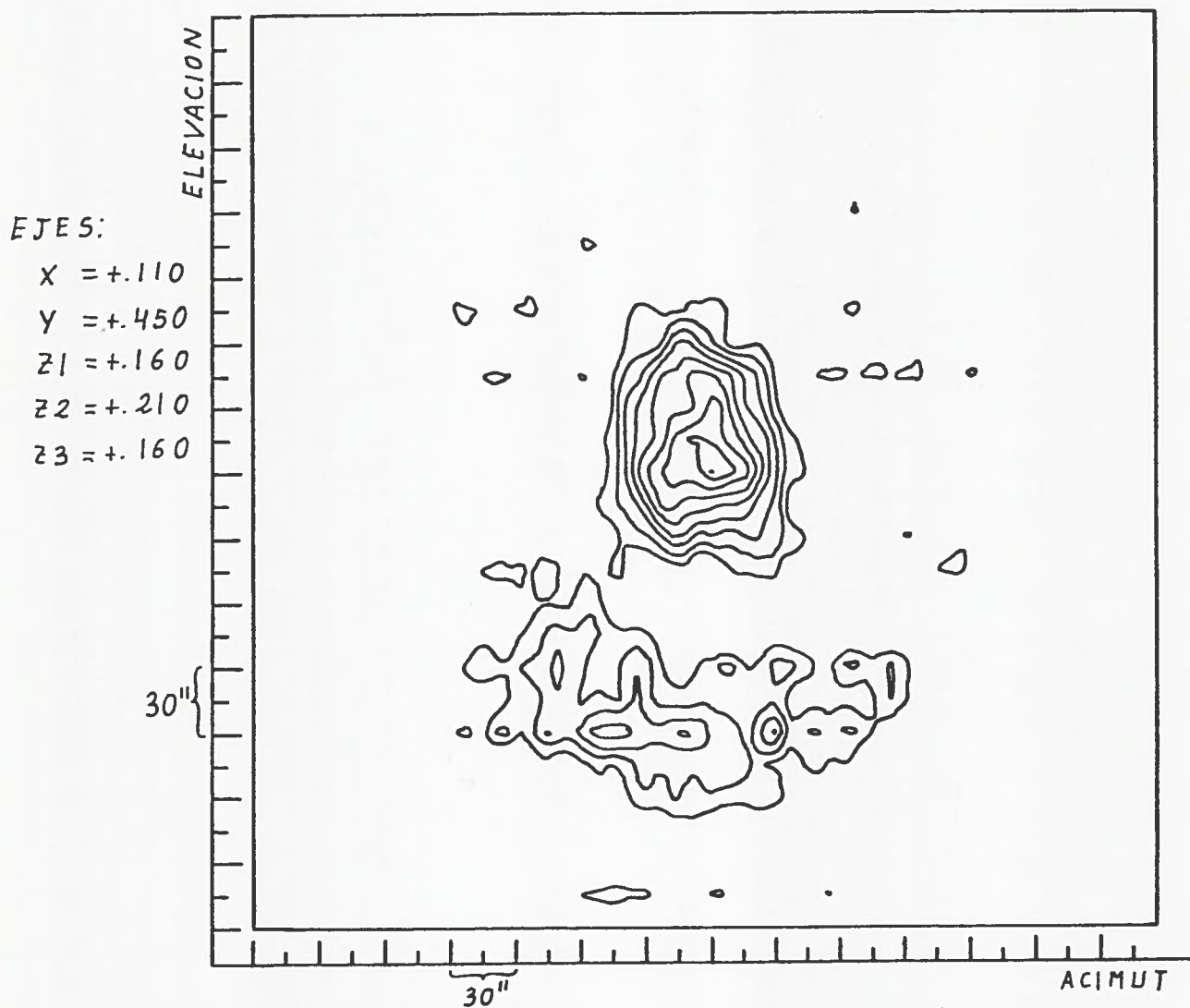


DIAGRAMA DE DIFRACCION NORMALIZADO (CON JUPITER)

ISOFOTAS: CADA 0.1 DESDE 0.2

Figura 3.38

Proyección del diagrama de difracción sobre el plano del cielo

Tras los resultados obtenidos, la posición $Y=+.050$ presenta la ventaja de un haz principal más estrecho y simétrico pero lóbulos secundarios más significativos, y al revés con $Y=+.450$, es decir, haz principal más ancho y deforme pero nivel de lóbulos secundarios más pequeño.

3.6- Resumen, resultados y comentarios.

Se ha procedido al enfoque de la antena mediante la optimización en el posicionado del subreflector. Para éllo se ha obtenido el diagrama de difracción según tres métodos diferentes (diagrama integrado, diagrama deconvolucionado y diagrama con fuente puntual) para distintas posiciones del subreflector y se ha observado coherencia en los resultados obtenidos por dichos tres métodos.

La mejor posición encontrada para los ejes del subreflector ha sido:

$$\text{EJE X} = +.110$$

$$\text{EJE Y} = \begin{cases} +.050 & \text{haz principal más estrecho y simétrico,} \\ & \text{lóbulos secundarios mayores} \\ +.450 & \text{haz principal más ancho y asimétrico,} \\ & \text{lóbulos secundarios menores} \end{cases}$$

$$\text{EJE Z1} = +.160$$

$$\text{EJE Z2} = +.210$$

$$\text{EJE Z3} = +.160$$

El no haberse podido optimizar el diagrama de difracción hasta donde sería de esperar, así como el haberse encontrado dos mejores posiciones para el eje Y, sugiere una mala colocación en el posicionado de los paneles, al menos para las elevaciones en que se realizaron las medidas (entre 30° y 40°). Es presumible que así ocurra pues la superficie del reflector principal se ajustó a un paraboloides con la antena apuntando al cenit. Sería recomendable, por tanto, el reajuste de los

paneles para elevaciones inferiores, próximas a las que se suelen dar en las observaciones radioastronómicas.

APENDICE.- PROGRAMAS USADOS.A.1- Programa DIRAD.

Utilizado para deconvolucionar los barridos realizados con una fuente extensa (frente plano a la hora de cortar el diagrama de difracción).

El programa comienza calculando las áreas de las porciones de corona $F_{i,j}$ (ver figura 3.22). Para ello, el área de un segmento circular S (figura A1) se puede expresar

$$S = \frac{r^2 \theta}{2} - r^2 \operatorname{sen} \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \quad (\text{A.1})$$

donde:

$$\frac{\theta}{2} = \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{b} \right)$$

$$b = r - \Delta r$$

$$a = \sqrt{r^2 - (r - \Delta r)^2} = \sqrt{(2r - \Delta r) \Delta r}$$

(A.2)

y Δr es la separación de las distintas semicoronas circulares en que se encuentra discretizado el radio del diagrama de difracción, por tanto

$$S = r^2 \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{(2r - \Delta r) \Delta r}}{r - \Delta r} \right) - (r - \Delta r) \sqrt{(2r - \Delta r) \Delta r} \quad (\text{A.3})$$

Así pues, una vez determinada el área de estos segmentos circulares ($F_{i,i}$), las secciones de corona circular ($F_{i,j}$) pueden ser calculadas mediante restas entre estas áreas.

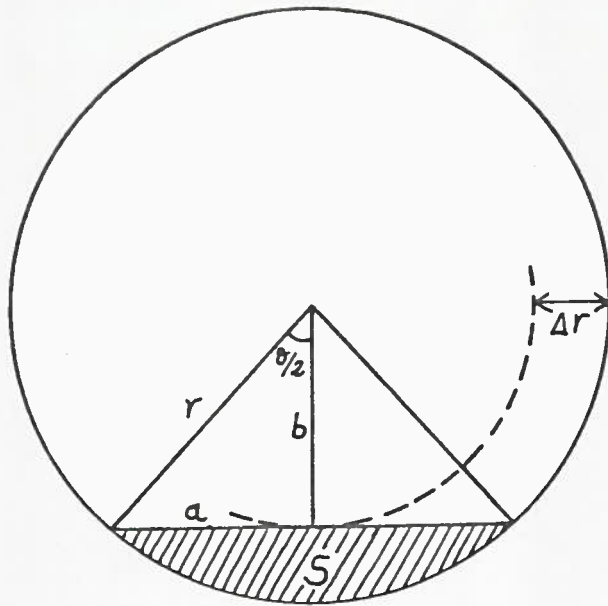


Figura A1

Características geométricas de un segmento circular

El programa ofrece la posibilidad de integrar varios barridos, así como de aplicar filtrado (mediante ajuste de una parábola con 5, 7 ó 9 puntos) a las lecturas de que se componen los barridos.

El listado del programa se expone al final de este apéndice.

A.2- Programa INTEG.

Permite la integración conjunta de varios barridos, realizados con fuentes puntuales, para mejorar la relación señal-ruido. Igualmente, el programa utilizado queda al final del apéndice.

A.3- Programa BIDRA.

Este programa permite obtener bidimensionalmente el diagrama de difracción de la antena, para ello se realizan 29 barridos en acimut

espaciados $15''$ en elevación (aproximadamente la cuarta parte de la anchura del haz principal) y centrados en la radiofuente puntual utilizada. Se construye así un mapa de $15' \times 15'$ que representa la convolución del diagrama de difracción con la radiofuente. Para las radiofuentes utilizadas (Venus y Júpiter), que ciertamente no son puntuales, los efectos producidos son los de un ensanchamiento del haz principal de aproximadamente el 12% ó 5% respectivamente.

El programa utilizado, BIDRA, se expone a continuación junto con los dos anteriores (DIRAD e INTEG):

```

0001      PROGRAM DIRAD
0002      C
0003      C
0004      C ESTE PROGRAMA REALIZA LA DECONVOLUCION DE UN
0005      C SCAN OBTENIDO POR LA OBSERVACION DE UNA RADIOFUENTE
0006      C EXTENSA, SUPONIENDO QUE LA ANCHURA ANGULAR DE LA
0007      C RADIOFUENTE SEA MUCHO MAYOR QUE EL DIAGRAMA DE
0008      C RADIACION DE LA ANTENA Y SUPONIENDO ASIMISMO QUE
0009      C ESTE POSEE SIMETRIA CIRCULAR A CADA LADO DE SU
0010      C MAXIMO CENTRAL.
0011      C LA DECONVOLUCION SE REALIZA RESOLVIENDO EL
0012      C SISTEMA DE ECUACIONES:
0013      C
0014      C
0015      C           I-1
0016      C      D(I)=[ B(I)-SUM (F(I,J)*D(J))]/F(I,I)           I=1,...,N
0017      C           J=1
0018      C
0019      C SIENDO D(I) EL VALOR DEL DIAGRAMA DE RADIACION
0020      C EN EL INTERVALO I, B(I), EL VALOR, EN EL MISMO
0021      C INTERVALO, DEL SCAN DIRECTAMENTE DIFERENCIADO
0022      C Y F(I,J) EL AREA DE LA PARTE DE LA SEMICORONA I
0023      C QUE INTERVIENE EN EL INCREMENTO J.
0024      C
0025      C
0026      C
0027      C      DIMENSION R(90),S(90),F(90,90),Y(1250)
0028      C      COMMON MDAT(359),IDAT(18),BUFF(1250)
0029      C
0030      C      CALCULO DE LOS VALORES DE F(I,J).
0031      C
0032      C      1 WRITE(2,5)
0033      C      5 FORMAT("NUMERO DE PUNTOS? (MITAD DEL SCAN): -")
0034      C      READ(1,*) N
0035      C      AN=N
0036      C      A1=SQRT(AN*AN-(AN-1.)*(AN-1.))
0037      C      F(1,1)=AN*AN*ATAN(A1/(AN-1.))-(AN-1.)*A1
0038      C      DO 40 I=2,N
0039      C      I1=I-1
0040      C      A1=SQRT(FLOAT((N-I+1)**2)-FLOAT((N-I)**2))
0041      C      IF(I-N) 15,10,15
0042      C      10 F(I,1)=3.14159/2.
0043      C      GO TO 20
0044      C      15 X=N-I
0045      C      F(I,1)=(X+1.)**2*ATAN(A1/X)-A1*X
0046      C      20 DO 40 J=1,I1
0047      C      IF(I-N) 30,25,30
0048      C      25 B1=3.14159/2.*FLOAT((N-J+1)**2)
0049      C      B2=3.14159/2.*FLOAT((N-J)**2)
0050      C      C1=B1-B2
0051      C      GO TO 35
0052      C      30 A1=SQRT(FLOAT((N-J+1)**2)-FLOAT((N-I)**2))
0053      C      B1=FLOAT((N-J+1)**2)*ATAN(A1/FLOAT(N-I))-FLOAT(N-I)*A1
0054      C      A2=SQRT(FLOAT((N-J)**2)-FLOAT((N-I)**2))
0055      C      B2=FLOAT((N-J)**2)*ATAN(A2/FLOAT(N-I))-FLOAT(N-I)*A2
0056      C      C1=B1-B2
0057      C      35 A1=SQRT(FLOAT((N-J+1)**2)-FLOAT((N-I+1)**2))
0058      C      B1=FLOAT((N-J+1)**2)*ATAN(A1/FLOAT(N-I+1))-FLOAT(N-I+1)*A1
0059      C      A2=SQRT(FLOAT((N-J)**2)-FLOAT((N-I+1)**2))

```

```

0060      B2= FLOAT((N-J)**2)*ATAN(A2/FLOAT(N-I+1))-FLOAT(N-I+1)*A2
0061      C2=B1-B2
0062      F(I,J)=C1-C2
0063      40 CONTINUE
0064      C
0065      C      PUESTA A CERO DE LOS ACUMULADORES.
0066      C
0067      45 DO 50 I=1,1250
0068      50 Y(I)=.0
0069      ELEV=.0
0070      NUB=0
0071      SIGN=1
0072      WRITE(2,55)
0073      55 FORMAT("NUMERO DE FILTROS Y TIPO : -")
0074      READ(1,*) NO,IP
0075      C
0076      C      LECTURA DE LOS DATOS ALMACENADOS EN LA
0077      C      CINTA MAGNETICA.
0078      C
0079      C
0080      60 CALL MOVMT
0081      CALL LEC1 (0,0,MDAT)
0082      65 WRITE(2,70)
0083      70 FORMAT("NC Y NF A LEER : -")
0084      READ(1,*) NC,NF
0085      CALL LEC1 (NC,NF,IDAT)
0086      NP=IDAT(16)
0087      DO 75 I=1,NP
0088      75 Y(I)=Y(I)+BUFF(I)
0089      ELEV=ELEV+ELEV*(I)*57.29578
0090      C
0091      C      LA FUNCION ELEV*(I) CALCULA LA ELEVACION DE
0092      C      LA ANTEVA (EN RADIANES) EN EL PUNTO CENTRAL
0093      C      DE LA OBSERVACION.
0094      C
0095      NUB=NUB+1
0096      WRITE(2,80)
0097      C
0098      C      EL PROGRAMA PREVIE LA POSIBILIDAD DE INTEGRAR
0099      C      DIVERSAS OBSERVACIONES.
0100      C
0101      80 FORMAT("SI DESEA PROMEDIAR: 1(NC,NF), -1(MOVMT); SI NO 0 -")
0102      READ(1,*) IB
0103      IF(IB) 60,85,65
0104      85 DO 90 I=1,NP
0105      90 BUFF(I)=Y(I)/FLOAT(NUB)
0106      IF(NO-1) 105,95
0107      C
0108      C      SI SE DESEA PUEDEN SUAVIZARSE LOS DATOS EXPERIMENTALES
0109      C      UTILIZANDO LA SUBROUTINA FILTR. , QUE AJUSTA A CADA PUNTO
0110      C      UNA PARABOLA DE 5,7,0 9 PUNTOS ASIGNANDOLE EL VALOR DE
0111      C      LA PARABOLA EN DICHO PUNTO.
0112      C
0113      95 DO 100 I=1,NO
0114      100 CALL FILTR (IP,BUFF,NP)
0115      105 ELEV=ELEV/FLOAT(NUB)
0116      NP2=NP-2
0117      C
0118      C      DIFERENCIACION DE LA SEGNA, Y BUSQUEDA DEL MAXIMO
0119      C      MEDIANTE LA SUBROUTINA AMAX.

```

```

0120 C
0121 DO 110 I=1, NP2
0122 110 BUFF(I)=BUFF(I)-BUFF(I+2)
0123 115 CALL AMAX (BUFF, NP2, XMAX, MAX)
0124 KX1=MAX-1
0125 KX2=MAX+1
0126 ZX1=BUFF(KX1)
0127 ZX2=BUFF(KX2)
0128 IF(ZX1-ZX2) 120, 120, 130
0129 120 DO 125 I=1, N
0130 KW1=MAX-N+I
0131 KW2=KX2+N-I
0132 R(I)=BUFF(KW1)
0133 125 S(I)=BUFF(KW2)
0134 GO TO 140
0135 130 DO 135 I=1, N
0136 KW1=KX1-N+I
0137 KW2=MAX+N-I
0138 R(I)=BUFF(KW1)
0139 135 S(I)=BUFF(KW2)
0140 C
0141 C RESOLUCION DE LAS ECUACIONES
0142 C
0143 140 DO 160 I=1, N
0144 IF(I-1) 145, 155, 145
0145 145 DO 150 J=2, I
0146 M=J-1
0147 R(I)=R(I)-R(M)*F(I, M)
0148 S(I)=S(I)-S(M)*F(I, M)
0149 150 CONTINUE
0150 155 R(I)=R(I)/F(I, I)
0151 S(I)=S(I)/F(I, I)
0152 160 CONTINUE
0153 NX=N/2
0154 DO 165 I=1, NX
0155 K=N+1-I
0156 AUX=S(I)
0157 S(I)=S(K)
0158 165 S(K)=AUX
0159 IF(SIGN) 170, 175
0160 170 CALL PAGE (1)
0161 GO TO 180
0162 175 CALL PAGE (2)
0163 180 IF(I-NUB) 185, 195
0164 C
0165 C SALIDA DE RESULTADOS POR LA PANTALLA TEKTRONIX.
0166 C
0167 185 WRITE(2, 190) (IDAT(I), I=1, 7), ELEV, NUB
0168 190 FORMAT(/4A2, 3I3, 10X, "ELEVACION MEDIA= ", F6.2//
0169 * "CICLOS INTEGRADOS: ", I2)
0170 GO TO 205
0171 195 WRITE(2, 200) (IDAT(I), I=1, 7), ELEV, NC, NF
0172 200 FORMAT(/4A2, 3I3, 10X, "ELEVACION= ", F6.2//
0173 * "CICLO "I2, 7X, "FASE "I2)
0174 205 DO 210 I=1, N
0175 KJ=I+N
0176 210 R(KJ)=S(I)
0177 NUX=N*2
0178 CALL GRAF (R, NUX, 0., 100., 1000., 600., 1000, AMPL)
0179 CALL PLOT (0, 10, 80, 10, 80)

```



```
0180      IF(SIGN)225,215
0181      215 WRITE(2,220) AMPL
0182      220 FORMAT("ENTRADA",10X,"AMPLITUD: ",F6.4)
0183      GO TO 240
0184      225 WRITE(2,230) AMPL
0185      230 FORMAT("SALIDA",10X,"AMPLITUD: ",F6.4)
0186      CALL PAGE (1)
0187      IF(ISSW(15)) 235,45
0188      235 CALL CHSR (15)
0189      GO TO 1
0190      240 SIGN=-1
0191      DO 245 I=1,NP
0192      245 BUFF(I)=-BUFF(I)
0193      GO TO 115
0194      END
0195      ENDS
```

```

0001      PROGRAM INTEG
0002 C
0003 C
0004 C      ESTE PROGRAMA REALIZA LA INTEGRACION DE CICLOS
0005 C      PROVEIENTES DE OBSERVACIONES ALMACENADAS EN
0006 C      CINTA MAGNETICA.
0007 C
0008 C
0009      DIMENSION Y(1250),X(200),Z(200),P(1250)
0010      COMMON MDAT(359),IDAT(18),BUFF(1250)
0011 C
0012 C      PUESTA A CERO DE LOS ACUMULADORES.
0013 C
0014      1 DO 10 I=1,1250
0015      10 Y(I)=.0
0016          ELEV=.0
0017          IC=0
0018          DUR=.0
0019 C
0020 C      BUSQUEDA Y LECTURA DE LOS DATOS ALMACENADOS
0021 C      EN CINTA MAGNETICA.
0022 C
0023      20 CALL MOVMT
0024          CALL LECI(0,0,MDAT)
0025      25 WRITE(2,30)
0026      30 FORMAT("NC Y NF A LEER: -")
0027          READ(1,*)NC,NF
0028          CALL LECI(NC,NF,IDAT)
0029          NP=IDAT(16)
0030          DO 35 I=1, NP
0031      35 BUFF(I)=-BUFF(I)
0032          A=ELEV(I)*57.29578
0033          CALL PAGE(2)
0034 C
0035 C      CADA UNO DE LOS CICLOS INDIVIDUALES VAN
0036 C      APARECIENDO EN LA PANTALLA TEKTRONIX, PUDIENDOSE
0037 C      ELIMINAR CUALQUIERA DE ELLOS.
0038 C
0039          WRITE(2,40)(IDAT(I),I=1,7),NC,NF,A,(IDAT(I),I=10,15)
0040      40 FORMAT(4A2,3I3,10X,"CICLO ",12,7X,"FASE "12, //
0041          *"ELEVACION=",F6.2,10X,"HC:",2I3,15,6X,"HF:",2I3,15)
0042          CALL AXIS(0,100,0,0,5,120,0,15)
0043          CALL GRAF(BUFF,NP,0.,100.,1000.,600.,100,AMPL)
0044          CALL PLOT(1,0,100,1000,100)
0045          CALL PLOT(1,0,700,1000,700)
0046          CALL PLOT(1,1000,100,1000,700)
0047          CALL PLOT(0,50,50,50,50)
0048          WRITE(2,50)
0049      50 FORMAT("ANULAR BARRIDO? -")
0050          READ(1,*)IAB
0051          IF(IAB)60,60,70
0052 C
0053 C      A CADA UNA DE LAS OBSERVACIONES SE LES RESTA
0054 C      UNA LINEA DE BASE, AJUSTADA POR MINIMOS CUADRADOS
0055 C      PARA ASI COMPENSAR LAS POSIBLES DERIVAS DEL RECEPTOR.
0056 C
0057      60 DO 61 I=1,100
0058          J=201-I
0059          K=NP+1-I

```

```

0060      X(I)=I
0061      X(J)=K
0062      Z(I)=BUFF(I)
0063      61 Z(J)=BUFF(K)
0064      CALL REGRE(X,Z,200,AM,B)
0065      DO 62 I=1, NP
0066      62 BUFF(I)=BUFF(I)-(AM*FLOAT(I)+B)
0067      IC=IC+1
0068      IF(IC-1) 63, 63, 65
0069      C
0070      C   LOS DISTINTOS CICLOS SE VAN SUPERPONRIENDO DE
0071      C   MAVERA QUE SUS MAXIMOS COINCIDAN. PARA DE ESTA
0072      C   FORMA COMPENSAR LOS POSIBLES ERRORES DE PUNTERIA.
0073      C   EL MAXIMO DE CADA CICLO SE CALCULA AJUSTANDO UNA
0074      C   PARABOLA MEDIANTE LA SUBROUTINA MAXP.
0075      C
0076      63 DO 64 I=1, NP
0077      64 Y(I)=BUFF(I)
0078      CALL MAXP(Y, NP, IMAX)
0079      IBI=1
0080      IB2=JP
0081      GO TO 130
0082      65 CALL MAXP(BUFF, NP, KMAX)
0083      IJK=IMAX-KMAX
0084      NPB=JP-IABS(IJK)
0085      IF(IJK) 110, 130, 120
0086      110 DO 111 I=1, NPB
0087      KW=I-IJK
0088      111 BUFF(I)=BUFF(KW)
0089      IF(NPB-IB2) 112, 130, 130
0090      112 IB2=NPB
0091      GO TO 130
0092      120 DO 121 J=1, NPB
0093      I=NPB+1-J
0094      KW=I+IJK
0095      121 BUFF(KW)=BUFF(I)
0096      IF(IJK-IB1) 130, 130, 122
0097      122 IB1=IJK
0098      C
0099      C   CALCULO DE LA DURACION MEDIA (EN SEGUNDOS) DE
0100      C   LOS BARRIDOS
0101      C
0102      130 DUR=DUR+FLOAT(IDAT(13)-IDAT(12))*3600.+
0103      *FLOAT(IDAT(14)-IDAT(11))*60.+FLOAT(IDAT(15)-IDAT(12))/100.
0104      ELEV=ELEV+A
0105      DO 135 I=1, NP
0106      135 Y(I)=Y(I)+BUFF(I)
0107      70 CALL PAGE(2)
0108      WRITE(2, 75)
0109      75 FORMAT("DESEA PROMEDIAR?"/, 20X, "0 SI NO LO DESEA"
0110      */, 20X, "1 PARA NC Y NF"/, 20X, "-1 PARA MOVAT")
0111      READ(1, *) IPR
0112      IF(IPR) 20, 80, 25
0113      80 ELEV=ELEV/FLOAT(IC)
0114      DJR=DJR/FLOAT(IC)
0115      DO 90 I=1, NP
0116      90 Y(I)=Y(I)/FLOAT(IC)
0117      CALL PAGE(2)
0118      C
0119      C   SALIDA DE DATOS POR LA PANTALLA TEKTRONIX.

```

```

0120 C
0121 WRITE(2,100)(IDAT(I),I=1,4),ELEV,IC,DUR
0122 100 FORMAT(/4A2,17X,"ELEVACION MEDIA=",F6.2//
0123 * "CICLOS INTEGRADOS: ",I2,10X,"DURACION MEDIA (SEG):",F9.3)
0124 CALL AXIS(0,100,0,0,5,120,0,15)
0125 CALL GRAF(Y,NP,0.,100.,1000.,600.,100,AMPL)
0126 CALL PLOT(1,0,700,1000,700)
0127 CALL PLOT(1,1000,100,1000,700)
0128 CALL PLOT(0,0,60,0,60)
0129 WRITE(2,200)IB1,IB2
0130 200 FORMAT(// "LA INTEGRACION ES VALIDA ENTRE LOS
0131 * PUNTOS ",I4," Y ",I4)
0132 NDP=0
0133 C
0134 C EL PROGRAMA CALCULA LA RELACION ENTRE EL
0135 C AREA CAPTADA POR EL HAZ PRINCIPAL Y LA
0136 C CAPTADA POR TODO EL DIAGRAMA.
0137 C LAS AREAS SE CALCULAN POR EL
0138 C METODO DE SIMPSON.
0139 C
0140 IR1=IB1
0141 IR2=IB2
0142 305 NAR=IR2-IR1
0143 IF(MOD(NAR,2))306,307,306
0144 307 KP=IR2+1
0145 Y(KP)=Y(IR2)
0146 NAR=NAR+1
0147 IR2=IR2+1
0148 306 DO 310 I=1,NAR
0149 K=IR1+I-1
0150 310 P(I)=Y(K)
0151 ODD=.0
0152 EVEN=.0
0153 NP3=NAR-3
0154 DO 320 I=2,NP3,2
0155 EVEN=EVEN+P(I)
0156 320 ODD=ODD+P(I+1)
0157 NP1=NAR-1
0158 AREA=(P(1)+P(NAR)+4.*(EVEN+P(NP1))+2.*ODD)/3.
0159 IF(NDP)325,325,400
0160 325 ARA=AREA
0161 GO TO 350
0162 350 WRITE(2,330)
0163 330 FORMAT("PUNTOS PARA CALCULO DEL AREA (HAZ PRINCIPAL): -")
0164 READ(1,*)IR1,IR2
0165 NDP=1
0166 GO TO 305
0167 400 REL=(AREA/ARA)*100.
0168 WRITE(2,410) REL
0169 410 FORMAT("EL HAZ PRINCIPAL CAPTA EL ",F6.3,"% DE LA ENERGIA")
0170 CALL PAGE(1)
0171 GO TO 1
0172 END
0173 ENDS

```

```

0001      PROGRAM BIDRA
0002 C
0003 C
0004 C      ESTE PROGRAMA REALIZA RADIOMAPAS MEDIANTE
0005 C      UJA SERIE DE SCANS ( MAXIMO 100) DE OBSERVACIONES
0006 C      EJ EL CONTINUO ALMACENADAS EN CINTA MAGNETICA.
0007 C
0008 C
0009      DIMENSION X(20),Y(20),IPE(15)
0010      COMMON Z(100,100),MDAT(359),IDAT(18),BUFF(170)
0011 C
0012 C      PUESTA A CERO DE LOS ACUMULADORES.
0013 C
0014      1 DO 10 I=1,100
0015          DO 10 J=1,100
0016 10 Z(I,J)=.0
0017          IDP=0
0018          LO=0
0019          THOR=.0
0020          AL=.0
0021 C
0022 C      LECTURA DE LOS DATOS ALMACENADOS EN CINTA MAGNETICA.
0023 C
0024      5 CALL MOVMT
0025          CALL LECI (0,0,MDAT)
0026          ICONT=0
0027          IC=0
0028          IF(IDP-1)17,7,7
0029      7 WRITE(2,12)
0030 12 FORMAT("CICLO INICIAL: -")
0031          READ(1,*) NCI
0032          GO TO 35
0033 17 WRITE(2,20)
0034 20 FORMAT("NUMERO DE CICLOS A UTILIZAR,CICLO INICIAL: -")
0035          READ(1,*) NCU,NCI
0036          WRITE(2,30)
0037 30 FORMAT(//"NUMERO DE FILTROS Y TIPO (5,7,0 9 PUNTOS): -")
0038          READ(1,*) NUF,IP
0039 35 CALL PAGE(2)
0040          NC=IC+NCI
0041          CALL LECI(NC,1,IDAT)
0042 C
0043 C      A CADA UNO DE LOS BARRIDOS SE LES RESTA LA
0044 C      LINEA DE BASE,CALCULADA POR MINIMOS CUADRADOS.
0045 C
0046          DO 40 J=1,10
0047              X(J)=J
0048              Y(J)=BUFF(J)
0049              K=21-J
0050              L=101-J
0051              X(K)=L
0052 40 Y(K)=BUFF(L)
0053          CALL REGRE(X,Y,20,A,B)
0054          DO 50 I=1,100
0055 50 BUFF(I)=A*FLOAT(I)+B-BUFF(I)
0056 C
0057 C      CADA UNO DE LOS CICLOS ES VISUALIZADO AISLADAMENTE
0058 C      PUDIENDOSE ELIMINAR PUNTOS AISLADOS O BIEN TODO
0059 C      EL CICLO.

```



```

0060 C
0061 C
0062 59 WRITE(2,60) NC
0063 60 FORMAT(20X,"CICLO:"I3)
0064 CALL GRAF(BUFF,100,0.,450.,1000.,300.,5,AMPL)
0065 CALL PLOT(0,0,430,0,430)
0066 WRITE(2,61)
0067 61 FORMAT(6X,"10",5X,"20",5X,"30",5X,"40",5X,"50",6X,"60",
0068 *5X,"70",5X,"80",5X,"90",6X,"100")
0069 IC=IC+1
0070 DO 65 I=1,15
0071 65 IPE(I)=0
0072 WRITE(2,70)
0073 70 FORMAT("//"PUNTOS A ELIMINAR (MAX. 15): -")
0074 READ(1,*) (IPE(I),I=1,15)
0075 IF(IPE(1))35,71,71
0076 71 DO 85 I=1,15
0077 IF(IPE(I))85,85,75
0078 75 K1=IPE(I)-1
0079 K2=IPE(I)+1
0080 K=IPE(I)
0081 BUFF(K)=(BUFF(K1)+BUFF(K2))/2.
0082 85 CONTINUE
0083 CALL GRAF(BUFF,100,0.,0.,1000.,300.,5,AMPL)
0084 PAUSE
0085 CALL PAGE(2)
0086 IF(ISSW(15))80,86
0087 80 IC=IC-1
0088 GO TO 59
0089 86 IF(NUF)100,100,91
0090 91 DO 95 I=1,NUF
0091 95 CALL FILTR(IP,BUFF,100)
0092 100 IF(ICONT-1)101,102,102
0093 101 ILM=1
0094 GO TO 105
0095 102 ILM=ILM+2
0096 C
0097 C
0098 C LOS DATOS SE ALMACENAN EN LA MATRIZ Z(I,J).
0099 C
0100 C
0101 105 DO 110 J=1,100
0102 110 Z(J,ILM)=Z(J,ILM)+BUFF(J)
0103 ICONT=ICONT+1
0104 C
0105 C SE CALCULA LA DURACION Y ELEVACION MEDIA
0106 C DE LOS BARRIDOS.
0107 C
0108 C
0109 THOR=THOR+FLOAT(IDAT(13)-IDAT(10))*3600.+
0110 *FLOAT(IDAT(14)-IDAT(11))*60.+FLOAT(IDAT(15)-IDAT(12))/100.
0111 AL=AL+ELEV(1)*57.29578
0112 L0=L0+1
0113 IF(ICONT-NCU)35,120,120
0114 C
0115 C EL PROGRAMA PERMITE INTEGRAR VARIAS OBSERVACIONES.
0116 C
0117 C
0118 120 WRITE(2,130)
0119 130 FORMAT("DESEA PROMEDIAR? (1 SI, 0 NO ): -")

```



```

0120 READ(1,*) IDP
0121 IF(IDP-1)140,5,5
0122 140 THOR=THOR/LOAT(L0)
0123 AL=AL/LOAT(L0)
0124 DO 141 I=1,100
0125 DO 141 K=2,98,2
0126 KK1=K-1
0127 KK2=K+1
0128 141 Z(I,K)=(Z(I,KK1)+Z(I,KK2))/2.
0129 C
0130 C
0131 C SALIDA DE RESULTADOS POR LA PANTALLA TEKTRONIX
0132 C EN FORMA DE RADIONAPA MEDIANTE LA SUBROUTINA ISOF
0133 C O BIEN EN FORMA DE IMAGEN TRIDIMENSIONAL MEDIANTE
0134 C LA SUBROUTINA MOUNT.
0135 C
0136 C
0137 CALL AMAX(Z,10000,PMAX,INB)
0138 ICONT=2*ICONT-1
0139 INY=700.*1.12167/LOAT(ICONT-1)
0140 WRITE(2,142)
0141 142 FORMAT("/" VELOCIDAD DE LA ANTENA? (S/S): -")
0142 READ(1,*)VELO
0143 VELO=ABS(VELO)
0144 SECI=THOR*VELO*COS(AL/57.29578)
0145 DO 150 I=1,100
0146 DO 150 J=1,100
0147 150 Z(I,J)=Z(I,J)/PMAX
0148 WRITE(2,155) AL,THOR,SECI
0149 155 FORMAT("//"ELEVACION MEDIA: ",F6.2,/" DUPACION MEDIA(SEG): "
0150 *,F6.2,/" ARCO MEDIO BARRIDO (S): ",F6.2,)
0151 4 WRITE(2,201)
0152 201 FORMAT("//"MOUNT (1),ISOF(2), 0 FIN(0): -")
0153 READ(1,*)IHW
0154 IF(IHW-1) 1,300,390
0155 390 WRITE(2,395)
0156 395 FORMAT("//"VMF,DV,LIN: -")
0157 READ(1,*)VMF,DV,LIN
0158 GO TO 400
0159 300 CALL PAGE (2)
0160 WRITE(2,310)
0161 310 FORMAT("FACTOR DE ESCALA, ALFA : -")
0162 READ(1,*)FE,ALFA
0163 DO 320 I=1,ICONT
0164 DO 320 J=1,100
0165 320 Z(J,I)=Z(J,I)*FE
0166 CALL TRASP (Z,100)
0167 CALL MOUNT (ICONT,100,INY,7,ALFA,150,50)
0168 CALL TRASP (Z,100)
0169 DO 330 I=1,ICONT
0170 DO 330 J=1,100
0171 330 Z(J,I)=Z(J,I)/FE
0172 CALL PAGE (1)
0173 GO TO 4
0174 400 CALL PAGE (2)
0175 IALT=INY*(ICONT-1)
0176 K1=70+IALT
0177 K2=40+IALT
0178 CALL PLOT (1,130,10,883,10)
0179 CALL PLOT (1,160,40,853,40)

```

```
0180      CALL PLOT (1,130,K1,883,K1)
0181      CALL PLOT (1,160,K2,853,K2)
0182      CALL PLOT (1,130,10,130,K1)
0183      CALL PLOT (1,160,40,160,K2)
0184      CALL PLOT (1,853,40,853,K2)
0185      CALL PLOT (1,883,10,883,K1)
0186      ICY2=IALT/14
0187      ICY4=ICY2/2
0188      DO 410 L=40,K2,ICY2
0189      CALL PLOT (1,130,L,150,L)
0190      CALL PLOT (1,863,L,883,L)
0191      IF(L-40) 410,410,420
0192 420    KL=L-ICY4
0193      CALL PLOT (1,130,KL,140,KL)
0194      CALL PLOT (1,873,KL,883,KL)
0195 410    CONTINUE
0196      ICX2=(693./SECI)*30.+5
0197      ICX4=(693./SECI)*15.+5
0198      K12=K1-20
0199      K13=K1-10
0200      DO 430 L=160,853,ICX2
0201      CALL PLOT (1,L,10,L,30)
0202      CALL PLOT (1,L,K1,L,K12)
0203      KL=L+ICX4
0204      CALL PLOT (1,KL,K1,KL,K13)
0205      CALL PLOT (1,KL,10,KL,20)
0206 430    CONTINUE
0207      CALL ISOF (100,ICONT,7,INY,VMF,DV,LIN,160,40)
0208      CALL PAGE (1)
0209      GO TO 4
0210      END
0211      ENDS
```

BIBLIOGRAFIA.

- PREDMORE (READ). Cassegrain Optics, Alignment Criteria, and Subreflector Control. FCRAO Millimeter Antenna.
- BAARS (JACOB W. M.). The Measurement of Large Antennas with Cosmic Radio Sources. IEEE Trans. Antennas Propagat., Jul. 1973 (pp. 461-472).
- STUTZMAN (WARREN L.), KO (H.C.). On the Measurement of Large Antennas with Cosmic Radio Sources. IEEE Trans. Antennas Propagat., May 1974 (pp. 493-495).

INDICE.

1.- PRINCIPIOS GENERALES DE ANTENAS	1
1.1- Comportamiento en transmisión y recepción de una antena	1
1.1.1- Antena en transmisión	1
1.1.2- Antena en recepción	2
1.1.3- Principio de reciprocidad	3
1.2- Distribución del diagrama de radiación	5
1.3- Enfoque del subreflector	5
2.- ENFOQUE EN UN SISTEMA CASSEGRAIN	7
2.1- Sistema Cassegrain	7
2.2- Enfoque en un sistema Cassegrain	10
2.3- Desenfoque de la bocina	10
2.4- Desenfoque del subreflector	12
2.4.1- Desplazamiento axial	12
2.4.2- Desplazamiento lateral	12
2.4.3- Inclinación del subreflector	16
2.4.4- Ganancia relativa debida al desenfoque	18
3.- OBTENCION DEL DIAGRAMA DE DIFRACCION PARA LA DETERMINACION DEL ENFOQUE OPTIMO	19
3.1- Contribución del diagrama de difracción en la temperatura de antena	20
3.2- Radiofuentes utilizables para la determinación de f_d	21
3.3- Obtención del diagrama integrado	23
3.3.1- Limitaciones del diagrama integrado	25
3.3.2- Medidas realizadas	29
3.4- Obtención del diagrama deconvolucionado	37
3.4.1- Medidas realizadas	40

3.5- Obtención del diagrama con fuente puntual	43
3.5.1- Medidas realizadas	43
3.6- Resumen, resultados y comentarios	51
APENDICE. PROGRAMAS USADOS	53
A.1- Programa DIRAD	53
A.2- Programa INTEG	54
A.3- Programa BIDRA	54
BIBLIOGRAFIA	67
INDICE	68