



51  
2ij

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**" DISEÑO, CONSTRUCCION Y PRUEBAS DE UN  
REFLECTOR PARABOLOIDE PARA LA RECEPCION  
DE TELEVISION VIA SATELITE "**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N :  
MARCOS BELISARIO GONZALEZ LORIA  
ROGELIO MACIAS SALCE  
HELIODORO CAMPOS ARRIAGA**

**ASESOR: ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ GUTIERREZ**

**COASESORES:**

**ING. BENJAMIN CONTRERAS SANTACRUZ**

**ING. JUAN GONZALEZ VEGA**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**1986.**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES S. A. M.  
UNIDAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Diseño, construcción y pruebas de un reflector paraboloide para la recepción de televisión vía satélite"

que presenta el pasante Marcos Belisario González Loria  
con número de cuenta: 7958731-0 para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 20 de mayo de 1996

|                  |  |  |
|------------------|--|--|
| PRESIDENTE       | <u>Ing. Javier Hernández Vega</u>          |  |
| VOCAL            | <u>Ing. Antonio Herrera Mejía</u>          |  |
| SECRETARIO       | <u>Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez</u> |  |
| PRIMER SUPLENTE  | <u>Ing. Ubaldo Ramírez Urizar</u>          |  |
| SEGUNDO SUPLENTE | <u>Ing. Benjamín Contreras Santacruz</u>   |  |



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Coballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Diseño, construcción y pruebas de un reflector paraboloide para la recepción de  
televisión vía satélite"

que presenta al pasante Rogelio Macías Salce  
con número de cuenta: 8009391-2 para obtener el TITULO del  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 20 de Mayo de 1995

|                  |                                     |       |
|------------------|-------------------------------------|-------|
| PRESIDENTE       | Ing. Javier Hernández Vega          | _____ |
| VOCAL            | Ing. Antonio Herrera Mejía          | _____ |
| SECRETARIO       | Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez | _____ |
| PRIMER SUPLENTE  | Ing. Ubaldo Ramírez Urizar          | _____ |
| SEGUNDO SUPLENTE | Ing. Benjamín Contreras Sotocruz    | _____ |

*[Firma manuscrita]*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES  
U. N. A. M.  
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS  
SUPERIORES - CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Diseño, construcción y pruebas de un reflector paraboloide para la recepción de televisión vía satélite"

que presenta el pasante: Heliodoro Campos Arriaga  
con número de cuenta: 8457038-9 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautilán Izcalli, Edo. de Mex., a 20 de mayo de 1996

|                  |                                     |  |
|------------------|-------------------------------------|--|
| PRESIDENTE       | Ing. Javier Hernández Vega          |  |
| VOCAL            | Ing. Antonio Herrera Mejía          |  |
| SECRETARIO       | Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez |  |
| PRIMER SUPLENTE  | Ing. Ubaldo Ramírez Uribe           |  |
| SEGUNDO SUPLENTE | Ing. Benjamín Contreras Santacruz   |  |

## **AGRADECIMIENTOS.**

**Por lo que para mí representa ésta tesis, considero imprescindible mencionar a los profesores y personal de esta casa de estudios que intervinieron en el proceso de realización, apoyo, consejos, recomendaciones y con trabajo específico; así como también deseo dejar constancia de mi más sincero agradecimiento hacia todas ellas, ya que con su valiosa ayuda se hizo posible la conclusión de éste proyecto.**

**Por costumbre de trabajo, la forma en que menciono a los que me apoyaron de alguna forma no es en orden de importancia sino cronológico que tuvo el proceso de elaboración.**

**Profr. Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez - Director de tesis, aportación de bibliografía y consejos.**

**Profr. Ing. José Juan Contreras Espinosa - Por su apoyo y confianza para lograr la aportación económica de la UNAM.**

**Dr. Jaime Keller Torres. Director de la FES-C - Por su confianza y apoyo económico para la construcción de la antena.**

**Al Profr. Emilio Juárez Martínez - Que nos apoyo facilitándonos el acceso al equipo de compute de la sección Industrial.**

**Al Sr. Miguel Guevara Carrera y al Sr. Felipe del Real y Cabrera - Por sus consejos de soldadura y enseñanza en el maquinado de piezas.**

**A la Sra. María Elizabeth Ochoa Contreras - Por la corrección ortográfica.**

**A todos mis profesores de esta casa de estudios - Por los conocimientos adquiridos.**

**Al personal que labora en LIME I y LIME II - Por el apoyo y facilidades que dieron en la construcción y aportación de algunos materiales.**

**A todos ellos y a personas que posiblemente olvide**

**GRACIAS.**

**Marcos Belisario González Loria.**

A: Dios:

Por lo que soy  
y lo que he  
logrado gracias.

A: Ely,  
Mitjunary,  
Scarlette y  
Yaremi.

Que me  
impulsaron a  
concluir esta  
carrera como  
una de mis  
metas.

A: Mis padres,  
hermanos y  
sobrinos.

Que me  
motivan siempre  
a seguir  
adelante y me  
apoyan en todo  
sentido.

A: Mis suegros  
y cuñados.

Por  
alentarme a  
continuar con lo  
que me  
propongo y el  
apoyo que  
siempre me han  
proporcionado.

A: Mis amigos

por su  
colaboración y  
apoyo brindado.

**AGRADECIMIENTO.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO.**

**DE MANERA ESPECIAL A LA**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN.**

Por los conocimientos adquiridos en ella a través de los catedráticos que imparten las diversas asignaturas de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Y en forma relevante al Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez director de tesis por su valioso tiempo y apoyo brindado a nuestro proyecto.

Añ como a nuestros asesores.  
Ing. Juan González Vega.  
Ing. Benjamín Contreras Santa Cruz.

Sin pasar por alto al personal de los laboratorios de Límite I y, II cuya experiencia supieron transmitirnos en los momentos difíciles.

**A TODOS USTEDES GRACIAS.**

**EL ALMA ES LA PARTE QUE NOS DA ALIENTO, MAS EL ESPÍRITU ES LA RAZÓN  
DEL CONOCIMIENTO EN EL HOMBRE.**

**ROGELIO MACIAS SALCE.**

**AL CREADOR DE CIELO  
MAR Y TIERRA EL CUAL  
LE DIÓ FORMA A MI CUERPO  
Y SENTIR.**

**GRACIAS DIOS MIO.**

**AL GRAN PAR DE BÁCULOS  
EN LOS CUALES APOYO  
EL TRAYECTO DE LA VIDA...**

**MIS PADRES.**

**RANÓN MACIAS TERAN.  
GUADALUPE SALCE MORENO**

**QUE EN TODO MOMENTO  
PERMANECERON A MI LADO  
Y LO SIGUEN HACIENDO.**

**LAS LECCIONES DE LA VIDA  
VISTAS CON LOS OJOS DE  
LOS HERMANOS NO DEJAN  
DE SER PLACENTERAS.**

**A USTEDES QUE TANTO ADMIRO Y QUIERO.  
Y QUE FUERON TAMBIÉN PILARES EN LA VIDA.**

**PARA TI RUBEN**

**POR LA ADMIRACIÓN QUE TE  
ENTREGO Y EL RESPETO QUE  
GANASTE EN MI VIDA.  
(MI GRAN KID ACERO)**

**A TODA LA GENERACIÓN DE  
LOS MACIAS QUE SIEMPRE  
SALIMOS ADELANTE EN  
LAS BUENAS Y LAS MALAS Y  
QUE EL DESTINO TRUNCO EN  
REALIDADES NUESTROS  
SABERES Y DOLORES.**

**DESDE EL MAS GRANDE**

**TU RAÚL (EL GRAN BURGÜÉS),  
QUE NOS ENSEÑASTE EL VALOR  
Y EL AMOR A LOS DEMÁS.**

**A TI RAQUEL**

**POR ESE COMPAÑERISMO INNATO.**

**A TI ROSAURA**

**POR SER SIEMPRE EN LA VIDA  
EMPEÑOSA Y FRAGANTE.**

**A USTEDES ROSALBA, REBECA RITA.**

**MUJERES DE GRAN VALÍA**

**A USTEDES RIGOBERTO, RENE, RICARDO.**

**PARA QUE SE MOTIVEN Y SEAN  
ALGO MAS EN LA VIDA.**

**LAS SEMILLAS SEMBRADAS DIERON RAÍCES  
LAS CUALES ENGENDRARON GRANDES TRONCOS,  
DE LOS CUALES PARTIERON LAS RAMAS,  
PARA ASÍ PODER VER EL MILAGRO DE LAS HOJAS,  
ANTECESORAS DE LOS FRUTOS, ASÍ MI VIDA  
ES UN GRAN ÁRBOL EL CUAL FUE CREADO  
Y DOTADO PARA DAR LUGAR A OTROS ARBOLES  
TODAVÍA MAS FRONDOSOS Y PLETÓRICOS DE FRUTOS.**

**A USTEDES GRANDES ABUELOS POR SER LAS RAÍCES**

**BENITO MACIAS GALLEGOS.  
MARCIANA TERAN.**

**POR EL AMOR QUE TE PROFESO  
HE GUARDADO ESTAS LÍNEAS PARA TI CARMEN**

**MI GRAN ESPOSA.**

**COMPAÑERA FIEL EN TODO MOMENTO.  
QUE LLENAS DE AMOR Y BONDAD  
LAS BENDICIONES DE NUESTRO HOGAR**

**A MI PEQUEÑA NIJA DAFNE**

**A TI TAMBIÉN TE ENTREGO MI AMOR  
Y AFÁN DE SUPERARME,  
A LAS DOS LAS AMO, Y AGRADEZCO  
SU TIEMPO Y COMPRENSIÓN.**

**AGRADECIMIENTO.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO.**

**DE MANERA ESPECIAL A LA**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN.**

Por los conocimientos adquiridos en ella a través de los catedráticos que imparten las diversas asignaturas de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Y en forma relevante al Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez director de tesis por su valioso tiempo y apoyo brindado a nuestro proyecto.

Así como a nuestros asesores.

Ing. Juan González Vega.

Ing. Benjamín Contreras Santa Cruz.

Sin pasar por alto al personal de los laboratorios de Línea I y II cuya experiencia supieron transmitirnos en los momentos difíciles.

**A TODOS USTEDES GRACIAS.**

**EL REBOZO NO TAPA LAS PENAS DE LA MUJER, NI EL BUEN VESTIR LA  
IGNORANCIA DEL HOMBRE.**

**HELIODORO CAMPOS ARRIAGA.**

**EL HOMBRE NO TENDRÍA RAZÓN  
DE SER SI NO ACEPTARA  
LA EXISTENCIA DE DIOS.  
GRACIAS POR MI VIDA.**

**LA CONCIENCIA ES EL CONOCIMIENTO  
QUE EL HOMBRE TIENE DE TODO LO QUE  
LE RODEA, Y POR ELLA DISTINGUE EL  
BIEN Y EL MAL.**

**A MIS PADRES**

**FERNANDO CAMPOS SÁNCHEZ  
EFIGENIA ARRIAGA CEBALLOS**

**COMO TESTIMONIO DE MI GRATITUD  
A SU CARIÑO Y DEDICACIÓN.**

**A MIS HERMANOS Y SOBRINOS  
POR EL LUGAR QUE OCUPAN EN MI SENTIR  
Y EN ESPECIAL A TÍ FER.**

**AL ING. JOSÉ J. CONTRERAS ESPINOSA.  
POR SU MOTIVACIÓN Y FINAS ATENCIONES.**

**A MIS MAESTROS**

**POR SU CONTRIBUCIÓN A MI FORMACIÓN  
PROFESIONAL**

**A LA FAMILIA HERNANDEZ REYES  
POR EL VALOR DE SU AMISTAD  
Y EL AFECTO ESPECIAL QUE A  
ELLOS ME UNE.**

**A LETY:  
COMO RESPUESTA A TU  
TIEMPO DEDICADO,  
COMPRESIÓN Y AMOR.**

**A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

**POR SU APOYO INCONDICIONAL**

# ÍNDICE.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PRÓLOGO.</b>                               | <b>1</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.</b>                          | <b>2</b>  |
| <b>1.- TIPOS DE ANTENAS.</b>                  | <b>5</b>  |
| 1.1.- Introducción.                           | 5         |
| 1.2.- Dipolo de Nadenenko.                    | 7         |
| 1.3.- Antenas de cuadro.                      | 10        |
| 1.4.- Acoplamiento de antenas.                | 14        |
| 1.5.- Dipolos doblados.                       | 31        |
| 1.6.- Ajuste de Resonancia de las antenas.    | 34        |
| 1.6.1.- Monopolos cortos.                     | 34        |
| 1.6.2.- Monopolos largos.                     | 37        |
| 1.6.3.- Antenas en L invertida.               | 37        |
| 1.7.- Antena Yagi.                            | 39        |
| 1.8.- Antenas colineales.                     | 42        |
| 1.9.- Antenas Multibanda.                     | 45        |
| 1.9.1.- Primer grupo.                         | 45        |
| 1.9.2.- Segundo grupo.                        | 49        |
| 1.9.3.- Tercer grupo.                         | 51        |
| 1.9.4.- Cuarto grupo.                         | 51        |
| 1.10.- Antenas Logoperiodicas.                | 54        |
| 1.11.- Antenas Parabólicas.                   | 61        |
| 1.12.- Planos de tierra.                      | 64        |
| <b>2.- PARÁMETROS DE ANTENAS EN GENERAL.</b>  | <b>67</b> |
| 2.1.- Introducción.                           | 67        |
| 2.2.- Patrón de radiación.                    | 68        |
| 2.3.- Ganancia.                               | 70        |
| 2.4.- Ganancia directiva.                     | 71        |
| 2.5.- Relación entre Ganancia y Directividad. | 73        |
| 2.6.- Eficiencia.                             | 74        |
| 2.7.- Longitud Efectiva.                      | 75        |
| 2.8.- Área Efectiva.                          | 80        |
| 2.9.- Fórmula de Friis.                       | 82        |
| 2.10.- Atenuación en el espacio libre.        | 85        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>3.- DISEÑO DE LA ANTENA RECEPTORA EN FORMA DE PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATÉLITE DE CINCO METROS DE DIÁMETRO.</b>       | <b>87</b>  |
| 3.1.- Introducción.  | 87         |
| 3.2.- Partes de la antena Parabólica.  | 88         |
| 3.2.1.- Alimentador.   | 90         |
| 3.2.2.- Amplificador de Bajo Ruido.  | 91         |
| 3.2.3.- Convertidor de Bajada.   | 92         |
| 3.2.4.- Receptor.  | 94         |
| 3.3.- Importancia de la relación del foco con respecto al diámetro en el diseño de la antena parabólica.   | 96         |
| 3.4.- Dimensiones que debe tener el paraboloide en base a la potencia emitida por el satélite.   | 99         |
| 3.5.- Diseño de la base fija de la antena parabólica.  | 108        |
| 3.6.- Diseño del mecanismo de elevación.   | 113        |
| 3.7.- Diseño del ajuste de Azimut.   | 114        |
| 3.8.- Diseño de los pétalos del paraboloide de revolución.   | 119        |
| 3.9.- Diseño de la base y mecanismo de ajuste para el Amplificador de Bajo Nivel de Ruido.   | 124        |
| <br>   |            |
| <b>4.- CONSTRUCCIÓN DE LA ANTENA RECEPTORA EN FORMA DE PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATÉLITE DE CINCO METROS DE DIÁMETRO.</b> | <b>129</b> |
| 4.1.- Introducción.  | 129        |
| 4.2.- Equipos de soldadura eléctrica.  | 130        |
| 4.2.1.- Soldadura manual por arco eléctrico.   | 130        |
| 4.2.2.- Circuito de soldadura.   | 130        |
| 4.2.3.- Arco eléctrico protegido.  | 130        |
| 4.2.4.- Equipos y accesorios para soldadura eléctrica.   | 131        |
| 4.2.4.1.- Equipo de soldar.  | 131        |
| 4.2.5.- Portaelectrodo y pinza de tierra.  | 132        |
| 4.2.5.1.- Portaelectrodo.  | 133        |
| 4.2.5.2.- Pinza de tierra.   | 134        |
| 4.2.6.- Cables eléctricos-conectores.  | 135        |
| 4.2.7.- Mesa de trabajo.   | 138        |
| 4.2.8.- Cortinas y mantas de asbesto.  | 138        |
| 4.2.9.- Pérdidas de energía en el circuito de soldadura  | 138        |
| 4.2.10.- Recomendaciones específicas para un trabajo más eficiente.  | 139        |

|   |     |
|---|-----|
| 4.2.11.- Recomendaciones específicas para seguridad.                    | 141 |
| 4.2.11.1.- Quemaduras.  | 141 |
| 4.2.11.2.- Deslumbramiento.   | 142 |
| 4.2.11.3.- Descarga eléctrica.  | 142 |
| 4.2.12.- Organización del trabajo.                                      | 142 |
| 4.2.13.- Clasificación de máquinas de soldar.                           | 143 |
| 4.2.13.1.- Generador.   | 143 |
| 4.2.13.2.- Transformador.   | 144 |
| 4.2.13.3.- Transformador-Rectificador.                                  | 146 |
| 4.2.14.- Soldadura Tensión Eléctrica.                                   | 149 |
| 4.2.15.- Soldadura intensidad de corriente.                             | 149 |
| 4.2.16.- Corriente para soldadura eléctrica.                            | 150 |
| 4.2.16.1.- Comparación CC/CD y CA.                                      | 151 |
| 4.2.17.- Especificaciones de las máquinas de soldar.                    | 152 |
| 4.2.18.- Comparación de las máquinas de soldar.                         | 153 |
| 4.3.- Factores y electrodos para la soldadura eléctrica.                | 154 |
| 4.3.1.- Factores que influyen durante el proceso de soldadura.          | 154 |
| 4.3.1.1.- Posición correcta para soldar.                                | 154 |
| 4.3.1.2.- Longitud del arco-voltaje.                                    | 155 |
| 4.3.1.3.- Ángulo del electrodo.   | 156 |
| 4.3.1.4.- Movimiento del electrodo.                                     | 158 |
| 4.3.1.5.- Velocidad de avance.  | 161 |
| 4.3.1.6.- Efectos de la polaridad en la soldadura.                      | 163 |
| 4.3.1.7.- Sopro magnético.  | 167 |
| 4.3.1.8.- Determinación del amperaje correcto.                          | 168 |
| 4.3.2.- Electrodos.   |     |
| 4.3.2.1.- Electrodos descripción.                                       | 172 |
| 4.3.2.2.- Tipos de electrodos.  | 173 |
| 4.3.3.- Diámetro, longitud y condiciones de uso de los electrodos.      | 180 |
| 4.3.3.1.- Diámetro.   | 180 |
| 4.3.3.2.- Longitud.   | 181 |
| 4.3.3.3.- Condiciones de uso.   | 181 |
| 4.3.3.4.- Electrodos recubiertos, especificaciones AWS.                 | 182 |
| 4.3.3.5.- Clasificación de electrodos recubiertos.                      | 183 |
| 4.3.3.6.- Materiales empleados en los recubrimientos de los electrodos. | 184 |
| 4.3.3.7.- Selección de electrodos en función del tipo de junta.         | 186 |
| 4.3.3.8.- Juntas de relleno.  | 187 |
| 4.3.3.9.- Juntas de solidificación.                                     | 188 |
| 4.3.3.10.- Juntas de seguimiento.                                       | 188 |
| 4.3.3.11.- Juntas de relleno y solidificación.                          | 189 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.3.3.12.- Juntas de seguimiento y solidificación.  | 189 |
| 4.3.3.13.- Electrodo para acero dulce.  | 190 |
| 4.3.3.14.- Grupo de electrodos de solidificación rápida.                                    | 190 |
| 4.3.3.15.- Grupo de electrodos de relleno rápido.   | 191 |
| 4.3.3.16.- Grupo de electrodos de seguimiento rápido.                                       | 192 |
| 4.3.3.17.- Electrodo con polvo de hierro.   | 193 |
| 4.3.3.18.- Electrodo de bajo Hidrógeno.   | 196 |
| 4.3.3.19.- Clasificación de los electrodos para aceros de baja aleación y baja resistencia. | 198 |
| 4.4.- Materiales utilizados para la construcción de la antena parabólica.                   | 200 |
| 4.5.- Construcción de la base fija de la antena parabólica.                                 | 202 |
| 4.6.- Construcción del Ajuste de Azimut y mecanismo de elevación de la antena parabólica.   | 205 |
| 4.7.- Construcción de los pétalos del paraboloide de revolución.                            | 216 |
| 4.8.- Construcción de la base para el Amplificador de Bajo Nivel de ruido.                  | 224 |
| 4.9.- Anclaje de la antena parabólica.  | 229 |
| 4.10.- Armado de la antena parabólica.  | 234 |
| 4.11.- Costo de la antena parabólica.   | 243 |
| 4.12.- Información sobre el equipo electrónico de la antena parabólica.                     | 245 |

## 5.- CÁLCULO DE LOS ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT. 249

|  |     |
|--|-----|
| 5.1.- Introducción.  | 249 |
| 5.2.- Cálculos de los ángulos de elevación y de la orientación azimut. | 250 |
| 5.3.- Contornos de ángulos de orientación.                             | 256 |
| 5.4.- Carta universal de contornos de ángulos de elevación y azimut.   | 261 |
| 5.5.- Mapas de potencia en dB.   | 263 |
| 5.5.1.- Coberturas.  | 263 |
| 5.5.2.- Haces.   | 266 |
| 5.5.3.- Potencia Isotrópica de radiación efectiva (PIRE).              | 267 |

## 6.- PRUEBAS DEL REFLECTOR DE CINCO METROS DE DIÁMETRO PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATELITE. 269

|  |     |
|--|-----|
| 6.1.- Introducción.  | 269 |
| 6.2.- Instalación y orientación de la antena parabólica.                     | 270 |
| 6.3.- Supresión de interferencias en la recepción de televisión via satélite | 283 |
| 6.4.- Prueba de funcionamiento del Equipo del disco.                         | 284 |
| 6.5.- Diagnostico de fallas comunes y sus posibles soluciones.               | 296 |

## **ANEXOS.**

|  |            |
|--|------------|
| <b>ANEXO 1.- Monograma utilizado en el diseño de enlaces de comunicaciones.</b>                              | <b>297</b> |
| <b>ANEXO 2.- Trazo a escala del medio arco del paraboloides de revolución</b>                                | <b>298</b> |
| <b>ANEXO 3.- Solicitud de construcción para base de concreto en losa edificio L-9.</b>                       | <b>299</b> |
| <b>ANEXO 4.- Mapa geográfico del mundo y copia de la mica de contornos de ángulos de elevación y azimut.</b> | <b>302</b> |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>CONCLUSIONES.</b> | <b>304</b> |
|----------------------|------------|

## **APÉNDICES.**

|  |            |
|--|------------|
| <b>APÉNDICE A.- Tablas de referencia.</b>  | <b>306</b> |
| <b>APÉNDICE B.- Decretos del Ministerio de Transporte, Turismo y comunicaciones en España.</b> | <b>309</b> |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>BIBLIOGRAFÍA.</b> | <b>313</b> |
|----------------------|------------|

|                 |            |
|-----------------|------------|
| <b>GLOSARIO</b> | <b>319</b> |
|-----------------|------------|

**TESIS**

**COMPLETA**

## **PRÓLOGO.**

El presente trabajo, es el resultado obtenido del proceso de investigación y recopilación de datos, en un constante afán por implementar y organizar información actualizada sobre el tema de telecomunicaciones, una labor satisfactoria que se logra a través del estudio y la práctica en la elaboración de la tesis expuesta.

Toda la información contenida en el compendio, está elaborada para despertar el interés de todo tipo de lectores, no importando el área o labor que desempeñen.

Todos, de una forma u otra estamos en contacto directo con la tecnología, motivo por el cual nos encontramos inmersos en el área de las comunicaciones vía microondas, que mejor que conocer y poder analizar con facilidad que pasa en la construcción de un plato parabólico y cuales serían los procesos para poder fabricarlo, aun más atractivo si al lector se le facilitan las cosas tanto en la organización de la lectura como en el desarrollo práctico del proceso, de tal forma que el lector se sienta motivado a leer el tratado por la versatilidad que se le brinda en todo momento.

Dentro de los lectores a los que va dirigido el trabajo se encuentran incluidos, los del área de comunicaciones electrónicas, dicho personal domina gran parte de la rama, motivo por el cual pretendemos que le sea de utilidad como manual de consulta, y tratamos de hacer abierto el proceso para todos, para que sea de fácil acceso el poder localizar y prever problemas en alguna etapa de comunicación vía satélite.

Es conveniente, sin embargo, aclarar que esta tesis no pretende ser una muestra de erudición, sino una recopilación de los datos considerados de mayor importancia, con el fin de brindar una orientación a todos los interesados en el tema.

## INTRODUCCIÓN.

En el transcurso de nuestros estudios en la **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**, hemos observado la necesidad de implementar cada vez más, programas de enseñanza práctica que complementen la instrucción teórica en el área de Ingeniería.

Particularmente es de interés aumentar material didáctico en el área de comunicaciones, con la finalidad de mejorar la preparación de futuros estudiantes en ésta, elevando así el nivel académico mediante la experimentación.

A pesar del cambio notable en la tecnología, necesitamos conocer el funcionamiento de las antenas más comunes que existen hoy en día y comprender conceptos para la construcción de las mismas, considerando las experiencias de personas que han trabajado y editado libros de consulta respecto al tema, el presente trabajo permitirá construir una antena, conocer sus parámetros y adaptarla a un emisor y/o receptor.

En el desarrollo del diseño, construcción y pruebas, se presenta la dificultad de que es muy escasa la información correspondiente al equipo electrónico, ya que es celosamente cuidada, esto ocasiona que la recopilación y estructuración de la información y por último la forma didáctica en que deberían presentarse las pruebas del equipo electrónico no se contemplan con demasiada profundidad, pero si incursionamos más en las pruebas mecánicas referentes a la orientación del reflector parabólico.

Las ecuaciones presentadas son confiables, pero los resultados esperados en la ejecución mecánica pueden variar al momento de la construcción, debido a condiciones ambientales existentes y a otros muchos factores.

Debe tenerse en cuenta que la función de una antena receptora, es captar señales de audio y video, de no cumplir la función para la cual se diseña, es necesario recurrir en variadas ocasiones a alternativas, para dar las soluciones que lo satisfagan, aplicando la Ingeniería que nos han transmitido nuestros profesores, logrando mejorar las condiciones técnicas y económicas, encauzandonos a tomar decisiones fundamentadas sobre las características de los materiales y equipos a utilizar.

Entre los materiales más recomendados para la fabricación de antenas parabólicas está el aluminio, considerando que éste tiene un precio muy alto en el mercado, la estructura se puede construir mediante fierro tubular, cubriendo la superficie reflectora del paraboloides con malla de aluminio de cuadros pequeños.

Es fundamental que para entablar una comunicación se necesita un emisor y un receptor, en el intercambio de información vía satélite se requiere de un emisor, reflector o espansor de comunicación y por último un receptor, aunque en las comunicaciones terrenas se emplean también antenas parabólicas, éste sistema tiene desventajas, debido a la obstrucción de cerros, la transmisión y recepción son interferidas, siendo necesario colocar varias antenas resultando costoso operar señales mediante repetidoras, en la actualidad no sucede esto gracias a los satélites que circundan la franja geoestacionaria de la tierra.

Para el diseño de una antena se consideran ciertos parámetros como son: la radiación, ganancia, directividad, eficiencia, longitud efectiva, el área efectiva y atenuación; ya que en estos parámetros está la clave para que realice la función establecida.

En antenas parabólicas, es recomendable tomar en cuenta una buena relación foco-diámetro y considerar la potencia en decibeles con que trabaja cada satélite, ya que si se construye de diámetro pequeño y la potencia emitida por el satélite es baja, ésta antena no funcionará adecuadamente.

En el armado de antenas parabólicas la colocación del foco y los mecanismos para ajustar el ángulo de elevación y azimut, se recomienda prestarle mucha atención, ya que si alguno no fué bien orientado, no tendrá su mejor ganancia y posiblemente ni siquiera se obtenga recepción vía satélite. También es conveniente tener una base solida para el anclaje de la misma, de lo contrario, con esfuerzos adicionales grandes se vendría abajo.

La recepción de la señal emitida por el satélite es en forma similar a recolectar agua de lluvia, en un área pequeña captará un volumen reducido y en un área mayor captará un volumen mayor.

Revisando y acatando las recomendaciones que hace el fabricante de cualquier equipo para obtener un buen aprovechamiento y por lo menos conocer como probar por métodos sencillos las partes principales, veremos las ventajas y desventajas que presentan los diferentes equipos existentes en el mercado.

**Las etapas descritas están ordenadas cronológicamente para ubicar mejor las operaciones que se efectúan durante el proceso.**

**Esperamos que esta obra motive de sobremanera a los estudiantes de generaciones posteriores, para que éstos a su vez desarrollen trabajos nuevos que sirvan a los futuros educandos.**

**CAPITULO I.**

**TIPOS DE ANTENAS.**

## 1 .- TIPOS DE ANTENAS.

### 1.1 .- INTRODUCCIÓN.

La antena es una de las secciones más importantes de la cadena de recepción y transmisión en comunicaciones electromagnéticas, ya que la tensión de la señal que se entregue a la entrada de antena de un receptor determinará la calidad de la señal. En consecuencia debe hacerse el mayor esfuerzo por obtener la máxima tensión de señal posible.

La antena más sencilla que se encuentra para la recepción es la dipolo de media onda. Se compone de una sola varilla cortada a la longitud adecuada para la frecuencia de operación. Dicha antena, colocada en vertical, será capaz de recibir transmisiones polarizadas verticalmente en un arco completo de 360° y se dice que tiene un patrón de recepción omnidireccional. Si la antena es colocada en posición horizontal, captará la señal polarizada horizontalmente.

En consecuencia, esta antena tendrá dos lóbulos principales de recepción, defasados 180°, y si se dibujan en una escala circular mostrarán un patrón de recepción (diagrama polar) semejante a un "8".

La media longitud de onda eléctrica aplicada a la estructura de la antena, es más corta que la media longitud de onda física en el espacio libre. El motivo de este acortamiento está relacionado con la velocidad de propagación -- dentro de la estructura de la antena, por los efectos de los elementos de la antena y de los aisladores que la apoyan, que hace que la onda incidente se haga más lenta.

Existen varios tipos de antenas entre ellas las que traté en este capítulo, son las siguientes:

- \* DIPOLO DE NADENENKO.
- \* ANTENAS DE CUADRO.
- \* DIPOLOS DOBLADOS.
- \* ANTENAS YAGI.
- \* ANTENAS COLINEALES.
- \* ANTENAS MULTIBANDA.
- \* ANTENAS LOGOPERIODICAS.
- \* ANTENAS PARABOLICAS.

Existen otras más, en este caso solo tomé las más comunes y además traté -- dentro de este capítulo algunos temas que también son importantes en la construcción e instalación de antenas, como son:

- \* ACOPLAMIENTO DE ANTENAS.
- \* AJUSTE DE RESONANCIA DE LAS ANTENAS.
  - \* MONOPOLOS CORTOS.
  - \* MONOPOLOS LARGOS.
  - \* ANTENAS EN "L" INVERTIDA.
- \* PLANOS DE TIERRA.

La ganancia de una antena se puede aumentar combinando su salida de señal con la otra antena similar colocada a una proximidad previamente calculada. -- Asimismo cuando se combinan estas antenas, se produce una alteración del diagrama polar.

Como norma general para la recepción de señales de televisión a distancia, las antenas deben colocarse en forma horizontal, debido a que la emisora emite su señal horizontal en los enlaces terrestres.

Una antena es un dispositivo diseñado para proveer señales de RF o recibir las, generalmente en forma de ondas estacionarias. Esto es cierto para la an-

tena transmisora que termina una línea de transmisión y la antena receptora - que alimenta a un receptor. La antena puede ser de alambre enrollado pocas -- vueltas alrededor de un núcleo de ferrita, una antena parabólica de un diámetro definido, o un elemento tendido sobre un acre. La antena puede estar ubicada sobre el bastidor o cuerpo de un avión, en la cima de una montaña o en el casco de un submarino. Los primeros días de la radio requirieron una antena que fue una longitud de alambre que se extendía a través de muchos techos de casas en los vecindarios. Hoy la misma función se realiza con una ligera antena de cuadro. Sin importar la ubicación, forma, o peso, todas las antenas tienen la misma función básica: recibir o transmitir señales electromagnéticas de o para el espacio, respectivamente.

En frecuencia de microondas, la longitud de onda es suficientemente pequeña para permitir formaciones de muchos elementos. Esto resulta en un ancho de banda angosto y alta ganancia. Posiblemente la antena de microondas más conocida es la unidad de radar que se usa y se ve en aeropuertos. Unidades similares se usan para predicciones atmosféricas. Actualmente una antena de microondas es común encontrarla en los techos de las casas como lo son las antenas parabólicas y estas también se observan en la parte superior de los edificios altos en el corazón de las zonas de negocios.

Las características de una antena son las mismas tanto si se usa para -- transmitir como para recibir, Por lo cual se puede decir que toda buena antena en transmisión también será una buena antena en recepción.

## 1.2.- DIPOLO DE MADENENKO.

Es un dipolo cuyas ramas están formadas por un determinado número de conductores dispuestos circularmente, soportados mecánicamente por aros y unidos eléctricamente en sus extremos.

Los cálculos de sus parámetros son los de un dipolo delgado, teniendo en cuenta que el radio de sus brazos no es el del cilindro que forma, sino que hay que calcular este radio en función de los radios del cilindro, del conductor y del número de conductores. En la figura siguiente se muestra dicho dipolo:



1.2.1. Dipolo de Madenenko.

La particularidad de este dipolo es su gran ancho de banda, gracias al bajo Q conseguido por el aumento de su radio, lo que produce una disminución sustancial de la  $Z_0$  con respecto a la de un dipolo delgado.

Un patrón de irradiación describe la eficiencia de una antena para irradiar energía en varias direcciones. Una antena Marconi consiste en un conductor vertical de  $1/4$  de longitud de onda. La longitud de onda se podrá determinar a partir de la fórmula:

$$f\lambda = kc$$

en donde  $f$  = frecuencia

$\lambda$  = longitud de onda

$k$  = factor de velocidad

$c$  = velocidad de las ondas electromagnéticas en el espacio

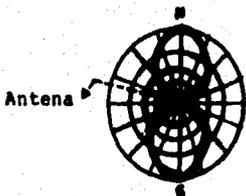
El factor de velocidad  $k$  es un número decimal que cuando se multiplica por la velocidad de las ondas electromagnéticas en el espacio libre, da la velocidad de esas ondas en un medio físico.



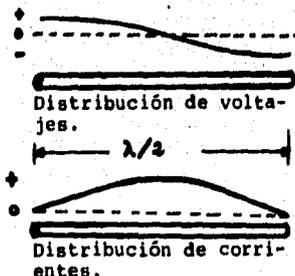
### 1.2.2. Patrón horizontal de radiación de una antena Marconi.

Patrón horizontal de radiaciones de una antena Marconi.

El patrón de radiación de una antena Hertz es el que da en la siguiente figura. Se observa que la antena es más eficaz en dos direcciones, pero resulta ineficaz en las direcciones perpendiculares a las dos óptimas. Las distribuciones de corriente y voltaje aparecen también.



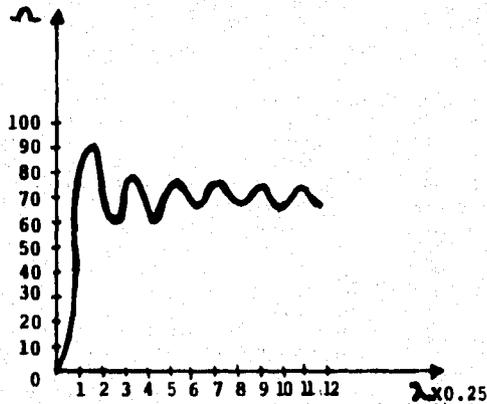
### 1.2.3. Patrón de radiación de antena Hertz y distribución de voltajes y corrientes.



Se corta una antena Hertz a un largo de  $\frac{1}{2}$  longitud de onda, y se sitúa comunmente en un plano horizontal.

La antena dipolo o antena de media onda es una de las más simples de construir. Está formada por un solo hilo de longitud aproximada a media longitud de onda; a partir de esta antena se han creado otras antenas más complejas.

La resistencia de radiación de una antena dipolo en el espacio es de 73 ohms, -- siempre que la relación de su longitud física y el diámetro del conductor con que esté realizada sea muy grande. Se puede considerar que su resistencia puede variar entre 50 y 73 ohms para casos prácticos, dependiendo de varias circunstancias como son su construcción física (aisladores, conductores) y su instalación (situación -- respecto al suelo). La gráfica siguiente muestra la variación de la resistencia de radiación de un dipolo horizontal, según su separación del suelo expresada en longitudes de onda.



\* 1.2.4. Resistencia de radiación contra longitud de onda de dipolo horizontal.

La resistencia de radiación o impedancia depende de una muy pequeña parte del -- conductor empleado; si utilizamos un conductor de gran diámetro, la capacidad de la antena aumenta, mientras que a la vez disminuye la inductancia. La mayor relación -- inductancia/capacitancia hace que la antena tenga un Q más alto y su ancho de banda -- quede limitado a unos pocos KHz y viceversa.

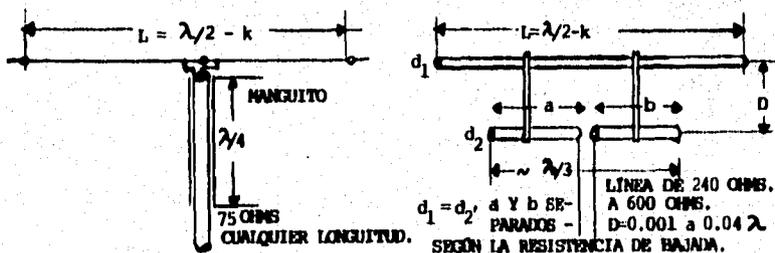
Hay varias posiciones para poder colocar un dipolo respecto al suelo; las más importantes son la horizontal y la vertical. Cuando está horizontal, la intensidad de campo depende de la situación del punto de recepción respecto a la antena; en el caso del dipolo en posición vertical, la situación del punto de recepción no afecta -- rá a la intensidad de campo recibida, ya que la radiación del dipolo vertical es -- uniforme en el plano horizontal.

Para alimentar una antena dipolo tenemos diversos sistemas, como los mostrados -- más adelante. Cuando alimentamos en potencia, la corriente será máxima en el centro y va decreciendo hasta anularse en los extremos. La tensión será máxima en los ex-- tremos y nula en el centro, en donde la impedancia o resistencia de radiación es -- aproximadamente 70 ohms, por lo que lo más sencillo es alimentar la antena con una línea de 75 ohms, ya sea abierta o coaxial. Si se usa una línea coaxial se tiene -- que intercalar un balun para lograr la simetría, ya que si no se instala se pasa de una línea desequilibrada a una antena equilibrada, produciendo una desviación en el lóbulo de radiación, así como la circulación de corrientes por la malla del coaxial.

Todo lo dicho en la página anterior es referente a una antena dipolo hecha con hilo de cobre de 1 a 2 mm de diámetro, aislando las puntas y el centro por medio de aisladores. A manera de orientar se dan las medidas para diversos dipolos según frecuencias en la siguiente tabla.

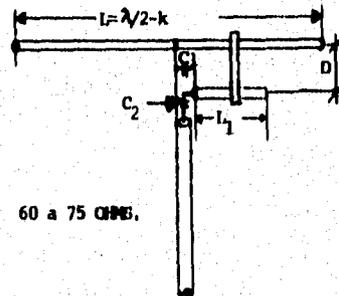
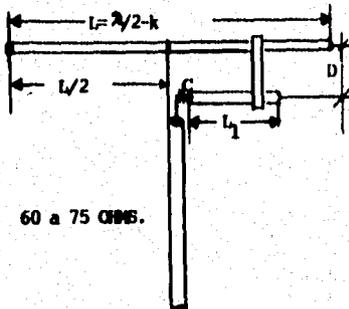
| longitud en m. | frecuencia en MHz. |
|----------------|--------------------|
| 36.90          | 3,5 a 3,8          |
| 19.97          | 7 a 7,3            |
| 10.06          | 14 a 14,3          |
| 6.74           | 21 a 21,4          |
| 4.97           | 28 a 30            |

TABLA 1.2.1.



SOBRE LÍNEA DE 75 OHMS.

ADAPTACIÓN PARA LÍNEA ABIERTA.



ADAPTACIÓN GAMMA.

ADAPTACIÓN OMEGA.

1.2.5. DIPOLLO CON ADAPTACIONES A DIVERSAS LÍNEAS.

### 1.3 .- ANTENAS DE CUADRO.

Para efectuar los cálculos de los parámetros de este tipo de antenas como la que se muestra a continuación, podemos partir de:

$$R_{rv} = 320 \left[ \text{sen} \left( \frac{\pi l}{\lambda} \right) \right]$$

siendo:

$R_{rv}$  = resistencia de radiación referida a un vientre de corriente.

$l$  = longitud de un lado en metros.

$\lambda$  = longitud de onda de la frecuencia de trabajo.

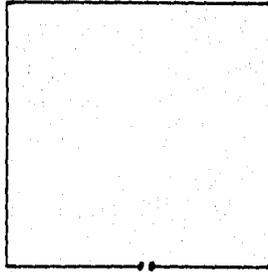
Si hay más de una espira, la resistencia de radiación del conjunto es:

$$R_{rvn} = R_{rv} (n^2)$$

siendo:

$n$  = número de espiras.

#### 1.3.1. Antena de cuadro de una espira.



Su altura efectiva es:

$$H_e = \frac{2\pi nS}{\lambda}$$

siendo:

$S$  = superficie limitada por el contorno de la antena, en  $m^2$  y corresponde a un dipolo de semilongitud física,

$$H_0 = \frac{2 \text{ arc tg} \left( \frac{H_e \beta}{2} \right)}{\beta}$$

A partir de aquí, podemos considerar esta antena como si fuera un dipolo convencional.

La antena de cuadro cúbico es una antena muy conocida en la actualidad es la de dos cuadros formados con conductores de un cuarto de onda de lado, sostenidos por un aislante; al tener el cuadrado un cuarto de onda por lado, el total tiene una onda completa.

Uno de los cuadros se excita y el otro actúa como elemento parásito, normalmente como reflector. En el caso de requerir más ganancia se puede añadir uno o varios elementos que actúen como directores.

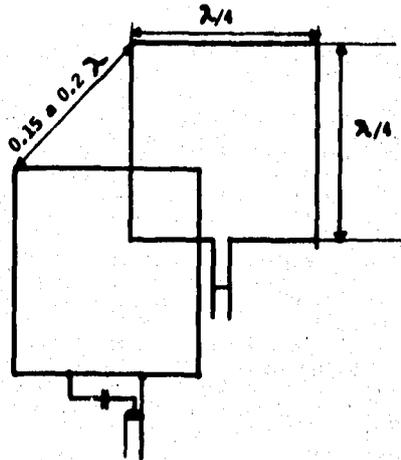
La fórmula para calcular la longitud del cuadro excitado es la sig.:

$$L = \frac{3035}{f(\text{MHz})}$$

Para el reflector se emplea la fórmula:

$$L'' = \frac{3180}{f(\text{MHz})}$$

que le da mayor longitud y mediante un trozo de línea abierta cortocircuitada que se le ajusta experimentalmente, se obtiene la máxima ganancia hacia delante.



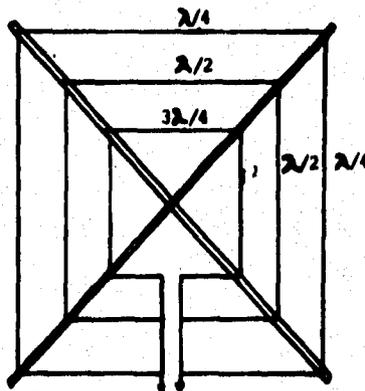
1.3.2. Antena cuadro cúbico.

La distancia entre los dos cuadros puede ser de 0.15 a 0.2 longitudes de onda. Si se utilizan elementos directores éstos serán un 5% más cortos que el elemento excitado.

El principio de funcionamiento de esta antena es el mismo que para las antenas con elementos rectos y elementos parásitos, pudiéndose poner varios cuadros que resuenen a distintas frecuencias sobre el mismo soporte o por medio de trampas en paralelo y con una sola bajada - obtener una excelente antena multibanda, aunque esté instalada cerca de tierra, en donde otra Yagi fallaría.

A continuación se proporcionan distancias entre cuadros y medidas de ellos para diferentes bandas en cm:

- Para 20m - 14 MHz; reflector 4 X 555; elem. excitado 4 X 524
- Para 15m - 21 MHz; reflector 4 X 377; elem. excitado 4 X 356
- Para 10m - 28 MHz; reflector 4 X 280; elem. excitado 4 X 262.



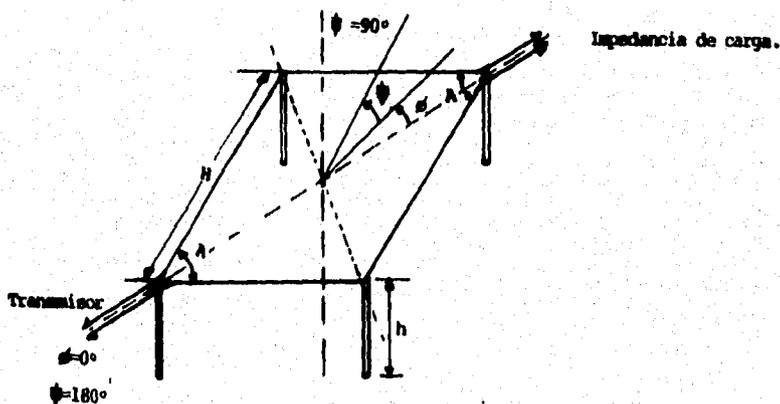
1.3.3. Antena multibanda.

La impedancia media en el centro de un lado del cuadrado, da aproximadamente 75 ohms, lo que permite alimentarla con cable coaxial de 75 ohms, y a ser posible a través de un transformador de relación de 1 a 1 de asimétrico a simétrico.

La separación entre elementos puede ser de 3 a 3.5 m y la ganancia de esta antena se puede comparar a una Yagi de tres elementos.

Las antenas de lazo se emplean generalmente como antenas receptoras de bajas frecuencias. Si se supone que la espira es lo suficientemente pequeña, puede suponerse también que la corriente es esencialmente constante en toda la espira, por lo que cada una de sus partes se comporta como un elemento de corriente.

Una antena rómbrica puede verse como dos antenas en V en contraposición, formando un rombo, estas antenas se utilizan normalmente para enlaces conosféricos en la banda de alta frecuencia (HF) para comunicaciones de larga distancia. Para las de alta directividad los conductores en el extremo opuesto del alimentador se "terminan" en una resistencia de 600 a 800 ohms, lo que producirá una distribución de corriente esencialmente de onda viajera. Para aumentar aún más la directividad, la antena se monta a una altura  $h$  sobre un plano tierra. La figura siguiente muestra una antena rómbrica:



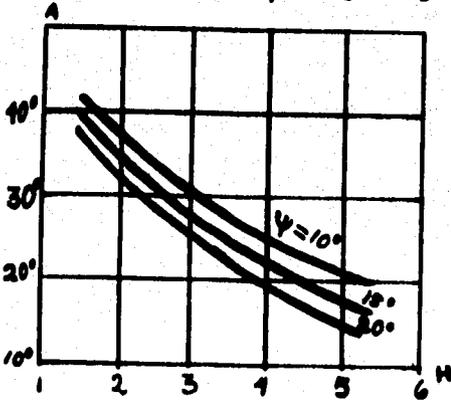
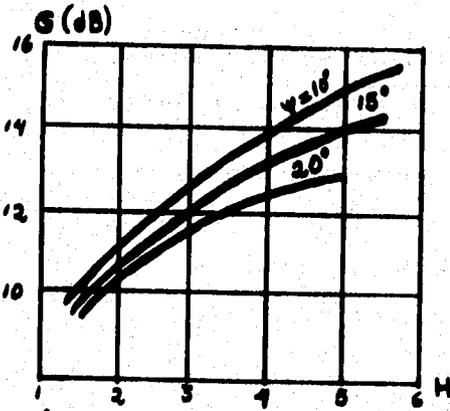
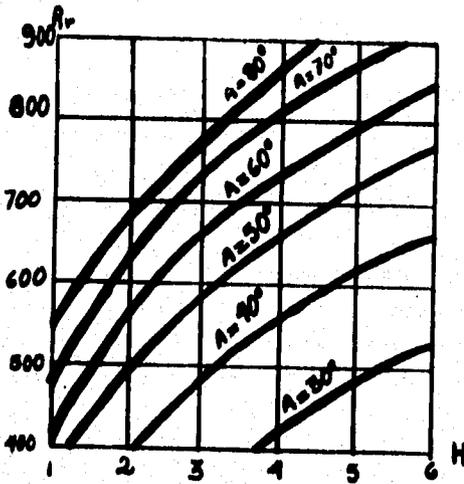
1.3.4. Antena rómbrica.

En las gráficas siguientes se muestran algunos parámetros utilizados en la construcción de dichas antenas.

La primera gráfica muestra la resistencia de radiación para diferentes ángulos y longitudes del rombo.

La segunda gráfica muestra la ganancia de potencia sin pérdida sobre un dipolo de media onda para un ángulo óptimo dado por la tercera gráfica.

La tercera gráfica muestra el ángulo óptimo graficado en función de  $h$  que da el máximo de radiación a un ángulo de radiación vertical especificado.



1.3.5. Parámetros utilizados en la construcción de antenas Rómbicas.

#### 1.4 .- ACOPLAMIENTO DE ANTENAS.

Debido a que podemos acoplar de dos hasta infinitas antenas separadas infinito número de distancias y de infinitas formas, en este caso se menciona las diversas formas en las que podemos acoplar dos dipolos, teniendo en cuenta que están en presencia de tierra.

La resistencia característica y la impedancia característica de una antena y, por tanto, su impedancia de entrada en presencia de otra antena.

En este caso llamaremos:

$R_{11}$  = Resistencia de entrada de la antena 1 suponiéndola sola.

$X_{11}$  = Reactancia de entrada de la antena 1 suponiéndola sola.

$Z_{11}$  = Impedancia de entrada de la antena 1 suponiéndola sola.

$R_{22}$  = Resistencia de entrada de la antena 2 suponiéndola sola.

$X_{22}$  = Reactancia de entrada de la antena 2 suponiéndola sola.

$Z_{22}$  = Impedancia de entrada de la antena 2 suponiéndola sola.

Lógicamente, la denominación de antena 1 o 2 es convencional.

Si las antenas 1 y 2 son iguales, los parámetros 11 y 22 también lo serán.

$R_{12}$  = Incremento de la resistencia de entrada de la antena 1, a consecuencia de la presencia de la antena 2 (resistencia mutua).

$X_{12}$  = Incremento de la reactancia de entrada de la antena 1, a consecuencia de la presencia de la antena 2 (reactancia mutua).

$Z_{12}$  = Incremento de la impedancia de entrada de la antena 1, a consecuencia de la presencia de la antena 2 (impedancia mutua).

Por reciprocidad, la antena 1 también ejerce influencia sobre la 2, pero si las antenas son iguales, se cumple que:

$$R_{12} = R_{21} \quad ; \quad X_{12} = X_{21} \quad ; \quad Z_{12} = Z_{21}$$

Los subíndices de estos parámetros indican:

1er. subíndice: de qué antena se trata.

2º. subíndice: qué antena interfiere o influye.

Hay que tener en cuenta que si la antena 2 se alimenta en contrafase de la 1, las R, X o Z mutuas cambian de signo (caso de un dipolo horizontal, con su imagen).

Las expresiones generales de la resistencia y reactancia mutuas entre dos dipolos de igual semilongitud H y separadas una distancia d, son:

$$R_{12} = 60 \left\{ \sin(\beta H) \cos(\beta H) \left[ S_1(U_2) - S_1(V_2) - 2S_1(V_1) + 2S_1(U_1) \right] - \frac{\cos(2\beta H)}{2} \left[ 2C_1(U_1) - 2C_1(U_0) + 2C_1(V_1) - C_1(U_2) - C_1(V_2) \right] - \left[ C_1(U_1) - 2C_1(U_0) - C_1(V_1) \right] \right\}$$

$$X_{12} = -60 \left\{ \text{sen}(\beta H) \cos(\beta H) [2C_i(V_1) - 2C_i(U_1) + C_i(V_2) - C_i(U_2)] - \frac{\cos(2\beta H)}{2} [2S_i(U_1) - 2S_i(U_0) + 2S_i(V_1) - S_i(U_2) - S_i(V_2)] - [S_i(U_1) - 2S_i(U_0) + S_i(V_1)] \right\}$$

En las que:

$$U_0 = \beta d$$

$$U_1 = \beta((d^2 + H^2)^{1/2} - H)$$

$$V_1 = \beta((d^2 + H^2)^{1/2} + H)$$

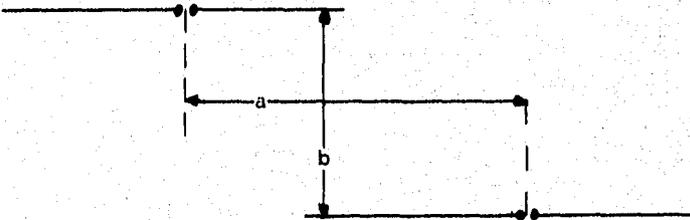
$$U_2 = \beta((d^2 + 4H^2)^{1/2} + 2H)$$

$$V_2 = \beta((d^2 + 4H^2)^{1/2} - 2H)$$

$$S_i(x) = x - \frac{x^3}{3(3!)} + \frac{x^5}{5(5!)} - \frac{x^7}{7(7!)} + \dots$$

$$C_i(x) = \ln x + \gamma - S_1(x)$$

$$S_1(x) = \frac{x^2}{2(2!)} - \frac{x^4}{4(4!)} + \frac{x^6}{6(6!)} - \frac{x^8}{8(8!)} + \dots$$

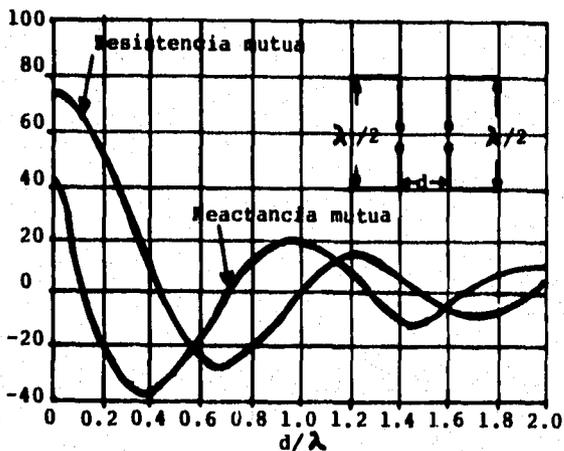


1.4.1. DOS DIPOLOS DE MEDIA ONDA.

| a(λ) | b(λ)  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | 0     | 0.5   | 1    | 1.5  | 2    | 2.5  | 3    | 3.5  | 4    | 4.5  |
| 0    | +73.1 | -12.4 | +4.1 | -1.8 | +1.2 | -0.8 | +0.4 | -0.3 | +0.2 | -0.2 |
| 0.5  | +26.4 | -11.8 | +8.8 | -5.8 | +3.8 | -2.8 | +1.9 | -1.5 | +1.1 | -0.9 |
| 1    | -4.1  | -0.8  | +3.6 | -6.3 | +6.1 | -5.7 | +4.5 | -4   | +3.1 | -2.5 |
| 1.5  | +1.8  | +0.8  | -2.9 | +2   | +0.2 | -2.4 | +3.2 | -3.8 | +3.8 | -3.4 |
| 2    | -1    | -1    | +1.1 | +0.6 | -2.6 | +2.7 | -2.1 | +0.7 | +0.5 | -1.3 |
| 2.5  | +0.6  | +0.5  | -0.4 | -1   | +1.6 | -0.3 | -1.6 | +2.7 | -2.5 | +2   |
| 3    | -0.4  | -0.3  | +0.1 | +0.9 | -0.5 | -0.1 | +1.7 | -1   | -0.1 | +1.1 |

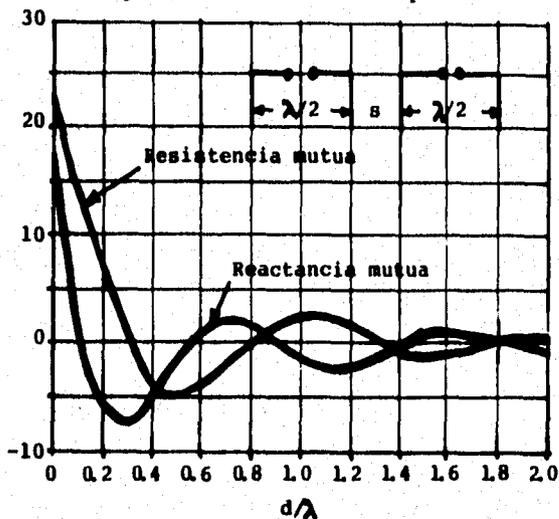
TABLA 1.4.2.

Componente activa de la impedancia mutua de dos dipolos de media onda, dispuestos como en la figura anterior.



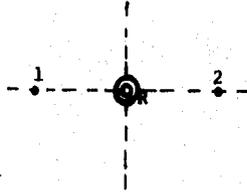
1.4.2. RESISTENCIA Y REACTANCIA MUTUAS DE DOS DIPOLOS DE MEDIA ONDA EN FUNCION DE SU SEPARACION  $d$  SIENDO  $a = 0$ .

Siendo  $a$  la separación lateral entre puntos de alimentación.



1.4.3. RESISTENCIA Y REACTANCIA DE DOS DIPOLOS DE MEDIA ONDA DISPUESTOS EN FORMA COLINEAL, EN FUNCION DE SU SEPARACION  $s$  ENTRE EXTREMOS.

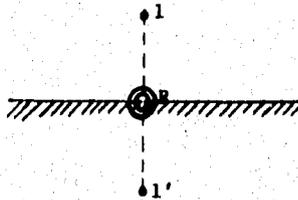
Las fórmulas anteriores pueden ser un poco laboriosas, por lo que para su ejecución es aconsejable el uso de ordenador. -- como guía, se adjuntan algunas tablas y gráficas que pueden servir de ayuda y evitar en lo posible utilizar dicha formulación.



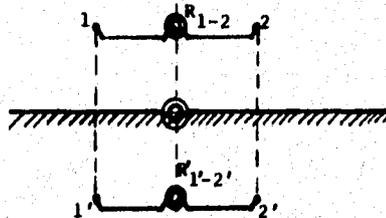
1.4.4. DOS RADIADORES EN EL ESPACIO LIBRE.



1.4.5. CUATRO RADIADORES EN EL ESPACIO LIBRE.



1.4.6. RADIADOR FRENTE A PANTALLA PERFECTAMENTE CONDUCTORA.



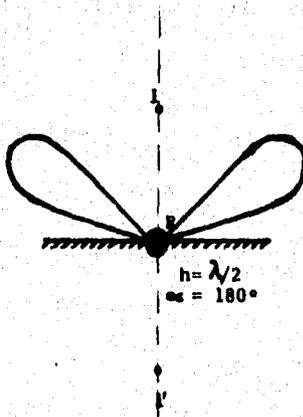
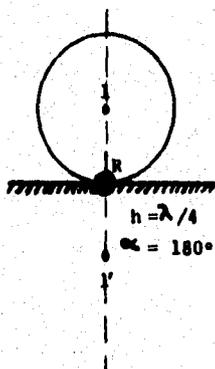
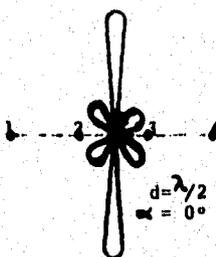
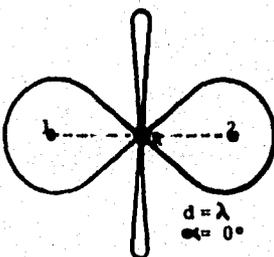
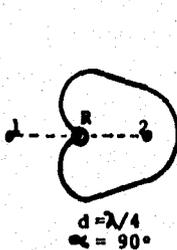
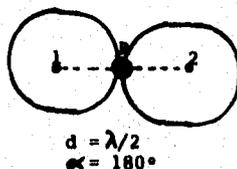
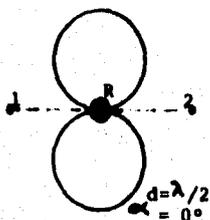
1.4.7. DOS RADIADORES FRENTE A PANTALLA PERFECTAMENTE CONDUCTORA.

#### RESULTANTES DE SISTEMAS DE ANTENAS.

Conviene recordar que cuando se trabaja con monopolos, los valores correspondientes son la mitad de los obtenidos.

La resultante del acoplamiento de un sistema de dipolos o monopolos sería otro dipolo o monopolo, situado en el eje o punto de simetría del sistema, que tuviera la misma dimensión que cualquiera de ellos y cuya impedancia de entrada y resistencia de radiación fuera la de uno de ellos considerado aisladamente, más las impedancias de entrada y resistencias de radiación mutuas. Asimismo, el origen del diagrama de radiación del sistema

de antenas también está situado en su punto de simetría. Las fi guras anteriores y las siguientes ilustran algunos ejemplos.



1.4.8. DIAGRAMAS DE RADIACION DE VARIOS SISTEMAS DE ANTENAS EN FUNCION DE SU SEPARACION Y DESFASAMIENTO EN SU ALIMENTACION.

Como se ha dicho, una antena no es un sistema aislado que pueda trabajar por sí solo, requiere un transmisor o un receptor, que han de conectarse a sus terminales, tal conexión debe cumplir con ciertos requisitos, como son por ejemplo: el acoplamiento de impedancias entre línea de alimentación y la antena. En caso de utilizar arreglos están los desfases de corriente, los divisores de potencia y algunas veces redes de filtraje.

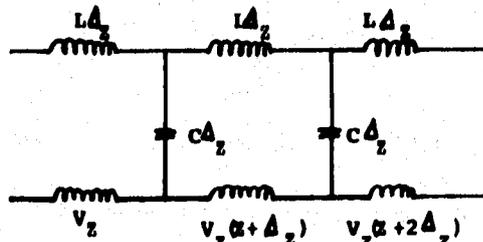
Otro tipo de dispositivos comunmente empleados son los transformadores "BALUN", el cual sirve de interface entre un sistema balanceado y otro desbalanceado (como los cables coaxiales).

Muchas de las antenas son estructuras balanceadas, es común alimentar las antenas con cables coaxiales para evitar problemas de radiación en la línea de transmisión en el campo radiado, en el caso de sistemas de recepción, problemas de campos inducidos indeseables en la línea de transmisión. Un cable coaxial es una estructura desbalanceada respecto a tierra.

La interconexión entre un estructura balanceada y una desbalanceada produce efectos no deseados, esto se elimina con los transformadores BALUN. En teoría se define a un sistema desbalanceado de dos conductores, a aquel donde están a diferente potencial con respecto a tierra o posiblemente alguno de ellos esté a tierra. La capacidad con respecto a tierra de cada conductor es diferente, por lo tanto la corriente en los dos es diferente. Por otro lado, un sistema balanceado es aquel en el que los dos conductores son del mismo potencial pero de signo contrario respecto a tierra.

Una antena se dice que está balanceada si sus conductores transportan la misma corriente pero en sentido contrario y es desbalanceada si las corrientes son diferentes. Un desbalance en una línea de transmisión balanceada inducirá una corriente en superficies conductoras cercanas provocando pérdidas a tierra pero sobre todo campos radiados que pudieran afectar el patrón de radiación de la antena supuestamente conectada a sus terminales. Si un cable coaxial se conecta a una línea de transmisión balanceada se producirá una onda de corriente en el conductor exterior anulando las características propias de no radiación del cable coaxial.

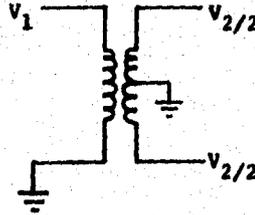
Un desbalance en los potenciales respecto a tierra provoca el desbalance en la corriente, pero el potencial respecto a tierra de una línea de transmisión o un sistema de antenas no es fácil de definir ya que la referencia a tierra, es válida únicamente en un punto determinado, lo que puede observarse más fácilmente en la representación circuital de una línea de transmisión como el de la siguiente figura:



1.4.9. circuito que representa una línea de transmisión.

Como no existe inductancia cero entre los puntos diferentes de cada conductor no es correcto suponer que está el mismo potencial. Por lo que el problema pocas veces aparece en la teoría, sin embargo en la práctica, normalmente se observa que aterrizar no siempre tiene los resultados deseados.

El término balun proviene de las abreviaturas en inglés de balanced y unbalanced. El BALUN más sencillo es el usado en audiodfrecuencias y en frecuencias bajas de R.F. y consiste en un simple transformador de 1:1 como el mostrado en el siguiente diagrama:



1.4.10. Transformador balun.

si el tamaño del transformador es pequeño comparado con la longitud de onda de la frecuencia más alta, los dos puntos de tierra se consideran como el mismo punto.

En altas frecuencias un balun puede construirse usando líneas de transmisión, el más simple es el mostrado a continuación:

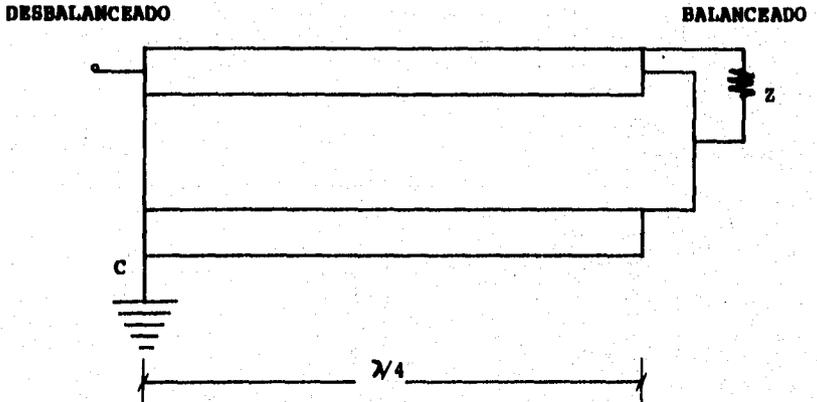


1.4.11. Balun usado en líneas de transmisión.

Consiste en un blindaje desacoplador de  $\lambda/4$ , aterrizado a todo lo largo, uno de sus extremos está conectado al cable coaxial y

el otro extremo está abierto. El blindaje y el conductor exterior del cable coaxial forma otro cable coaxial de  $\lambda/4$ , cortocircuitando en un extremo lo que produce una alta impedancia en el extremo y por lo tanto, está aislado de tierra y puede conectarse a un circuito balanceado.

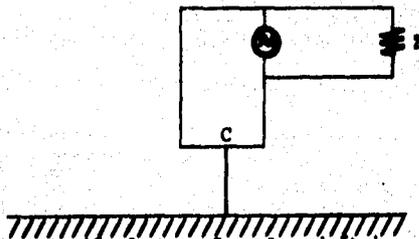
Otro tipo de transformador se muestra en la siguiente figura:



#### 1.4.12. Transformador simétrico respecto a tierra.

El dispositivo es simétrico respecto a tierra, condición fundamental en los sistemas balanceados. El transformador está formado por dos cables coaxiales, uno de los cuales lleva la señal y el otro es una sección soldada al conductor exterior del primero. Las mallas de los coaxiales se conectan a la línea bifilar, mientras que el conductor central del primer coaxial se conecta a la malla del segundo.

La figura siguiente muestra una representación del transformador:



#### 1.4.13. representación de transformador simétrico respecto a tierra.

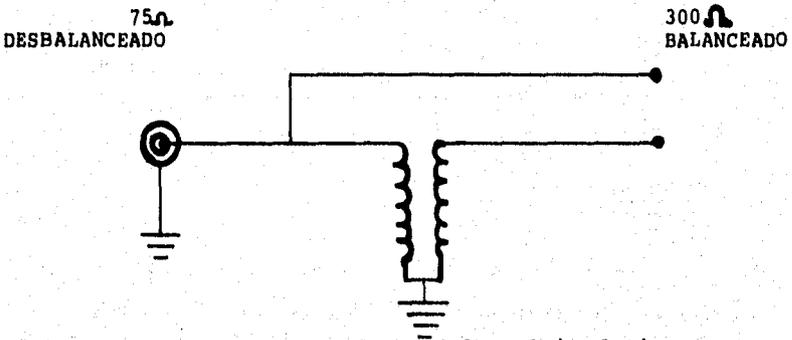
Aparentemente hay un corto circuito en el punto C de la figura, sin embargo, como la longitud del cable coaxial 2 es de  $\lambda/4$ , la impedancia neta en el punto de conexión con la línea bifilar, es el paralelo de la impedancia del cable coaxial 1 con una impedancia infinita.

Una de las desventajas del transformador BALUN de las dos últimas figuras es que funcionan para frecuencias cuya  $\lambda$  sea --

igual o cercana a cuatro veces la longitud del transformador -- ( $\lambda = \lambda/4$ ) es decir, trabaja en un rango limitado de frecuencias.

Para operar sobre un ancho de banda mayor, se embobinan los cables coaxiales, con lo cual se obtiene una reactancia grande sobre una banda de frecuencias considerable, el esquema de -- conexión es el mismo que se mostró en las dos figuras anteriores. Con este tipo de transformadores se pueden obtener bandas de operación hasta de tres octavas.

En algunas aplicaciones, por ejemplo: televisión, se requiere tener un transformador no solo de balance-desbalance sino -- también de impedancias. Es posible introducir esa nueva característica al transformador BALUN, lo cual se muestra en la siguiente figura:



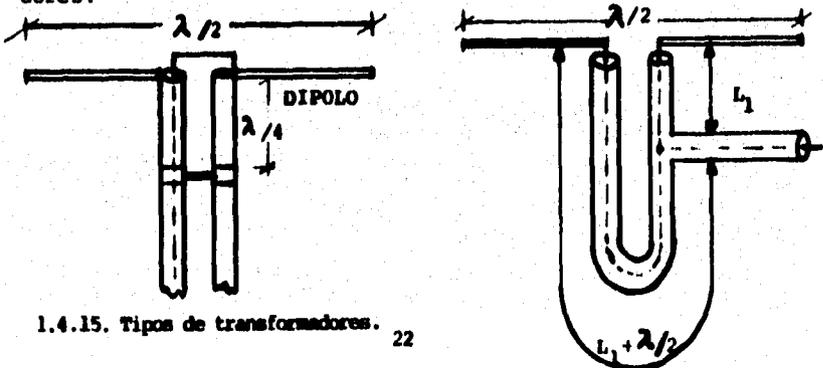
**1.4.14. Transformador Balun con balance de impedancias.**

Este transformador normalmente se construye sobre un núcleo de ferrita lo que le proporciona un ancho de banda de hasta 6 ó 7 -- octavas. La relación de impedancias es:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{(N_1 + N_2)^2}{N_1^2}$$

Teóricamente  $N_1$  se hace igual a  $N_2$ , con lo que se obtiene -- una transformación de 4 a 1, en la práctica, la relación de -- vueltas difiere un poco para compensar capacitancias parásitas -- en el transformador.

En la siguiente figura se muestran otros tipos de transforma -- dores:



1.4.15. Tipos de transformadores.

Las redes de desfase y acoplamiento tienen particular importancia en comunicaciones pues de ellas depende la fase correcta de alimentación, para el caso de arreglos, o el acoplamiento de impedancias para máxima transferencia de energía, - estas redes son un sistema de interfase entre transmisor y antena o entre ésta y el receptor.

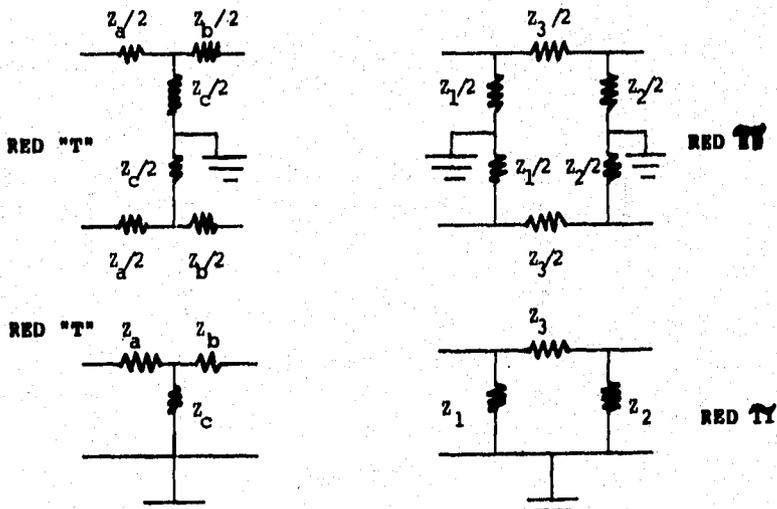
En teoría de líneas de transmisión, se desarrollan extensivamente las técnicas para utilizarlas como acopladores de impedancia. Por otro lado, las líneas de transmisión introducen un desfase entre entrada y salida, debido a la velocidad finita con que las ondas electromagnéticas se propagan en ellas, el factor de desfase está dado por:

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{\omega}{v} \dots \dots \dots (1)$$

donde  $v$  es la velocidad de propagación en la línea.

En frecuencias bajas no siempre es práctico acoplar impedancias con líneas de transmisión, por las grandes dimensiones que se requieren, por lo que, en frecuencias alrededor de 1MHz, se utilizan redes de 4 terminales como acopladores o defasadores que pueden diseñarse para acoplar 2 impedancias determinadas -- y/o para introducir una fase requerida en el sistemas.

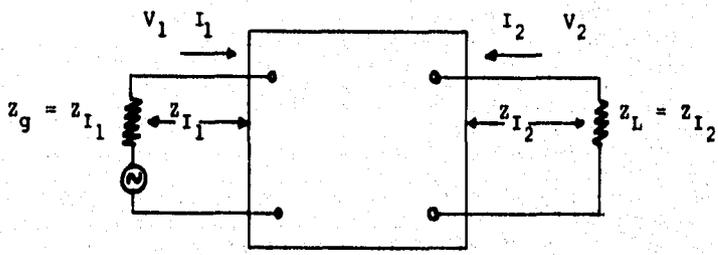
como las líneas de transmisión, las redes de 4 terminales pueden ser balanceadas o desbalanceadas, lo que facilita su interconexión con el sistema de comunicaciones. La figura siguiente muestra las redes balanceadas y desbalanceadas.



I.4.16. Acopladores para bajas frecuencias.

Una red de cuatro terminales se define por medio de un factor de transferencia  $\phi$ . En relación con la figura siguiente:

$$\phi = \frac{\sqrt{V_1 I_1}}{\sqrt{V_2 I_2}} = \frac{I_1}{I_2} \sqrt{\frac{Z_{I_1}}{Z_{I_2}}} = \frac{V_1}{V_2} \sqrt{\frac{Z_{I_2}}{Z_{I_1}}} \dots \dots \dots (2)$$



1.4.17. Red de cuatro terminales.

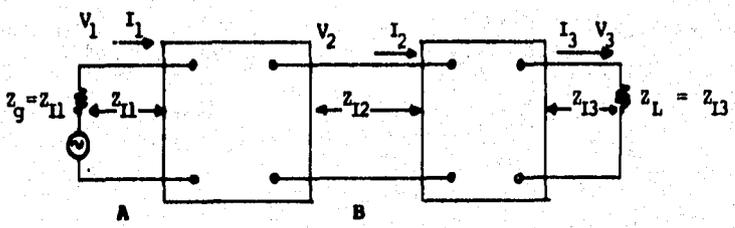
$Z_{I_1}$  y  $Z_{I_2}$  representan las impedancias que la red debe acompañar y como se observa en la figura anterior, son las impedancias que la línea debe ver en las terminales de entrada y salida de la red.

El factor de transferencia  $\phi$  es, en general, un número complejo que se expresa por:

$$\phi = \alpha + j\beta \dots \dots \dots (3)$$

donde  $\alpha$  es el factor de atenuación y  $\beta$  el factor de fase. El factor de propagación es independiente de la dirección del flujo de potencia y está determinado por las características propias de la red.

La definición  $e^{-\phi}$ , establece una propiedad aditiva para las constantes de transferencia de redes conectadas en cascada, como se muestra en la siguiente figura:



1.4.18. Red conectada en cascada.

Las constantes de transferencia de las redes A y B se definen por:

$$e^{\phi_A} = \sqrt{\frac{V_1 I_1}{V_2 I_2}}$$

$$e^{\phi_B} = \sqrt{\frac{V_2 I_2}{V_3 I_3}}$$

por lo que:

$$e^{-\phi} = e^{\phi_A} e^{\phi_B} = \sqrt{\frac{V_1 I_1}{V_3 I_3}} \dots \dots \dots (4)$$

como se observa de la ec. (4)

$$\phi = \phi_A + \phi_B \dots \dots \dots (5)$$

En general, para n redes en cascada el factor de transferencia será:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots \dots \dots (6)$$

Separando la ecuación (6) en parte real e imaginaria, se puede determinar los factores de atenuación y fase totales por medio de:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots \dots \dots (7.a)$$

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots \dots \dots (7.b)$$

La determinación del factor de transferencia, en una red de 4 terminales, puede hacerse a partir de las impedancias en corto circuito ( $Z_1$ ) y circuito abierto ( $Z_2$ ). El análisis de la red da como resultado la siguiente expresión:

$$e^{2-\phi} = \frac{1 + \sqrt{\frac{Z_{1S}}{Z_{10}}}}{1 - \sqrt{\frac{Z_{1S}}{Z_{10}}}} = \frac{1 + \sqrt{\frac{Z_{2S}}{Z_{20}}}}{1 - \sqrt{\frac{Z_{2S}}{Z_{20}}}} \dots \dots \dots (8)$$

donde  $Z_{1S}$  y  $Z_{2S}$  representan las impedancias en corto circuito de las terminales 1 y 2 respectivamente y  $Z_{10}$   $Z_{20}$  las impedancias en circuito abierto.

Otra forma de representar la función de transferencia se obtiene resolviendo la ecuación (8) para  $\sqrt{\frac{Z_{1S}}{Z_{10}}}$  :

$$\operatorname{tgh} \phi = \sqrt{\frac{Z_{1S}}{Z_{10}}} = \sqrt{\frac{Z_{2S}}{Z_{20}}} \dots \dots \dots (9)$$

Otras relaciones útiles en el diseño de las redes de 4 termi

nales son las que existen entre las impedancias imagen ( $Z_{I_1}$ ,  $Z_{I_2}$ ) y las impedancias en corto circuito y circuito abierto:

$$Z_{I_1} = \sqrt{Z_{10} Z_{1S}} \dots \dots \dots (10.a)$$

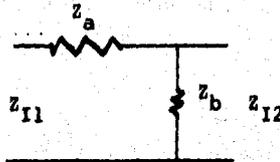
$$Z_{I_2} = \sqrt{Z_{20} Z_{2S}} \dots \dots \dots (10.b)$$

En antenas la redes L, T y  $\Pi$  se utilizan principalmente como acopladores o defasadores, su diseño consiste en determinar los valores de las impedancias de la red, a partir de las impedancias de entrada y salida y de la constante de transferencia con atenuación cero y un cierto ángulo de fase. La constante de transferencia es muy importante en arreglos de antenas, ya que la red de 4 terminales (T o  $\Pi$ ) se utiliza para introducir en la línea de alimentación la fase entre corrientes, necesaria para el funcionamiento del arreglo.

Para determinar los elementos de la red, se hace uso de las ecuaciones (9) y (10), obteniendo a partir de ellas los valores de  $\text{tgh} \theta = j \text{tgh} \phi$ ,  $Z_{I_1}$  y  $Z_{I_2}$

red para posteriormente mediante manipulación algebraica, determinar los valores de éstas en función de aquellos.

La red "L" está formada por dos elementos como se muestra en la siguiente figura:



1.4.19. Red "L".

Como se observa de la figura anterior:

$$Z_{10} = Z_a + Z_b \qquad Z_{1S} = Z_a$$

$$Z_{20} = Z_b \qquad Z_{2S} = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b}$$

Entonces:

$$Z_{I_1} = \sqrt{Z_{10} Z_{1S}} = \sqrt{Z_a Z_b} \sqrt{1 + \frac{Z_a}{Z_b}} \dots \dots (11)$$

$$Z_{I_2} = \sqrt{Z_{20} Z_{2S}} = Z_b \sqrt{\frac{Z_a}{Z_a + Z_b}} \dots \dots (12)$$

despejando  $Z_a$  de la ecuación (11) y sustituyendo la ecuación (13) queda:

$$Z_a = jZ_{I_1} \operatorname{tg}\beta \dots \dots \dots (14a)$$

despejando  $Z_b$  de la ecuación (12) y sustituyendo la ecuación (13) queda:

$$Z_b = -j \frac{Z_{I_2}}{\operatorname{tg}\beta} \dots \dots \dots (14b)$$

si restamos la ecuación (11) de la ecuación (12) nos queda:

$$\operatorname{tg}\beta = \sqrt{\frac{Z_{I_2}}{Z_{I_1}} - 1} \dots \dots \dots (15)$$

la ecuación (14a) puede escribirse aplicando la ec. (15):

$$Z_a = -j \sqrt{Z_{I_1} (Z_{I_2} - Z_{I_1})} \dots \dots \dots (16a)$$

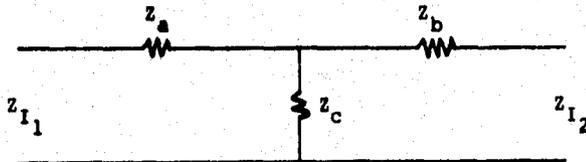
la ecuación (14b) puede escribirse aplicando la ec. (15):

$$Z_b = j \sqrt{\frac{Z_{I_2}^2 Z_{I_1}}{Z_{I_2} - Z_{I_1}}}$$

En el análisis que se ha hecho se supone que las impedancias de entrada y salida son reales, cuando no sea éste el caso entonces se buscará primero eliminar la reactancia de  $Z_{I_1}$  y/o  $Z_{I_2}$  para después buscar el acoplamiento.

Otra característica importante en una red "L" es que  $Z_{I_2}$  debe ser mayor que  $Z_{I_1}$  para que  $Z_a$  y  $Z_b$  sean reactancias puras, si este no fuera el caso, la red de la figura anterior puede invertirse para que cumpla con esta condición.

La figura siguiente muestra una red "T".



1.4.20. Red "T".

Las impedancias en circuito abierto y corto circuito están dadas por:

$$Z_{10} = Z_a + Z_c$$

$$z_{1S} = z_a + \frac{z_b z_c}{z_b + z_c}$$

$$z_{20} = z_b + z_c \quad z_{2S} = z_b + \frac{z_b z_c}{z_a + z_c}$$

Usando las expresiones anteriores se obtiene:

$$z_{I_1} = \sqrt{z_{10} z_{1S}} = \sqrt{(z_a + z_c) \frac{z_a(z_b + z_c) + z_b z_c}{z_b + z_c}} \quad \dots (17)$$

$$z_{I_2} = \sqrt{z_{20} z_{2S}} = \sqrt{(z_b + z_c) \frac{z_b(z_a + z_c) + z_a z_c}{z_a + z_c}} \quad \dots (18)$$

$$\operatorname{tgh} \Theta = j \operatorname{tg} \phi = \sqrt{\frac{z_{1S}}{z_{10}}} = \sqrt{\frac{z_a(z_b + z_c) + z_b z_c}{(z_a + z_c)(z_b + z_c)}} \quad \dots (19)$$

De las expresiones (17), (18) y (19) se observa que:

$$z_{I_1} = (z_a + z_c) \operatorname{tgh} \Theta = j(z_a + z_c) \operatorname{tg} \phi \quad \dots (20)$$

y

$$z_{I_2} = (z_b + z_c) \operatorname{tgh} \Theta = j(z_b + z_c) \operatorname{tg} \phi \quad \dots (21)$$

Despejando  $z_a$ ,  $z_b$  y  $z_c$  se obtiene:

$$z_a = \frac{z_{I_1}}{\operatorname{tgh} \Theta} - z_c = \frac{z_{I_1}}{j \operatorname{tg} \phi} - z_c \quad \dots (22)$$

$$z_b = \frac{z_{I_1}}{\operatorname{tgh} \Theta} - z_c = \frac{z_{I_2}}{j \operatorname{tg} \phi} - z_c \quad \dots (23)$$

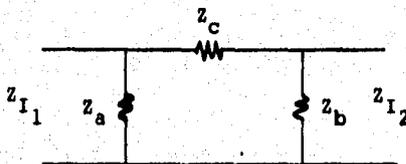
$$z_c = \sqrt{\frac{z_{I_1} z_{I_2}}{\operatorname{sen} h \Theta}} = \sqrt{\frac{z_{I_1} z_{I_2}}{j \operatorname{sen} \phi}} \quad \dots (24)$$

La ecuación se obtiene multiplicando la ecuación (20) y (21), despejando el producto  $(Z_a + Z_c)(Z_b + Z_c)$ , sustituyendo en la ec. (19) y aplicando la igualdad:

$$\operatorname{senhz} = \frac{\operatorname{tghz}}{\pm \sqrt{1 - \operatorname{tgh}^2 z}}$$

Las impedancias  $Z_a$  y  $Z_b$  pueden obtenerse despejando directamente de (20) y (21):

La figura siguiente muestra la red "II"



1.4.21. Red "II".

De la figura anterior se obtiene:

$$Z_{10} = \frac{Z_a(Z_b + Z_c)}{Z_a + Z_b + Z_c} \qquad Z_{1S} = \frac{Z_a Z_c}{Z_a + Z_c}$$

$$Z_{20} = \frac{Z_b(Z_a + Z_c)}{Z_a + Z_b + Z_c} \qquad Z_{2S} = \frac{Z_b Z_c}{Z_b + Z_c}$$

De las expresiones en corto circuito y circuito abierto se obtiene:

$$Z_{I1} = \sqrt{Z_{10} Z_{1S}} = \sqrt{\frac{Z_a^2 Z_c (Z_b + Z_c)}{(Z_a + Z_c)(Z_a + Z_b + Z_c)}} \dots (25)$$

$$Z_{I2} = \sqrt{Z_{20} Z_{2S}} = \sqrt{\frac{Z_b^2 Z_c (Z_a + Z_c)}{(Z_b + Z_c)(Z_a + Z_b + Z_c)}} \dots (26)$$

$$\operatorname{tgh} \phi = j \operatorname{tgh} \theta = \sqrt{\frac{Z_{1S}}{Z_{10}}} = \sqrt{\frac{Z_c (Z_a + Z_b + Z_c)}{(Z_a + Z_c)(Z_b + Z_c)}} \dots (27)$$

Las ecuaciones (25) y (26) pueden ser escritas como:

$$Z_{I_1} = \frac{Z_a Z_c}{(Z_a + Z_c) \operatorname{tgh} \Theta} \dots \dots \dots (28)$$

$$Z_{I_2} = \frac{Z_b Z_c}{(Z_b + Z_c) \operatorname{tgh} \Theta} \dots \dots \dots (29)$$

siguiendo un procedimiento similar al caso de la red "T", se obtienen los valores para  $Z_a$ ,  $Z_b$  y  $Z_c$ :

$$Z_a = \frac{Z_c Z_{I_1} \operatorname{tgh} \Theta}{Z_c - Z_{I_1} \operatorname{tgh} \Theta} = \frac{Z_c j Z_{I_1} \operatorname{tg} \beta}{Z_c - j Z_{I_1} \operatorname{tg} \beta} \dots \dots \dots (30)$$

$$Z_b = \frac{Z_c Z_{I_2} \operatorname{tgh} \Theta}{Z_c - Z_{I_2} \operatorname{tgh} \Theta} = \frac{Z_c j Z_{I_2} \operatorname{tg} \beta}{Z_c - j Z_{I_2} \operatorname{tg} \beta} \dots \dots \dots (31)$$

$$Z_c = \sqrt{Z_{I_1} Z_{I_2}} \operatorname{senh} \Theta = j \sqrt{Z_{I_1} Z_{I_2}} \operatorname{sen} \beta \dots \dots \dots (32)$$

### 1.5 .- DIPOLOS DOBLADOS.

Un dipolo doblado consiste en dos dipolos en paralelo, separados una pequeña fracción de  $\lambda$ , uno de los cuales está alimentado por el generador, la figura siguiente muestra un dipolo -- doblado:

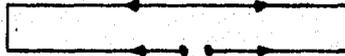


fig. 1

#### 1.5.1. Dipolo doblado horizontal.

Si los diámetros de los dos dipolos son iguales, sus impedancias características también lo son y, por tanto, las intensidades que por ellos circulan.

Si suministramos una potencia tal que por un dipolo simple de las mismas características que cualquiera de los dos dipolos circula 1 amper, esta misma potencia suministrada al dipolo -- doblado provoca una intensidad de 1 amper en cada dipolo, por lo que la intensidad total será 2 ampers y la potencia radiada será 4 veces mayor que la radiada por un dipolo simple. Esto -- quiere decir que la resistencia de radiación también será 4 -- veces mayor que la de un dipolo simple.

Si los diámetros de los dos dipolos son desiguales, la impedancia de entrada es:

$$z_e = z \left( 1 + \frac{z_{o1}}{z_{o2}} \right)^2$$

siendo:

$z$  = Impedancia de entrada del dipolo simple.

$z_{o1}$  = Impedancia característica del dipolo excitado.

$z_{o2}$  = Impedancia característica del dipolo «parásito».

Una adecuada relación de los diámetros de los dos dipolos -- nos permite elegir la impedancia de entrada entre los 73 y los 292 ohms.

Dado que la  $z_o$  del dipolo doblado (combinada de los dos) es menor que la del dipolo simple y la resistencia de radiación es mucho mayor, el Q de la antena disminuye, por lo que aumenta el ancho de banda de trabajo de la antena.

Los mismos razonamientos valen para el monopolo doblado de -- la siguiente figura:

#### 1.5.2. Monopolo doblado vertical.

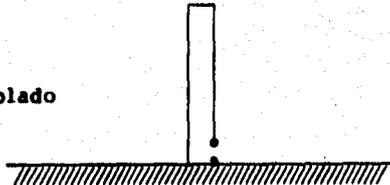


fig. 2

Si el dipolo está construido por tres conductores, tal como se muestra en la siguiente figura, la intensidad que circula por él será tres veces mayor que la que circula por un dipolo simple de las mismas características, por lo que la potencia radiada y la resistencia de radiación serán 9 veces mayores que la de este dipolo.

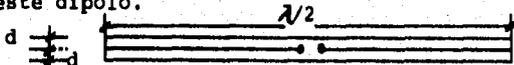


fig. 3

### 1.5.3. Dipolo doblado de tres conductores.

Cuando una línea de transmisión balanceada se conecta de modo que se convierta en una estructura desbalanceada entonces  $r_a$  día, este hecho se utiliza deliberadamente para hacer una antena. La ventaja de estas antenas conocidas como dipolos doblados, es que la impedancia de entrada es mayor y la banda de operación se incrementa ligeramente. El incremento en la impedancia es conveniente porque el dipolo de  $\lambda/2$  tiene una  $Z=73 + j42.5$  y para conectar a una línea abierta de 300 ohms se requiere de un acoplador de impedancia, sin embargo, un dipolo doblado de  $\lambda/2$  tiene una impedancia de entrada similar a la de la línea abierta. La figura (1) muestra un dipolo doblado de  $\lambda/2$ . Las flechas indican la dirección instantánea de corriente.

Como se observa la antena está formada por la línea de transmisión balanceada de  $\lambda/2$  con sus conductores cortocircuitados en los extremos. La conexión de la antena se hace a la mitad de uno de los conductores. Las corrientes en ambos elementos son prácticamente iguales y están en fase. Suponiendo que ambos conductores del dipolo tienen el mismo diámetro, la impedancia de entrada se deduce de la siguiente forma: Supongamos que  $V$  es la fem alimentada a la antena por que se puede dividir en partes iguales para ambos conductores como muestra la siguiente figura

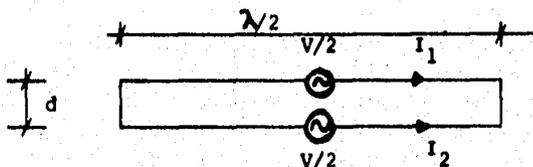


fig. 4

1.5.4. Dipolo doblado con conductores del mismo diámetro. por lo que:

$$V/2 = I_1 Z_{11} + I_2 Z_{12}$$

donde:

- $I_1$  = corriente en el dipolo 1.
- $I_2$  = corriente en el dipolo 2.
- $Z_{11}$  = autoimpedancia del dipolo 1.
- $Z_{12}$  = impedancia mutua entre el dipolo 1 y el dipolo 2.

Como las corrientes son casi iguales y en fase

$$V = 2I_1(Z_{11} + Z_{12})$$

además, como los dos dipolos están cerca uno del otro (general-

mente)  $d \ll \frac{\lambda}{100}$ ) entonces  $Z_{11} = Z_{12}$

$$Z = V/I = 4Z_{11}$$

para un dipolo de  $\lambda/2$

$$Z_{11} = 73 + j42.5 \text{ ohms.}$$

Para un dipolo doblado de  $\lambda/2$

$$Z = 292 + 170j \text{ ohms.}$$

Como se observa la resistencia es aproximadamente igual a la de una línea de transmisión abierta de 300 ohms y aunque la resistencia es alta puede reducirse si la longitud del dipolo se hace menor a  $\lambda/2$ .

El análisis puede extenderse a un dipolo doblado de tres conductores como el que muestra la figura (3).

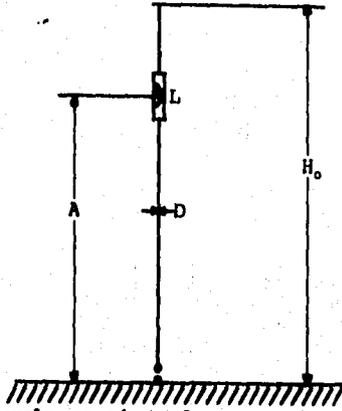
Para este caso la resistencia de entrada será:

$$r = 9 \times 73 = 657 \text{ ohms.}$$

Los dipolos doblados son común verlos como antena de televisión.

La fabricación de la antena dipolo generalmente es una sola varilla de aluminio, con un doblado redondeado en los extremos, sin embargo, es posible diseñar la unidad para elementos frontales y posteriores de diferentes diámetros y con una provisión para variar la separación. El patrón de radiación del dipolo doblado es similar al del dipolo básico.





### 1.6.1.2. Monopolo con ajuste de resonancia a lo largo del mismo.

si se desea hacer la conversión de metros a pies se utilizan los siguientes factores:

para  $H_0$ :  $H_0(\text{m})/0.305$

para  $A$ :  $A(\text{m})/0.305$

En el caso del diámetro se convierten los mm. en pulgadas:

para  $D$ :  $D(\text{mm})/25.4$

Quedando:

$$\lambda = 234/F$$

$$X = \lambda - A$$

$$Y = H_0 - A$$

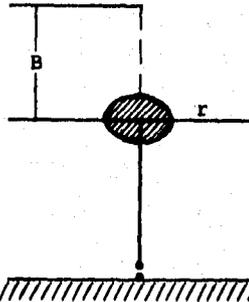
$$Z = 24/D$$

Entonces:

$$L(\mu\text{H}) = \frac{10^6}{68 \sqrt{F^2(\text{MHz})}} \left\{ \frac{(\ln(ZX) - 1) \left( \frac{X^2}{\lambda^2} - 1 \right)}{X} - \frac{(\ln(ZY) - 1) \left( \frac{Y^2}{\lambda^2} - 1 \right)}{Y} \right\}$$

A la hora de insertar bobinas en una antena corta no debemos olvidar que la eficiencia de la misma es función de la longitud del conductor radiador, el cual es el que emite la potencia radiada y no la bobina de inducción insertada, que sólo sirve para ajustar en resonancia a la frecuencia de trabajo dicho conductor, al diseñar una antena procuraremos utilizar la máxima longitud del conductor que nos permita el espacio disponible en el lugar de ubicación de la misma, evitando en lo posible la utilización de una inductancia de gran valor, y también procuraremos alejarla lo más posible de los puntos de alimentación.

En los casos a) y b), también es posible poner en resonancia el monopolo, con la adición en el extremo superior del mismo de una capacidad adicional en forma de disco, el cual produce un alargamiento aparente del monopolo mostrado en la figura siguiente



### 1.6.1.3. Monopolo con disco en el extremo superior.

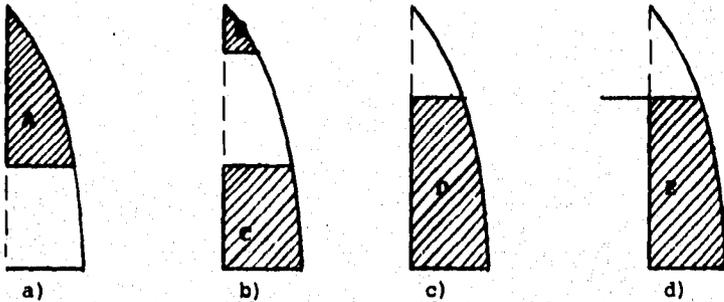
Donde B es la porción vertical sustituida por un disco de radio r, estos 2 valores están relacionados por la siguiente expresión:

$$B = \frac{r^2 \epsilon_0}{15 \pi}$$

estando B y r en las mismas unidades.

Si la longitud del radiador es la altura efectiva del monopolo, al acabarlo con una capacidad determinada por la fórmula anterior, conseguiremos una distribución uniforme de la corriente a lo largo del conductor.

Gráficamente lo anterior queda:



### 1.6.1.4. Distribución de corriente a lo largo del conductor.

Suponiendo que se dispone de un monopolo corto para la frecuencia de trabajo a la que está destinado. Colocando la inductancia en diversos puntos del conductor, y señalando con línea discontinua la porción del mismo situada por dicha inductancia, observaremos la potencia de radiación "no radiada", que es función de la superficie comprendida entre la línea de distribución de la corriente y el conductor.

De las gráficas anteriores (a) corresponde con (a) y (b) de las figuras -- anteriores; b, corresponde con b de la misma figura; c es igual que b pero -- con la inductancia insertada en el extremo del conductor y d, corresponde con la figura anterior.

En esta figura y comparando las superficies que dan lugar a la potencia radiada, podemos ver que:

A es menor que B + C; menor que D y menor que E.

B + C es mayor que A; menor que D y menor que E.  
 D es mayor que B + C; mayor que A e igual que E.  
 E es mayor que B + C; mayor que A e igual que D.

A la vista de esto, observamos que la mayor eficiencia se consigue cuando conseguimos las disposiciones de c o d.

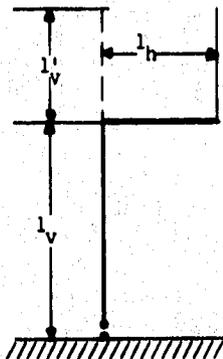
### 1.6.2.- MONOPOLOS LARGOS.

Si el monopolo resulta largo para la resonancia en 1, 3, 5, 7, etc., cuartos de onda de la frecuencia de trabajo, éste tiene en su impedancia de entrada una componente inductiva que es preciso cancelar, insertando en las terminales de entrada una capacidad de valor

$$C(\text{pF}) = \frac{530 \lambda}{Z_0 \cotg(\beta H)}$$

### 1.6.3.- ANTENA EN "L" INVERTIDA.

Cuando la frecuencia de trabajo corresponde a una longitud de onda demasiado larga para el espacio disponible y el monopolo a utilizar resulta corto para la resonancia, también podemos ajustarla utilizando una antena en L invertida tal como muestra la siguiente figura:



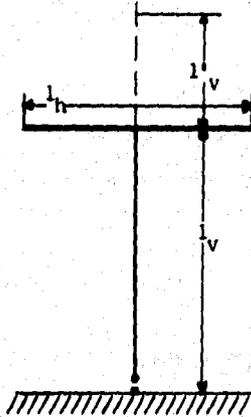
#### 1.6.3.1. Antena en "L" invertida.

En ella, el conductor horizontal actúa como carga capacitiva. El conductor  $l_h$  equivale eléctricamente a la porción vertical  $l'_v$ , y estas dos magnitudes están relacionadas por la siguiente igualdad:

$$\cotg(\beta l'_v) = \frac{Z_{ch}}{Z_{ov}} \cotg(\beta l_h)$$

Si el conductor horizontal está dispuesto como en la figura siguiente, la relación, es:

$$\cotg(\phi'_{1v}) = \frac{Z_{oh}}{Z_{ov}} \cotg(\phi'_{1h}/2)$$



### 1.6.3.2. Antena en "T".

$Z_{oh}$  y  $Z_{ov}$  son las impedancias características de los conductores horizontal y vertical respectivamente, calculada a partir de sus capacidades estáticas.

$$Z_{oh} = 60 \left\{ \ln \left[ \frac{l_h}{a_h} + \sqrt{\left(\frac{l_h}{a_h}\right)^2 + 1} \right] + \frac{a_h}{l_h} - \sqrt{\left(\frac{a_h}{l_h}\right)^2 + 1} \right\}$$

como  $l_h \gg a_h$ , entonces

$$Z_{oh} \approx 60 \left[ \ln \left( \frac{2l_h}{a_h} \right) - 1 \right] \text{ y}$$

$$Z_{ov} = 60 \left[ \ln \left( \frac{l_v}{a_v} \right) - 1 \right]$$

$a_h$  y  $a_v$  son los radios de los conductores horizontal y vertical respectivamente.

También se puede emplear la fórmula de la  $Z_0$  para monopolos que aunque difiera su valor con  $Z_{oh}$  y  $Z_{ov}$  anteriormente calculadas, su relación es prácticamente la misma.

## 1.7.- ANTENAS YAGI.

Estas antenas son las que comunmente se ven en las azoteas y sus características principales son:

- Resistencia de radiación.
- Anchura de banda.
- Relación frente-espalda (F-E).
- Ganancia directiva.
- Anchura del lóbulo principal del diagrama de directividad.
- Número de elementos.
- Separación de los elementos.

Entre estos parámetros existe la siguiente relación:

- La ganancia directiva es inversamente proporcional a la relación F-E.
- La ganancia directiva es directamente proporcional al número de elementos.
- La anchura de banda es inversamente proporcional a la ganancia directiva.
- La anchura de banda es directamente proporcional a la separación de los elementos.
- La anchura del lóbulo principal del diagrama de radiación es inversamente proporcional al número de elementos.
- La resistencia de radiación es directamente proporcional a la separación de los elementos (y siempre menor que la de un dipolo).
- La relación F-E es directamente proporcional a la separación del reflector.
- La relación F-E es inversamente proporcional a la separación de los directores.

Tabla de algunas antenas Yagi con los directores espaciados  $0.34\lambda$  y el reflector separado  $0.25\lambda$ .

| nº direct. | long. ( $\lambda$ ) | ancho lóbulo ( $^\circ$ ) | $G_{\text{máx}}$ (dBs) | ganancia por elemento. |
|------------|---------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 42         | 0.385               |                           | —                      | —                      |
| 30         | 0.4                 | 22                        | —                      | —                      |
| 20         | 0.407               | 26                        | 21                     | 0.95                   |
| 13         | 0.414               | 31                        | 15                     | 1                      |
| 10         | 0.42                |                           |                        |                        |
| 9          |                     | 37                        | 13                     | 1.18                   |
| 7          | 0.423               | —                         | —                      | —                      |
| 5          | 0.434               |                           |                        |                        |
| 4          | —                   | 46                        | 8                      | 1.33                   |

TABLA 1.7.3.

El ancho del lóbulo está tomado entre puntos 6 dB más bajos que la potencia máxima del diagrama de directividad y en grados.

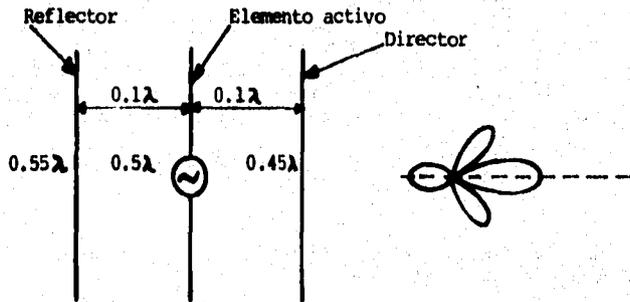
La tabla siguiente muestra la impedancia de entrada de una antena Yagi con 13 directores de  $0.414\lambda$  y el reflector de  $0.51\lambda$ .

| Espaciado reflector ( $\lambda$ ) | Directores                      |                                |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                                   | Espaciado $0.406\lambda$ (ohms) | Espaciado $0.42\lambda$ (ohms) |
| 0.25                              | 62                              | 50                             |
| 0.18                              | 50                              | 43                             |
| 0.15                              | 32                              | 27                             |
| 0.13                              | 22                              | —                              |
| 0.10                              | 12                              | —                              |

TABLA 1.7.4.

Las figuras siguientes muestran la forma que adquiere el lóbulo principal y los secundarios del diagrama de radiación son función de la longitud de los directores. Esta figura muestra cómo varía este diagrama para diferentes longitudes de los 13 directores de que consta esta antena Yagi. (figuras de la siguiente hoja).

El uso de la televisión ha dado lugar al progreso continuo de antenas direccionales. Al dipolo se le añadió un reflector y director y llegó a ser la antena Yagi (Yagi-Uda). En la figura siguiente se muestran las longitudes y separación de los elementos y patrones de radiación.

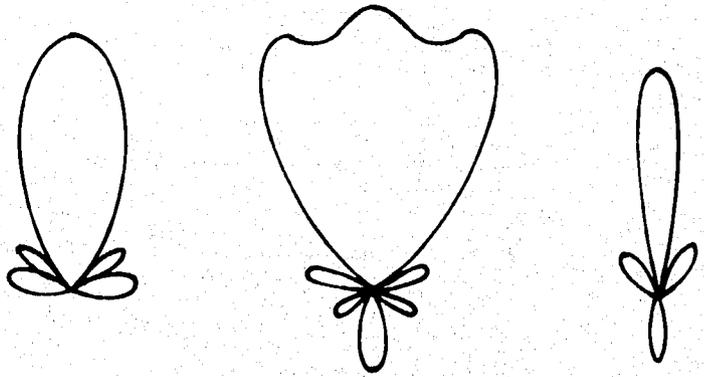


1.7.2. Antena Yagi.

Arreglo de antena.

Patrón de radiación.

La ganancia de la antena Yagi es aproximadamente (+7)dB. El lóbulo posterior es significativo en la reducción de los efectos "fantasmas". Los fantasmas son señales que alcanzan la antena después de haber sido reflejadas por estructuras grandes, tales como montañas. La relación frente-atrás (frente-espalda) y la impedancia de entrada depende de la proximidad de los elementos. La antena Yagi básica fue extendida finalmente con más elementos reflectores y directores que mejoraron la ganancia y directividad. En áreas que deben recibir señales de TV desde diferentes direcciones frente, la antena Yagi se monta sobre un soporte giratorio manejado con un servomotor. Este apunta al director, de tal manera que esté siempre perpendicular a la fuente.



**1.7.3. Lóbulos de radiación de antenas Yagi.**

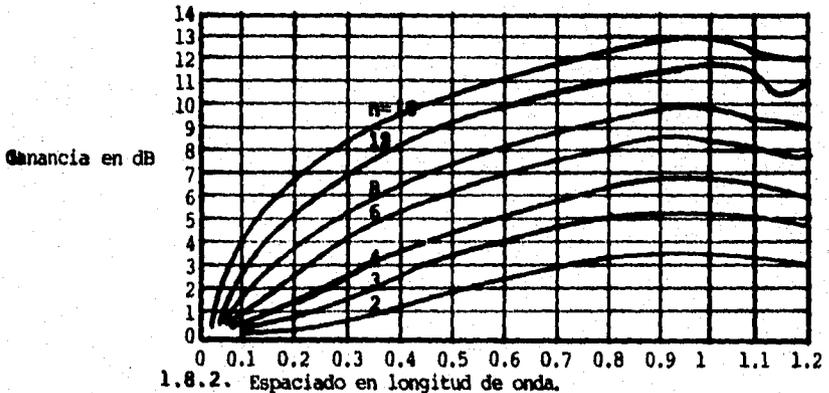
## 1.8 .- ANTENAS COLINEALES.

Estas antenas constan de varios dipolos o monopolos situados a lo largo de su eje, como se muestra en la siguiente figura:



### 1.8.1. Antena colineal.

La ganancia de esta antena es función del número de dipolos o monopolos y su separación entre puntos de alimentación. La gráfica siguiente da idea de esto:



1.8.2. Espaciado en longitud de onda.

Ganancia de una antena colineal de dipolos de media onda en función del número de ellos y su espaciado entre puntos de alimentación.

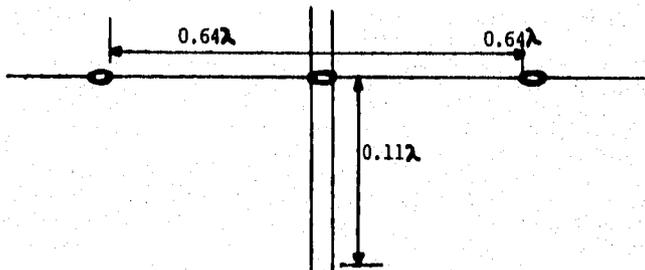
Esta ganancia está referida al dipolo de media onda. En el caso de monopolos colineales, las ganancias serán las mismas si se requieren a la ganancia de un monopolo de cuarto de onda.

Una antena colineal consta de dos o más elementos radiantes con una longitud de media onda, en las que la corriente circula en fase; para lograrlo hay que invertir la fase de la onda de uno a otro elemento, lo que se consigue mediante líneas resonantes de cuarto de onda.

El diagrama de radiación vertical es en todos los casos igual al del dipolo y el diagrama horizontal se hace más agudo a medida que la antena tiene mayor ganancia, la cual es proporcional al número de medias ondas que tenga la antena, de manera que para dos medias ondas es 1.8 dB, para 3 es de 3.3 dB, para 6 es de 6.6 dB, etc.

A medida que se le añaden elementos colineales en fase, la resistencia aumenta y viene a ser el resultado de multiplicar por 100 el número de elementos de media onda.

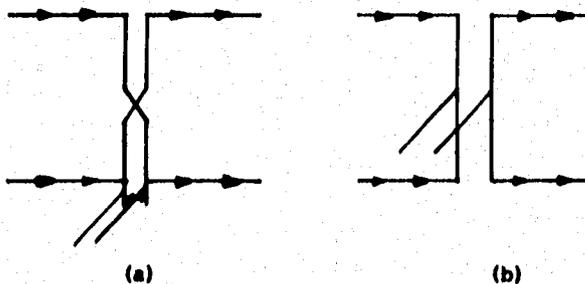
Una modificación de la antena colineal de dos elementos, es la doble zepelin (figura siguiente), que con dos elementos logra una ganancia mayor. Su diseño se basa en aumentar la longitud de los elementos de tal manera que estén cortados a 0.65 longitudes de onda y la línea de adaptación a 0.11 longitudes de onda. De esta manera se mantiene la resonancia.



1.8.3. Antena doble zepelin.

Quando se instalan estas antenas es aconsejable sintonizarlas, cuando la alimentación se desfasa  $180^\circ$ , la radiación se hace en la dirección del plano que contiene los conductores y se denomina longitudinal.

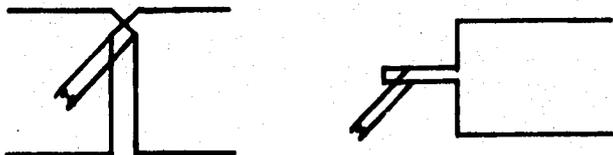
Se han desarrollado diversos tipos de antenas colineales con radiación transversal; una de las más conocidas es la Lazy H (mostradas en las siguientes figuras) que está constituida por dos elementos colineales colocados encima de otros dos y alimentados por una línea desfasada  $180^\circ$ ; esta red puede alimentarse también en el centro.



1.8.4. Antena colineal; a) alimentación por un extremo; b) alimentación por el centro (Lazy H).

Hay múltiples combinaciones de redes colineales. Cada una cumple unas características de ganancia y directividad según el número de elementos y su disposición.

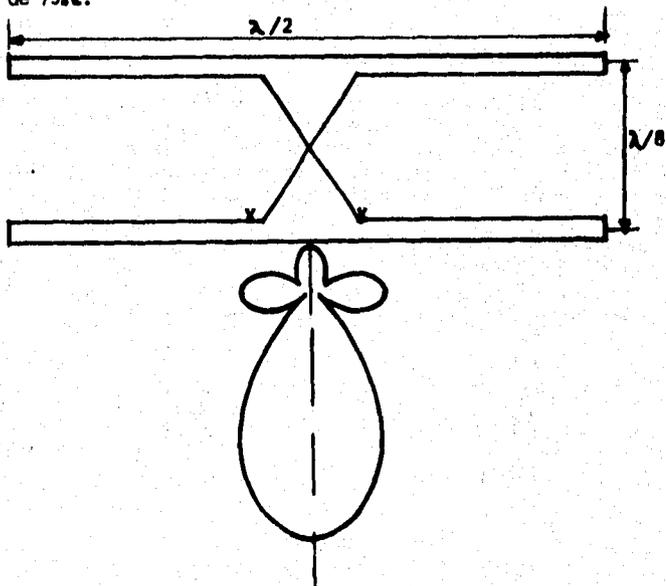
El caso más sencillo de antena colineal con directividad longitudinal se obtiene con dos dipolos puestos en el plano horizontal y unidos por medio de una línea que produce entre ellos un desfase de  $180^\circ$ . La separación entre dipolos está comprendida entre 0.11 y 0.25 longitudes de onda (mostradas en las siguientes figuras). A partir de la segunda se pueden añadir las secciones que se desee para tener mayor directividad o ganancia.



1.8.5. Antena colineal Red 8JK.

La alimentación de estos conjuntos se hace por medio de una sección adaptada de cuarto de onda en cortocircuito.

Una antena muy usada en los años sesenta fue la formada por dos dipolos -- plegados separados  $1/8$  de onda y unidos por una línea con transposición para producir el desfase de  $180^\circ$  entre ellos (como se muestra en la siguiente figura). Si restamos de los  $180^\circ$  de desfase que produce la línea, los  $45^\circ$  que se obtienen al estar separados los dipolos un octavo de longitud de onda, quedan  $135^\circ$ , y el resultado es un lóbulo de radiación horizontal con 5 dB de ganancia respecto al dipolo simple y con una relación delante-detrás de aproximadamente 20 dB; la impedancia es de unos  $87 \Omega$ , lo que permite alimentarla con una línea de  $75 \Omega$ .



1.8.6. Antena de dos elementos con desfaseamiento entre ellos y lóbulo de radiación en el plano horizontal.

## 1.9 .- ANTENAS MULTIBANDA.

Las antenas que son resonantes a distintas frecuencias, reciben el nombre de multibanda. Pueden distribuirse en cuatro grupos:

**Primero.** Aquellas que por tener un  $Q$  muy bajo permiten trabajar en varias frecuencias de un margen determinado sin cambiar sustancialmente sus parámetros. El dipolo de Nadenenko permite trabajar en un margen que va desde la frecuencia para la que está cortado, hasta una octava más alta (frecuencia doble), sin cambiar significativamente sus características.

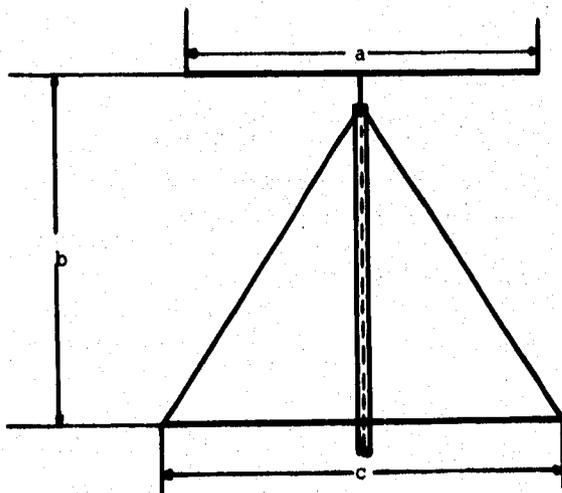
**Segundo.** Las que por tener las longitudes de sus radiadores unas dimensiones determinadas, éstos son múltiplos de cuarto o medias ondas de diversas frecuencias.

**Tercero.** Las que constan de varios radiadores en paralelo, cada uno de ellos resonante a una frecuencia determinada.

**Cuarto.** Las que mediante determinados dispositivos permiten modificar su longitud eléctrica.

### 1.9.1.- PRIMER GRUPO.

Además del dipolo de Nadenenko como antena de bajo  $Q$ , tenemos a la disco cono como la que se muestra en la siguiente figura en la que el disco equivale a un monopolo con plano de tierra.

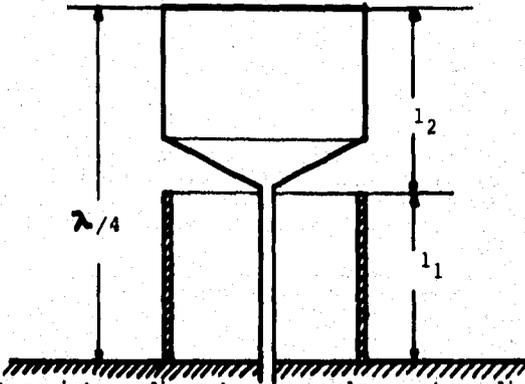


1.9.1.1. Antena disco cono.

El disco es el radiador en el que la relación  $H_0/a$  es muy pequeña y, por tanto, su  $Z_0$ . El cono es el plano de tierra y el ángulo formado por sus generatrices determina la impedancia de entrada. Permite trabajar hasta cuatro octavas de su frecuencia de diseño. La reactancia capacitiva del disco está compensada por la reactancia inductiva del cono.

Un paso intermedio de la evolución de esta antena desde el monopolo es la antena que se muestra en la siguiente figura, en la que con una adecuada relación de  $l_1$  y  $l_2$ , y un determinado diámetro del radiador y del manguito se

consigue un ancho de banda de  $F \pm 15\%$ .



**1.9.1.2. Antena intermedia entre monopolo y antena disco cono.**

Para la antena disco-cono, las dimensiones idóneas determinadas experimentalmente, son:

a)  $\lambda_{m\acute{a}x} = 0.175$

b)  $\lambda_{m\acute{a}x} = 0.25$

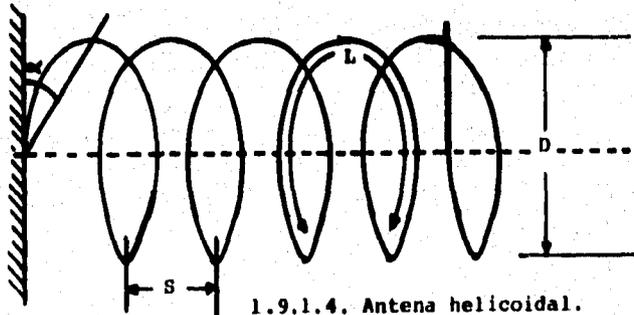
c)  $\lambda_{m\acute{a}x} = 0.275$

En un dipolo doblado se puede aumentar el ancho de banda de trabajo derivando los dos dipolos tal como muestra la siguiente figura:



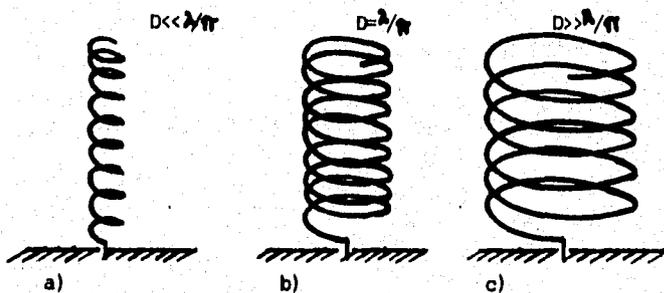
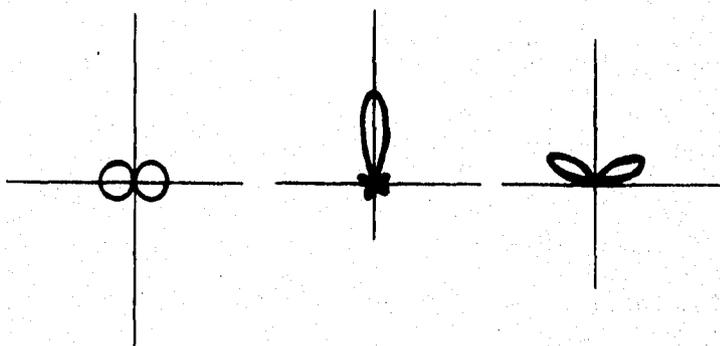
**1.9.1.3. Dipolo doblado con derivación.**

Otra antena de un ancho de banda apreciable, es la helicoidal, mostrada en la siguiente figura:



**1.9.1.4. Antena helicoidal.**

La siguiente figura muestra la forma de los lóbulos de radiación de una antena helicoidal en función de la relación de  $D$  y  $\lambda/\pi$ .



1.9.1.5. Antenas helicoidales con sus lóbulos de radiación.

La anchura del lóbulo entre puntos de media potencia es:

$$\Delta\phi = \frac{52}{L \frac{ns}{\lambda}}$$

La ganancia  $G_{\text{máx}} = 7.5 \left( \frac{L}{\lambda} \right)^2 \frac{ns}{\lambda}$  en el caso b.

La impedancia de entrada es:

$$Z_0 \approx 140 \frac{L}{\lambda}$$

La banda de frecuencias es de  $0.7$  a  $1.2\lambda$ .

La antena helicoidal es altamente direccional y genera una polarización -- circular. Una señal polarizada circularmente puede recibirse por una antena ya sea horizontal o vertical. Esta característica hace a la antena helicoidal -- particularmente útil en comunicación por satélite. Por extraño que parezca, -- dos antenas helicoidales no pueden comunicarse a menos que sean enrolladas en

la misma dirección. La antena helicoidal se define por sus dimensiones.

La definición de las dimensiones se resume de la siguiente manera:

D = diámetro de hélice,

C = circunferencia,

S = espacio entre vueltas medido a lo largo del eje x,

L = longitud total de hélice (longitud axial),

N = número de vueltas = L/S,

d = diámetro del conductor.

El paso del devanado se relaciona con el diámetro y espaciamiento entre -- vueltas. La longitud total de hélice se puede calcular mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$L = \frac{\pi D}{\lambda}$$

El ancho de lóbulo de los primeros lóbulos se puede calcular mediante la -- aplicación de la siguiente expresión:

$$\theta_0 = \frac{115}{\sqrt{\frac{\pi D}{\lambda} \frac{ns}{\lambda}}}$$

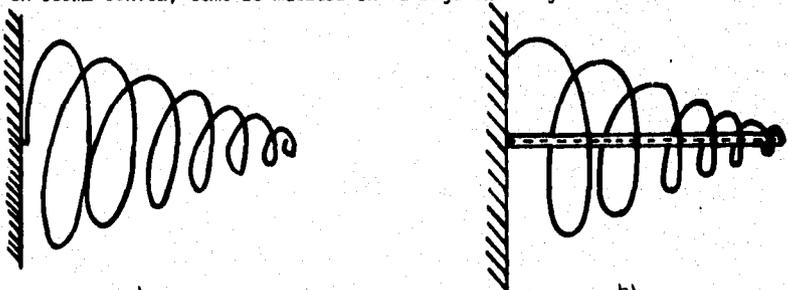
La máxima ganancia directiva o directividad está definida por:

$$D_{\text{máx}} = \frac{15 ns (\pi D)^2}{\lambda^2}$$

La antena helicoidal con dimensiones mucho menores que alcanza las características de un dipolo, con radiación en un plano perpendicular al eje de la hélice. Más comúnmente, las dimensiones de la hélice son del orden de una longitud de onda. La ganancia y ancho de lóbulo varían con la longitud de la hélice.

La antena de haz helicoidal tiene propiedades inherentes de banda ancha, -- cubriendo un amplio rango de frecuencia de dos a uno, y una impedancia del orden de 100Ω.

Aún se consigue mayor ancho de banda en una antena helicoidal, disponiéndola en forma cónica, como se muestra en la siguiente figura:



a) 1.9.1.6. Antena helicoidal cónica.

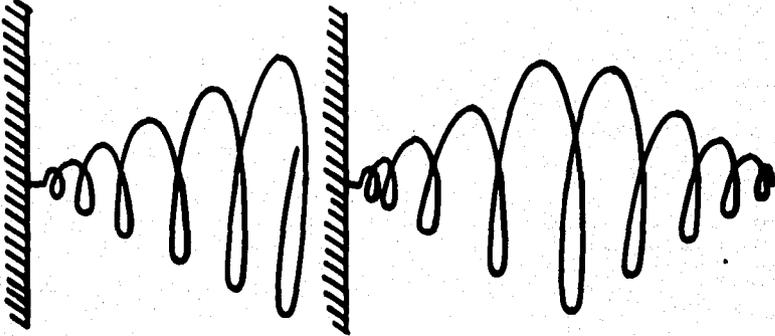
b)

En el caso de alimentar a la antena como en a, se consigue una banda de una octava. Si se alimenta como en b, el ancho de banda es de 1.5 octavas.

Este tipo de antenas, dada su estructura, sólo son practicable en las regiones de frecuencias muy altas. El patrón de radiación de la antena helicoidal se varia haciendola cónica la hélice.

Las antenas helicoidales también pueden disponerse en arreglos de 2 a 10, - montadas sobre una placa de apoyo de efecto de tierra. Dependiendo del espaciamento y fase de la señal de entrada, pueden lograrse varias ganancias y direcciones.

Las antenas helicoidales pueden instalarse también de la siguiente forma:



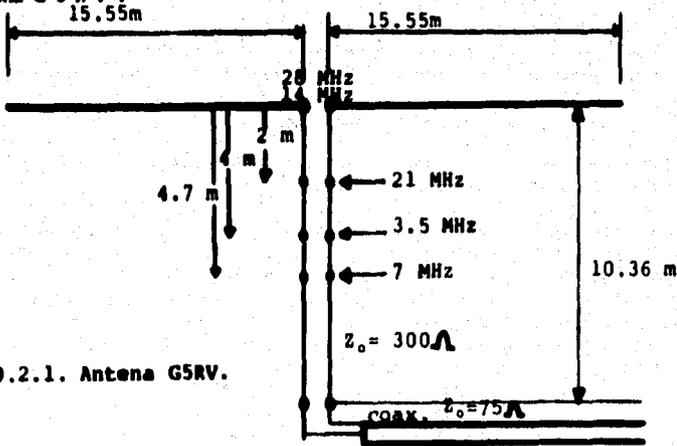
#### 1.9.1.7. Otra forma de instalar antenas helicoidales.

#### 1.9.2.- SEGUNDO GRUPO.

Estos tipos de antenas bastante extendidas, son relativamente simples. Se trata de radiadores que resuenan en la frecuencia fundamental, que es la más baja, y en determinados armónicos pares o impares, sin cambiar su impedancia de entrada aunque varíe su diagrama de radiación. Son ejemplos la antena Marconi y la antena Windom.

Cualquier dipolo trabaja con sus armónicos impares igual que con la frecuencia fundamental.

Estas antenas son suficientemente conocidas, el siguiente dibujo muestra la antena G 5 R V :



1.9.2.1. Antena G5RV.

Esta antena trabaja bien en las frecuencias de 3.5, 7, 14, 21 y 28 MHz. Como se ve en la figura, consta de un dipolo de  $H_0 = 15.55$  m alimentado con una línea equilibrada de transmisión de  $Z_0 = 300$  ohms y 10.36 m de longitud, con el aire como dieléctrico. Si se emplea cable paralelo de TV, hay que adecuar esta longitud en función de la velocidad de propagación del mismo.

Para 3.5 MHz, una parte de la línea (4 m) resuena junto con el dipolo en media longitud de onda. El resto de línea situado en la parte inferior del punto de 4 m no perturba demasiado la adaptación al alimentador de 75 ohms.

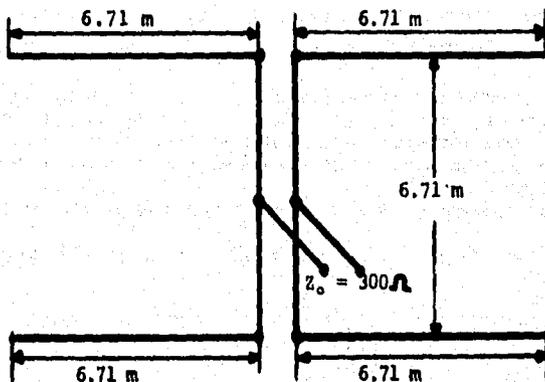
Para 7 MHz esta en presencia de un dipolo de una longitud de onda al adicionarse 4.7 m de la línea de alimentación. Igual que con los 3.5 MHz, el resto de línea por debajo del punto de 4.7, no influye demasiado en la adaptación de los 75 ohms.

Sobre los 14 MHz, la antena trabaja con el dipolo en 1.5 longitudes de onda y la línea de alimentación es de 0.5 longitudes de onda, por lo que la adaptación a los 75 ohms es perfecta.

A los 21 MHz el dipolo trabaja en 4 longitudes de onda utilizando unos 2 m de la línea de alimentación. La parte restante de la línea tiene una longitud próxima a 0.5 longitudes de onda y no influye de manera notable en la adaptación de los 75 ohms.

Para 28 MHz, la antena trabaja en 6 longitudes de onda y la línea de alimentación es de 1 longitud de onda. La unión de la línea de alimentación con el cable coaxial tiene una impedancia de 120 ohms que, frente a los 75 del cable coaxial, no produce una desadaptación apreciable.

La antena con las dimensiones de la figura siguiente es una LAZY-H que trabaja en 14, 21 y 28 MHz.



1.9.2.2. Antena Lazy-H.

Son dos antenas en paralelo por lo que la impedancia en los puntos de alimentación es la mitad de la de un dipolo solo.

Para 14 MHz, cada dipolo, junto con la línea de unión resuena en 1 longitud de onda. La impedancia en el punto de alimentación es de unos 300 ohms.

Para 21 MHz, cada dipolo resuena en 1 longitud de onda y la impedancia del punto de alimentación se mantiene alrededor de los 300 ohms.

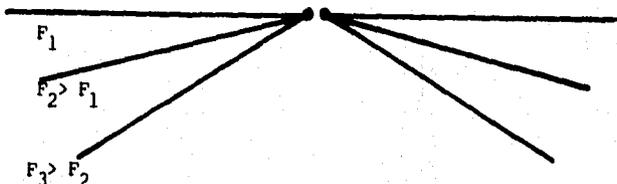
Para 28 MHz, cada dipolo trabaja en 2 longitudes de onda y también la impedancia del punto de alimentación vale sobre 300 ohms.

Situando el dipolo inferior a una altura superior a 6 m sobre el suelo, la antena tiene las siguientes ganancias sobre el dipolo:

|                  |        |
|------------------|--------|
| 14 MHz . . . . . | 4 dB   |
| 21 MHz . . . . . | 5.5 dB |
| 28 MHz . . . . . | > 6 dB |

### 1.9.3.- TERCER GRUPO.

Estas antenas están compuestas por formaciones de dipolos en paralelo, - con diferentes longitudes para cada uno o varios de ellos trabajan en una frecuencia determinada. La figura siguiente da idea de esta formación.



#### 1.9.3.1. Formación de dipolos en paralelo.

La ganancia de esta antena es aproximadamente la de un dipolo. Si se desea obtener una ganancia adicional, se puede disponer de una formación de dipolos cuyas longitudes y separaciones tienen una progresión logarítmica, y las frecuencias de trabajo son todas las comprendidas entre una máxima y una mínima.

Para calcular las longitudes de estos dipolos ocupamos la fórmula:

$$L = \frac{142.5}{F} = \text{longitud (en metros)}$$

Es conveniente instalar un sistema o balun de relación 1 a 1 para pasar de la simetría de la antena a la asimetría de la línea coaxial; esta antena puede instalarse entre dos puntos o postes, entre los que se colocarán los diferentes dipolos ordenados de mayor a menor longitud, con sus centros unidos a la bajada coaxial.

Al trabajar con esta antena existe el problema de la radiación de armónicos, detalle que puede solucionarse utilizando un acoplador de antena «coaxial a coaxial», instalado cerca del transmisor para obtener la mejor relación de ondas estacionarias. Al colocar los dipolos en paralelo y conectarlos en un punto con la bajada, no todos tienen la misma impedancia, sino -- que difieren algo de 75 ohms.

Para lograr la resonancia de varias frecuencias, otros tipos de antenas utilizan el sistema de trampas sintonizadas en paralelo e instaladas simétricamente del punto central, a lo largo de cada ramal; a la frecuencia de resonancia la trampa actúa como un aislador, desconectando la parte de la antena exterior a ella. En las frecuencias más bajas que la de resonancia actúan como cargas; esto es, alargando la antena, se permite acortar el dipolo para la frecuencia más baja.

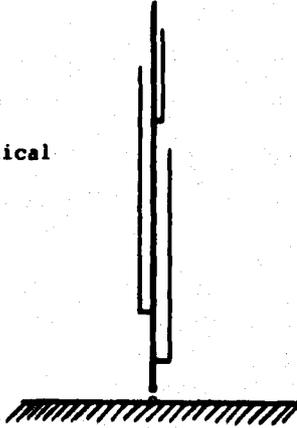
#### 1.9.4.- cuarto grupo.

Los dispositivos empleados en este grupo de antenas pueden ser: trampas, o bucles de fase.

Los bucles de fase se emplean normalmente en antenas verticales multibanda

da, una de las cuales se representa en la siguiente figura:

#### 1.9.4.1. Antena vertical multibanda.



Se trata de radiadores de cuarto de onda conectados al mástil que está resonando en la frecuencia más baja de las utilizadas (por lo que el resto es un radiador largo), en los puntos en que existe un nodo de corriente en la distribución de la misma a lo largo del mástil y para cada frecuencia de utilización.

Para lograr un ángulo de radiación bajo se emplea mucho la antena vertical llamada Marconi, de un cuarto de onda de longitud.

Esta antena se debe de instalar en lugares despejados, libre de objetos metálicos y con una buena tierra; en algunos casos se obtienen resultados satisfactorios con una conexión corta al sistema de tuberías de agua, pero siempre es aconsejable una buena toma de tierra independiente y de unos pocos ohms de resistencia.

Normalmente esta antena está aislada en su totalidad del suelo; en los casos más corrientes de alimentación, su resistencia de radiación es la mitad de la del dipolo, o sea, unos 37 ohms. Al igual que con los dipolos, se pueden construir con conductores múltiples y obtener un aumento de la impedancia; por ejemplo, con dos conductores cortocircuitados por el extremo opuesto al suelo, uno de ellos conectado a él. Entre el extremo del conductor y tierra tendremos 150 ohms.

Lo mismo ocurre con tres conductores conectados por el extremo más retirado de tierra y por el extremo próximo a tierra se conectan dos a ella; entre el otro extremo y tierra se tendrán 300 ohms, para así poder alimentar la antena con línea de este valor.

Muchas veces, el mayor problema que puede presentar este tipo de antenas consiste en lograr una buena tierra; por eso se ha desarrollado una variante, consistente en un plano de tierra artificial, empleando como mínimo cuatro conductores, dispuestos en forma de radiales horizontales en la base del cuarto de onda vertical. Estos radiales tienen la misma longitud que la de la antena, y además de no necesitar la toma de tierra, otra importante ventaja de esta antena consiste en que radiará en un ángulo vertical muy bajo independientemente de su altura sobre el suelo. Su lóbulo de radiación horizontal es omnidireccional, al igual que en la que se tienen toma de tierra.

La resistencia de radiación de la antena con plano de tierra es de unos 30 ohms aproximadamente, variando ligeramente según la relación longitud/diámetro del conductor empleado en ella.

Para alimentarla con una línea de 50 ohms se puede inclinar el plano de tierra unos  $45^\circ$  de la horizontal, logrando un aumento de la resistencia de radiación en la antena y una adaptación correcta.

Utilizando la propiedad de transformación de impedancias de una línea de un cuarto de onda, es posible alimentarla con un coaxial de 75 ohms, intercalando entre esta línea y la antena un cuarto de onda de cable coaxial de 50 ohms.

En esta antena también podemos colocar trampas para que con unas longitudes determinadas la podemos hacer resonar a diversas frecuencias.

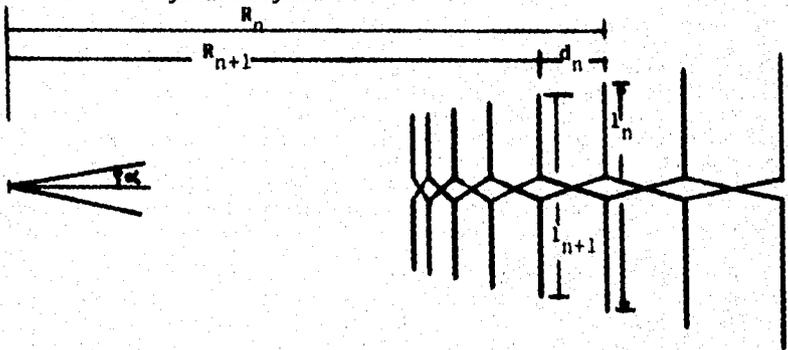
También es posible obtener una antena de longitud corta, arrollando helicoidalmente sobre una varilla aislante (cuanto más larga mejor será el rendimiento) una porción de alambre de una longitud de media onda. Este sistema, permite una distribución de tensión y corriente más lineal, que cuando se trabaja con una antena de cuarto de onda acortada mediante una bobina en la fase, consiguiendo un mejor rendimiento.

Enrollando la media onda de conductor, es posible que la antena quede algo corta; entonces se puede alargarla añadiendo un inductor con tomas en serie con ellas, en la base o mediante una varilla en la punta. Esta antena es de banda estrecha y por lo tanto sensible a la frecuencia. Para acortar las antenas verticales de cuarto de onda también se pueden instalar bobinas de carga en su extremo inferior o en el medio; esto ocasiona una baja resistencia de radiación y una alta reactancia, lo que obliga a utilizar redes de alto Q, para compensar la reactancia y transformar la resistencia a valores practicables. Por eso este tipo de antenas, solamente son utilizables en un margen de funcionamiento muy pequeño, alrededor de la frecuencia de diseño, empleándose en equipos móviles y en donde no es posible instalar otro tipo de antena. Dan buen rendimiento, a condición de que la energía esté eficientemente aplicada a la antena.

### 1.10.- ANTENAS LOGOPERIÓDICAS.

Esta antena es poco utilizada por el radioaficionado, utilizándose más en el campo profesional. Se caracteriza por su gran ancho de banda y su ganancia elevada (de 8 a 12 dB).

Esta antena está constituida por un número variable de dipolos paralelos dispuestos en el mismo plano, donde la longitud y el espaciamiento de los mismos varían regularmente en función de un factor  $T$  determinado a partir de la ganancia y el ancho de banda. Los dipolos están alimentados en contra fase con sus contiguos a partir del dipolo de menor longitud, tal como se indica en la siguiente figura:



#### 1.10.1. Antena logoperiódica.

Alimentada esta antena con una señal cuya frecuencia esté dentro de su ancho de banda, se establece una región resonante, una región directora y una región reflectora.

La región resonante está formada por una porción de dipolos cuya resonancia es la de la frecuencia de la señal o cercana a ella.

La región directora está formada por los dipolos más cortos que los de la región resonante.

La región reflectora está formada por los dipolos más largos que los de la región resonante.

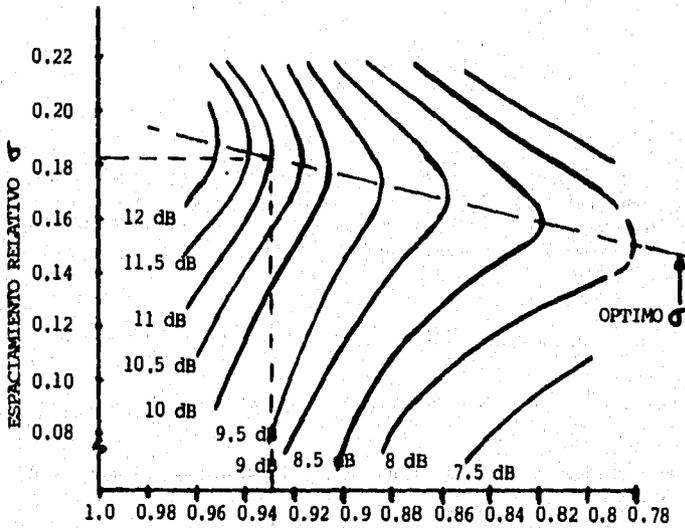
La ganancia de esta antena respecto a una Yagi de igual número de elementos es ligeramente inferior pero su relación F-E es mayor en razón de su mayor número de reflectores (salvo para las frecuencias más bajas).

Para el diseño de esta antena nos podemos apoyar en la siguiente gráfica para saber utilizar ésta se ejemplificará con un ejemplo.

Supongamos que queremos construir una antena que cubra desde 144 MHz hasta 432 MHz y deseamos una ganancia de 10.5 dB, impedancia de entrada de 300 ohms.

$$\text{Relación de frecuencias; } \frac{F_{\text{máx.}}}{F_{\text{mín.}}} = \frac{432 \text{ MHz}}{144 \text{ MHz}} = 3 = B$$

De la gráfica siguiente localizamos los 10.5 dB y de acuerdo con la recta de espaciamiento relativo óptimo y la curva de decibeles mencionada hacemos coincidir este punto de cruce en forma perpendicular al factor de escala y al espaciamiento relativo, quedándonos:



1.10.2. FACTOR DE ESCALA  $\gamma$ .

$\gamma = 0.93$   
 $\sigma = 0.17$

como  $\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{1-\gamma}{4\sigma}$

entonces:  $\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{1-0.93}{4(0.17)} = \text{tg}^{-1} \frac{0.07}{0.68} = 5.877^\circ$

Aunque el ancho de banda requerido es 3 : 1, para asegurar que las frecuencias límites tendrán las mismas características, Carrel recomienda un ancho de banda mayor  $B_s$  que est  relacionado al ancho de banda requerido -- por medio de:

$$B_s = B B_{ar}$$

Al término  $B_{ar}$  se le conoce como ancho de banda de la región activa que se relaciona con  $\gamma$  y  $\alpha$  en la fórmula:

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7 (1-\gamma)^2 \text{ctg} \alpha$$

sustituyendo para este caso queda:

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7 (1 - 0.93)^2 \text{ctg} 5.877^\circ = 1.46652$$

$$B_{ar} = 1.46652$$

por lo tanto:

$$B_s = 3 (1.46652) = 4.39956$$

Si la frecuencia central para las dos bandas ( $B$  y  $B_s$ ) es la misma, las frecuencias límites para la banda  $B_s$  puede calcularse a partir de:

$$f_{as} = f_a \frac{B+1}{B_s+1}$$

y

$$f_{bs} = B_s f_{as}$$

donde  $f_a$  y  $f_b$  representan las frecuencias inferior y superior de la banda A y  $f_{as}$  y  $f_{bs}$  las frecuencias inferior y superior de la banda B, respectivamente. Las ecuaciones anteriores se obtienen igualando las frecuencias medias para ambas bandas y utilizando el hecho de que  $f_a = B f_b$  y  $f_{bs} = B f_{as}$ . -- para nuestro caso:

$$f_{as} = 144 \frac{3 + 1}{4.39956 + 1} = 106.675 \text{ MHz.}$$

$$f_{bs} = 4.39956 (106.675) = 469.3246 \text{ MHz.}$$

El número de elementos en la antena se puede obtener de la expresión:

$$N = 1 + \frac{\log B_s}{\log(1/\gamma)}$$

Para nuestro caso:

$$N = 1 + \frac{\log(4.39956)}{\log\left(\frac{1}{0.93}\right)} = 21.41$$

Como el número de elementos no puede ser fraccionario se escoge  $N = 21$ . A criterio del diseñador el número de elementos puede escogerse con el entero superior o inferior de la fracción ya que se desea mayor seguridad en la frecuencia alta o menos elementos.

El siguiente paso en el diseño es la determinación de las dimensiones de la antena. La longitud del elemento más largo es  $\lambda/2$  de la frecuencia más baja de  $B_s$ .

$$\lambda_{as} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{106.675 \times 10^6 \text{ Hz}} = 2.81 \text{ m}$$

$$l_1 = \frac{\lambda_{as}}{2} = \frac{2.81 \text{ m}}{2} = 1.406 \text{ m.}$$

$$l_2 = \gamma l_1 = 0.93 (1.406 \text{ m}) = 1.31 \text{ m.}$$

$$l_3 = \gamma l_2 = 0.93 (1.31 \text{ m}) = 1.22 \text{ m.}$$

$$l_4 = \gamma l_3 = 0.93 (1.22 \text{ m}) = 1.13 \text{ m.}$$

$$l_5 = \gamma l_4 = 0.93 (1.13 \text{ m}) = 1.05 \text{ m.}$$

$$l_6 = \gamma l_5 = 0.93 (1.05 \text{ m}) = 0.98 \text{ m.}$$

De la misma forma se calculan las demás longitudes de los segmentos. Las distancias entre elementos serán:

$$d_1 = 2 \phi_1 l_1 = 2(0.17)(1.406\text{m}) = 0.48 \text{ m.}$$

$$d_2 = 0.34(1.31\text{m}) = 0.44\text{m.}$$

$$d_3 = 0.34(1.22\text{m}) = 0.41\text{m.}$$

y así sucesivamente se calculan las demás distancias entre elementos que dando la siguiente tabla:

| LONGITUD DEL ELEMENTO       | DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS   |
|-----------------------------|-----------------------------|
| $l_1 = 1.406 \text{ m.}$    | $d_1 = 0.478 \text{ m.}$    |
| $l_2 = 1.308 \text{ m.}$    | $d_2 = 0.445 \text{ m.}$    |
| $l_3 = 1.216 \text{ m.}$    | $d_3 = 0.413 \text{ m.}$    |
| $l_4 = 1.131 \text{ m.}$    | $d_4 = 0.385 \text{ m.}$    |
| $l_5 = 1.052 \text{ m.}$    | $d_5 = 0.358 \text{ m.}$    |
| $l_6 = 0.978 \text{ m.}$    | $d_6 = 0.333 \text{ m.}$    |
| $l_7 = 0.910 \text{ m.}$    | $d_7 = 0.309 \text{ m.}$    |
| $l_8 = 0.846 \text{ m.}$    | $d_8 = 0.288 \text{ m.}$    |
| $l_9 = 0.787 \text{ m.}$    | $d_9 = 0.268 \text{ m.}$    |
| $l_{10} = 0.732 \text{ m.}$ | $d_{10} = 0.249 \text{ m.}$ |
| $l_{11} = 0.681 \text{ m.}$ | $d_{11} = 0.231 \text{ m.}$ |
| $l_{12} = 0.633 \text{ m.}$ | $d_{12} = 0.215 \text{ m.}$ |
| $l_{13} = 0.589 \text{ m.}$ | $d_{13} = 0.200 \text{ m.}$ |
| $l_{14} = 0.547 \text{ m.}$ | $d_{14} = 0.186 \text{ m.}$ |
| $l_{15} = 0.509 \text{ m.}$ | $d_{15} = 0.173 \text{ m.}$ |
| $l_{16} = 0.473 \text{ m.}$ | $d_{16} = 0.161 \text{ m.}$ |
| $l_{17} = 0.440 \text{ m.}$ | $d_{17} = 0.150 \text{ m.}$ |
| $l_{18} = 0.409 \text{ m.}$ | $d_{18} = 0.139 \text{ m.}$ |
| $l_{19} = 0.381 \text{ m.}$ | $d_{19} = 0.129 \text{ m.}$ |
| $l_{20} = 0.354 \text{ m.}$ | $d_{20} = 0.120 \text{ m.}$ |
| $l_{21} = 0.329 \text{ m.}$ |                             |

**TABLA 1.10.5.**

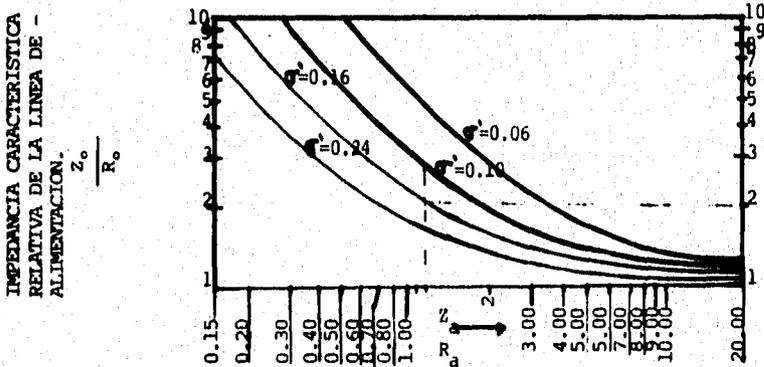
El diseño de la línea de alimentación se hace para dar la impedancia de entrada que se requiere, la cual depende también de  $\sigma'$  y de la impedancia característica promedio de los dipolos que a su vez está determinada por la relación longitud-diámetro de los tubos que forman los elementos, puede calcularse a partir de:

$$Z_a = 120 \left( \ln \frac{h}{a} - 2.25 \right)$$

Para nuestro caso: escogemos tubo con un diámetro de 7,5 mm lo que da una relación promedio para los 21 elementos de 1:200 por lo que:

$$Z_a = 120 (\ln 200 - 2.25) = 365.798 \Omega$$

La impedancia de la línea, normalizada a  $R_0$  (impedancia de entrada requerida), se determina utilizando la siguiente gráfica:



### 1.10.3. Gráfica de impedancia de línea normalizada.

El parámetro  $\sigma'$  de la figura anterior se conoce como espaciamento medio relativo el cual toma en cuenta la variación de la carga que cada elemento presente en la línea de alimentación. Este espaciamento está definido por:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{T^{1/2}}$$

Para el presente diseño se tiene:

$$\sigma' = \frac{0.17}{(0.93)^{1/2}} = 0.176$$

Para usar la gráfica de la figura anterior, se normaliza  $Z_a$  a  $R_o$  y se obtiene la  $Z_o$  normalizada, por lo tanto:

$$Z_a = \frac{365.798}{300} = 1.22$$

Con todos estos valores de  $\sigma'$  y  $Z_a/R_o$  se obtiene:

$$Z_o/R_o = 2$$

por lo que:

$$Z_o = 2 (300) = 600$$

La impedancia característica de la línea de conductores paralelos está dada por:

$$Z_o = 120 \cos h^{-1} \frac{d}{D}$$

donde  $d$  representa la separación entre conductores y  $D$  su diámetro. La línea de alimentación de la antena puede ser el soporte de los elementos o también un par de conductores paralelos entrecruzados y con un soporte independiente de los dipolos, la selección de una u otra opción está determinada por las dimensiones de la línea. para el caso del diseño:

$$\frac{d}{D} = \cos h \frac{Z_o}{120} = \cos h \frac{600}{120} = 74.2$$

Como la relación  $d/D$  es muy grande es más conveniente tener un soporte para los dipolos y una línea de transmisión hecha de conductores delgados. Podemos escoger  $D = 1 \text{ mm}$  por lo que:

$$d = 74.2 (1) = 74.2 \text{ mm} = 7.42 \text{ cm}$$

Con este cálculo se termina el diseño. Las características óptimas dependerán de cada diseño particular.

A partir de la antena logarítmica, se desarrollaron nuevos diseños para perfeccionarlas en dos aspectos principalmente: direccionalidad y facilidad de construcción. El éxito mayor se obtuvo con la antena logarítmica periódica dipolar, construida de un arreglo de dipolos cuyas dimensiones y separación está gobernada por la constante  $\gamma$  de acuerdo con la expresión:

$$\gamma = \frac{L_n + 1}{L_n} = \frac{d_n + 1}{d_n}$$

La alimentación de los dipolos introduce un defasamiento de  $180^\circ$  al cruzar la línea de alimentación en cada dipolo. Debido a que la alimentación se hace en el elemento más corto, la antena se comporta como un arreglo de radiación colineal pero con el máximo en la dirección del generador. esta estructura mantiene las características de independencia de la frecuencia pero con un patrón de radiación unidireccional. Posteriormente se demostró experimentalmente que la radiación proviene de los dipolos cuya longitud es

comparable con  $\lambda/2$  y que las corrientes y voltajes en los dipolos más grandes respecto a  $\lambda/2$  son despreciables. La banda de frecuencias de operación está limitada por las dimensiones de los dipolos de los extremos.

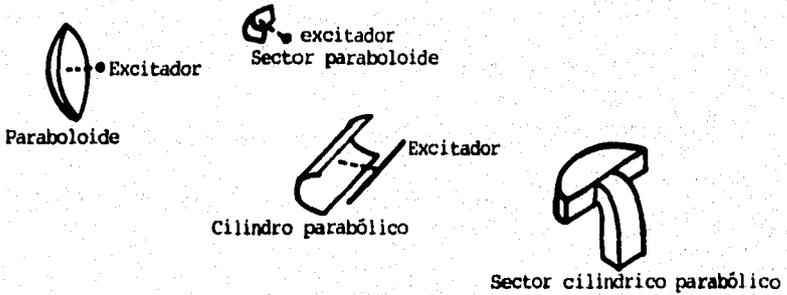
Un análisis detallado de una antena logarítmica periódica dipolar, fué hecho por R.L. Carrel como tesis de doctorado, la que se dividía en dos partes: la primera se presentaba en detalle la distribución de corrientes y voltajes en la estructura y la segunda un conjunto de curvas y monogramas así como un procedimiento para determinar las dimensiones de la antena, para cumplir objetivos de diseño.

### 1.11.- ANTENAS PARABÓLICAS.

Esta es una antena que forma parte de un grupo que funciona apoyándose en un reflector para conseguir una gran ganancia directiva, gran ancho de banda, así como un gran rendimiento.

Constan de un espejo y un excitador. Veamos primero la naturaleza del espejo.

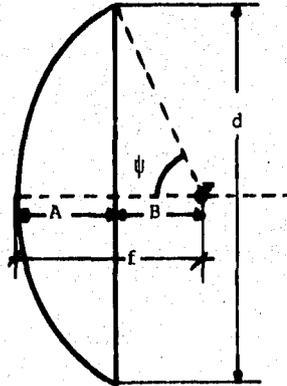
Puede ser un paraboloide de revolución, un sector del mismo, un cilindro parabólico o un segmento del mismo limitado por dos planos conductores paralelos. La figura siguiente muestra estos tipos:



#### 1.11.1. Tipos de reflectores o espejos.

Por ser más común su uso del paraboloide de revolución, en este caso trataré algunos detalles en forma superficial que más adelante se verán en forma profunda ya que el tema de esta tesis está enfocado a este tipo de antenas.

La figura siguiente muestra un paraboloide de revolución:



#### 1.11.2. Paraboloide de revolución.

En él hay que tener en cuenta, las siguientes dimensiones:

- Abertura ( $d$ )
- Ángulo de apertura ( $\psi$ )
- Distancia focal ( $f$ )

- \_\_\_ Factor de efectividad ( $\gamma$ )
- \_\_\_ Ganancia (G)
- \_\_\_ Anchura del diagrama de directividad ( $2\theta$ )

Definición de conceptos:

Abertura: Es el valor del diámetro de la circunferencia formada por los bordes de la parábola.

Angulo de abertura: Es el valor del ángulo formado por la línea focal y la que une el punto focal con el borde de la parábola.

Distancia focal: Es lo que mide la línea que une el vértice de la parábola con el punto focal.

Factor de efectividad: Es una constante a aplicar y es función de la perfección constructiva de la parábola (suele valer de 0,5 a 0,8).

La formulación para determinar estos parámetros, es la siguiente:

Abertura

$$d = \lambda \sqrt{\frac{G}{1,5 \pi}} \text{ metros, suponiendo el mismo valor de } \gamma (0.5).$$

Angulo de abertura

A fin de conseguir un campo eléctrico uniforme, es recomendable fijar un ángulo de  $62^\circ$ .

Distancia focal

$$f = \frac{d}{4 \operatorname{tg} \left( \frac{\psi}{2} \right)}$$

Para datos constructivos, podemos desglosar f en A y B

$$B = \frac{d}{2} \operatorname{tg} (90 - \psi)^\circ ; \quad A = f - B$$

Ganancia

En valores absolutos es aproximadamente

$$G = 6 \text{ a } 8 \frac{S}{\lambda^2}$$

siendo,

$$S = \pi \frac{d^2}{4}$$

la superficie del círculo formado por el borde de la parábola de diámetro d.

El factor 6 a 8, depende del factor de efectividad. A efectos de cálculos, es conveniente escoger 6 para dar mayor margen de seguridad en el error final.

Anchura del diagrama de directividad

la anchura en el plano vertical es:

$$2 \theta_E = \left( 75 - \frac{\lambda}{d} \right)^\circ$$

La anchura en el plano horizontal es:

$$2 \theta_H = \left( 70 - \frac{\lambda}{d} \right)^\circ$$

El contorno del paraboloide se puede determinar por las siguientes ecuaciones:

$$x = \frac{y^2}{K}$$

Siendo K una constante determinada por  $K = \frac{(d/2)^2}{A}$  y x e y los ejes de un sistema de coordenadas, o bien:

$$x = \sqrt{4f - y^2}$$

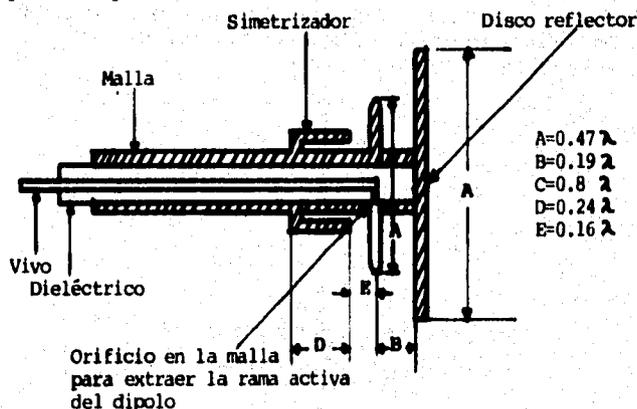
Dando valores a "y" determinamos "x".

Con esta última ecuación, es aconsejable fijar un ángulo de apertura de 70 a 80°.

El excitador es un elemento importante de la antena ya que determina en gran parte las características generales del sistema. Debe cumplir los siguientes requisitos:

- \_\_\_ Tener un diagrama de radiación tal que se pierda la mínima energía fuera de los bordes del espejo.
- \_\_\_ Las dimensiones transversales deben ser mínimas, para perturbar lo menos posible al campo reflejado por el espejo.
- \_\_\_ El ancho de banda debe ser suficiente para cubrir la banda de trabajo de la antena.
- \_\_\_ No le deben afectar los agentes meteorológicos.

Entre los excitadores existentes, uno de los más usados es el dipolo. Está compuesto de un dipolo y un reflector en forma de disco, como el que se muestra en la siguiente figura:



### 1.11.3. Excitador o polarrotor.

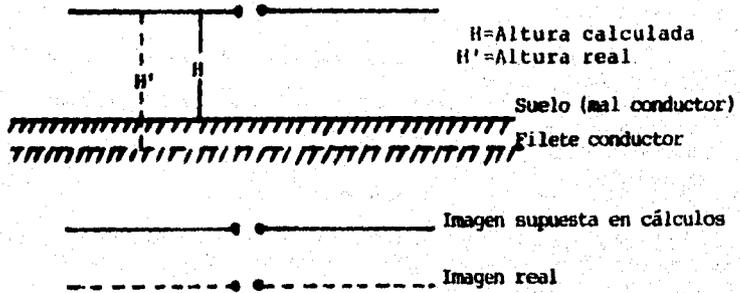
Para alimentar el dipolo se puede utilizar una línea coaxial o un guía de ondas. La figura anterior muestra la alimentación con coaxial y un simetrizador en forma de vaso de cuarto de onda. Las dimensiones apropiadas de este sistema, se dan en la figura.

A fin de que la radiación del dipolo llegue con sus líneas de fuerza, todas en fase, al espejo, el punto focal debe coincidir con el reflector.

### 1.12.- PLANOS DE TIERRA.

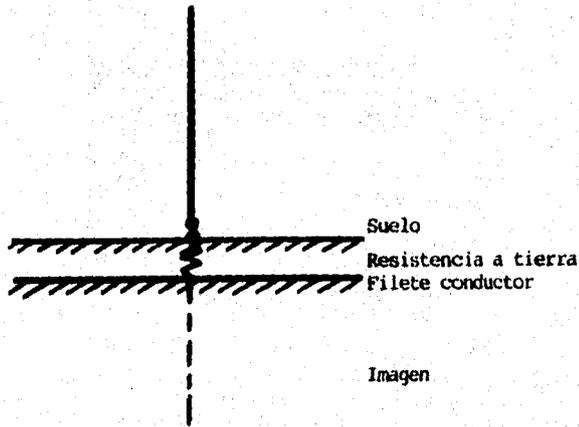
Siempre que calculamos una antena práctica debemos imaginarla frente o sobre una pantalla perfectamente conductora, pero en la práctica es imposible conseguir tal pantalla, que consiste en un círculo de cobre de diámetro infinito.

Dado que la mejor conductividad del suelo no suele corresponder a su superficie, no podemos determinar con exactitud la separación entre una antena y su imagen, por lo que los cálculos resultarían estimativos, como se muestra en la siguiente figura:



#### 1.12.1. Plano de tierra para un dipolo.

Asimismo, y referente a los monopolos con plano de tierra, puede ocurrir lo mostrado en la siguiente figura:

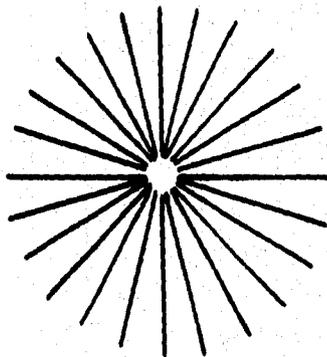


#### 1.12.2. Plano de tierra para un monopolo.

en que la resistencia de tierra se suma a la componente resistiva de la impedancia de entrada, modificando la impedancia calculada y al mismo tiempo, dando lugar a un consumo de la potencia aplicada que no va a ser radiada, por lo que disminuye su rendimiento y, al separarse la imagen, también se modifica su diagrama de radiación, deformándose.

Para evitar esto, es mejor construir una tierra artificial que sería el mencionado círculo de cobre, pero como es imposible, recurrimos al plano de tierra o contraantena que es ni más ni menos líneas de transmisión abiertas y

de una longitud eléctrica de cuarto de onda o múltiplos impares que presentan una impedancia muy pequeña, por ser resonantes en serie a la frecuencia de -- trabajo y estar puestas en paralelo con la resistencia de tierra, por lo que disminuyen ésta hasta valores despreciables. Esta disminución será tanto mayor sea el número de estas líneas conectadas en paralelo. Cada semilongitud de una línea, recibe el nombre de radial por estar extendidas al pie de la -- antena según los radios de una circunferencia como se muestra en la figura -- siguiente:



### 1.12.3. Plano de tierra con radiales de cuarto de onda.

Su longitud física debe ser algo mayor que la eléctrica (un 5% aproximadamente) para, con su mayor inductancia, compensar la capacidad adicional a tierra dada su proximidad a la misma. Todo esto nos permite situar los monopolos alejados del suelo.

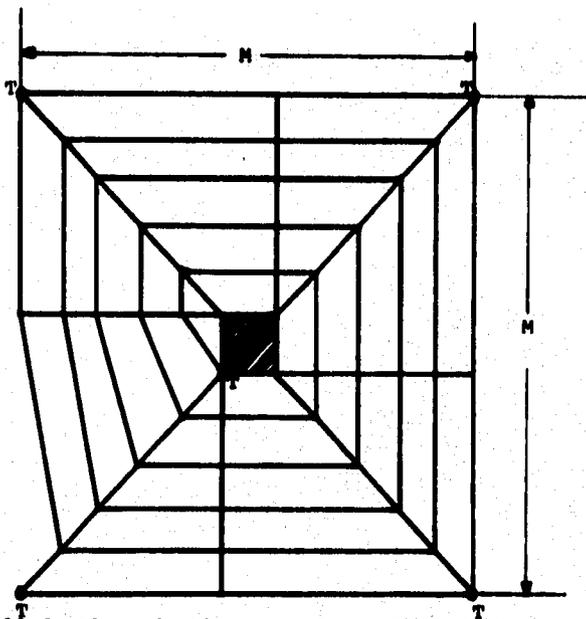
El número de radiales varía según las necesidades de rendimiento de la antena, así como el espacio disponible para su ubicación.

Las antenas comerciales de radiodifusión suelen tener 120 radiales. Con 3 o 4 radiales se consiguen pérdidas de tierra razonablemente bajas. Lógicamente, 1 radial es el mínimo admisible.

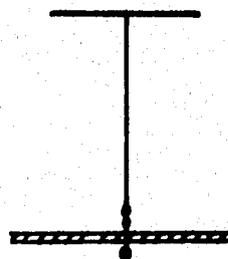
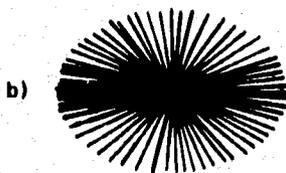
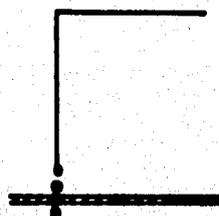
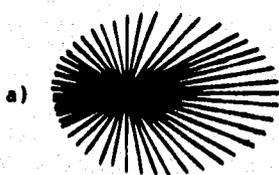
El ancho de banda de trabajo de la antena está a su vez influido por los radiales, los cuales, para minimizar este efecto, deberán ser lo más numerosos y gruesos posible.

Cuando el espacio disponible no es suficiente para albergar el plano de tierra anterior, se puede construir el mostrado en la siguiente figura, el cual sólo está condicionado a la altura del monopolo.

La figura siguiente muestra un plano de tierra con diversas tomas de tierra. como mínimo, se debe conectar al menos una toma (la central) con un conductor lo más grueso y corto posible. Asimismo, el lado M debe ser al menos la mitad de la altura del monopolo.



1.12.4. Plano de tierra en forma de espiral cuadrada.  
 La figura siguiente muestra los planos de tierra para una antena L invertida y en T.



1.12.5. a) Plano de tierra para una antena en L invertida.  
 b) plano de tierra para una antena en T.

## **CAPÍTULO II.**

### **PARÁMETROS DE ANTENAS EN GENERAL.**

## **2 .- PARÁMETROS DE ANTENAS EN GENERAL.**

### **2.1 .- INTRODUCCIÓN.**

Las antenas y los sistemas de antenas son caracterizados por un conjunto de parámetros que las diferencian entre sí y que sirven de base para seleccionar la más adecuada, para alguna aplicación particular.

En esta sección definiré los parámetros más importantes aplicados a antenas como son:

- \* El patrón de radiación.
- \* La ganancia.
- \* La ganancia directiva.
- \* La relación entre ganancia y directividad.
- \* La eficiencia.
- \* La longitud efectiva.
- \* El área efectiva.
- \* La fórmula de Friis y
- \* La atenuación en el espacio libre.

Este capítulo presenta en sí un estudio de los principales parámetros que rigen el comportamiento de las antenas y que también sirven como elementos de comparación para la aplicación particular que se haga en cada radiador.

## 2.2 .- PATRÓN DE RADIACIÓN.

El patrón de radiación es una gráfica, usualmente en papel polar que muestra la forma en que el campo eléctrico (o el magnético) varía con el ángulo  $\theta$  o el ángulo  $\phi$  de las coordenadas esféricas. Físicamente, el patrón de radiación representa la distribución de la energía del campo electromagnético en el espacio.

En general, la intensidad de campo eléctrico de cualquier antena puede representarse por:

$$E = KF(\theta, \phi) \dots \dots \dots (1)$$

donde  $F(\theta, \phi)$  es una función de  $\theta$ , de  $\phi$ , o de ambas que pueden tabularse para  $\theta$  o para  $\phi$ .

En teoría de antenas se conoce a  $F(\theta, \phi)$  como la amplitud normalizada del patrón direccional de la antena que se define como la relación de la magnitud de la intensidad de campo en la zona de radiación, en una dirección determinada, a la magnitud de la intensidad de campo en la zona de radiación en la dirección de máxima radiación.

Como ejemplo, grafiquemos el patrón de radiación de un elemento de corriente. La expresión de campo eléctrico es:

$$E_{\theta} = -\frac{Idl \omega \sin \theta}{4\pi \epsilon r v^2} \sin \omega(t - \frac{r}{v}) \dots \dots \dots (2)$$

De la ecuación (2) es claro que:

$$K = -\frac{Idl \omega}{4\pi \epsilon r v^2} \sin \omega(t - \frac{r}{v})$$

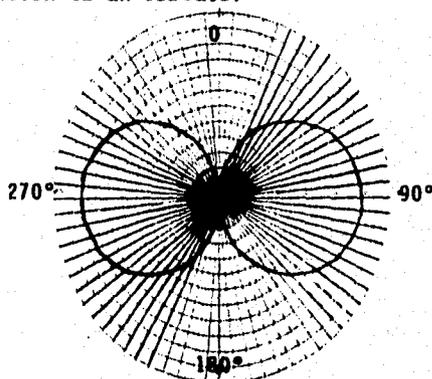
$$F(\theta, \phi) = \sin \theta \dots (3)$$

La tabla (1) muestra los valores obtenidos para diferentes valores de  $\theta$  y la figura (1) el patrón de radiación para  $\theta$ .

2.2.1. TABLA 1.

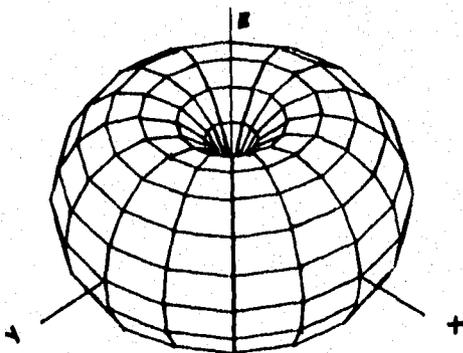
| $\theta$ | $F(\theta, \phi)$ | $\theta$ | $F(\theta, \phi)$ | $\theta$ | $F(\theta, \phi)$ |
|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|
| 0        | 0                 | 60       | 0.866             | 130      | 0.766             |
| 10       | 0.174             | 70       | 0.94              | 140      | 0.643             |
| 20       | 0.342             | 80       | 0.985             | 150      | 0.5               |
| 30       | 0.5               | 90       | 1                 | 160      | 0.342             |
| 40       | 0.643             | 100      | 0.985             | 170      | 0.174             |
| 50       | 0.766             | 110      | 0.94              | 180      | 0                 |
|          |                   | 120      | 0.866             |          |                   |

Como  $F(\theta, \phi)$  depende de  $\phi$ , como muestra la ecuación (3), es evidente que la función es constante para cualquier valor de  $\phi$  y el patrón de radiación es un círculo.



2.2.1. FIGURA (1)

Si se combinan los dos patrones de radiación (para  $\theta$  y  $\phi$ ) se obtendrá el patrón volumétrico de campo como indica la figura (2), como se observa, la distribución del campo eléctrico es una superficie de revolución, es decir: el patrón de radiación en  $\theta$  grado 360 grados.



2.2.2. FIGURA (2)

En otras palabras el patrón de radiación se refiere a la intensidad de la señal radiada en cada dirección alrededor de una antena. Un radiador fuente punto (idealizado) localizado en el espacio exterior tendría un patrón de radiación que sería una esfera perfecta. Esto significa que la intensidad de campo, medida en una distancia fija dada desde el radiador en cualquier dirección, tiene el mismo valor.

### 2.3 .- GANANCIA.

Se define ganancia de una antena como la relación entre la densidad de potencia radiada en un cierto punto y la densidad de potencia radiada en el mismo punto por una antena de referencia.

$$G = \frac{P}{P_r} \dots \dots (4)$$

Es claro que la antena de referencia puede ser cualquiera, sin embargo, es necesario especificar la clase de antena de que se trate.

La ganancia también puede expresarse como la relación entre los campos de radiación en la siguiente forma:

$$G = \frac{E^2}{E_r^2} \dots \dots (5)$$

Usualmente la ganancia de una antena se expresa en dB en la siguiente forma:

$$G_{dB} = 10 \log \frac{P}{P_r} = 20 \log \frac{E}{E_r} \text{ dB.} \dots (6)$$

## 2.4 .- GANANCIA DIRECTIVA.

Cuando la antena de referencia es un radiador isotrópico, la relación entre las densidades de potencia se llama ganancia directiva.

Un radiador isotrópico es una antena hipotética que tiene la facultad de radiar igualmente en todas direcciones, tal facultad implica que la potencia total radiada se distribuye uniformemente en el espacio y por tanto, el patrón de radiación para  $\theta$  y para  $\phi$  son omnidireccionales; bajo estas condiciones la potencia radiada está distribuida uniformemente en el área de una esfera, es decir:

$$P_r = \frac{W_r}{4\pi r^2} \dots \dots (7)$$

Por lo anterior, la ganancia directiva es:

$$G_D = \frac{P}{\frac{W_r}{4\pi r^2}}$$

$$G_D = \frac{P}{W_r} 4\pi r^2 \dots \dots (8)$$

Una definición similar, considera que la ganancia directiva es la relación entre la densidad de potencia de la antena y la densidad de potencia promedio, que implica que la potencia radiada se distribuye uniformemente en el espacio. Esta definición alternativa, da el mismo resultado indicado en las ecuaciones (7) y (8).

Un ejemplo de lo anterior es: Calcular la ganancia directiva de un elemento de corriente.

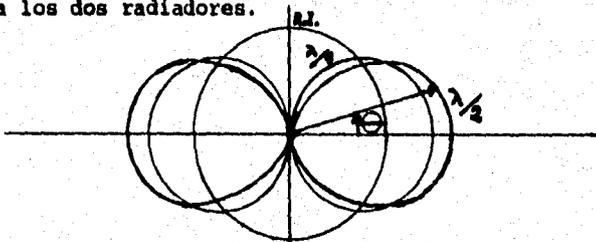
$$P = \frac{I^2 dl^2 \omega^2}{32\pi^2 \epsilon v^3 r^2} \sin^2 \theta$$

$$W_r = \frac{I^2 dl^2 \omega^2}{12\pi \epsilon v^3}$$

entonces:

$$G_D = \frac{\frac{I^2 dl^2 \omega^2}{32\pi^2 \epsilon v^3 r^2} \sin^2 \theta}{\frac{I^2 dl^2 \omega^2}{12\pi \epsilon v^3}} 4\pi r^2 = 1.5 \sin^2 \theta \dots (9)$$

Como se observó en el ejemplo anterior, la ganancia directiva es función del ángulo  $\theta$ , físicamente esta dependencia implica que la ganancia no es la misma en todas direcciones, es decir, la densidad de potencia radiada por la antena puede ser mayor, menor o igual que la densidad de potencia radiada por el radiador isotrópico; la figura (3) representa la gráfica polar de la ecuación (9) y de la ganancia directiva de un radiador isotrópico de uno. Esta figura representa la distribución de energía en el espacio para los dos radiadores.



2.4.1. FIGURA (3)

Usualmente las antenas se dirigen en la dirección de máxima radiación o máxima recepción por lo que es muy útil el término valor máximo de la ganancia directiva que también se conoce como directividad.

$$D = G_{D\text{máx}} \dots (10)$$

## 2.5 .- RELACIÓN ENTRE GANANCIA Y DIRECTIVIDAD.

La definición de directividad esta en función de un radiador isotrópico, debido a que no puede ser obtenida por mediciones, debido que es imposible construir la antena de referencia, por lo que para obtener la directividad de la antena, se mide primero su ganancia respecto a una antena patrón usualmente un dipolo de  $\lambda/2$ , la directividad se puede obtener de la siguiente forma:

De la ecuación (4)

$$G = \frac{P}{P_i}$$

además:

$$\frac{P_{máx}}{P_i} = D_r$$

ó

$$P_{máx} = P_i D_r$$

donde  $P_i$  es la densidad de potencia del radiador isotrópico.  
Entonces:

$$G = \frac{P}{P_i D_r} = \frac{D}{D_r}$$

y

$$D = G D_r \dots \dots \dots (11)$$

La ecuación (11) indica que la directividad de cualquier antena es igual al producto de su ganancia respecto a cualquier antena de referencia y la directividad de la misma.

### 3.6 .- EFICIENCIA.

Se define la eficiencia de una antena como la relación entre la potencia radiada y la potencia de alimentación.

$$\epsilon = \frac{W_T}{W_A} \dots \dots \dots (12)$$

No toda la potencia de alimentación de una antena se convierte en potencia electromagnética radiada, por lo contrario, parte de esa potencia se convierte en calor por efecto Joule, debido a que el conductor que forma la antena tiene una resistencia óhmica propia. La potencia de alimentación es igual a la suma de la potencia radiada por la antena más la potencia pérdida principalmente en forma de calor, es decir:

$$W_A = (R_r + R_p) I_{ef}^2$$

por lo que

$$\epsilon = \frac{R_r I_{ef}^2}{(R_r + R_p) I_{ef}^2} = \frac{R_r}{R_r + R_p} \dots \dots (13)$$

En un sistema de comunicaciones es importante mantener una eficiencia lo más alta posible utilizando tan buenos conductores como lo permitan las condiciones mecánicas y de costos.

## 2.7 .- LONGITUD EFECTIVA.

Se define la longitud efectiva de una antena como la longitud de un radiador hipotético con distribución uniforme de corriente de magnitud  $I(0)$  que radia la misma intensidad de campo en la dirección de máxima radiación.  $I(0)$  es la corriente en las terminales de la antena real.

La longitud efectiva de una antena, es el término usado para indicar la efectividad de la antena como radiador o colector de energía electromagnética, debido a que la distribución de corriente de una antena no es uniforme cada punto de la antena no radia la misma energía, la longitud efectiva representaría un promedio de distribución de corriente para cada uno de esos puntos.

Para una antena transmisora, la longitud efectiva puede obtenerse de:

$$I_{ef} = \frac{1}{I(0)} \int_{-L/2}^{L/2} I(z) dz \dots (14)$$

Para una antena de distribución senoidal de corriente:

$$I_z = I_m \sin \beta (H-z) \text{ para } z > 0$$

$$I_z = I_m \sin \beta (H+z) \text{ para } z < 0$$

Entonces para  $z = 0$

$$I(0) = I_m \sin \beta H$$

por lo que su longitud efectiva será:

$$I_{ef} = \frac{1}{I_m \sin \beta H} \left[ \int_0^{L/2} I_m \sin \beta (H-z) dz + \int_{-L/2}^0 I_m \sin \beta (H+z) dz \right]$$

Integrando, sustituyendo límites y reagrupando se tiene:

$$I_{ef} = \frac{\lambda}{\pi} \frac{(1 - \cos \beta H)}{\sin \beta H} \dots \dots \dots (15)$$

Para una antena de media longitud de onda

$$I_{ef} = \frac{\lambda}{\pi} \dots \dots (16)$$

Esto implica que la longitud efectiva será:

$$I_{ef} = \frac{2L}{\pi} = 0.637L \dots \dots (17)$$

$$ya\ que\ L = \frac{\lambda}{2}$$

En las primeras etapas de desarrollo de la teoría de antenas, cuando se utilizaban antenas de frecuencias bajas, la longitud efectiva era uno de los parámetros principales ya que era necesario comparar antenas de construcción diferente de acuerdo a su potencia radiada. Pero a medida que las frecuencias útiles fueron aumentando y por tanto, la forma de las antenas fue cambiando para hacerlas más directivas, la longitud efectiva fue perdiendo importancia, pero su utilidad sigue siendo válida, ya que es posible definir una expresión general del campo eléctrico, en función de ella en la siguiente forma:

$$E = j \frac{\eta}{2\lambda} I_{ef} I_m \frac{e^{-j\theta r}}{r} F(\theta, \phi) \dots \dots (18)$$

6

$$E = \frac{30\beta I_{ef} I_m e^{-j\theta r}}{r} F(\theta, \phi) \dots \dots (19)$$

Por ejemplo, para una antena corta cuya distribución de corriente es constante (la longitud efectiva de la antena es igual a su longitud física) el campo eléctrico es:

$$E = \frac{30 I_m L}{r} e^{-j\theta r} \sin\theta$$

Para una antena de media longitud de onda se tiene:

$$E = \frac{30\eta I_m 0.637 L e^{-j\beta r} \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{2\lambda r \sin\theta} = \frac{60 I_m e^{-j\beta r} \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{r \sin\theta}$$

En el caso más general, la longitud efectiva puede obtenerse a partir de la potencia radiada por la antena, partiendo de que:

$$W_T = R_r I_a^2 = \iint P \cdot da = \int \frac{|E|^2}{2\eta} r^2 d\Omega \dots (20)$$

donde la diferencial de omega es la diferencial del ángulo sólido

$$d\Omega = \sin\theta d\theta d\phi$$

sustituyendo la ecuación (18) en la ecuación (20) tendremos:

$$W = \frac{\eta I_m^2 L^2}{8\lambda^2} \int F^2(\theta, \phi) d\Omega \dots (21)$$

en donde el integrando representa el valor normalizado de  $F(\theta, \phi)$  a su valor máximo.

Recordando la definición de directividad tenemos que:

$$G_{Dmax} = D = \frac{P_{max}}{4\pi r^2}$$

ó también:

$$D = \frac{K F_{max}^2(\theta, \phi)}{\int F^2(\theta, \phi) d\Omega} 4\pi \dots (22)$$

En la ecuación (22) K es la constante independiente de  $\theta$  y  $\phi$  que multiplica a la función  $F(\theta, \phi)$  y como esta normalizado a su valor máximo de modo que:

$$F_{\text{max}}^2(\theta, \phi) = 1,$$

entonces:

$$\int F^2(\theta, \phi) d\Omega = \frac{4\pi}{D} F_{\text{max}}^2(\theta, \phi)$$

6

$$\int F^2(\theta, \phi) d\Omega = \frac{4\pi}{D} \dots (23)$$

sustituyendo (23) en (21) tendré:

$$W = \frac{\eta I_m^2 I_{\text{ef}}^2 4\pi}{8\lambda^2 D} = \frac{R_r I_m^2}{2} \dots (24)$$

de donde

$$R_r = \frac{\eta I_{\text{ef}}^2 \pi}{\lambda^2 D} \dots (25)$$

quedando

$$I_{\text{ef}} = \sqrt{R_r \frac{D}{\pi} \eta * \lambda} \dots (26)$$

En general, para cualquier antena de distribución senoidal de corriente:

$$I_{\text{ef}} = 0.637 L \dots (27)$$

La longitud efectiva es más importante cuando se aplica a antenas receptoras, desde este punto de vista:

$$I_{\text{ef}} = \frac{V_{\text{ca}}}{E} \dots (28)$$

donde  $V_{ca}$  es el voltaje en circuito abierto de las terminales de la antena receptora. La longitud efectiva relaciona el campo eléctrico existente en el punto donde está colocada la antena con el voltaje en sus terminales.

Para cualquier antena el principio de reciprocidad es válido, es decir, los parámetros de una antena son independientes de su uso como receptora o transmisora, por lo tanto, es posible determinar la longitud efectiva a partir de la ecuación (26) y utilizar el resultado para obtener el voltaje en circuito abierto de la misma antena, usando la ecuación (28).

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

### 2.8 .-ÁREA EFECTIVA.

Es la relación entre la potencia entregada por la antena a sus terminales y la densidad de potencia existente en el punto donde está colocada. Esta definición le da a la antena el carácter de transductor, es decir, convierte la energía electromagnética a su alrededor en energía eléctrica en sus terminales.

$$A_{ef} = \frac{W}{P} m^2 \dots (29)$$

Para que la transformación de energía sea como indica la ecuación (29) se requieren las siguientes condiciones:

1.- La antena debe entregar su energía a una carga acoplada de tal forma que no haya reflexiones.

2.- La antena transmisora y la receptora deben tener la misma polarización, o en otras palabras, la antena receptora debe tener la polarización del campo incidente.

3.- La antena debe tener una eficiencia del 100%, es decir no debe tener pérdidas.

El área efectiva está vinculada con la magnitud de la potencia que la antena puede extraer de la onda electromagnética incidente, se dice que es el área del frente de onda electromagnética de donde la antena puede extraer energía para entregarla a la carga acoplada, suponiendo que se cumplen las tres condiciones anteriores.

La máxima potencia posible entregada en la carga acoplada es:

$$W = \frac{V^2}{4R_r} \dots (30)$$

La ecuación (30) representa la máxima potencia entregada bajo condiciones de máxima transferencia de energía y sin pérdidas en la antena. sustituyendo las ecuaciones (28) y (30) en la ecuación (29) y considerando a V y E como valores efectivos, se tiene:

$$A_{ef} = \frac{V^2}{4PR_r} = \frac{I_{ef}^2 E^2 \eta}{4E^2 R_r} = \frac{I_{ef}^2 \eta}{4R_r} \dots (31)$$

y sustituyendo (26) en (31)

$$A_{ef} = \frac{D\lambda^2}{4\pi} \dots (32)$$

La ecuación (32) es uno de los postulados fundamentales de la teoría de antenas, ya que relaciona la ganancia de la antena con su área efectiva. En la ecuación (32) se supone que la antena está dirigida en la dirección de máxima recepción; en el caso más general puede escribirse como:

$$A_{ef} = \frac{G_D \lambda^2}{4\pi} \dots (33)$$

donde  $G_D$  representa la ganancia directiva de la antena. La tabla siguiente indica el área efectiva de algunas de las antenas más comunes.

2.8.2. TABLA 2

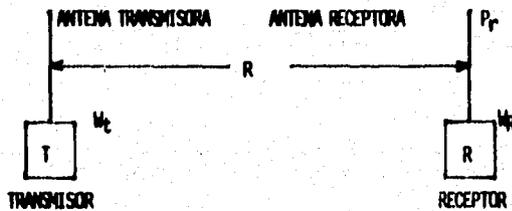
| ANTENA   | $A_{ef}$                      |
|--|-------------------------------|
| Radiador isotrópico                                | $\lambda^2 / (4\pi)$          |
| Antena corta                                       | $3\lambda^2 / (8\pi)$         |
| Antena $L = \lambda/2$                             | $1.64\lambda^2 / (4\pi)$      |
| Antena O. P. $L = 2\lambda$                        | $5.97\lambda^2 / (4\pi)$      |
| Dipolo $L = \lambda/2$ con reflector a $\lambda/4$ | $5.5\lambda^2 / (4\pi)$       |
| Parábola de diámetro $d$                           | $\pi d^2 \quad d \gg \lambda$ |

Como se observa en la tabla (2), el área efectiva de una antena parabólica es igual a su área física, en general cuando las dimensiones de la antena son grandes en comparación con la longitud de onda, se cumple tal condición. Para el caso de arreglos de dipolos o dipolos con reflectores y directores, el área efectiva puede ser igual o un poco mayor que el área física.

### 2.9 .- FÓRMULA DE FRIS.

Con los conceptos antes expuestos es posible determinar una fórmula sencilla de transmisión en el espacio libre que relacione la potencia radiada por una antena transmisora y la potencia recibida por una carga acoplada a una antena receptora. Considerando que ambas antenas tienen una eficiencia de 100%.

La figura (4) muestra el enlace entre la antena transmisora y la antena receptora. Es interesante indicar aquí que el carácter de transmisora o receptora, lo obtiene la antena del sistema que tiene conectado a sus terminales, y es claro que si se intercambian el transmisor y el receptor el carácter de la antena igualmente se intercambiará.



2.9.1. FIGURA (4)

Cuando el transmisor se conecta a la antena "T", ésta radia un campo electromagnético, produciendo una densidad de potencia "P" en el punto donde está colocada la antena receptora, la densidad de potencia producida es función de la ganancia directiva de la antena, de la potencia alimentada a la antena transmisora y de la distancia entre ambas antenas, pudiéndose expresar de la siguiente forma utilizando la ecuación (8):

$$P = \frac{W_T G_T}{4\pi R^2} \dots (34)$$

En la ecuación (34) usamos el término  $G_T$  para representar la ganancia directiva de la antena transmisora y por  $W_T$  la potencia total radiada, la cual es igual a la potencia del transmisor debido a la suposición de 100% de eficiencia.

La densidad de potencia existente en el punto donde está la antena receptora es convertida por ésta en una potencia  $W_R$  dada por la ecuación (29):

$$W_R = A_R P$$

entonces:

$$W_R = \frac{W_T A_R G_T}{4\pi R^2} \dots (35)$$

ó también:

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{A_R G_T}{4\pi R^2} \dots (36)$$

En las ecuaciones (35) y (36)  $A_R$  representa el área efectiva de la antena receptora. Aplicando el principio de reciprocidad se puede escribir la ecuación (36) de la siguiente forma:

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{A_T G_R}{4\pi R^2} \dots (37)$$

Sustituyendo la ecuación (33) en la ecuación (37) se puede escribir también

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{A_T A_R}{\lambda^2 R^2} \dots (38)$$

ó también:

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{G_T G_R \lambda^2}{16\pi^2 R^2} = \frac{G_T G_R \lambda^2}{(4\pi R)^2} \dots (39)$$

Las ecuaciones (36) a (39) denominadas relación de transferencia de potencia; expresan la fracción de la potencia de entrada de la antena transmisora que es captada por la antena receptora y entregada a una carga acoplada. De las últimas cuatro ecuaciones la más común es la ecuación (39) por la caracterización de los fabricantes de antenas,

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{D_R D_T \lambda^2}{(4\pi R)^2} \dots (40)$$

principalmente por su ganancia o directividad, en función de esto la ec. (39) se escribe:

La ecuación de transferencia de potencia tiene dos limitantes que son:

1.- Una relación de campo lejano, es decir, se supone una fuente de onda plano, por lo tanto, no se aplica si  $R$  es pequeña, comparada con las dimensiones de la antena. Sin embargo, se ha

encontrado que el error puede ser despreciado si:

$$R \geq \frac{2d^2}{\lambda} \dots \dots (41)$$

donde (d) representa la máxima dimensión lineal de la antena, la ecuación (41), representa una diferencia máxima de fase entre los campos, captados por diferentes puntos de la antena receptora de  $\lambda/16$ .

2.- La ecuación (40), está igualmente restringida a enlaces (transmisión-recepción) en el espacio libre, es decir, comunicaciones en las que no existen obstáculos o reflexiones de ninguna especie que interfieran la comunicación.

Por otro lado, las ecuaciones de transferencia de potencia, suponen que las eficiencias de la antena transmisora y receptora son 100%, si este no es el caso, la ecuación (40) puede escribirse como:

$$\frac{W_R}{W_T} = \frac{D_R D_T \lambda^2}{(4\pi R)^2} \epsilon_T \epsilon_R \dots (42)$$

Aunque se ha definido la eficiencia para el caso de las antenas, es posible incluir en  $\epsilon_{T'}^2$  y  $\epsilon_{R'}^2$  en la ecuación (42), las eficiencias totales del sistema transmisor y receptor, es decir, las pérdidas en la línea de transmisión, ya sea por atenuación o por acoplamiento y también las pérdidas en la antena.

### 2.10. - ATENUACIÓN EN EL ESPACIO LIBRE.

Es un parámetro muy útil en antenas y propagación, ya que facilita los cálculos para el diseño en enlaces en comunicaciones está se defina a partir de la ecuación (39) como:

$$\alpha = \frac{(4\pi R)^2}{\lambda^2} \dots (43)$$

se puede escribir como:

$$\alpha = \frac{(4\pi R)^2 f^2}{c^2} \dots (44)$$

En la ecuación (44), se define R en Km y f en MHz por lo que:

$$\alpha = \frac{(4\pi)^2 (10^3)^2 (10^6)^2}{(3 \times 10^8)^2} f^2 R^2$$

entonces:

$$\alpha = 1.75 \times 10^3 f^2 R^2 \dots (45)$$

Expresado en dB queda:

$$\alpha = 10 \log 1.75 \times 10^3 + 10 \log f^2 + 10 \log R^2$$

o también:

$$\alpha = 32.4 + 20 \log f + 20 \log R \text{ [dB]} \dots (46)$$

La importancia de la ecuación (46) radica en que aplicada a la ecuación (39), reduce el cálculo de la transferencia de potencia a una simple suma, de la siguiente forma:

$$\frac{N_r}{N_t} = D_r + D_r - \alpha \dots (47)$$

Por supuesto que todos los términos de (47) están expresados en dB. El cálculo se facilita aún más si en lugar de usar la ecuación (46), para calcular  $\alpha$  se utiliza el monograma, muy utilizado en el diseño de enlaces de comunicaciones, que se muestra en el anexo (1) del final de la tesis.

### **CAPÍTULO III.**

**DISEÑO DE LA ANTENA RECEPTORA EN FORMA DE PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN  
PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATÉLITE DE CINCO METROS DE  
DIÁMETRO.**

### **3 .- DISEÑO DE LA ANTENA RECEPTORA EN FORMA DE PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATELITE DE CINCO METROS DE DIÁMETRO.**

#### **3.1 .- INTRODUCCIÓN.**

Este capítulo lo consideramos uno de los más importantes por los puntos que se abordan al desarrollar el diseño del paraboloide de revolución para la recepción de televisión vía satélite, porque aparte de las características que debe reunir el material que se utilizará, también han de tomarse en cuenta las condiciones climatológicas donde se llevará a cabo la instalación de la antena y además anticipar los movimientos que deben tener cada uno de los mecanismos involucrados para el seguimiento de los satélites.

Se mencionan las partes que constituyen la antena parabólica, explicando brevemente la función que tiene cada una de estas, la importancia entre la relación del foco con respecto al diámetro para determinar las características de acuerdo a la ubicación donde se llevará a cabo la instalación de una de estas antenas y la determinación de la curvatura que debe tener, se hace referencia a las dimensiones que deberán tener los platos reflectores en base a la potencia emitida por el satélite.

También se indican los parámetros que tiene la base del plato reflector para que éste pueda resistir la presión ejercida por el viento, se contemplan las características que debe reunir el mecanismo de seguimiento de los satélites para que cumpla con su objetivo de diseño, una buena localización en la órbita Clarke, lo cual se logra con un diseño aceptable del mecanismo polar, mecanismo de elevación, mecanismo de ajuste de declinación y mecanismo de azimut.

Otra parte muy importante es tener un buen diseño de los pétalos del plato reflector, ya que si no cumple con las características de la parábola, que consiste en concentrar las señales recibidas en un punto llamado foco, estas se pueden desviar ocasionando una mala recepción de las señales vía satélite y esto último se debe a un mal diseño del plato reflector.

Se hace mención también del diseño de la base del amplificador de bajo nivel de ruido, ya que más que una base es un mecanismo de ajuste para colocar en el punto más óptimo al amplificador de bajo nivel de ruido y éste punto es el punto focal del paraboloide de revolución o plato reflector, con esto se asegura ajustar la colocación del LNA y aprovechar el máximo las señales reflejadas por el plato.

### 3.2 .- PARTES DE LA ANTENA PARABÓLICA.

En una estación terrena, la antena parabólica es el primer dispositivo a través del cual se reciben las señales transmitidas por un satélite de transmisiones. De su diseño y construcción depende, en gran medida, la calidad de la recepción.

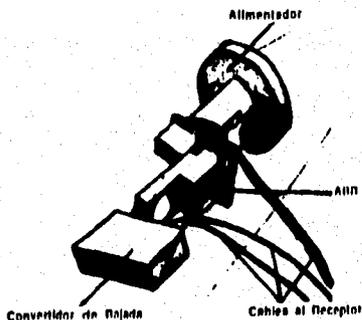
Una antena parabólica esta formada por la superficie volumétrica de un paraboloides de revolución, y es sostenida por una base que contiene un mecanismo, el cual permite moverla circularmente en dos direcciones: elevación y azimut. Debido a estos movimientos se consigue orientar la antena hacia un determinado satélite geostacionario. La función de la superficie volumétrica es reflejar las ondas electromagnéticas emitidas por el satélite, y que incidan en ella, hacia un punto imaginario de la antena llamado foco. en general, entre mas grande y mas aproximada a un paraboloides de revolución sea esta superficie, será mayor la concentración de energía en el foco y en consecuencia mejorara la calidad de la señal recibida.

El comportamiento de las ondas electromagnéticas de concentrarse en un punto, después de chocar con una superficie paraboloides, es análogo al fenómeno que permite producir una llama de fuego mediante una lupa. En este ultimo caso la lupa refracta los rayos del sol que inciden en ella; la concentración de energía calorífica llega a ser tan grande que produce fuego en los objetos de papel, madera o plástico, colocados en el foco de la lupa.

El equipo electrónico que se debe agregar a la antena esta formado por cinco dispositivos:

- 1.- Alimentador
- 2.- Amplificador de bajo ruido
- 3.- Convertidor de bajada
- 4.- Receptor
- 5.- Cables.

Los tres primeros elementos se colocan en la antena misma, como se observa en la siguiente figura:



3.2.1. FIGURA (1)

El receptor en cambio se instala en un lugar cercano al televisor, al gusto del usuario. En algunas instalaciones se tiene la costumbre de colocar al convertidor de bajada debajo o atrás de la antena y se une con el amplificador de bajo ruido mediante un cable coaxial.

A continuación explicamos la función de cada uno de los elementos electrónicos y la forma en que se conectan entre sí. Todos ellos se pueden adquirir directamente con cualquiera de los proveedores que hay en México, sin preocuparse por permisos de importación y problemas de garantía.

### **3.2.1.- ALIMENTADOR.**

Cuando las ondas electromagnéticas provenientes del satélite son reflejadas por el paraboloide se concentran en el foco geométrico del mismo. En ese lugar se coloca el alimentador para que este reciba las ondas concentradas y las guíe hacia el siguiente elemento electrónico (amplificador de bajo ruido).

El alimentador se monta en el foco, se debe tomar la precaución de dejarlo perfectamente centrado en el paraboloide de revolución.

Un alimentador para sistemas de recepción de televisión vía satélite tiene en su interior una pequeña antena que se mueve en dos posiciones: vertical y horizontal. Su movimiento se dirige a control remoto desde el receptor, mediante tres cables que están conectados a él. La posición vertical u horizontal determina el canal que se vaya a sintonizar, ya que algunos satélites transmiten canales en polarización vertical, otros en horizontal, y otros en ambas simultáneamente; pero cual sea caso debemos recordar que el alimentador solo podrá funcionar en un tiempo determinado en una sola de sus dos posiciones, de los veinticuatro canales que normalmente posee cada satélite uno de los canales será con una cierta frecuencia y una cierta polarización, es decir, si el canal ocho del satélite tiene una polarización vertical el alimentador también tendrá la polarización vertical y en el mismo canal.

El alimentador que tenga que seleccionarse para la antena debe estar diseñado para la profundidad del reflector.

### 3.2.2.- AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO.

Aun cuando la concentración de energía en el foco geométrico de la antena parabólica es grande, en términos de amplificación la potencia total que llega al alimentador es todavía muy baja, en relación a la que se necesita para poder procesar la señal de televisión; por lo tanto, es preciso añadir una etapa de preamplificación, inmediatamente después de la salida del alimentador, la cual se realiza mediante un amplificador de bajo ruido. El amplificador de bajo ruido se acopla directamente al alimentador.

En las frecuencias de operación de este equipo (3.7 a 4.2 GHz), el ruido eléctrico interno producido por sus circuitos es muy alto, de tal forma que puede ser amplificado por el mismo amplificador de bajo ruido, deformando la señal de televisión. Este efecto se puede reducir añadiendo filtros y etapas de realimentación, motivo por el cual se tiene una gran diversidad de diseños.

Los puntos óptimos en el proceso de amplificación que se logran en un amplificador de bajo ruido depende de la capacidad que tenga este equipo para atenuar o eliminar su propio ruido interno. esta capacidad se indica por un parámetro conocido como temperatura de ruido, medido en grados Kelvin.

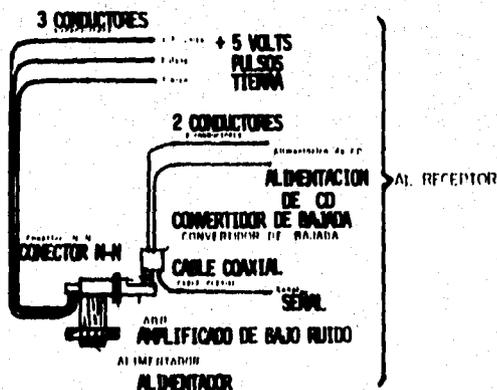
Entre menos grados de temperatura de ruido tenga un amplificador de bajo ruido en su frecuencia de operación, mejor será su calidad de amplificación y por ende de costo mas elevado.

### 3.2.3.- CONVERTIDOR DE BAJADA.

Este dispositivo se complementa con el receptor, su función es bajar la frecuencia de la señal a una de 70 MHz, la cual se conoce como frecuencia intermedia, además de que también realiza otra etapa de amplificación.

El convertidor de bajada se conecta a la salida del amplificador de bajo ruido mediante un cable coaxial o un conector del tipo N-N. preferentemente se usara este conector en lugar del cable coaxial, con el fin de disminuir perdidas de potencia de la señal. la alimentación de corriente directa que requiere el amplificador de bajo ruido le es proporcionada mediante el conector, a través del convertidos de bajada. En cuanto al convertidor de bajada, este obtiene la alimentación de corriente directa mediante dos conductores que van conectados al receptor. la señal sale del convertidor de bajada por un cable coaxial, que posteriormente se conecta al receptor.

el diagrama completo de estas conexiones se muestra en la siguiente figura.



3.2.3.1. FIGURA (2).

Las conexiones que se tengan que realizar como lo indica la figura anterior se reducen al manejo de los siguientes conductores:

- 3 conductores del alimentador al receptor
- 2 conductores del convertidor de bajada al receptor.
- 1 cable coaxial del convertidor de bajada al receptor.

Todos los conductores se conectan en la parte posterior del receptor, y su longitud varia según la posición del receptor con respecto a la antena. Si la distancia de separación no excede a los treinta metros, se puede utilizar un cable del tipo telefónico de

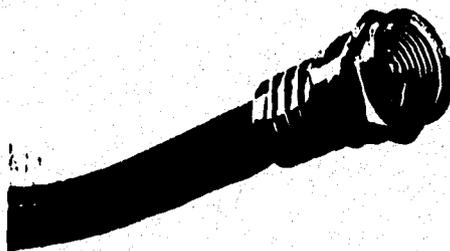
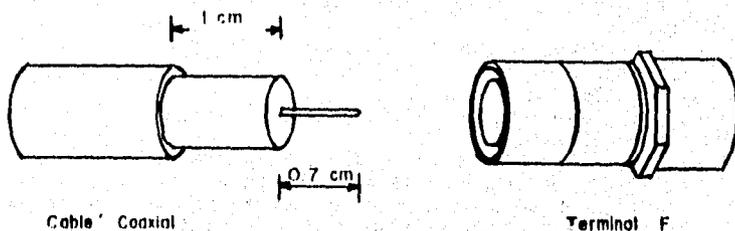
tres pares calibre 22, si la distancia es mayor de 30 m, se usara cable telefónico de tres pares, pero en calibre 20 para los cinco primeros conductores; el cable coaxial, en cualquiera de los casos debe ser del tipo RG-6 con sus terminales respectivas.

En algunos equipos, la alimentación de corriente directa también se puede efectuar con cable coaxial, para evitar que los conductores no blindados introduzcan ruido al sistema.

Un cable coaxial esta formado por un conductor interno, un forro grueso de material dieléctrico que lo cubre, un blindaje de material conductor y un forro externo.

En sus extremos, el cable coaxial debe llevar terminales hembras denominadas "F"; para poder introducirlos.

Este tipo de cable se trabaja con las medidas que se especifican en la siguiente figura:



3.2.3.2. FIGURA (3)

### 3.2.4.- RECEPTOR.

Las ultimas etapas que se requieren para la demodulación, mezclado y amplificación de la señal, se llevan a cabo en el receptor. Existen varias marcas y modelos de receptores, pero en general todos contienen los siguientes controles, de entrada, salida y fuentes de alimentación.

- a.- Encendido y apagado.
- b.- Selector de 24 canales.
- c.- Selector de polaridad, vertical u horizontal.
- d.- Ajuste de polaridad.
- e.- Sintonía de audio.
- f.- Galvanómetro indicador de señal.
- g.- Barrido de canales.
- h.- Salida de la señal de televisión para canal tres o cuatro.
- i.- Selector de canal tres o cuatro.
- j.- Salida de audio.
- k.- Salida de video.
- l.- Salidas izquierda y derecha para salida estereofónica.
- m.- Tres conexiones para los cables que van al alimentador (tierra, +5 volts, y pulsos).
- n.- Alimentación de corriente directa para el convertidor de bajada y el amplificador de bajo ruido.
- ñ.- Alimentación de corriente alterna, de 117 volts.
- o.- Entrada para la señal con frecuencia intermedia de 70 MHz, proveniente del convertidor de bajada.

Aun cuando el interruptor "a" este en la posición de apagado, no se desenergiza todo el sistema; siempre queda en operación la fuente de poder "n" con el fin de mantener una temperatura constante en el convertidor de bajada y el amplificador de bajo ruido. De esta manera, se evitan cambios en la sintonía al encender nuevamente el aparato.

La perilla "b" permite seleccionar el canal deseado; con el control "c" se elige la polaridad, vertical u horizontal del canal, y con la perilla "d" se ajusta dicha polaridad. El audio del canal se ajusta con la perilla "e".

El galvanómetro "f" indica la potencia que tiene la señal recibida. Si existe alguna falla en la orientación de la antena, conexiones o sintonía, la aguja estará en el nivel bajo; si las condiciones de recepción son buenas, estará en el nivel alto. Este indicador es particularmente útil cuando se esta orientando la antena hacia el satélite deseado.

Al accionar el control "g" de barrido de canales, el receptor automáticamente sintonizara todos los canales, en ciclos de aproximadamente 0.5 segundos por canal. Este barrido se utiliza cuando se orienta la antena.

De las conexiones en la parte posterior del aparato, la ultima que debe hacerse es la que une al receptor con el televisor; esto se realiza mediante un cable coaxial que va desde la salida "h"

hasta la entrada de alta frecuencia del televisor, donde comúnmente se conecta el cable de la antena tradicional. Este último cable debe retirarse cuando se utiliza un receptor vía satélite.

A través del receptor, el televisor obtiene todas las señales de televisión vía satélite moduladas en las frecuencias de los canales tres o cuatro; estos se seleccionan con el control "i", y cualquiera de las dos posiciones le dará los mismos resultados, siempre y cuando se tome en cuenta lo siguiente: si en la localidad hay alguna radiodifusora que emita al aire el canal tres, se deberá seleccionar la posición del canal cuatro del receptor, o viceversa. En México, por normas de la SCT, nunca se transmiten al aire los canales tres y cuatro simultáneamente.

Las salidas "j" y "k" solamente se utilizan cuando se emplea un monitor de televisión, en lugar de un televisor tipo casero; también se emplea con los decodificadores, en el caso de que la señal venga "en clave" desde el satélite.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> A partir de 1981 se empezaron a comercializar las estaciones terrenas para uso casero y para sistemas de televisión por cable para hoteles y condominios. Su rápida aceptación hizo surgir una nueva industria, con un mercado potencial sumamente amplio, debido a que su precio era accesible para mucha gente y la relación beneficio costo del sistema era muy alta, por la cantidad de la promoción a su alcance. Sin embargo, las compañías emisoras de los programas no recibían ninguna remuneración. Muchos clientes de televisión por cable cancelaban su contrato y compraban su estación terrena. Cualquiera podía captar la programación, entre ellos los hoteles, clubs y bares de los EUA atraían a sus clientes mediante la proyección de películas, deportes o espectáculos en sus negocios, sin pagar ningún derecho por hacerlo.

Por lo anterior las empresas emisoras empezaron a codificar sus señales en la banda C, a principios de 1986. De los canales que actualmente transmiten programas en forma continua y bajo una programación determinada el 35% de ellos vienen codificados y para poder reproducirlos se requiere de un aparato llamado decodificador, además de pagar una renta. La mayoría de los canales que transmiten programas sin un horario predeterminado no están codificados, al igual que el 65% restante de los canales con programación predeterminada.

### 3.3 .- IMPORTANCIA DE LA RELACIÓN DEL FOCO CON RESPECTO AL DIÁMETRO EN EL DISEÑO DE LA ANTENA PARABÓLICA.

La relación entre el largo focal y el diámetro de la antena, o  $f/D$ , es un parámetro importante para caracterizar un plato. En general, ante iguales condiciones, aun  $f/D$  más bajo los lóbulos laterales serán más pequeños. Esto se debe a que la estructura alimentador/amplificador de bajo ruido queda más protegido del medio ambiente al estar más cerca de la superficie reflectante.

Un efecto similar, aunque no igual, (por que los lóbulos laterales serán diferentes), se puede lograr si se coloca una pantalla o falda protectora alrededor del borde del plato para que no tenga interferencia en la señal recibida por el mismo.

El  $f/D$  se utiliza para clasificar los platos como profundos, medianos, o bajos. En general un plato profundo tiene un  $f/D$  de menos de 0.3 y uno bajo tiene uno de más de 0.4 (los modelos con alimentador desplazado requieren de platos más bien bajos para trabajar como es debido). Los platos más profundos son generalmente menos susceptibles al ruido ambiental y generalmente tienen lóbulos laterales más pequeños y temperaturas de ruido más bajas.

Para elegir la antena correcta para una aplicación en particular, hay un número de factores que deben ser conocidos, y son: la ganancia, la eficiencia, el ancho o amplitud del haz, los patrones de los lóbulos laterales, la temperatura del ruido y la profundidad focal o relación  $f/D$ .

**Ganancia:** La ganancia es un factor por el cual una señal recibida es concentrada al punto focal. Lógicamente, se requiere una antena con mayor ganancia para captar las señales de un satélite más débil. La ganancia es medida por los decibels relativos a una antena isotrópica (una que recibe igualmente bien señales procedentes de todas las direcciones). La ganancia depende de tres factores: el tamaño del disco, la frecuencia y la superficie del disco.

A medida que aumenta el tamaño del plato, se intercepta más radiación, por lo que la ganancia se incrementa. Y como el área de la superficie del disco incrementa con el cuadrado del diámetro, si se duplica la superficie de la antena, también se duplica la ganancia.

La ganancia también aumenta con la frecuencia. Las microondas con mayor frecuencia no se esparcen como las ondas en el agua, sino se pueden ser enfocadas en líneas rectas, como los rayos de luz. es por esto que las transmisiones para la banda Ku, conocida como Sistema de Transmisión Directa, DBS, pueden ser captadas con platos más chicos.

En tercer lugar, la ganancia depende de la exactitud geométrica de la superficie del disco. Hasta las más pequeñas irregularidades en la superficie del plato pueden ocasionar pérdidas importantes de la señal. Un plato con la superficie arrugada no se comporta tan bien como si tuviera una superficie perfectamente lisa.

**Eficiencia:** Se le llama eficiencia al porcentaje de la señal que en efecto es capturado por el sistema de alimentación del disco. El alimentador ideal captará el 100% de la señal interceptada por el plato. En la práctica, siempre parte de la

señal es bloqueada por la estructura del alimentador y, por otra parte, la superficie de la antena nunca es perfectamente lisa. Por consiguiente, en la realidad en las antenas parabólicas se obtienen eficiencias tan bajas como de un 40% y tan altas como de un 70%. En cuanto a una antena con alimentador desplazado, la eficiencia puede ser de un 80% o más.

**Amplitud del haz y patrones de lóbulos laterales:** Cada conjunto de antena con sistema de alimentación tiene el equivalente de una huella digital. Este patrón de haz de microondas describe cómo las señales son recibidas en esa localización. Asimismo este patrón depende del diámetro y de la exactitud del disco, como también de la frecuencia de la señal.

El haz es dividido en dos partes, el patrón central y el patrón de los lóbulos laterales. El patrón central del haz muestra cuán estrecha puede ser la señal de un satélite al ser dirigida hacia la región de espacio muy pequeña. Este es un factor muy importante, si tomamos en cuenta que algunos satélites están separados entre sí solo 2°, como el Galaxy 1 y el Satcom C4 (ambos de la banda C) que están localizados respectivamente a 133° W y 135° W. Una antena recoge la mayor parte de la señal a través del lóbulo central. Esta amplitud del haz es definido como el ancho del lóbulo principal, comprendido entre los puntos de "media intensidad", donde la señal experimenta caídas de un 50% o de 3 dB. A medida que sea más estrecha la amplitud del haz, más estrecho es el campo de visión. Si el ancho del haz fuese más grande y los satélites estuvieran muy próximos, es posible que el lóbulo principal detecte más de una señal.

Pero también las señales son recibidas por los lóbulos laterales, debido a las propiedad ondulatoria inherente a las microondas.

Los lóbulos laterales por lo menos deben ser unos 20 dB más bajos que el lóbulo principal. Esto significa que una señal captada por los lóbulos laterales debe ser detectada a 20 dB por debajo de la potencia captada por el lóbulo central. Por su parte, los lóbulos laterales también captan señales, consistentes éstas en ruido e interferencias no deseables, las que proceden tanto de otros satélites adyacentes como de otros tipos de comunicaciones.

**Ruido:** Una antena no sólo capta las transmisiones del satélite, sino que capta ruido de causas naturales y provocadas por el hombre. El ruido trabaja en dirección opuesta a la ganancia, y debe ser evitado todo lo posible. Como vimos, una parte del ruido penetra por los lóbulos laterales y una cantidad menor (proveniente del espacio exterior) penetra por el lóbulo principal.

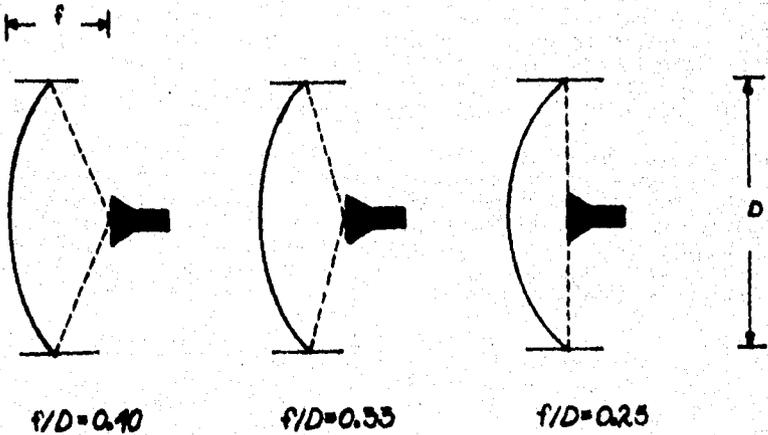
El ruido debido a la temperatura es una medida de cuánto ruido del ambiente circundante es detectado. Como el terreno caliente emite radiaciones de microondas, el ruido de temperatura aumenta cuando un disco está orientado hacia ángulos de elevación más bajos. Esto significa que la recepción de un satélite orientado hacia el horizonte tendrá más ruido que la recepción de otro arriba del cielo. Y el ruido disminuye a medida que el disco aumenta de tamaño.

**Profundidad focal o relación foco diámetro;** Está es la

relación resultante entre la profundidad focal ( $f$ ) y el diámetro ( $D$ ) del disco. Esta relación nos dice si un disco o plato es hondo, mediano o llano. A mayor profundidad, mejor es la recepción de un plato. Un plato profundo tiene una relación de  $f/D$  de 0.25 a 0.31, mientras que es considerado llano si la relación está entre 0.37 y 0.45. En un disco con una relación de 0.25, el alimentador está colocado en el plano formado por los bordes del disco. Además, los discos profundos tienen lóbulos laterales menores porque el alimentador y el amplificador de bajo ruido están más próximos a la superficie de reflexión.

Si tomamos como patrón un mismo diámetro, resulta más hondo el reflector parabólico que tenga una menor distancia focal, ya que la curva es más cerrada. En una antena receptora con reflector de este tipo, el foco queda prácticamente adentro del plato y no recibe señales laterales parásitas, por lo que resulta menor el nivel de ruido sobre la señal deseada. Tiene como factor negativo el que su ganancia es menor que la de una antena con reflector casi plano.

La siguiente figura muestra como se obtiene la relación  $f/D$  y como son los platos según su relación:



3.3.1. FIGURA (4)

### **3.4 .- DIMENSIONES QUE DEBE TENER EL PARABOLOIDE EN BASE A LA POTENCIA EMITIDA POR EL SATÉLITE**

En astronomía, un satélite es un astro que gira al rededor de un planeta. La Tierra tiene un satélite natural: la luna. en nuestro sistema solar se conocen un total de 44 satélites, distribuidos de la siguiente forma: uno de la Tierra, 2 de Marte, 16 de Júpiter, 17 de Saturno, 5 de Urano, 2 de Neptuno y 1 de Plutón. En astronáutica, un satélite es un artefacto construido por el hombre y lanzado al espacio. se mueve alrededor de algún planeta bajo el efecto de la fuerza de atracción de masas. La órbita de un satélite artificial es generalmente elíptica y se caracteriza por los parámetros siguientes: el apogeo y el perigeo, que son, respectivamente, los puntos de la trayectoria orbital situados a una distancia máxima y mínima con respecto al planeta en torno al cual gravita.

Los satélites artificiales terrestres son geoestacionarios, es decir, que permanecen prácticamente inmóviles en relación con un observador terrestre fijo en el planeta.

El día 4 de Octubre de 1957 un objeto extraño atravesó velozmente el cielo, enviando señales de saludo por radio hacia el mundo a medida que volaba, era el satélite artificial Ruso, Sputnik I, cuyo vuelo tuvo gran resonancia mundial y dio inicio a la era espacial.

existen antecedentes lejanos de los satélites artificiales actuales. Los Chinos, desde el siglo XIII de nuestra era, estaban familiarizados con cohetes que utilizaban la pólvora como elemento impulsor. En el siglo XVI, el científico Polaco Cópernico y su teoría heliocéntrica, que postulaba que el Sol estaba situado en el centro del universo y que los planetas giraban a su alrededor, habían atizado la imaginación de los hombres. Galileo en el año 1610 utilizó su telescopio para mostrar la superficie de la Luna. También en el siglo XVII algunos escritores de ficción empezaron a enviar a sus personas a un mundo fantástico situado en la Luna. A fines del siglo XIX, algunos novelistas describían en sus obras viajes entre los planetas.

En 1955 el presidente de los EUA, Dwight Eisenhower, anunció que los EUA lanzarían un satélite artificial de la Tierra como parte de su contribución al estudio mundial de la Tierra conocido como Año Geofísico Internacional. Los Rusos hicieron un anuncio similar en la misma época.

El primer satélite artificial de los EUA el Explorer I, surco el espacio el día 31 de Enero de 1958. Y en 1965 Francia se convirtió en el tercer país en colocar un satélite en órbita.

En su órbita circular relativamente baja un satélite se desplaza a una velocidad aproximada de 27,300 Km/hr. El envío de datos desde un satélite debe realizarse a través de la radio. Las técnicas de alta frecuencia desarrolladas durante la guerra tuvieron aplicación eficaz en este campo. El transistor, inventado después de 1950 permitió la miniaturización de todos los sistemas electrónicos y contribuyó a hacer más sólido el equipo. La investigación que se había llevado a cabo para el rastreo de cohetes en su trayectoria se aplicó al rastreo de los satélites. La energía eléctrica para el equipo de los satélites puede

suministrarse desde baterías primarias o de almacenamiento. En 1958 se colocó una celda solar que había sido inventada en el año 1953, en el satélite Vaguard I, para transformar la luz solar en energía eléctrica. Los satélites pueden ser puestos en órbita mediante cohetes propulsores, o bien como en el caso de algunos satélites terrestres transportados al espacio exterior a bordo de una nave espacial.

La cámara de televisión, también un invento relativamente reciente ha sido utilizada para tomar fotografías en el espacio de los astronautas de la Luna y de Marte, para su transmisión posterior a la Tierra. Con la grabadora de cinta magnética la información adquirida por un satélite puede almacenarse y transmitirse por radio hacia la Tierra cuando el satélite está en la misma banda de frecuencias que la estación receptora. Naturalmente, de capital importancia ha sido el empleo de la computadora de alta velocidad, que puede calcular una trayectoria de lanzamiento tan pronto como se le suministra la información requerida.

Un satélite esta constituido básicamente por un cuerpo, generalmente cilíndrico, fabricado a base de aleaciones ligeras o de materiales compuestos, en el interior del cual va alojada la carga útil, que comprende principalmente el equipo electrónico necesario para llevar a cabo la misión para la cual ha sido concebido.

Algunas naves espaciales están diseñadas para su retorno a la Tierra después que su misión ha concluido. Esta operación es muy exigente y requiere el uso de computadoras de alta velocidad. Unos cohetes deben aminorar la velocidad de la nave para su descenso a la Tierra. Si la operación de retorno no se realiza correctamente, el satélite se incendia en la atmósfera o se destruye al impactar con la superficie de la Tierra. En el programa de satélites civiles de los EUA, sólo se han recuperado las naves espaciales tripuladas. Como ciertas naves espaciales no tripuladas también han sido recuperadas dentro del programa de la Fuerza Aérea de los EUA. Así mismo el programa ruso de satélites ha traído a la Tierra naves de los dos tipos.

Muchos países poseen actualmente sus propios satélites. La mayoría de éstos han sido concebidos para aplicaciones que poseen un marcado carácter civil: servicios de telecomunicaciones, estudios climatológicos, control de navegación, etc. Los satélites de telecomunicación actúan reflejando y transmitiendo señales radioeléctricas y ofrecen una amplia gama de servicios: Telefonía, transmisión de datos, televisión a nivel intercontinental, facsímil, telex, etc. En cuanto a los satélites de aplicación militar, éstos ejecutan tareas de espionaje vigilancia y control.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, cabe suponer el papel relevante que sin duda desempeñarán los satélites en el futuro de la humanidad. Por ejemplo, los grandes satélites de la Tierra servirán en el futuro de plataformas de lanzamiento para otras naves espaciales. Además, serán utilizados como laboratorios espaciales y observatorios astronómicos. Sus aplicaciones en los diversos dominios de la técnica y la ciencia abren perspectivas limitadas para el hombre, en su constante lucha por develar los misterios del universo y aprovechar al máximo los recursos del

planeta Tierra.

**Los satélites y la órbita Clarke:** Los satélites reemisores de señales deben de estar "relativamente" inmóviles en un punto del espacio. Para que se cumpla dicha condición y no caigan por acción de la gravedad deben tener una cierta velocidad de desplazamiento, tal que la fuerza centrífuga sea igual a la fuerza de gravedad. La órbita de tal equilibrio de fuerzas se ubica a 35,880 Km por encima del ecuador terrestre, y a los satélites que están allí se les conoce como sincronizados, puesto que giran a la misma velocidad de rotación de la Tierra: le dan una vuelta completa cada 24 hr. A estos satélites también se les llama geostacionarios porque parecen estar fijos en un punto del espacio cuando se les relaciona con un sitio cualquiera del planeta.

La órbita geostacionaria también recibe el nombre de Órbita Clarke, en honor a Arthur Charles Clarke, astrónomo Británico nacido en 1917, escritor de libros científicos y de las novelas relacionadas con el posible avance de la ciencia en el futuro (ciencia-ficción), quien, en 1948 fue el primero en poner el concepto de los satélites rodeando a la Tierra y actuando como reflectores de ondas de radio. Para su referencia, Clarke es también el autor de la novela "Dos mil uno una odisea del espacio", base de la famosa película del mismo nombre. En esta órbita se pensaría que pueden colocarse muchos satélites, uno a continuación del otro, pero en la práctica debe existir entre cada uno de ellos una separación mínima de 2°, esto equivale a unos 1450 Km, con el fin de evitar interferencias mutuas en la recepción de sus señales. según estas condiciones, el máximo número de satélites geostacionarios para comunicaciones podrían ser hasta de 180.

Puesto que una antena parabólica solamente puede enfocar los que se encuentren un poco por encima de su línea del horizonte, es por eso que no se pueden captar señales de satélites que estén fuera de este rango.

Aunque son relativamente pocos los satélites disponibles, es bastante el número de programas diferentes que se pueden sintonizar, ya que cada uno de los satélites tienen capacidad hasta de 24 ó 28 canales.

Las diferentes señales que el satélite recibe, provenientes de la estación terrestre que origina la programación, son retransmitidas en FM por 12 ó 24 equipos repetidores denominados transponders, cada uno de los cuales maneja hasta 2 canales independientes, el 1 con polarización vertical y el otro con polarización horizontal. La banda de frecuencias para el enlace de la estación principal con el satélite es diferente a la banda de frecuencias utilizada por el satélite para emitir la programación a las antenas receptoras.

Los satélites utilizan transponders con frecuencias portadoras en la banda de las microondas, con el fin de que las señales sean poco afectadas por la actividad de las manchas solares y las condiciones adversas de la atmósfera.

Puesto que la energía eléctrica para alimentación del satélite proviene de baterías cargadas por energía solar, exceptuando a unos pocos que han utilizado energía atómica, la potencia inicial para las transmisiones fue del orden de los 4 watts, cifra que en los aparatos actuales ya ha sido superada ampliamente, los 8 watts son

hoy cosa común.

Otra forma de hacerlo es utilizar portadoras microondas en frecuencias de la banda Ku (12 GHz y unos 40 watts de potencia), como lo hacen el Anik B1 del Canadá, el Satcom VI de EUA, algunos Intelsat Internacionales y algunos Gorizont de la URSS, para captar los cuales pueden bastar con una antena de 2 m. de diámetro.

Si utilizamos antenas orientadas horizontalmente, y comenzamos a partir de cero y vamos agregando los 40 MHz asignados para el ancho de banda de cada canal individual del transponder, veremos que se pueden acomodar hasta 12 canales en la banda y nos queda al final una porción de 20 MHz sin usar. Si comenzamos con 20 MHz, y además utilizamos antenas que tengan polarización vertical, tendremos entonces un segundo conjunto de 12 canales de 40 MHz de ancho, situados encima de los 12 primeros y con una diferencia de 20 MHz entre uno y otro. Gracias a este proceso de la variación de polarización entre canales adyacentes ( $90^\circ$ ), cada transponder puede transmitir sin interferencia mutua 2 canales de TV con casi la misma frecuencia y un ancho de banda de 36 MHz (se dejan 4 MHz inactivos como banda de seguridad contra interferencias de intermodulación por señales adyacentes). Usualmente los satélites disponen de 12 transponder, algunos de los cuales también transmiten subportadoras de audio con sonido estéreo. Como una referencia se sabe que el satélite Satcom I tiene 21 canales en uso, dependiendo de la hora y del día de la semana.

De la teoría y experimentos realizados se ha encontrado que la antena es un elemento utilizado por los transmisores de radio, o las estaciones receptoras, para emitir ondas hacia el espacio o recibirlas. La antena transmisora está diseñada para convertir en ondas de radio electromagnéticas a todas aquellas corrientes eléctricas de alta frecuencia provenientes de un oscilador, el cual se hace variar en amplitud o frecuencia con una señal de video, voz, pulsos codificados, etc., proceso al que se denomina "modulación".

La antena receptora funciona a la inversa: corta las líneas magnéticas de los campos electromagnéticos de las ondas de radio recibidas y se generan en ella minúsculas corrientes eléctricas proporcionales.

Si pensamos en una antena transmitiendo, y tenemos en cuenta que las corrientes eléctricas son del tipo alterno, que cambian sucesivamente de intensidad y sentido en periodos denominados ciclos u ondas, y que cada ciclo esta formado por un cierto lapso de tiempo en que los electrones van en un sentido y otro lapso igual en que los electrones vienen de regreso en sentido contrario, podemos obtener la conclusión de que la antena ideal es aquella cuya longitud física es igual a la longitud de media onda. Si la antena es más larga que media longitud de la onda se alcanza a producir en un segmento de esta una corriente de sentido contrario a la inmediatamente anterior, con lo cual se produce cancelación mutua de parte de los campos magnéticos generados, por ser de orientaciones contrarias.

Si asumimos que todas las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío a la misma velocidad de la luz (300 000 Km/s), resulta entonces que la distancia que alcanza a recorrer en cada ciclo o longitud de onda completa, depende del tiempo que permanezcan los

electrones o los campos en uno y otro sentido.

La sonda que actúa como antena propiamente dicha no debe ser mayor que el dedo anular de la mano de un adulto, ya que la longitud de onda correspondiente a una frecuencia de 4 GHz es del orden de los 7.5 cm.

En general, las microondas son aquellas cuya longitud está comprendida entre 1 mm y 30 cm.

Los satélites que transmiten a la Tierra audio, información y video han estado en etapa de desarrollo durante los pasados 50 años. Esas naves espaciales, que originalmente sólo servían como reflectores pasivos de las señales de comunicación del hombre hoy tienen mayor potencia, pueden hacer interconexiones complejas y son dispositivos de relevo que convierten a otras frecuencias tras diversas señales que manipulan. El satélite moderno recibe señales en la gama de 1 a 40 GHz, y entonces primeramente amplifica y procesa esas señales y después baja sus frecuencias para transmitirla a un área específica del universo. Las señales que recibimos, a través de una antena y otros equipos complementarios se caracterizan por sus niveles de potencia y por la composición de su frecuencia. De esto básicamente se tratan las comunicaciones vía satélite de nuestra época (siendo la televisión una de sus formas). De manera que veamos cómo podemos beneficiarnos más de este extraordinario y variado entretenimiento, conociendo más sobre su funcionamiento.

**Los satélites:** La comunicación vía satélite demanda que haya naves con una larga vida útil colocadas en órbitas geosíncronas o geoestacionarias. Los primeros cohetes impulsores de la década en 1960 no eran adecuados para poner un satélite en una órbita inicial baja, y cohetes adicionales seguidamente tenían que colocarlo en la órbita final. Debido a esto, los cohetes impulsores y el combustible requerido representaban la mitad del peso de un satélite. Hoy en día los cohetes son mucho más potentes y naves, como el transbordador espacial, lanzan la mayoría de los satélites a sus órbitas geoestacionarias.

Los satélites podrían permanecer fijos en un punto (con respecto a la Tierra) si no existieran las fuerzas gravitacionales de la luna y el sol, sino hubieran vientos solares que cruzan por nuestro planeta y si la Tierra fuera perfectamente redonda. Este conjunto de fuerzas hacen que un satélite lentamente se desplace de la posición que fue asignada. Debido a esto, es necesario que los controladores terrestres periódicamente ajusten las posiciones de los satélites para corregir sus localizaciones geoestacionarias. Por lo tanto todos estos vehículos espaciales de comunicación tienen que estar equipados con pequeños impulsores de gas, los que son usados cuando es necesario relocalizarlos.

Asimismo, las antenas de los satélites y los grandes paneles solares en forma de alas también necesitan que los reorienten de forma periódica. Cualquier pequeño desplazamiento de la orientación del haz que el transponder envía hacia la Tierra la antena del satélite, puede dificultar la captación de las microondas y deteriorar la recepción de su señal.

Algo más es que los satélites no son eternos. Su vida útil queda determinada por el tiempo que es posible mantenerlos estables y con energía para que cumplan su función. Los cohetes para su

reorientación periódica, finalmente consumen todo el combustible y las propias celdas solares terminan por envejecer. Cuando un satélite es retirado de servicio, los controladores terrestres lo dirigen hacia una órbita superior inestable, desde donde eventualmente descenderá y se consumirá por combustión al reingresar a la atmósfera. Desde luego, en las recientes operaciones el Transbordador espacial ha recuperado algunos satélites, lo que abre paso a un nuevo sistema para recobrar y reutilizar los satélites.

Pero los satélites que permanecen en órbita geostacionaria constantemente envían señales a través de un haz de unos 4°, el que está orientada hacia un punto del universo. Esas son las señales de las antenas terrestres en forma de disco captan, envían al receptor y nos permiten disfrutar de la televisión vía satélite.

**Mapa de pisada:** Las antenas de transmisión a bordo de un satélite envían señales de microondas a una región geográfica seleccionada, dentro de la línea de visión del satélite. Esas señales de microondas llegan con una potencia máxima en su parte central, y a medida que se van esparciendo también va disminuyendo esa potencia. De acuerdo a la potencia con que las microondas llegan a diferentes áreas dentro de una región, se construye un mapa de las huellas de estas señales (como las curvas de nivel de un mapa topográfico), el que también es conocido como mapa de pisada. El mapa está compuesto por una serie de curvas que se superponen, llamadas niveles EIRP, de potencia isotrópica irradiada efectiva. Para la zona de influencia del haz de cada satélite de comunicación de la Tierra existe un mapa de su huella. Cada nivel EIRP representa el nivel de potencia que recibe una localización dada. Esta señal que envía el satélite hacia abajo paulatinamente se va expandiendo en forma de cono a medida que el haz se aleja del satélite y que se va acercando a la superficie de la Tierra.

La forma y los niveles de potencia de una huella quedan determinados por la antena del satélite y por el nivel de microondas generado por cada uno de los canales abordo, a través de un transponder. Un transponder es una unidad receptora/transmisora que automáticamente recibe y envía señales identificables. Aunque cada transponder es un circuito electrónico físicamente separado, las señales de un transponder múltiple son enviadas a Tierra por una sola antena.

Una antena de disco receptora colocada cerca de los bordes de la cobertura de un satélite, debe ser mas grande que otra localizada en el centro de la huella.

Así mismo, hay variaciones en los mapas de las huellas de los diferentes satélites. Dos satélites no presentan huellas iguales. Las naves Europeas de la banda Ku tienen por lo común mapas de pisadas con patrones circulares y casi simétricos, los que van linealmente decreciendo en potencia según las regiones que se han apartado del centro del haz. Los satélites utilizados en América de la banda C tienen una potencia más bien uniforme sobre toda la región de cobertura la que se reduce de manera abrupta cuando se sobrepasan los bordes o las fronteras de dicha cobertura. En los satélites lanzados más recientemente se han empleado antenas refinadas que le dan mayor forma al haz, de manera que los diseñadores pueden moldear la huella convenientemente para que

alcance justamente la región que es el objetivo de la cobertura. Estas huellas no desperdician potencia de transmisión en áreas que no pertenecen a esa zona de cobertura.

Los mapas de pisadas de un satélite son de gran importancia, porque proporcionan una valiosa información para poder seleccionar el tamaño de los componentes y poder recibir señales vía satélite.

**Los tipos de haces:** Las antenas de los satélites que envían las señales hacia la Tierra (la que es conocida como enlace descendente) pueden ser diseñadas para que transmitan señales con coberturas diferente. Esta cobertura puede ser tan pequeña como un pueblo o tan grande como la superficie entera de la Tierra que queda en el campo de visión del satélite. Para cada aplicación hay un tipo de cobertura ideal. Tanto la forma y la orientación de esta antena del satélite, al igual que la potencia que genera el transponder, determinan la cobertura y los niveles EIRP.

El haz más pequeño de todos, llamado "haz en un punto", tiene niveles EIRP más altos que los niveles dirigidos en áreas más grandes debido a que una potencia dada de salida puede ser más concentrada. Tanto el haz de un punto como el haz de una zona son los que cubren menos de un 10% de la superficie de la Tierra. Mientras más alta sea la frecuencia de transmisión hacia la Tierra, con mayor facilidad un haz puede ser enfocado en un pequeño punto. Por ejemplo, la nueva generación de satélites de alta potencia de la banda Ku, pueden enviar múltiples haces en un punto que son relevados por las mismas frecuencias, pero que transmiten señales diferentes a regiones dadas dentro de un país dado. Comúnmente las huellas de los satélites es de la banda Ku no cubren áreas continentales enteras, sino que tienen una cobertura geográfica más limitada que la de los satélites en la banda C. Significa que es más importante tener mapas de pisada de la banda Ku (para conocer la programación disponible) que el mapa de los satélites de la banda C.

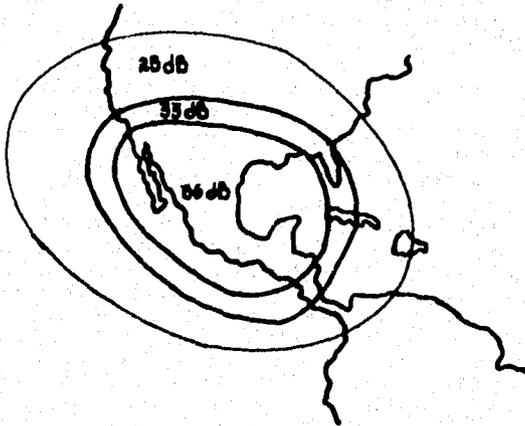
Los haces hemisféricos son enviados por antenas que se enfocan en un 20% del globo, y por lo tanto tienen niveles EIRP que son 3 dB o un 50% más bajos que aquellos transmitidos por un haz en un punto que cubre un 10% del globo.

Por su parte los haces globales cubren un 42.4% de la superficie de la Tierra, lo que representa la mayor visión que puede percibir un satélite en órbita geosíncronica. Los niveles de potencia de este haz es muchos decibeles inferiores que los de los haces de una zona o un punto, y por lo tanto se requieren antenas receptoras más grandes para captar una señal de video, audio o una información de datos.

El satélite Morelos 1, que es propiedad de y es operado por telecomunicaciones de México, fue lanzado por el Transbordador Espacial Discovery el 17 de Junio de 1985. Este es un satélite de tipo Hughes, con un diámetro de 2.16 m y una longitud de 6.57 m.

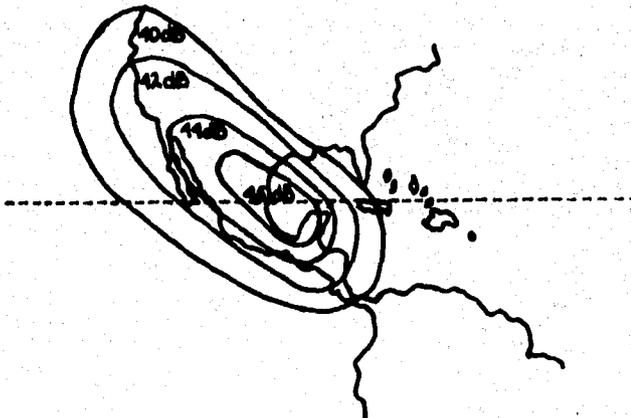
Para efectos de comunicaciones cuentan con 18 transponders de la banda C y cuatro transponders de la banda Ku. Entre los transponders de la banda C, 12 transmiten en la frecuencia de 26 MGz (banda estrecha) y 6 en la frecuencia de 72 MGz (banda ancha). Los cuatro transponders de la banda Ku transmiten en una banda ancha de 108 MHz.

Los canales de la banda C tienen polarización lineal (horizontal y vertical), mientras que los canales pertenecientes a la banda Ku cuentan con polarización circular. En la figura (5) mostramos el mapa de pisadas para la banda C.



3.4.1. FIGURA (5)

El mapa siguiente de la figura (6), muestra la pisada correspondiente a la banda Ku.



3.4.2. FIGURA (6)

Como se puede apreciar, el satélite está situado estratégicamente para proporcionarle cobertura a todo el territorio nacional de México, aunque su radio de influencia se extiende bien a América del Norte.

El Morelos 1 tiene un hermano gemelo, el Morelos 2, lanzado el 27 de Noviembre de 1985. Estos dos satélites fueron diseñados para que tuvieran una vida útil de diez años, de modo que se mantendrán en servicio activo hasta 1995. El año de 1993, Telecomunicaciones de México lanzó dos satélites: Solidaridad 1 y Solidaridad 2, que eventualmente asumirán las funciones de los actuales Morelos 1 y 2.

### 3.5 .- DISEÑO DE LA BASE FIJA DE LA ANTENA PARABÓLICA.

El propósito de la estructura que soportará el plato de la antena, es resistir el más ligero movimiento que puede significar la diferencia entre recibir una señal o perder la recepción, en especial con discos grandes y amplitud pequeña de un haz. Una desviación de solo 1° puede causar que se vea la señal de otro satélite localizado en otra parte de la órbita de Clarke. Anteriormente había muchos discos Ku y algunos C que estaban orientados de forma permanente hacia un satélite, pero las más modernas antenas con montajes movidos por actuadores pueden ser orientadas hacia cualquier satélite del arco geostacionario.

De igual forma la base tendrá que ser diseñada para soportar el peso de la propia antena, los efectos climatológicos que afecten su condición mecánica y por tal motivo su operación.

La horquilla con posibilidad de giro la consideramos dentro de esta estructura para poder realizar la corrección con respecto a los puntos cardinales en la instalación de la antena, debido a que es demasiado voluminosa la antena y sus dimensiones no nos permite maniobrar con facilidad, nos ocasionaría que con el mínimo error de orientación se tendría que cambiar de posición, y por lo tanto, tendríamos que estar construyendo y destruyendo la cimentación de concreto que la soporta.

En el desarrollo de la Industria de la Construcción, se deben dar ciertos fundamentos en los cuales las personas o corporaciones tengan que tomar en cuenta y prever los problemas que se presentaran en el desarrollo de los trabajos, para salvaguardar los bienes materiales, pero sobre todo la seguridad del personal a cargo de la obra y de las personas o compañías que tendrán contacto directo con la edificación ya concluida. De tal forma que se ha implantado en nuestro país y a nivel mundial una cierta cantidad de reglas para llevar a cabo los trabajos necesarios y que se cumpla con los requisitos establecidos.

La parte principal de estos reglamentos es la de proporcionar las definiciones y los lineamientos para que las personas en el medio de la construcción puedan asegurar la calidad del trabajo realizado.

La vida útil de una construcción llámese concreto o estructural metálica se determina por el estado límite y este nos permite determinar si no cumple ya con alguna función para la cual fué proyectada.

Se consideran dos categorías de estado límite las cuales son de falla y de servicio.

Con el fin de familiarizarnos con los conceptos y sobre todo con las definiciones utilizadas para el diseño de la base fija del plato daremos las siguientes:

**Estado límite de falla:** Corresponde al agotamiento definitivo de la capacidad de carga de la estructura o a cualquiera de sus miembros, o al hecho de que la estructura sin agotar su capacidad de carga, sufra daños irreversibles que afecten su resistencia, ante nuevas aplicaciones de carga. Se subdivide en:

**Estado límite de falla dúctil.**

**Estado límite de falla frágil.**

**Estado límite de falla dúctil:** Se presenta cuando la capacidad

de carga de una sección, elemento o estructura se agota para deformaciones bastante mayores que las existentes al alcanzarse el estado límite.

**Estado límite de falla frágil:** Se presenta cuando la capacidad de carga de una sección, elemento o estructura se agota bruscamente al alcanzarse el estado límite.

**Estado límite de servicio:** Tiene lugar cuando la estructura o parte de ella, llega a estados de deformación, agrietamiento, vibraciones o daño que afecten su correcto funcionamiento, pero no su capacidad para soportar cargas. Para cumplir con la definición de estado límite, se debe revisar que bajo el efecto de las combinaciones de acciones o sollicitaciones (accidentales o no), la respuesta de la estructura no exceda ninguno de los límites fijados a continuación:

**Deformaciones:** Deformación de la estructura o parte de ella, que produzca daños inaceptables a la propia construcción o a sus vecinas, o que se cause interferencia con el funcionamiento de equipo e instalaciones, o que afecte el adecuado drenaje de superficies y cualquier daño o interferencia a instalaciones de servicio público, que cause sensaciones de inseguridad o desagradables. Además, se deben tomar en cuenta los siguientes límites.

Las partes que componen la base fija de la antena se han detallado por separado para dar una idea clara de la importancia de cada una de ellas, así como su funcionamiento y son respectivamente:

El tipo de terreno en donde se elaborara la cimentación de la base es del tipo vegetal, conocido como material tipo II, en el cual, se encuentran partes arcillosas y fundamentos en piedra natural, considerando esto no se tendrían problemas de undimientos o niveles freáticos que dañen el concreto utilizado. Aunado a esto se considerara que el recubrimiento se elaborara con tierra producto de la excavación a intervalos de 10 cm con apisonamiento manual.

**Cimentación:** La cual consiste en un dado de concreto armado con resistencia de  $250 \text{ Kg/cm}^2$ <sup>1</sup> y reforzado con un emparrillado de varilla de 3/8 (número 3) con amarres a cada 10 cm y estribos

---

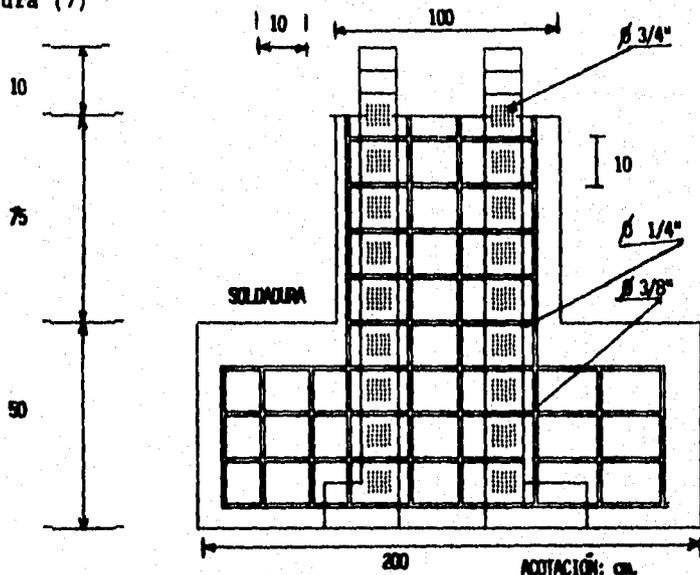
<sup>1</sup> Las proporciones deben seleccionarse, para que con los materiales disponibles, se logre un concreto con la economía, manejabilidad, durabilidad y resistencia requeridas. Se han establecido relaciones fundamentales que proporcionan guías para aproximarse a las combinaciones óptimas.

El tamaño máximo seleccionado debe ser compatible con las características de la estructura y la separación entre las varillas de refuerzo.

La cantidad de agua indicada, se estima para obtener un revenimiento de 10 cm, sin embargo deben de buscarse mezclas lo más secas posibles hasta que puedan colocarse eficientemente con vibrador y lograr una masa homogénea.

El tamaño máximo en este caso será con grava de 3/4, una cantidad de 74 lt., agua 23 l. y arena 49 lt., para un consumo de 50 kg. de cemento.

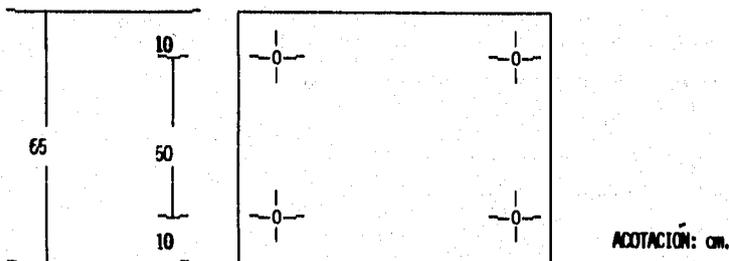
de alambrión de 1/4 a cada 10 cm de separación vertical. Su forma piramidal en la base y rectangular en la cara con contacto a la superficie, nos permite determinar un efecto tipo cuña, con el cual se asegura la estabilidad de la cimentación contra movimientos verticales y horizontales al plano de esfuerzo tanto del aire como del propio peso de la antena. Se observa la preparación para poder recibir un elemento estructural, consistente en cuatro anclas elaboradas en redondo roscado con dimensiones de 3/4 de pulgada las cuales serán soldadas a las varillas que forman el cuerpo y tendrán una longitud de 10 cm del nivel de piso terminado, las dimensiones totales del dado de cimentación son las siguientes, con respecto a la figura (7)



3.5.1. FIGURA (7)

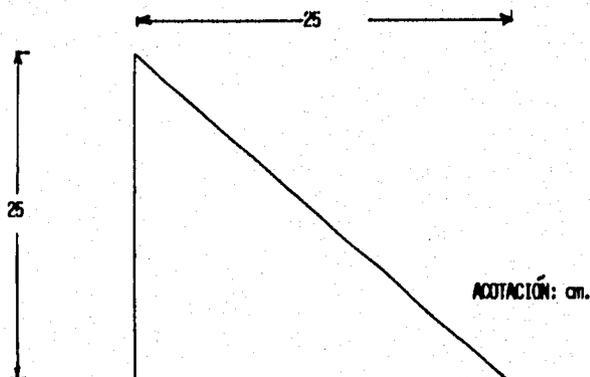
La base principal del plato y en general del cuerpo de la antena estará dada por los siguientes elementos:

A) El medio de sujeción al dado de cimentación será una placa de acero en fierro negro con dimensiones de 1/4 de espesor y 65 cm por lado la cual proveerá la resistencia mecánica al cuerpo principal de la estructura, dicha placa observará barrenos en 3/4 de pulgada para permitir la entrada de las anclas de sujeción y aceptar también el cuerpo de las tuercas que se utilizarán para fijarla al piso.



3.5.2. FIGURA (8)

B) Como refuerzo adicional se colocarán placas de metal del mismo espesor que la base, observando que el lado del triángulo rectángulo de refuerzo haga contacto con la base y el otro lado haga contacto con el cuerpo de la estructura, estos cuatro refuerzos separados entre sí 90°, y con una altura de 25 cm y una base de 25 cm, fijados con soldadura eléctrica, en toda la extensión de sus lados.



3.5.3. FIGURA (9)

C) El cuerpo principal de la base se compondrá de un tubo en Fe negro con cédula número 30, el cual tiene un espesor de 7/32 de pulgada, con una altura de 2 metros, con respecto a la altura y al diámetro del tubo se prevé que los esfuerzos cortantes y torsionantes que pueda sufrir debido al peso total de los mecanismos y el plato no serán capaces de deformarlo.

Otro de los aspectos que se toman en cuenta son: las fuerzas producto de la velocidad del aire, que incide en las caras del parabolóide, estas se absorberán en la estructura tubular y sus posibles efectos se verán soportados considerablemente con el tipo y resistencia del material ya antes designado.

Se considera la velocidad del aire más extrema en el territorio Mexicano, como se indica en la siguiente tabla (1)

| Zona | Velocidad Regional<br>(Período de Recurrencia = 200 años) |
|------|---|
| 1    | 105 Km/hr.  |
| 2    | 150 Km/hr.  |
| 3    | 125 Km/hr.  |
| 4    | 185 Km/hr.  |
| 5    | 90 Km/hr.   |
| 6    | 170 Km/hr.  |
| 7    | 95 Km/hr.   |

3.5.1. TABLA (1).

### 3.6 .- DISEÑO DEL MECANISMO DE ELEVACIÓN.

El cuerpo principal del mecanismo de elevación consiste en un perfil tubular cuadrado con las dimensiones siguientes: de largo 60 cm y 7.62 cm por lado, con un espesor de 0.635 cm.

Se observan placas soldadas a los extremos con dimensiones diferentes:

A) La primera es de 15 cm de largo y 7.62 cm de ancho, y un espesor de 0.635 cm, con un barreno de 1.9 cm localizado a una distancia de 1.9 cm hacia abajo con respecto a lo largo y centrado con respecto a la anchura, figura (12).

B) La segunda 60 cm de largo y 7.62 cm de ancho, con un espesor de 0.635 cm, el cual cuenta con dos barrenos localizados:

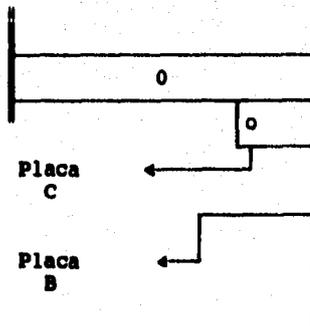
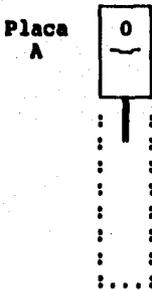
El primero en la parte superior en forma análoga a la primera placa.

El segundo en la parte inferior con características similares, figura (13).

C) Una tercera placa rectangular de 20 cm de largo y de 5.08 cm de ancho y el mismo espesor de las placas anteriores, y cuenta con un orificio a 5 cm del extremo izquierdo y a una altura de 2.54 cm, figura (14).

\* El perfil tubular rectangular soportará un peso muerto aproximado de 2058 N. más la fuerza producida por la velocidad del viento que es aproximadamente de 44,344.55 N.

La función del balancín de ajuste de elevación provoca que la antena sea orientada adecuadamente a la posición de un satélite en la órbita de Clarke, ya sea hacia arriba o hacia abajo, y a su vez, las placas A y B sirven para sujetar las chumaceras que proporcionan los grados de libertad en el movimiento de azimut de la antena y además a la placa B en la parte inferior se le acopla el mecanismo que provocará el movimiento de azimut. La placa C permite la fijación del tornillo de 20 cm de largo y 2.54 cm de diámetro que graduará la posición de elevación de la antena y la anclará, la placa C se encuentra soldada al balancín y también en forma perpendicular a B, el cual se acopla en la placa horizontal de la horquilla de ajuste giratorio.



3.6.1. FIGURA (12)

3.6.2. FIGURA (13)

3.6.3. FIGURA(14)

### 3.7 .- DISEÑO DEL AJUSTE DE AZIMUT.

El ajuste de la trayectoria de azimut: la vamos a realizar mediante un tornillo, el cual nos dará una declinación adicional para poder seguir la trayectoria de azimut, esta declinación adicional es colocada en la chumacera orientada hacia el norte geográfico terrestre.

Tornillo o bloque de ajuste para la declinación del plato de la antena, da a la línea de exploración la curvatura necesaria para que esté pueda recibir a cualquier satélite de la órbita Clarke cuando gire sobre el eje de rotación (eje polar). Si la instalación de la antena es exactamente en la línea del Ecuador no se requiere este ajuste.

Este tornillo para ajustar la declinación, es un factor que depende de la latitud geográfica de la antena. Inclina un poco el plato con respecto al eje de rotación, de forma tal que éste queda montado sobre la superficie de un cono imaginario. De esta manera cuando el plato rota sobre el eje polar, puede enfocar correctamente todos los satélites que se encuentran en la órbita visible.

Las dimensiones de los perfiles tubulares que se utilizaran en esta base son los siguientes:

La parte de soporte para la estructura que contiene los pétalos de la antena se construirá en tubular cuadrado de 5.08 cm por lado y 0.3175 cm de grosor con 78 cm de largo (formando un cuadrado), se observan dos barrenos de 2.016 cm colocados a 19.5 cm de los extremos, y centrados en el tubular.

El soporte para el ajuste de azimut sera de fierro ángulo de 7.62 cm por lado (caras iguales) y 0.635 cm de espesor, con un largo total de 42.81 cm, tendrá distribuidos en su cara superior dos barrenos con diámetro de 2.016 cm y distribuidos a 1.9 cm de los bornes laterales, observando una separación de 30 cm a centros de los orificios.

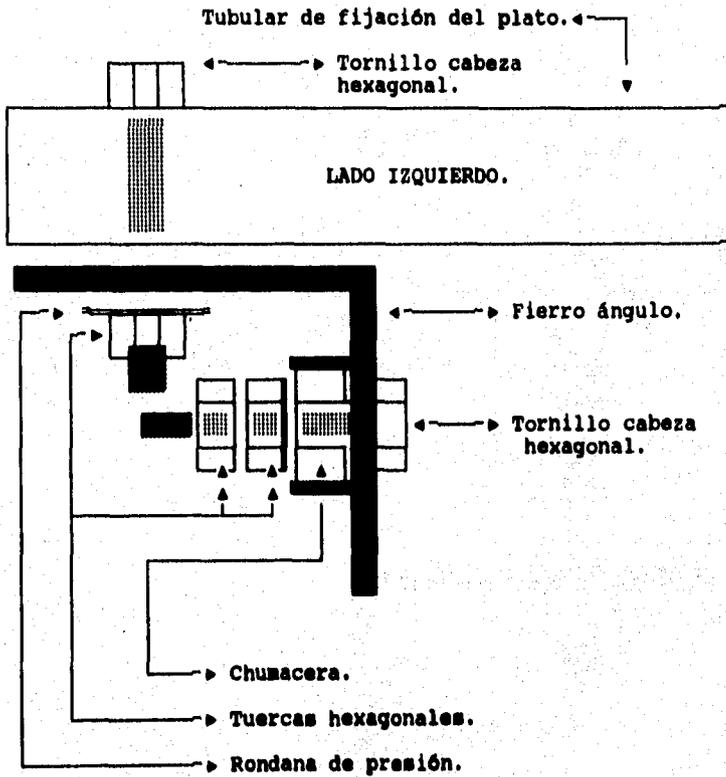
En la cara perpendicular se coloca un trozo de tubo soldado de diámetro 4.762 cm y largo de 1.905 cm el cual alojara un balero del tipo 6203 este se fijara a la chumacera mediante tornillos del tipo prisioneros en 0.635 cm de diámetro y 0.635 cm de largo, la posición del barrero para el eje de la chumacera esta dado a 4.702 cm del lecho inferior del tubular al lecho inferior del tubo.

En el extremo izquierdo se consideran las siguientes partes :  
Tornillo cabeza exagonal de 1.9 cm de diámetro por 7.62 cm con su respectiva tuerca exagonal y rondana de presión.

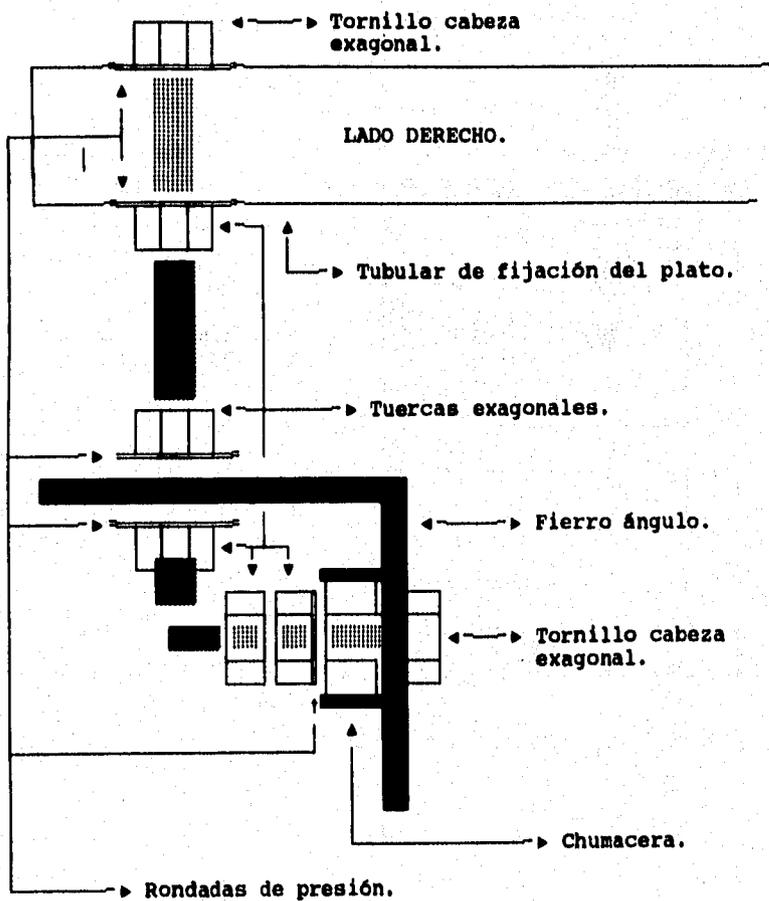
Tornillo cabeza exagonal de 1.9 cm de diámetro por 5.08 cm y dos tuercas hexagonales con rondana de presión, para que funcione como eje de giro.

En el extremo derecho se consideran las siguientes partes:  
Tornillo cabeza exagonal de 1.9 cm de diámetro por 17.78 cm de largo con tres tuercas hexagonales y tres rondanas de presión.

Tornillo cabeza exagonal de 1.9 cm de diámetro por 5.08 cm y dos tuercas hexagonales con rondana de presión, para que funcione como eje de giro.



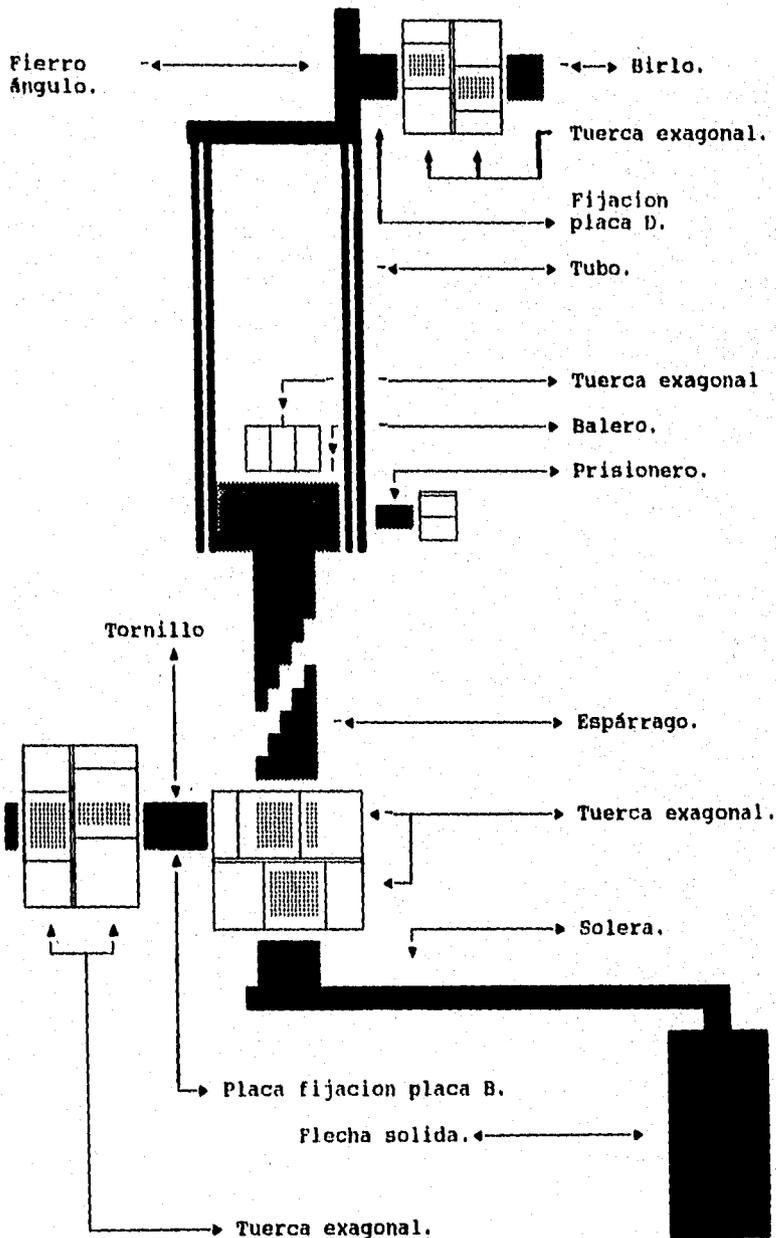
3.7.1. FIGURA (15).



3.7.2. FIGURA (16)

El mecanismo de azimut es colocado entre la placa B del balancín de elevación en el extremo inferior y en uno de los extremos del cuadro de anclaje del paraboloide con el propósito de que el plato gire sobre su eje polar.

Este mecanismo en sí es una fracción de tubo con una placa con orificio soldada, este extremo se coloca en el extremo en la base del paraboloide, con el objetivo de permitir el movimiento libre de este brazo, el otro extremo del tubo funciona como chumacera, con la finalidad de que se fije un espárrago con balero para que esté gire libremente, el espárrago cuenta con dos tuerca, una soldada a un tornillo con el fin de fijar está al extremo de la placa B y la otra tuerca funciona como contratuerca para fijar la posición de azimut del plato, el otro extremo del espárrago tiene soldada una manivela para cambiar la posición de azimut.



3.7.3. FIGURA No 17

### 3.8 .- DISEÑO DE LOS PÉTALOS DEL PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN.

Para llevar a cabo la construcción de los pétalos del paraboloides es necesario determinar la ecuación de la parábola que generará al paraboloides de revolución partiendo de la relación foco diámetro que se utilizará, el cual varía entre 0.2 y 0.4, en nuestro caso tomamos la relación de 0.3. Esto quiere decir que:

$$\frac{f}{D} = 0.3$$

o sea

$$\frac{f}{D} = \frac{3}{10} \Rightarrow f = \frac{3}{10} (D)$$

Como el diámetro de la antena es de 5 m. la altura del foco será:

$$f = \frac{3}{10} (5m.)$$

Quedando su altura de 1.5 m.

Como la ecuación de una parábola con eje de simetría en "X" y formada hacia la derecha es:

$$Y^2 = 4aX$$

y como en este caso  $a = f = 1.5$  m la ecuación quedará:

$$Y^2 = 4(1.5)X$$

$$Y^2 = 6X$$

Si queremos determinar la profundidad que tendrá el plato reflector despejamos de la ecuación anterior a "X" quedando:

$$X = \frac{Y^2}{6}$$

Como el paraboloides tiene un radio de 2.5 m. entonces Y será de 2.5 m. quiere decir que la profundidad del paraboloides es:

$$X = \frac{(2.5)^2}{6} = \frac{\left(\frac{5}{2}\right)^2}{6} = \frac{\frac{25}{4}}{6} = \frac{25}{24}$$

Quiere decir que  $X = 1.0467$  m.

También es necesario determinar la longitud del arco y en este caso la longitud es el doble de la que hay desde el punto (0,0) el punto (25/24, 5/2). Para calcular esta longitud se utiliza la siguiente ecuación:

$$s = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dX}{dY}\right)^2} dY$$

Derivando  $X = Y^2/6$  tenemos:

$$\frac{dX}{dY} = \frac{2Y}{6}$$

reduciendo queda:

$$\frac{dX}{dY} = \frac{Y}{3}$$

Haciendo el subradical nos queda de la siguiente forma:

$$1 + \left(\frac{dX}{dY}\right)^2 = 1 + \left(\frac{Y}{3}\right)^2$$

$$1 + \left(\frac{dX}{dY}\right)^2 = 1 + \frac{Y^2}{9} = \frac{9}{9} + \frac{Y^2}{9} = \frac{9 + Y^2}{9}$$

Siendo  $a = 0$  y  $b = 5/2$  sustituimos en la fórmula para el cálculo del la longitud de arco quedando:

$$s = 2 \int_0^{5/2} \sqrt{\frac{9 + Y^2}{9}} dY$$

Sacando del radical el 9 queda:

$$s = \frac{2}{3} \int_0^{5/2} \sqrt{9 + Y^2} dY$$

Aplicando la fórmula:

$$\int_a^b \sqrt{a^2 + U^2} dU = \left[ \frac{U}{2} \sqrt{U^2 + a^2} + \frac{a^2}{2} \ln(U + \sqrt{U^2 + a^2}) \right]_a^b$$

Haciendo

$$\begin{aligned} a^2 &= 9; & U^2 &= Y^2 \\ a &= 3; & U &= Y \\ & & dU &= dY \end{aligned}$$

$$S = \frac{2}{3} \left[ \frac{Y}{2} \sqrt{Y^2+9} + \frac{9}{2} \ln(Y + \sqrt{Y^2+9}) \right]_0^{\frac{5}{2}}$$

Valuando en los intervalos indicados queda:

$$S = \frac{2}{3} \left( \left[ \frac{\frac{5}{2}}{2} \sqrt{\left(\frac{5}{2}\right)^2+9} + \frac{9}{2} \ln\left(\frac{5}{2} + \sqrt{\left(\frac{5}{2}\right)^2+9}\right) \right] - \left[ \frac{0}{2} \sqrt{0^2+9} + \frac{9}{2} \ln(0 + \sqrt{0^2+9}) \right] \right)$$

$$S = 5.53$$

Implica que la longitud de cada arco será de 5.53 m.

En la periferia llevará un aro de tubular cuadrado cuyo radio es de 2.5 m. calculando el perímetro mediante la fórmula  $A = 2\pi r$ , da por resultado 15.71 m., aproximadamente a un tercio de la longitud del arco parabólico va a llevar otro aro cuyo diámetro será de 1.8 m. teniendo un perímetro aproximado de 5.65 m. Además los arcos parabólicos deben llevar un refuerzo de tal forma que sea tangencial a la parte más baja del paraboloides de revolución para que sirva también de base del mismo, éste refuerzo tendrá la forma de un trapecio sin la base mayor, el cual irá soldado y tendrá una longitud aproximada de 2.1 m. también llevará unos pedazos de tubular cuadrado de aproximadamente 0.12 m. para darle mayor consistencia al arco parabólico, estos pedazos de tubular irán entre el refuerzo en forma de trapecio y la semiparábola, en las dobles del refuerzo.

En el diseño del paraboloides, es necesario conocer el área de la superficie reflectora ya que se tiene que comprar el material con el cual se cubrirá la cara interior del paraboloides de revolución. Para esto utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Sx = 2\pi \int_a^b Y \sqrt{1 + \left(\frac{dY}{dX}\right)^2} dX$$

Haciendo el subradical queda:

partiendo de que  $Y^2 = 6X$

$$2Y \frac{dY}{dX} = 6 \Rightarrow \frac{dY}{dX} = \frac{6}{2Y}$$

Reduciendo la fracción queda:

$$\frac{dY}{dX} = \frac{3}{Y}$$

Resolviendo el subradical de la fórmula tenemos que:

$$1 + \left(\frac{dY}{dX}\right)^2 = 1 + \left(\frac{3}{Y}\right)^2 = \frac{Y^2 + 9}{Y^2}$$

Haciendo a = 0 y b = 25/24 la ecuación queda:

$$Sx = 2\pi \int_0^{\frac{25}{24}} Y \sqrt{\frac{Y^2 + 9}{Y^2}} dX = 2\pi \int_0^{\frac{25}{24}} \sqrt{Y^2 + 9} dX$$

Sabiendo que  $Y^2 = 6X$  queda:

$$Sx = 2\pi \int_0^{\frac{25}{24}} \sqrt{6X + 9} dX = \frac{2\pi}{6} \left(\frac{2}{3}\right) (6X + 9)^{\frac{3}{2}} \Big|_0^{\frac{25}{24}}$$

Valuando la ecuación queda:

$$Sx = \frac{4\pi}{18} \left[ \left(\frac{6(25)}{24} + 9\right)^{\frac{3}{2}} - (6(0) + 9)^{\frac{3}{2}} \right] = 22.73$$

Quiere decir que la superficie del reflector es de 22.73 m<sup>2</sup>. En este caso habrá que considerar el desperdicio que se pueda presentar, ya que la malla que venden no es fabricada exclusivamente para la construcción de antenas parabólicas y ésta es rectangular, considerando lo anterior estimamos que se perderá alrededor de un 14%, es decir, que posiblemente se pierdan 3.17 m<sup>2</sup> de malla.

También es necesario saber la ecuación del paraboloide de revolución llevando el siguiente procedimiento:

para hallar la ecuación del paraboloides de revolución que se obtiene al hacer girar la parábola  $Z^2 = 4ay$  en el plano "ZY" en  $X = 0$ , como "a" es la distancia del vértice de la parábola al foco entonces  $f = a$ , sabiendo que  $D = 5m$ . y  $f = 1.5m$ . las ecuaciones quedan:

$$Z^2 = 6Y \dots \dots \dots (1)$$

$$X = 0 \dots \dots \dots (2)$$

alrededor del eje "Y".

Las ecuaciones de la generatriz quedan:

como la ecuación de una circunferencia en el plano "XZ" es:

$X^2 + Z^2 = r^2$  y como varia de acuerdo con el nivel al que se encuentra  $Y = cte$ .

$$G = \begin{cases} X^2 + Z^2 = \alpha^2 \dots (3) \\ Y = \beta \dots (4) \end{cases}$$

Sustituyendo la ec. 2 en 3 tenemos:

$$Z^2 = \alpha^2 \dots \dots \dots (5)$$

al sustituir la ec. 4 en 1 queda:

$$Z^2 = 6\beta \dots \dots \dots (6)$$

igualando la ec. 5 con la ec. 6 se obtiene:

$$\alpha^2 = 6\beta \dots \dots \dots (7)$$

sustituyendo ec. 4 en 7 queda:

$$\alpha^2 = 6Y \dots \dots \dots (8)$$

sustituyendo la ec. 8 en 3 queda:

$$X^2 + Z^2 = 6Y$$

Por lo tanto la ecuación del paraboloides de revolución es:

$$X^2 + Z^2 = 6Y$$

### 3.9 .- DISEÑO DE LA BASE Y MECANISMO DE AJUSTE PARA EL AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO.

Partiendo de la ecuación de la parábola:

$$X^2 = 6Y$$

antes calculada y como el soporte del LNA estará formado por tres segmentos de tubular cuadrado de  $3/4"$ , estos son líneas rectas que sostendrán al mecanismo de ajuste para la posición del foco, quedando el mecanismo de ajuste 40 Cm. por encima del foco y a  $45^\circ$  con respecto al eje de simetría de la parábola mencionada, quiere decir que como el foco estará a 1.5 m. por encima de la superficie del reflector paraboloide y el mecanismo a 40 Cm. por encima del foco, entonces el mecanismo estará a 1.9 m. por encima de la superficie del reflector paraboloide, ésta recta pasará por las coordenadas (0, 1.9) y (1.9, 0), la ecuación de la recta quedará:

$$X = 1.9 - Y$$

Ahora determinaremos el punto de cruce de la recta con la parábola. Sustituyendo la ecuación de la recta en la ecuación de la parábola nos queda la ecuación:

$$Y^2 - 9.8Y + 3.61 = 0$$

Utilizando la fórmula general o cualquier otro método para resolver ecuaciones de segundo grado se llega a los siguientes valores:  $Y = 9.42$  y  $Y = 0.383$ . Tomamos la segunda solución sustituyéndola en la ecuación de la parábola y obtenemos el valor de  $X = 1.517$ .

Ahora calculamos la longitud de cada segmento de tubular sin considerar lo que crecerán con las soleras cuadradas que llevará el mecanismo de ajuste de la posición del foco y el diámetro de éste además del espesor de los ángulos que se utilizarán para el anclaje del mecanismo sobre el reflector paraboloide, que es aproximadamente 2.5 Cm. los que tendremos que recortar en la construcción.

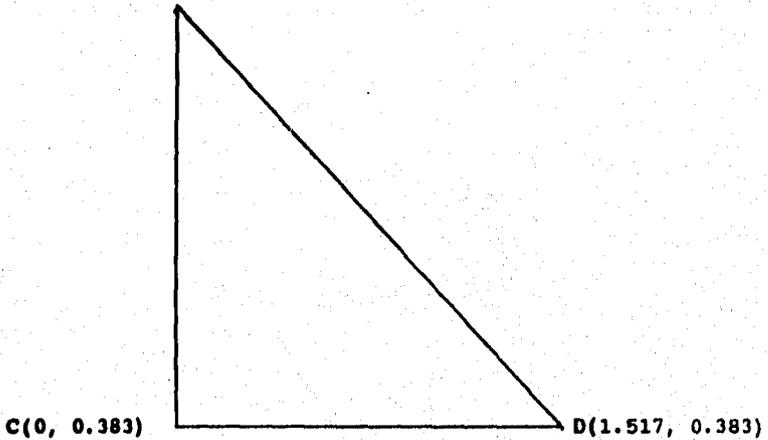
Viendo por uno de los costados del paraboloide al soporte, éste forma un triángulo rectángulo, considerando las coordenadas del mecanismo de ajuste y las coordenadas que ocupará el tripie, calculamos la distancia entre estos dos puntos dando por resultado la longitud de los tubulares cuadrados, las coordenadas son: (1.517, 0.383) en el reflector y (0, 1.9) en el punto de unión del mecanismo de ajuste del foco.

$$TUB = \sqrt{(0-1.517)^2 + (1.9-0.383)^2} = 2.145m.$$

Este cálculo se obtuvo en base al siguiente dibujo:

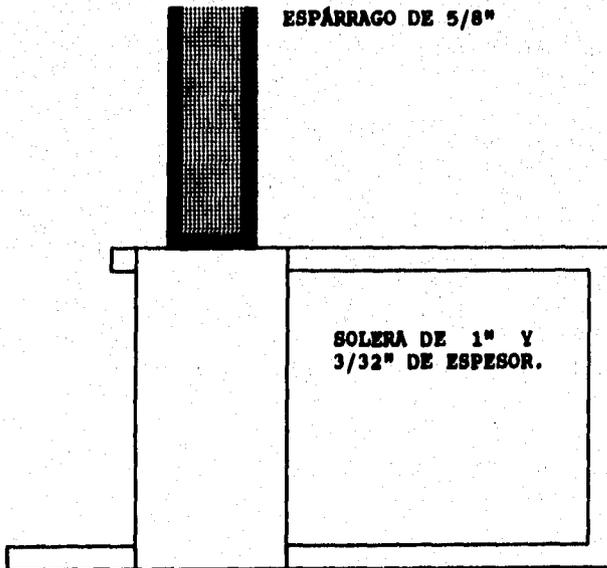
A(0 ,1.9)

3.9.1. FIGURA No 18



El soporte del LNA va a quedar como lo muestra la siguiente figura:

SOPORTE DEL LNA. FIGURA No 19



3.9.2. VISTA LATERAL DEL SOPORTE DEL LNA.

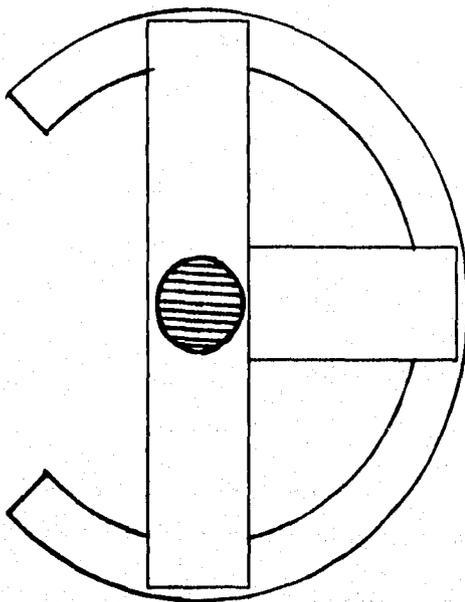
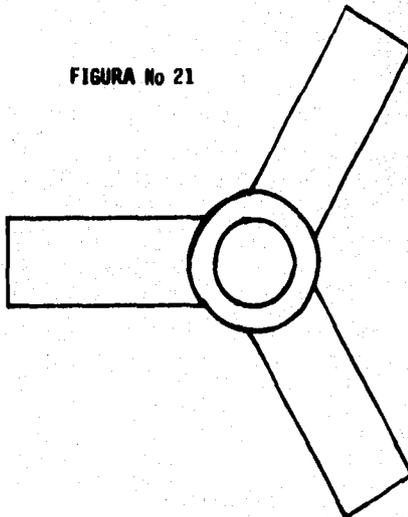


FIGURA No 20

3.9.3. VISTA SUPERIOR DEL SOPORTE DEL LNA.

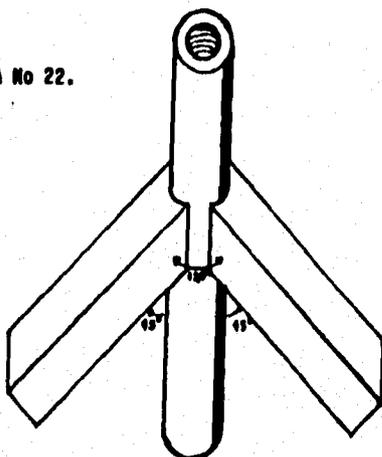
La siguiente figura muestra el tubo roscado para el ajuste del foco:

FIGURA No 21



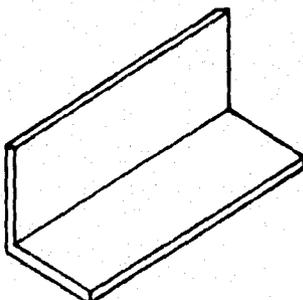
3.9.4. VISTA SUPERIOR DEL MECANISMO DE AJUSTE DEL FOCO.

**FIGURA No 22.**



**3.9.5. VISTA LATERAL DEL MECANISMO DE AJUSTE DEL FOCO.**

En la siguiente figura se muestra uno de los tres ángulos de  $3/4''$  por  $3/32''$  de espesor y  $2''$  de largo, que se colocarán para fijar el tripie que soportará al mecanismo de ajuste del foco sobre la superficie del reflector paraboloide.

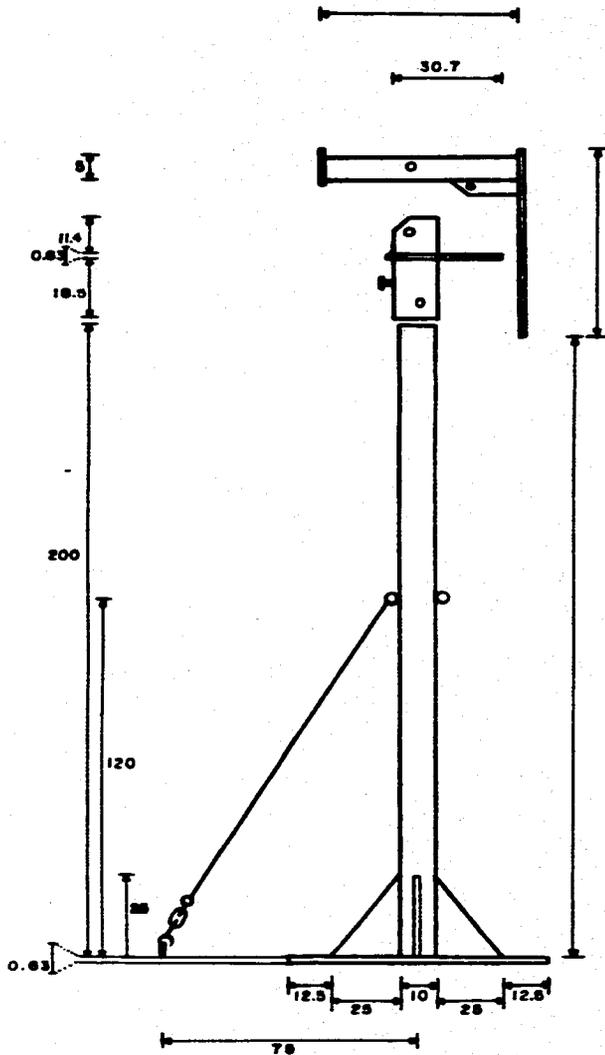


**3.9.6. ÁNGULO PARA FIJAR EL TRIPÍE.**

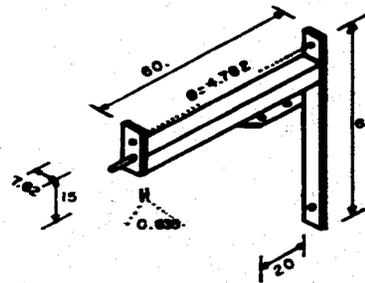
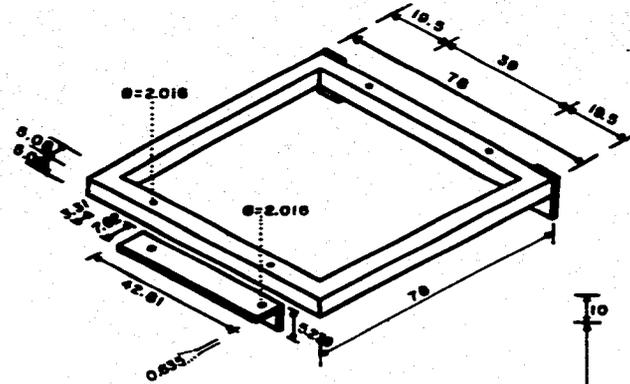
**FIGURA No 23.**

Los planos de los diseños para el paraboloide de revolución y elementos estructurales de soporte y fijación, se detallan en los planos correspondientes indicados como DE-01 y DE-02, los cuales aparecen en las dos hojas siguientes.

**BASE DEL PLATO PARABOLICO  
(CONJUNTO)**

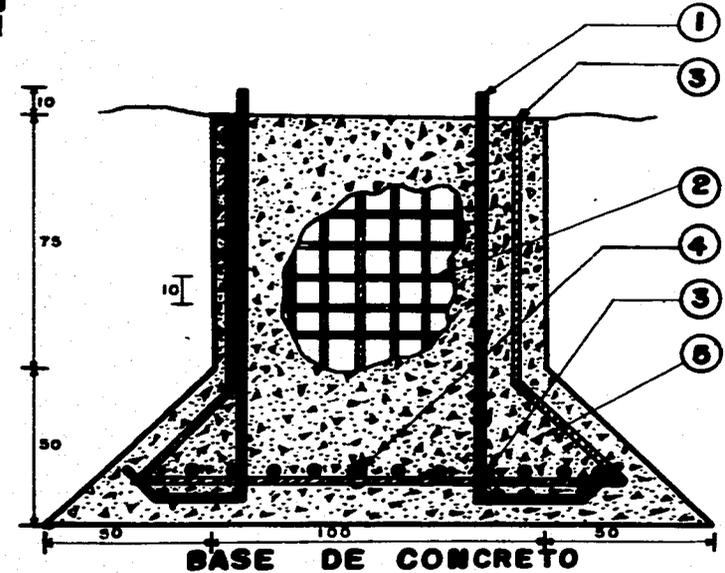


**CUADRO DEL BALANCIN**



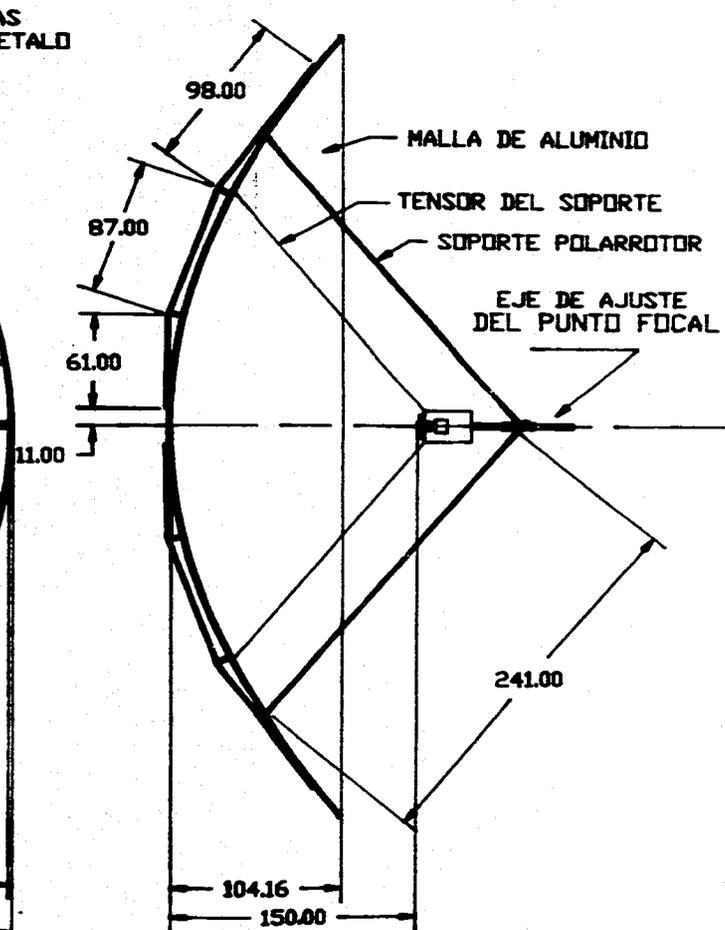
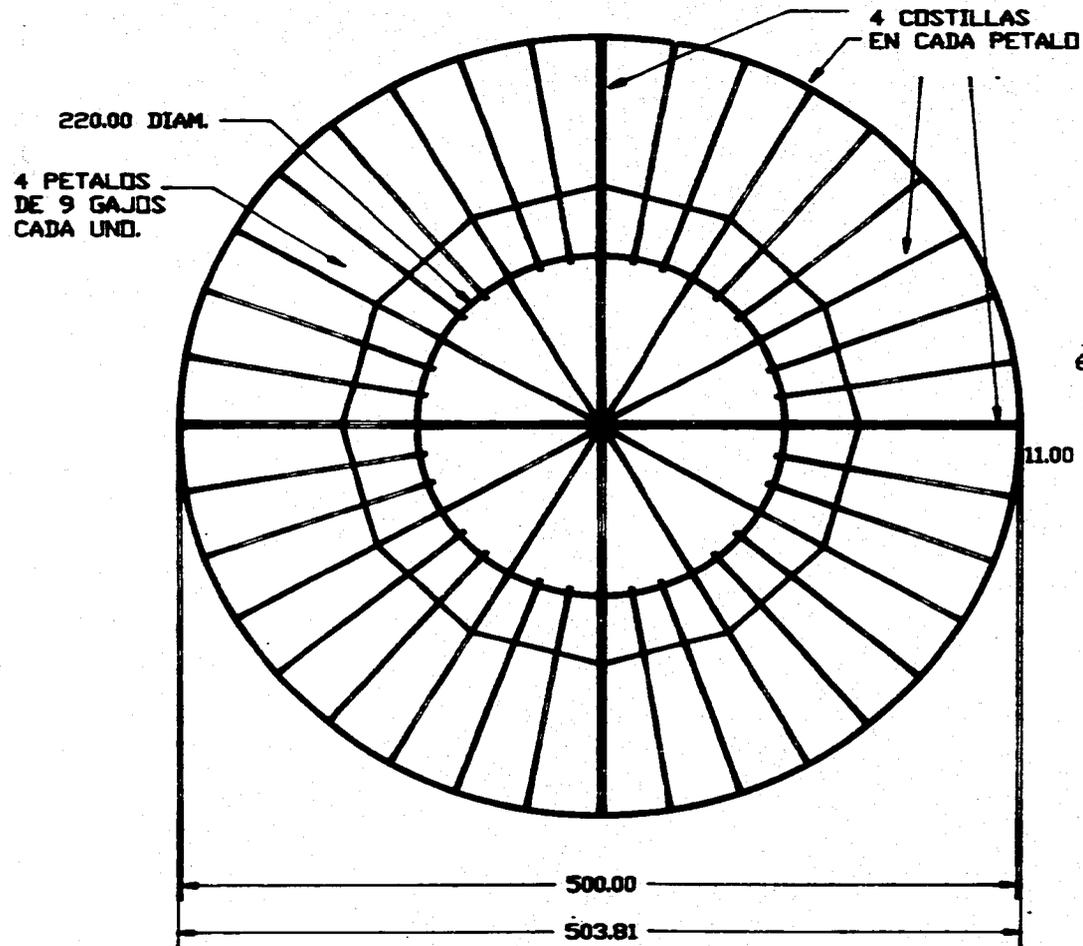
**BALANCIN**

- ① REDONDO ROSCADO DE 3/4"
- ② ALAMBRE DE 1/4"
- ③ VARILLA CORRUGADO DE 3/4"
- ④ ALAMBRE RECOCIDO CAL. N° 12.
- ⑤ CONCRETO ARMADO 250 Kg/Cm<sup>2</sup>



**BASE DE CONCRETO**

| DETALLES ESTRUCTURALES                  |                |                       |
|---|----------------|-----------------------|
| PROYECTO: ANTENA PARABOLICA             |                |                       |
| FACUL. DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILAN |                |                       |
| APROBO:<br>ING. ANTONIO SANCHEZ         | PROYECTO: GOLM | PLANO N°<br><br>DE-01 |
|   | REVISO: CAH    |                       |
|   | DIBUJO: MASR   |                       |
| ESC. 1:185                              | ACOT. CM       |                       |



## REFLECTOR PARABOLOIDE

Proyecto: ANTENA PARABOLICA FESC - UNAM PLANO: DE-02 Escala: SIN

Proyecto: COLM Reviso: CAAN Dibujo: MASR Acot.: cm Aprobó: Ing. J.A. Sanchez Fecha: 23/7/88

## **CAPÍTULO IV.**

**CONSTRUCCIÓN DE LA ANTENA RECEPTORA EN FORMA DE PARABOLOIDE DE  
REVOLUCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATÉLITE DE CINCO  
METROS DE DIÁMETRO.**

#### **4 .- CONSTRUCCIÓN DE LA ANTENA RECEPTORA EN FORMA DE PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATELITE DE CINCO METROS DE DIÁMETRO.**

##### **4.1 .- INTRODUCCIÓN.**

En éste capítulo mencionamos las premisas histórico prácticas del proceso de soldar mediante arco eléctrico, considerando los diferentes equipos utilizados, los cuales trabajan en ambiente normal, es decir, no considerando atmósferas especiales, clasificandolos de acuerdo a la forma de suministro de energía eléctrica, y a la generación de la misma.

También mencionamos las diferencias en la aplicación de la soldadura, sus características utilizando corriente alterna y corriente directa, así como también sus ventajas y desventajas.

Hacemos incapié en los procedimientos mecanizados del soldador al utilizar diferentes factores y electrodos, los cuales son los elementos clave para desarrollar un buen trabajo de soldadura.

Los materiales utilizados para la construcción de la estructura y los mecanismos del reflector son mencionados mediante un listado general que posteriormente fué separado para la construcción de las partes específicas.

Como en el capítulo anterior se dieron los fundamentos del diseño de cada una de las partes que componen la antena, en este capítulo solo nos concretamos a describir paso a paso las piezas que integran a cada uno de los mecanismos.

La base principal que algunos autores le llaman torpedo la hicimos bastante sobrada en dimensiones la cual esta formada por seis piezas que están descritos con detalle.

Los mecanismos de elevación, declinación y azimut, están contenidos como un solo tema, los cuales fueron construidos de tal forma que sean manipulados y orientados con gran facilidad y con poco esfuerzo humano.

Para lograr facilidad en la maniobrabilidad del paraboloide de revolución éste fué seccionado en cuatro gajos que realmente están ligeros a pesar de las dimensiones que tiene el plato reflector.

La base y mecanismo del amplificador de bajo nivel de ruido es una estructura ligera y a la vez resistente, esta hecha exprpesso para graduar adecuadamente la distancia focal, que es la que existe entre el fondo del paraboloide y el punto donde debe estar colocado el LNA.

El anclaje de la base de la antena, se describe paso a paso de tal forma que los posibles errores sean eliminados. También se han previsto los posibles esfuerzos estáticos y dinámicos para definir las características de la cimentación que se hizo para colocar esta base.

El armado de la antena es fácil a pesar de estar sobre un edificio de dos plantas, debido al diseño modular que se hizo, los costos están enlistados indicando una reducción de costos al llevar a cabo la construcción de la antena por uno mismo.

De un sin fin de equipos que hay en el mercado, se analizaron las características de algunos de ellos, con lo cual se opto por el que nos diera mejor servicio y su costo no fuera tan elevado.

## 4.2 EQUIPOS DE SOLDADURA ELÉCTRICA.

### 4.2.1.- SOLDADURA MANUAL POR ARCO ELÉCTRICO.

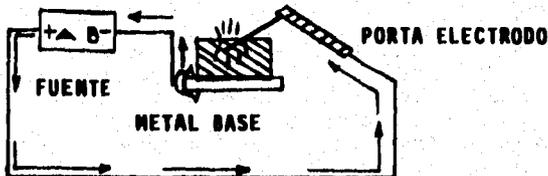
La soldadura manual por arco eléctrico es un medio para unir metales, que tienen las siguientes características específicas

- Utilizar como fuente la energía de la corriente eléctrica
- Emplea una fuente de energía ( arco eléctrico ), para lograr que los metales alcancen la temperatura adecuada para su unión.
- Se aplica en forma manual, por el soldador, quien controla personalmente todos los factores del proceso.

### 4.2.2.- CIRCUITO DE SOLDADURA.

Mediante el circuito de soldadura (que es un circuito eléctrico) es posible aprovechar la corriente eléctrica como fuente de energía para soldar.

La figura siguiente representa el circuito de soldadura.



4.2.1. FIGURA No 1.

El circuito empieza en A, donde el cable del electrodo se conecta a una terminal de la máquina de soldar; y termina en B, donde el cable de tierra se conecta a la otra terminal de la máquina de soldar, pasando por las piezas que se están soldando.

El recorrido de la corriente eléctrica, que fluye a través de cada elemento del circuito, está indicado con flechas.

### 4.2.3.- ARCO ELÉCTRICO PROTEGIDO.

En el proceso de soldadura eléctrica manual, se utiliza el arco eléctrico como fuente de calor.

Se forma un arco eléctrico, cuando una corriente eléctrica pasa entre dos terminales separadas una corta distancia entre sí.

Ahora bien, en la soldadura eléctrica manual, para facilitar el inicio del arco eléctrico, es necesario establecer un contacto momentáneo entre el electrodo y la pieza. Esta práctica se conoce como "Cabar el arco" y electricamente es un estado de cortocircuito.

La razón de cabar el arco es la siguiente:

Si tenemos en cuenta que el aire, en condiciones normales, es un mal conductor de electricidad, nos sería fácil entender que entre mayor espacio de aire tenga que atravesar la corriente

eléctrica (los electrones), más fuerza tendrá que tener la corriente para lograrlo.

En electricidad, a la fuerza con la que se transmite la corriente eléctrica se le denomina voltaje.

Entonces, a mayor distancia entre el electrodo y la pieza, se necesitará mayor voltaje para establecer el arco eléctrico.

En el caso de soldadura eléctrica manual, se requerirá de un voltaje tan alto para iniciar el arco, que se rebasaría los límites de capacidad del equipo y resultaría peligroso para el soldador.

"Si se quisiera desarrollar el arco en una libre distancia de aire, esto es, sin haber producido el corto circuito, se necesitarían para contrarrestar la resistencia de la distancia aérea unos 4000 a 5000 volts por milímetro de separación entre los polos".

Hemos dicho que al cebar el arco se produce un estado de corto circuito.

Como resultado del corto circuito, se genera en la zona del cebado, un calor tan intenso (3500° C aproximadamente), que resulta suficiente para fundir el revestimiento del electrodo.

Al fundirse el revestimiento, se produce una masa gaseosa compuesta de materiales que actúan como conductores de la corriente eléctrica y que establecen un "puente" para que ésta fluya. Entonces es posible alargar el arco.

Esta masa gaseosa es ahora un buen conductor de la electricidad y hace posible que con poco voltaje se mantenga el arco eléctrico.

El voltaje necesario para establecer el arco eléctrico utilizando corriente continua es de 50 a 55 volts, utilizando corriente alterna de 80 a 90 volts.

Para mantener el arco, el voltaje necesario varía según el tipo y diámetro del electrodo; pero la gama va de 14 a 35 volts aproximadamente.

#### **4.2.4.- EQUIPO Y ACCESORIOS PARA SOLDADURA ELÉCTRICA.**

##### **4.2.4.1.- EQUIPO DE SOLDAR.**

El equipo de soldadura eléctrica propiamente dicho, consta de:

- Máquina de soldar.
- Dos cables eléctricos conectados en cada una de las terminales de la máquina de soldar y en su otro extremo, uno portaelectrodos y otro a la pinza de tierra.
- Conectores.
- Portaelectrodos.

Equipo de protección.

El equipo necesario para la protección del trabajador consta de:

- Careta con vidrio de color apropiado para protegerse de

los rayos infrarrojos y ultravioleta que se producen al establecer y mantener el arco eléctrico.

Los más usados son los vidrios del número 12 y 14, debido a los amperajes promedio con que se trabaja.

El código de numeración de los vidrios se interpreta así:

El número 12, por ejemplo, significa que se deja pasar 1/12 de la luminosidad total.

El número 14 que se deja pasar 1/14 de la luminosidad.

- Guantes aislantes de la electricidad. En la soldadura eléctrica manual es más conveniente utilizar guantes largos.
- Ropa protectora.
- Botas.

Equipos y accesorios necesarios en el taller.

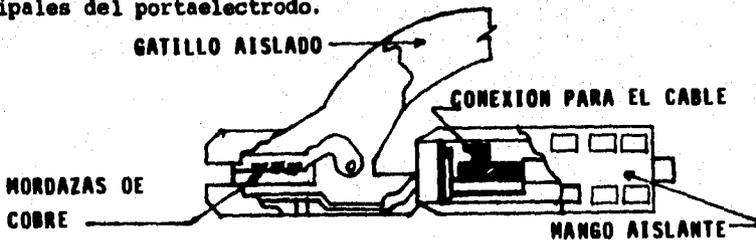
Es recomendable que el taller de soldadura eléctrica cuente por lo menos con:

- Mesas de trabajo.
- prensas para fijar las piezas a unir.
- Tornillo de banco.
- Instrumentos de trazo y medición.
- Herramientas fundamentales para el mecánico: martillos, cinceles, sierras manuales, tijeras, limas, esmeril etc.
- Herramientas indispensables para la preparación y terminado final de las piezas: cepillo de alambre, piqueta y lana mineral.
- Cortinas aislantes y mantas aislantes portátiles.
- Toma de agua limpia.
- Solventes utilizados para eliminar la grasa y suciedad de las piezas.

#### 4.2.5.- PORTAELECTRODO Y PINZA DE TIERRA.

Son accesorios que forman parte del equipo de soldadura. Se aplican para asegurar la buena conducción de corriente a través de la pieza y el electrodo.

Son de fácil manejo, están equilibrados y permiten un funcionamiento seguro. En la figura No 2 se presentan las partes principales del portaelectrodo.



4.2.5.1. Figura No 2.

#### 4.2.5.1.- PORTAELECTRODO.

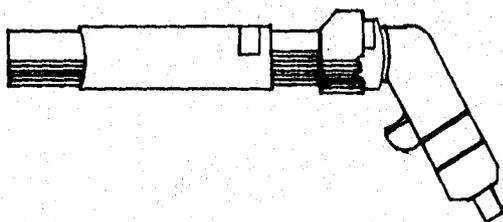
**Constitución:** El portaelectrodo está constituido por un mango hueco de fibra de vidrio, el cual permite un rápido enfriamiento; las ranuras posibilitan una fácil manipulación, ya que se amolda perfectamente a la mano; el gatillo aislado con fibra, es para abrir las mandíbulas y cambiar (presionando el gatillo hacia abajo) el electrodo que esta sujeto por aquellas.

Las dos mandíbulas son de acero y tienen en sus extremos mordazas de cobre que aseguran el buen paso de la corriente, al mismo tiempo las mandíbulas están protegidas por la parte posterior, con un material aislante para evitar contactos con la pieza.

Existen otros tipos de portaelectrodos según las figuras siguientes.



4.2.5.1.1. FIGURA No 3.



4.2.5.1.2. Figura No 4.

**Características:** los portaelectrodos deben ser livianos y equilibrados, para evitar el cansancio y asegurar una manipulación rápida. Deben estar térmica y eléctricamente aislados.

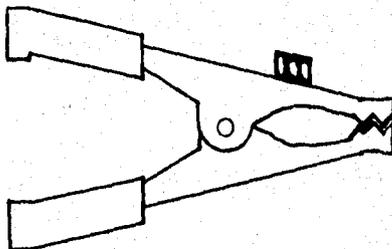
**Condiciones de uso:** la unión de contacto en el portaelectrodo debe ser segura y permitir el paso de corriente sin ofrecer resistencia eléctrica.

Las mandíbulas deben estar limpias de tal forma que el electrodo se ajuste perfectamente en las ranuras de las mordazas. No hay que someter el portaelectrodo a amperajes que excedan su capacidad.

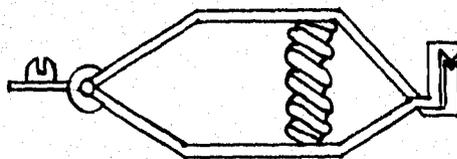
#### 4.2.5.2.- PINZA DE TIERRA.

Constitución: está constituida por brazos unidos entre sí en el centro, por medio de un pasador metálico. Está provista de un resorte que se coloca alrededor del pasador para mantener las mandíbulas fuertemente cerradas. Estas mandíbulas poseen en sus extremos contactores de cobre, los cuales permiten un contacto eficiente entre la pieza y la conexión a tierra. La terminal del cable está asegurada a la conexión de tierra con un tornillo fuertemente apretado. Los extremos de los brazos tienen un tubo plástico, como aislante.

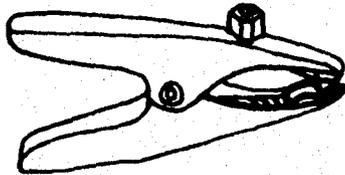
Los tipos existentes se indican mediante las siguientes figuras:



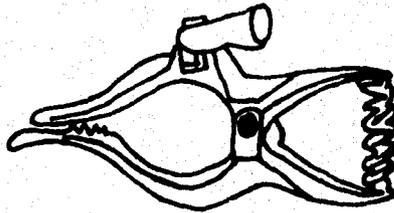
4.2.5.2.1. FIGURA No 5.



4.2.5.2.2. FIGURA No 6.



4.2.5.2.3. FIGURA No 7.



4.2.5.2.4. FIGURA No 8.

Características: las pinzas para conexión a tierra son livianas para conectar rápidamente al trabajo. Están fabricadas de acero y cobre.

#### 4.2.6.- CABLES ELÉCTRICOS - CONECTORES.

Cables de soldar: deben ser de primera calidad y tener las siguientes características:

- Grosor adecuado.
- Longitud correcta.
- Flexibilidad suficiente.
- Aislamiento total.

El cable de unión entre la máquina de soldar y el portaelectrodo, se fabrica especialmente para soldar.

El conductor interno es de cobre y tiene un aislamiento exterior.

Debe su excelente flexibilidad a las especificaciones de fabricación, ya que el conductor está compuesto de cientos de alambres de cobre, muy delgados, envueltos en un papel resistente que le permite deslizarse libremente dentro del aislamiento, cuando el cable se dobla.

El material aislante puede ser caucho o algún plástico igualmente resistente y flexible.

El cable utilizado para conectar la máquina de soldar con la línea de tierra, es de menor flexibilidad, pero de igual resistencia.

La sección diámetro de los cables de soldar varían según:

- El grado de calentamiento que deberán soportar estos. El calentamiento depende de la intensidad máxima de corriente que pueda proporcionar la máquina de soldar.
- La longitud del cable.

A continuación se incluye una tabla, aprobada por la unión de electrotécnicos Alemanes, que señala la sección adecuada de los cables, en función del amperaje (intensidad) máximo que soportarán.

A los valores para la sección de los cables, dados en la tabla pueden aplicarse una tolerancia del 25 %, ya que en la práctica, no soportan el amperaje máximo todo el tiempo.

| SECCIÓN DEL CABLE EN mm | AMPERAJE MÁXIMO. | SECCIÓN DEL CABLE EN mm | AMPERAJE MÁXIMO. |
|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| 10                      | 43               | 150                     | 325              |
| 16                      | 75               | 185                     | 380              |
| 25                      | 100              | 240                     | 450              |
| 35                      | 125              | 300                     | 525              |
| 50                      | 160              | 400                     | 640              |
| 70                      | 200              | 500                     | 760              |
| 95                      | 240              | 625                     | 880              |
| 120                     | 280              | 800                     | 1050             |

4.2.6.1. TABLA No 1.

Así por ejemplo, en vez de un cable con sección de 25 mm, recomendado para 100 amperes como máximo, puede utilizarse un cable con 20 mm de sección. O a la inversa, un cable con sección de 25mm, puede soportar un 25 % más alto, en éste caso de 125 amperes.

A medida que aumenta la longitud del cable, aumenta también la pérdida de corriente.

Así por ejemplo, en un cable con 20 mm de largo, la pérdida de corriente es aproximadamente del 11 %; y en uno de 100 metros, del 56 %.

Por la razón anterior, los valores dados en la tabla, deberán aplicarse para cables con un máximo de 30 metros de largo.

Para facilitar la elección del cable apropiado, se incluye la tabla proporcionada por la AGW.

**DISTANCIA EN METROS.**

| amperes de soldadura | 10  | 20  | 30  | 40  | 50  | 60   | 70   | 80   | 90   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 100                  | 4   | 4   | 2   | 2   | 1/0 | 1/0  | 2/0  | 3/0  | 4/0  |
| 150                  | 4   | 2   | 1/0 | 1/0 | 2/0 | 3/0  | 4/0  | **** | **** |
| 200                  | 2   | 1/0 | 1/0 | 2/0 | 4/0 | 4/0  | **** | **** | **** |
| 250                  | 2   | 1/0 | 2/0 | 3/0 | 4/0 | **** | **** | **** | **** |
| 300                  | 1/0 | 2/0 | 3/0 | 4/0 | *** | **** | **** | **** | **** |
| 350                  | 1/0 | 2/0 | 4/0 | *** | *** | **** | **** | **** | **** |
| 400                  | 1/0 | 3/0 | 4/0 | *** | *** | **** | **** | **** | **** |
| 450                  | 2/0 | 3/0 | *** | *** | *** | **** | **** | **** | **** |

4.2.6.2. TABLA No 2.

Cuando hay necesidad de emplear cables muy largos (más de 40 metros) es preferible utilizar dos cables paralelos, hasta aproximadamente 5 metros de la zona de soldadura, en donde pueden unirse con un solo cable.

**CONECTORES:**

Se utilizan para facilitar la conexión y desconexión de los cables al portaelectrodo y la pinza de tierra. En las siguientes figuras se ilustran:



4.2.6.1. FIGURA No 9



4.2.6.2. FIGURA No 10.

Es importante revisar periódicamente el estado de los cables y las conexiones y reportar cualquier defecto, pues se puede estar perdiendo energía útil para soldar, o sufrir una descarga eléctrica cuando un cable está roto o pelado.

#### **4.2.7.- MESA DE TRABAJO.**

Debe contarse con mesas especiales para soldar. Estas deben ser de hierro, con ladrillos refractarios en la superficie donde se trabajará.

Debe ser de una altura apropiada para no cansar excesivamente al soldador.

#### **4.2.8.- CORTINAS Y MANTAS DE ASBESTO.**

Las áreas donde se está soldando, deben estar aisladas, para evitar que otras personas puedan sufrir cualquier tipo de lesión.

Una de las más frecuentes son las visuales, ya que la luminosidad del arco eléctrico es tan intensa, que puede dañar a personas que se encuentren alejadas varios metros de la zona de soldadura.

Además al soldar se desprenden chispas que pueden provocar quemaduras a otros trabajadores, u ocasionar un incendio.

#### **CORTINAS.**

Debe equiparse el área de soldadura con cortinas aislantes de la luminosidad y el calor.

Estas cortinas son de asbesto o de alguna tela no inflamable.

#### **MANTAS DE ASBESTO.**

Se utilizan para:

- Envolver a alguna persona a la que se le haya encendido la ropa.
- Arrojarla sobre materiales o equipos que se estén quemando.
- Aislar a equipos y materiales de las chispas que se producen al estar soldando.

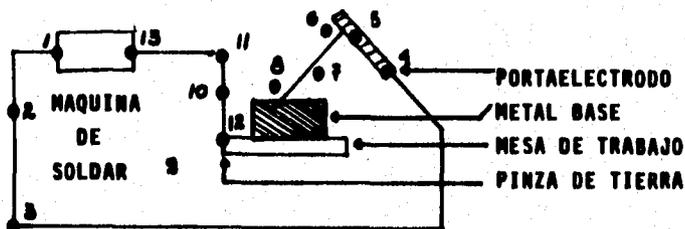
#### **4.2.9.- PERDIDAS DE ENERGÍA EN EL CIRCUITO DE SOLDADURA.**

A continuación se enumerarán las fallas en el circuito de soldadura que provocan pérdidas de energía.

- Conexión deficiente, entre el extremo del cable del electrodo y la máquina de soldar.
- Cable del electrodo de diámetro muy pequeño, que ocasiona sobrecalentamiento de éste.
- Cable defectuoso (con roturas o partes peladas).
- Conexión deficiente entre el cable y el portaelectrodo.
- Portaelectrodo defectuoso (con partes que no hacen buen contacto, o sin el debido aislamiento).

- Electrodo de diámetro muy pequeño que se traduce en un sobre calentamiento.
- Longitud de arco incorrecta.
- Cable de tierra demasiado delgado, que se traduce en sobre calentamiento de éste.
- Cable de tierra con roturas, o con partes sin aislar.
- Conexión defectuosa entre la pinza de tierra y el cable de tierra.
- Mal contacto entre la pinza de tierra y la máquina de soldar.

La siguiente figura representa puntos de posibles pérdidas de energía.



4.2.9.1. FIGURA No 11.

#### 4.2.10.- RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA UN TRABAJO MÁS EFICIENTE.

A continuación se enumeran una serie de recomendaciones que ayudarán al soldador a realizar trabajos de la mejor calidad.

- 1.- Asegúrese de interpretar correctamente cada dato anotado en la placa de especificaciones de las máquinas de soldar con que se cuenta.
- 2.- Consulte los catálogos de los fabricantes y verifique que la forma en que usted opera sus máquinas es la correcta.
- 3.- Mantenga siempre secas las máquinas de soldar.
- 4.- Apague la máquina de soldar cuando no la esté usando, pues de lo contrario consumirá más corriente de la necesaria, se calentará, con lo que disminuirá su eficiencia, y se acortará su vida útil.
- 5.- Mantenga en buenas condiciones el resto del equipo y accesorios.
- 6.- Lime periódicamente las mandíbulas del portaelectrodo o límpielas con un cepillo de alambre, para asegurar un buen contacto.
- 7.- Mantenga los cables alejados de la zona de tránsito para evitar que sean pisados o arrollados.
- 8.- Evite que los cables se manchen de grasa o ensucien, sin necesidad.

- 9.- Mantenga las herramientas alejadas de la zona de soldar, para que no se deformen o descompongan por el calor.
- 10.-Prepare adecuadamente las piezas antes de soldarlas.
- 11.-Presente las piezas a soldar de la forma más conveniente (siempre que sea posible en posición plana), y asegúrese de que permanecerán en la posición adecuada.
- 12.-Procure precalentar las piezas gruesas, o aquellas que por su composición química, tiendan a agrietarse.

Este precalentamiento tiene la ventaja de reducir o eliminar el chieporroteo y por lo tanto la pérdida de material de aportación.

#### 4.2.11.- RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA SEGURIDAD.

Los accidentes más frecuentes que se producen al soldar con arco eléctrico manual, son de tres tipos:

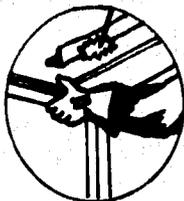
- Quemaduras.
- Deslumbramiento.
- Descarga eléctrica.

La mayor parte de estos accidentes son evitables, si se tiene en cuenta las recomendaciones que a continuación se enumeran.

##### 4.2.11.1.- QUEMADURAS:

Para evitar quemaduras de arco:

- a) Use camisa de manga larga y colóquese los guantes de soldar, de manera que cubran el puño de la camisa y parte del antebrazo, como se observa en la figura.



4.2.11.1. FIGURA No 12.

- a) Utilice guantes largos, sin roturas u otros desperfectos.
- b) Mantenga abotonada la parte del frente de la camisa.
- c) Utilice una careta de soldar que esté en buen estado. Asegúrese de que los vidrios oscuros no están rajados ni rotos.
- d) Verifique que la banda de ajuste de la careta, está en buen estado. Nunca sujete la careta por medio de nudos u otro sistema improvisado.
- e) Es conveniente que también cuente con una banda para absorber el sudor.
- f) Cuando suelde en posiciones incómodas utilice el equipo protector completo para evitar quemaduras.
- g) Utilice pinzas para manejar las piezas ya soldadas; no utilice guantes pues se van haciendo tiesos.
- h) Retire el material inflamable de la zona donde suelda, antes de iniciar su trabajo. Extraiga de sus bolsillos los fósforos y cualquier otro objeto combustible.
- i) No suelde recipientes vacíos si no sabe lo que contuvieron. Antes de soldar un tanque debe lavarse perfectamente.
- j) En caso de quemaduras leves, desinfecte inmediatamente la herida. En casos más graves consulte al médico.
- k) Cerca del área de soldadura debe contarse con:
  - Extintor de incendios.
  - Botiquín de primeros auxilios.

#### 4.2.11.2.- DESLUMBRAMIENTO.

- a) Nunca vea en dirección de una soldadura sin la debida protección, causará graves daños a sus ojos.
  - b) Domine el método de:
    - Posicionar la careta sin mover el electrodo ni el cuerpo.
    - Establecer el arco eléctrico.
- Cuando el segundo paso se convierte en primero, no se domina el método.

#### 4.2.11.3.- DESCARGA ELÉCTRICA.

- a) Apague la máquina de soldar cuando no la esté usando.
- b) Asegúrese, antes de empezar a soldar, de que todo el sitio está seco. Colóquese sobre una tabla.
- c) El sudor excesivo es peligroso, elimínelo periódicamente.
- d) Use guante aislante .
- e) Mantenga en buen estado los cables, el portaelectrodo y la pinza de tierra.
- f) Protégase los ojos con lentes de color claro, antes de eliminar la escoria. Despréndala en dirección contraria a usted.
- g) No suelde en sitios cerrados, sin ventilación. Algunos electrodos de bajo hidrógeno, por ejemplo, despiden gases sulfurosos dañinos para la salud.

#### 4.2.12.- ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.

Si usted esta a punto de iniciar su trabajo, tómese un minuto para reflexionar en las siguientes cuestiones.

- ¿Tiene listo todo el material que se va a necesitar ?.
- ¿Las características de su máquina son las necesarias para este tipo de trabajo ?.
- ¿Ha planeado paso a paso la forma de ejecutar el trabajo?.
- ¿Conoce las características de aplicación de los electrodos que usará ?.
- ¿Está seguro de las medidas y especificaciones que debe tener el trabajo terminado ?.
- ¿Ha dado a su ayudante las instrucciones precisas sobre cómo y en qué momento debe auxiliarlo ?.
- ¿Se ha asegurado de que trabajará en buenas condiciones de seguridad ?.

Si sus respuestas son afirmativas, ésta usted listo para iniciar.

#### 4.2.13.- CLASIFICACIÓN DE MAQUINAS DE SOLDAR.

Las maquinas de soldar se clasifican, de acuerdo con su función de la manera siguiente:

- Generadores de corriente continua.
- Transformador.
- Transformador - Rectificador.

##### 4.2.13.1.- GENERADOR.

Convierte energía mecánica en energía eléctrica ( C.C.)

Las maquinas de este tipo producen corriente continua de baja tensión utilizada para soldar.

Están compuestas por un motor, con el cual es posible la obtención de energía mecánica bajo la forma de movimientos giratorios. Este movimiento es transmitido, mediante un eje común al generador, propiamente dicho y permite obtener en éste, la corriente adecuada para la soldadura.

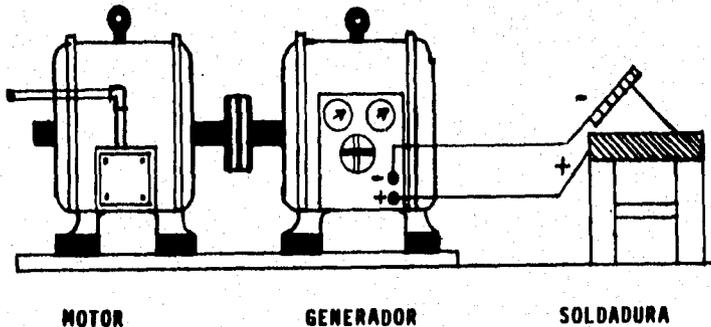
Existen dos tipos conocidos de maquinas de soldar. Están caracterizadas por un sistema de propulsión y son:

- 1.- ACCIONADA POR MOTOR ELÉCTRICO.
- 2.- ACCIONADA POR MOTOR DE COMBUSTIÓN

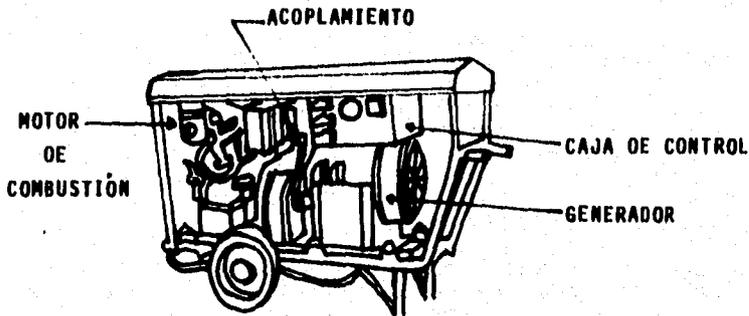
Se les conoce también como maquinas rotativas, por su sistema de movimiento.

Es un tipo de máquina que está cayendo en desuso al ser reemplazada por el transformador - rectificador, debido a las ventajas que es posible apreciar en el cuadro comparativo de la tabla No 5.

Cuando el generador es impulsado por un motor eléctrico conectado a la línea trifásica, su representación gráfica es la siguiente:



4.2.13.1.1. FIGURA No 12 a



#### 4.2.13.1.2. FIGURA No 13.

Precauciones en el uso del generador.

- Revisar periódicamente el colector y las escobillas.
- Verificar el sentido de rotación, cada vez que se cambie su instalación a la red.
- Asegurarse que la máquina está detenida para cargar combustible (en caso necesario).

Además de las medidas antes mencionadas, es recomendable observar, con todo tipo de máquinas de soldar, las siguientes precauciones:

- Conservarlas libres de polvo.
- Instalarlas en un lugar seco.
- Manejarlas apegándose a las especificaciones señaladas en la placa correspondiente.
- Reportarlas de inmediato cuando presenten una falla.
- Utilizarlas exclusivamente para soldar y no como mesas para depositar en ella objetos o herramientas.

#### 4.2.13.2.- TRANSFORMADOR.

Modifica el valor del voltaje de la corriente alterna que recibe.

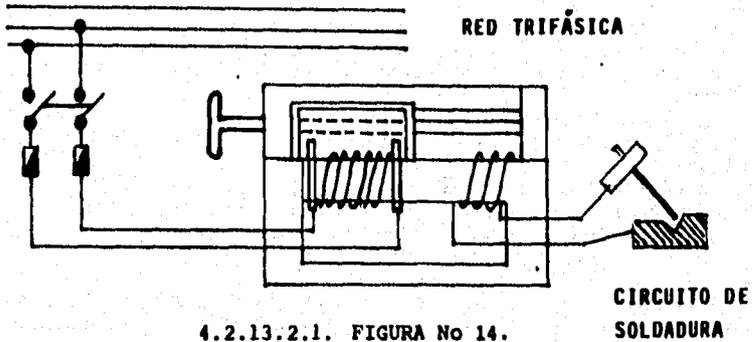
La corriente que se recibe de la línea tiene alto voltaje y bajo amperaje.

Para que sea aplicable a la soldadura es necesario reducir su voltaje y aumentar su amperaje.

Esto lo hace una máquina conocida como transformador, que consta de un núcleo de láminas de acero, una bobina hecha con muchas vueltas de alambre delgado (devanado primario) y otra bobina con menos vueltas y alambre más grueso que la anterior (devanado secundario).

La corriente que llega pasa por el primario y luego por el

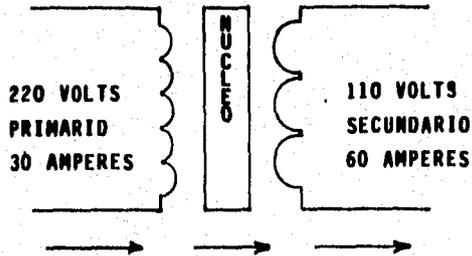
secundario, de donde sale con menos voltaje y mayor amperaje.



4.2.13.2.1. FIGURA No 14.

La corriente que circula por el primario, produce en el núcleo un campo de líneas de fuerza magnética, que actúa sobre el secundario, produciendo en éste, una corriente de bajo voltaje y alto amperaje.

Como la intensidad del campo magnético, está en relación con la distancia entre las espiras, la corriente se controla alejando y acercando el bobinado primario del secundario, para lo cual se utiliza núcleo o bobinas móviles.



4.2.13.2.2. FIGURA No 15.

Los transformadores, también llamados máquinas estáticas porque durante su funcionamiento no tienen piezas móviles, llevan un ventilador para refrigeración del sistema.

#### 4.2.13.3.- TRANSFORMADOR - RECTIFICADOR.

Modifica el valor del voltaje de la corriente alterna que recibe, y además la convierte en corriente directa. Permite la selección de CA o CD.

El rectificador es una máquina de soldar que convierte la corriente alterna en corriente directa, la cual tiene las características indispensables para realizar la soldadura por arco eléctrico.

La corriente directa rectificada, similar a la que produce el generador, permite realizar soldaduras con casi cualquier tipo de electrodos.

La corriente alterna se obtiene directamente de la línea de energía eléctrica y puede ser monofásica o trifásica.

Esta máquina de soldar está integrada por:

- Un transformador,
- Un rectificador.

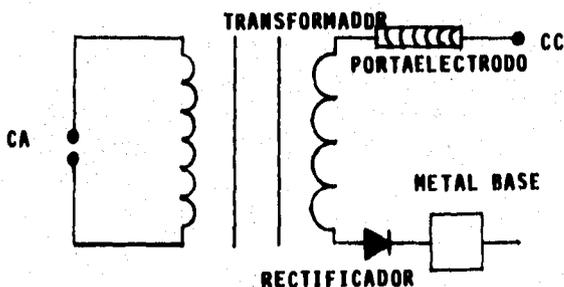
El transformador como se vio previamente, modifica el valor del voltaje y del amperaje de la CA que recibe, y el rectificador convierte la CA en CD.

En realidad ésta máquina de soldar es un transformador de CA, al que se le ha agregado un rectificador.

Esto es así debido a que el transformador solamente modifica el valor del voltaje pero no es capaz de convertir la CA en CD.

En síntesis, la CA provista por el transformador, es convertida en CD por el rectificador.

Por otro lado, en virtud de lo anterior, ésta máquina permite disponer tanto de CA como de CD, según lo requieran las exigencias del trabajo.



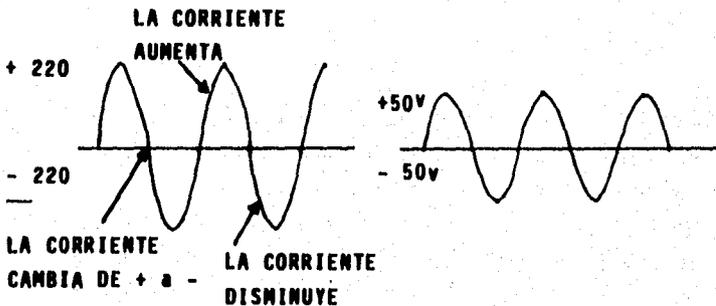
4.2.13.3.1. FIGURA No 15 a

Como se señaló anteriormente el transformador consta de un núcleo de láminas de hierro (1), de una bobina de alta tensión o primario (2) y de otra bobina de baja tensión o secundario (3).

La CA de entrada tiene un voltaje de 110, 220, 440 volts, que fluye por el primario y gracias al campo magnético que crea, también circula corriente por el secundario, pero de un voltaje mucho menor. Este voltaje del secundario varía según la potencia del transformador, siendo comúnmente de 40, 45, 50, 60, 70, 75.

Ahora bien el voltaje disminuye gracias a la acción del transformador, pero tanto la corriente de alimentación, como la de salida del secundario, son alternas.

Gráficamente el cambio que se da en el transformador es el siguiente:



4.2.13.3.2. FIGURA No 16.

Las líneas de fuerza generadas por la CA aumentan y disminuyen constantemente y el campo magnético se expande y se contrae a medida que cambia el valor ( + ó - ) de la corriente. Esta característica permite modificar los valores del voltaje, pero no el tipo de corriente.

Para modificar el tipo de corriente es necesario el rectificador.

Generalmente el rectificador está intercalado en el circuito cuyo esquema se ha presentado previamente.

Los rectificadores más comunes usados actualmente son los de:

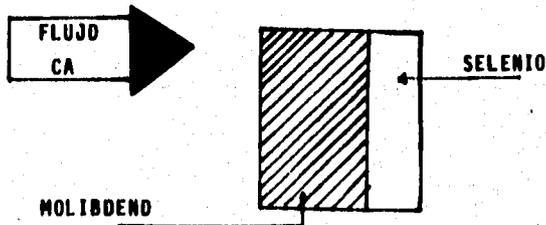
- Placas de selenio.
- Diodos de silicio.

Se les llama también rectificadores secos, en virtud de que anteriormente existía otro tipo de rectificador de (mercurio) al que se le llamaba húmedo.

Los diodos están integrados esencialmente por dos placas (selenio y molibdeno) de ahí que reciban tal nombre, y los rectificadores de selenio se componen de muchas placas delgadas como discos.

En principio los rectificadores de selenio y silicio funcionan igual, permiten el flujo de la corriente en una dirección (positiva o negativa) y no en la otra.

Esto se debe a que las placas usadas en los rectificadores son de materiales semiconductores.

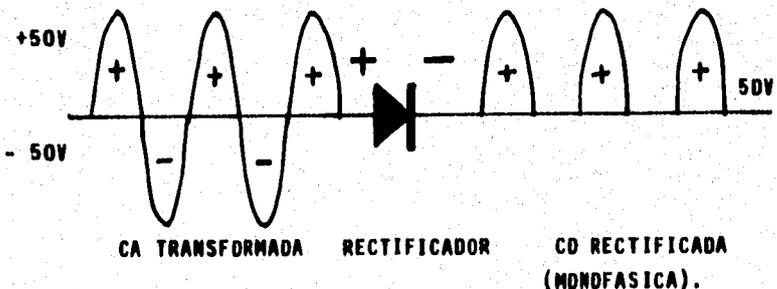


4.2.13.3.3. FIGURA No 16.a

La corriente pasa con mucha dificultad (resistencia) del molibdeno hacia el hierro. Si la polaridad se invierte, la corriente no encuentra dificultad en fluir.

Como la corriente alterna cambia de polaridad muchas veces por segundo (60), sólo circula la mitad de cada fase (+ & -).

El esquema siguiente muestra el cambio que produce en la CA el rectificador.



4.2.13.3.4. FIGURA No 17.

La corriente directa así obtenida tiene polaridad constante y presenta grandes ventajas para la soldadura.

Precauciones en el uso de transformador-rectificador.

- Verificar el funcionamiento del ventilador.

Un buen soldador conoce adecuadamente su equipo (máquina), lo selecciona convenientemente y lo utiliza aprovechando al máximo sus posibilidades.

Es muy importante, además que entienda los principios eléctricos que explican su funcionamiento y que conozca las características de la corriente que produce.

Los conceptos presentados anteriormente dan apenas una idea de esto.

En otro documento se profundizará sobre estas cuestiones.

Antes de estudiar las máquinas de soldar es necesario revisar brevemente, algunos conceptos de electricidad como son: tensión, intensidad de corriente, corriente alterna, corriente directa y corriente continua.

#### **4.2.14.- SOLDADURA TENSIÓN ELÉCTRICA.**

La corriente eléctrica utilizada para realizar la soldadura por arco debe reunir varias características:

- Bajo voltaje, por consiguiente,
- Alto amperaje.

En otros términos, esto significa que la tensión eléctrica, expresada en volts, debe ser menor que la utilizada corrientemente y que la corriente, indicada en amperes, debe ser mayor.

La corriente eléctrica empleada domésticamente tiene 110 volts y por ejemplo para una plancha de 10 amperes.

La corriente utilizada para soldadura por arco comúnmente tiene: de 10 a 50 volts y de 15 a 1000 amperes.

Se entiende por voltaje la tensión eléctrica disponible en una fuente. El número de volts, expresa la cantidad de tensión eléctrica. Esta tensión hace fluir la corriente: a mayor tensión habrá más corriente.

En la soldadura por arco eléctrico se distinguen tres tipos de tensiones:

- En vacío: Es la utilizada antes de iniciar el arco (60 a 70 volts aproximadamente)
- De cebado: Es la tensión en el momento de establecer el arco
- De trabajo: Es la tensión que se da durante la soldadura (30 volts aproximadamente).

#### **4.2.15.- SOLDADURA INTENSIDAD DE CORRIENTE.**

La corriente que fluye por un circuito eléctrico está determinada por el número de amperes. A la corriente se le llama también intensidad de corriente.

A mayor número de amperes será más alta la intensidad de corriente. Esto significa que a mayor amperaje el número de electrones que circulará por el circuito será más alto.

En la soldadura por arco eléctrico es necesario calcular para cada caso particular, el voltaje y el amperaje requeridos.

La intensidad se calcula según el diámetro del electrodo. Se toma por lo general como base 35 amperes por cada milímetro de

espesor del núcleo o parte central del electrodo.

Por ejemplo, para un electrodo de 5mm de diámetro, la intensidad normal requerida será de 175 amperes.

Los valores más usuales se presentan en la tabla siguiente:

| DIÁMETRO (mm) | CORRIENTE (amperes) | VOLTAJE (volts) |
|---------------|---------------------|-----------------|
| 1             | 35                  | 18              |
| 2             | 70                  | 19-21           |
| 3             | 105                 | 22-25           |
| 4             | 140                 | 26-28           |
| 5             | 175                 | 29-30           |
| 6             | 210                 | 31-36           |
| 7             | 245                 | *****           |

4.2.15.3. TABLA No 3.

Estos valores podrán aumentar o disminuir de un 5 a un 15 % según el electrodo y la máquina utilizada.

#### 4.2.16.- CORRIENTE PARA SOLDADURA ELÉCTRICA.

Fuentes de energía eléctrica:

- Pilas y baterías (CC).
- Rectificadores de corriente alterna (CD).
- Generadores de corriente alterna (CA).

Es común que se considere igual a la CC y a la CD y que se manejen ambas expresiones como sinónimas. Es necesario aclarar que con fines de soldadura es indispensable la adecuada identificación de cada una de ellas.

En el caso de la soldadura hay que hacer la distinción entre la corriente eléctrica usada directamente en el arco eléctrico y la que alimenta a la máquina de soldar.

La corriente del arco eléctrico puede ser :

- Corriente directa, ó
- Corriente alterna.

La corriente que alimenta a la máquina de soldar siempre es CA, pero puede ser:

- De 110 volts.
- De 220 volts.
- De 440 volts.
- Monofásica.
- Trifásica.

4.2.16.1- COMPARACIÓN CC/CD y CA.

| CORRIENTE ALTERNA  | CORRIENTE DIRECTA/CONTINUA  |
|--|---|
| ES POSIBLE TRANSFORMAR SU TENSIÓN.   | NO ES POSIBLE MODIFICAR SU TENSIÓN.   |
| NO HAY MUCHAS PÉRDIDAS AL ENVIARLA A GRANDES DISTANCIAS, DEBIDO A LA ALTA TENSIÓN QUE SE LE PUEDE DAR. | HAY MUCHAS PÉRDIDAS AL ENVIARLA A GRANDES DISTANCIAS.   |
| SE GENERA COMÚNMENTE LEJOS DEL LUGAR DE CONSUMO.   | SE GENERA EN EL LUGAR DE CONSUMO.   |
| SE USA COMO CORRIENTE NORMAL EN TODO EL MUNDO.   | SE UTILIZA RELATIVAMENTE POCO.  |
| PUEDE PRODUCIR ELECTROCUCIONES.  | NO PRODUCE ELECTROCUCIONES.   |
| PRESENTA ALGUNAS VENTAJAS SOBRE CC/CD.   | OFRECE MEJORES RESULTADOS EN SOLDADURA.   |
| REQUIERE MENOS ENERGÍA ELÉCTRICA, POR TANTO ES MÁS ECONÓMICA.  | AMPLIA POSIBILIDADES DE SELECCIÓN DE ELECTRODOS.  |
| IDEAL PARA SOLDAR PLACAS GRUESAS PORQUE SE ELIMINA LA INTERFERENCIA DEL SOPIO MAGNÉTICO.               | AMPLIA POSIBILIDADES DE SELECCIÓN DE ESCALAS DE CORRIENTE.                                      |
|  | MEJOR ESTABILIDAD DEL ARCO, DADO QUE EL FLUJO DE ELECTRONES ES CONSTANTE EN UNA MISMA DIRECCIÓN |
|  | PREFERIBLE PARA POSICIONES INCÓMODAS.   |

4.2.16.4. TABLA No 4.

#### 4.2.17.- ESPECIFICACIONES DE LAS MÁQUINAS DE SOLDAR.

Todas las máquinas de soldar tienen una placa con las especificaciones de diseño correspondientes.

Es importante apearse a estas especificaciones, para obtener un mejor servicio de la máquina.

Los datos incluidos generalmente son los que muestra la tabla:

| Primario.    | Secundario.        |
|--------------|--------------------|
| Volts.       | Amps. Nominales.   |
| Amperes.     | Volts de arco.     |
| KVA.         | Volts de vacío.    |
| F.P.         | Rango de amperaje. |
| Frecuencias  | Ciclo de trabajo.  |
| Fases.       | Polaridad.         |
| Dimensiones. | Peso.              |

4.2.17.5. TABLA No 5.

Los datos del primario se refieren a la corriente de alimentación y los del secundario al arco eléctrico.

**4.2.18.- COMPARACIÓN DE MÁQUINAS DE SOLDAR.**

| <b>Características.</b>                                       | <b>Generador</b> | <b>Transformador</b> | <b>Transformador Rectificador</b> |
|---|------------------|----------------------|-----------------------------------|
| <b>Tipo de corriente.</b>                                     | CC               | CA                   | CD / CA                           |
| <b>Consumo en vacío.</b>                                      | Alto<br>15 a 20  | Bajo<br>5 a 8        | Bajo<br>5 a 8                     |
| <b>Factor de potencia.</b>                                    | Bajo             | Alto                 | Alto                              |
| <b>Demanda de corriente al arrancar.</b>                      | +<br>- 150 a     | +<br>- 5 a           | +<br>- 15 a                       |
| <b>Costos de mantenimiento.</b>                               | Altos            | Bajos                | Bajos                             |
| <b>Ruido al operar.</b>                                       | Mucho            | Poco                 | Poco                              |
| <b>Espacio requerido para ubicarse.</b>                       | Mucho            | Poco                 | Poco                              |
| <b>Interferencia del soplo magnético.</b>                     | Si               | No                   | No                                |
| <b>Facilidad para conectarse en paralelo.</b>                 | Poca             | Mucha                | Mucha                             |
| <b>Eficiencia total.</b>                                      | +<br>- 18 %      | +<br>- 65 %          | +<br>- 65 %                       |
| <b>Posibilidad de choques eléctricos.</b>                     | Baja             | Alta                 | Alta                              |
| <b>Dificultad para utilizar electrodos sin revestimiento.</b> | Ninguna          | Alta                 | Alta                              |

4.2.18.6. TABLA No. 6

### **4.3.- FACTORES Y ELECTRODOS PARA LA SOLDADURA ELÉCTRICA.**

#### **4.3.1.- FACTORES QUE INFLUYEN DURANTE EL PROCESO DE SOLDADURA.**

El éxito de la soldadura al arco eléctrico, aplicada en forma manual, depende tanto de los conocimientos como de la habilidad del soldador.

Hay seis factores que el soldador debe controlar y aprovechar durante el proceso de soldadura.

Para ello es necesario que conozca su influencia durante el proceso y que tenga la habilidad para controlarlos.

Dichos factores son los siguiente:

- Posición.
- Longitud del arco.
- Ángulo del electrodo.
- Velocidad de avance.
- Polaridad.

Cada uno de estos factores se analizará en forma teórica y también se realizara ejercicios para determinar y controlar su influencia.

Un factor más que resulta determinante es el tipo de electrodo que se utiliza, pero debido a la importancia de este punto, en otra sección se analizara ampliamente, lo referente a electrodos.

##### **4.3.1.1.- POSICIÓN CORRECTA PARA SOLDAR.**

El soldador debe aprender a no cansarse de más, ya que de por sí su trabajo frecuentemente se realiza en posiciones incómodas.

Por ello, siempre que sea posible debe soldar en posición plana adoptando una postura que le evite el cansancio prematuro, y le permita observar todos los detalles de la aplicación de la soldadura.

En la figura se aprecia la posición correcta para soldar.



**4.3.1.1.1. FIGURA No 21.**

#### 4.3.1.2.- LONGITUD DEL ARCO - VOLTAJE.

La longitud del arco es la distancia que hay, entre la punta del electrodo y el metal base.

La longitud del arco influye en forma determinante, tanto en la penetración de la soldadura, como en la apariencia del cordón. Hay algunos electrodos (de poca penetración y gran velocidad de aportación), que se recomienda utilizar manteniendo un arco corto, casi arrastrando el electrodo sobre el material base.

Existe otro tipo de electrodos, que se recomienda usar con un arco un poco más largo. Este tipo de electrodos generalmente produce una mayor penetración de la soldadura.

Ahora bien a medida que el arco es más largo, se requiere de mayor voltaje para mantenerlo.

Esto sucede así porque los electrones requieren de una mayor presión o fuerza, para atravesar el espacio gaseoso (arco eléctrico), que media entre la punta del electrodo y el metal base.

Se considera que se requiere 7 volts por cada milímetro de longitud que tiene el arco.

Aunque varía con el tipo de electrodo a usar, una recomendación general para calcular la longitud del arco, es la siguiente:

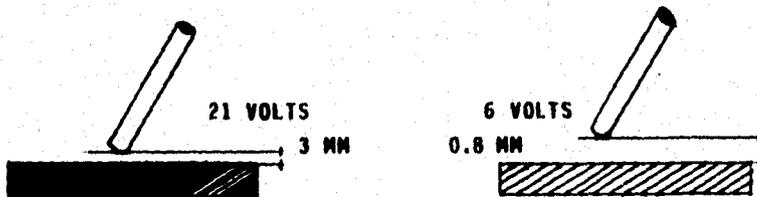
- La longitud del arco debe ser ligeramente inferior al diámetro del electrodo.

Por ejemplo, para un electrodo de 3.2 mm (1/8") de diámetro, debe mantenerse un arco, con una longitud aproximada de 3 mm, y una intensidad de 21 volts.

Es difícil apreciar la longitud del arco por milímetros, sin embargo, el soldador puede valerse de otras indicaciones para determinar si dicha longitud es correcta. Una de las indicaciones es escuchar el sonido que produce al mantenerse el arco eléctrico, el sonido debe ser de "crepitación".

Un arco demasiado largo produce:

- Muchas salpicaduras.
- Penetración deficiente.
- Sobremontas.
- Gotas grandes al fundirse el electrodo.
- Escoria difícil de eliminar.
- Un sonido de "siseo".



4.3.1.2.1. FIGURA No 22.

4.3.1.2.2. FIGURA No 23.

#### 4.3.1.3.- ANGULO DEL ELECTRODO.

Al consultar los catálogos de los fabricantes frecuentemente se lee:

"Mantener el electrodo perpendicular a la pieza y con 30 de inclinación en dirección del avance.

Es necesario entender a qué se refieren estas indicaciones. Según la posición en la que se coloca y avanza el electrodo, cambia la velocidad, penetración y apariencia del cordón de soldadura.

Al poseionar el electrodo se deben de tomar en cuenta dos tipos de ángulos:

El que forma el electrodo con respecto al eje de la soldadura, denominado: ángulo transversal.

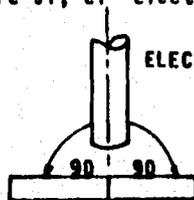
El que forma el electrodo en relación con el avance o dirección de la soldadura, denominado: ángulo de avance.

En cuanto al ángulo transversal, en forma general puede decirse que:

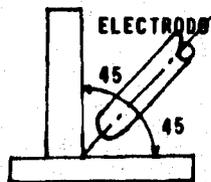
Para soldar piezas rectas el electrodo quedará perpendicular, formando un ángulo recto con la cara de cada una de las piezas a unir.

En uniones que formen un ángulo de 90°, el electrodo estará a 45° de cada pieza.

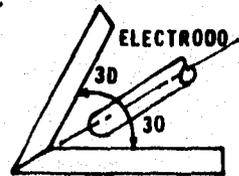
Así por ejemplo, en piezas que formen 60° de ángulo entre sí, el electrodo se colocará a 30° de cada lado.



4.3.1.3.1.  
FIGURA No 24



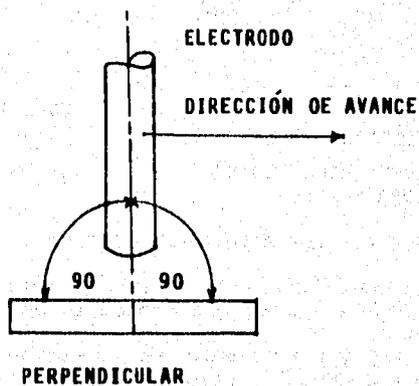
4.3.1.3.2.  
FIGURA No 25



4.3.1.3.3.  
FIGURA No 26

La inclinación del electrodo en dirección del avance, influye mucho en la penetración.

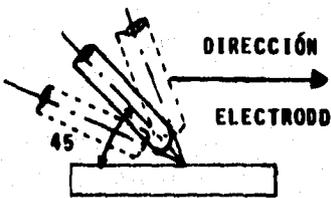
Cuando el electrodo permanece perpendicular, se logra la mayor penetración, aunque menor velocidad de soldadura.



4.3.1.3.4. FIGURA No 27.

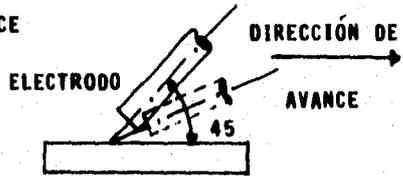
Las inclinaciones más usuales son las que van de 25° a 45° en dirección del avance, entre mayor sea la inclinación se obtendrá menor penetración.

Una vez adoptado un ángulo de avance, debe mantenerse constante.



INCLINACIÓN VARIABLE  
EN SENTIDO INVERSO AL  
AVANCE (POCO USUAL)

4.3.1.3.5. FIGURA No 28.



INCLINACIÓN VARIABLE  
EN SENTIDO AL AVANCE  
DE LA SOLDADURA (MUY USUAL)

4.3.1.3.6 FIGURA No 29.

#### 4.3.1.4.- MOVIMIENTO DEL ELECTRODO.

Esta denominación incluye los movimientos que se realizan con el electrodo a medida que avanza en el depósito de un cordón de soldadura.

En algunas ocasiones es necesario depositar cordones más anchos que lo normal, realiza un manejo especial de la escoria, o mantener caliente o frío el cráter, por lo que se efectúa movimientos especiales con el electrodo.

Estos movimientos se conocen como movimientos de oscilación y están determinados, por el tipo de electrodo, como por el tipo y posición de la junta.

Los movimientos más usados son los siguientes:

Para tejido o costura:

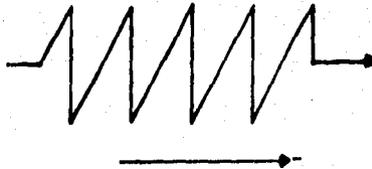
- Zig - Zag transversal.
- Semicirculares o de media luna.
- Entrelazado.
- Circular.

Para controlar la fluidez del baño:

- De chicote o látigo.

Los movimientos de tejido son oscilantes y transversales en dirección del avance. Sus aplicaciones específicas se detallan a continuación:

Movimiento de zig-zag transversal.



Dirección  
de  
Avance.

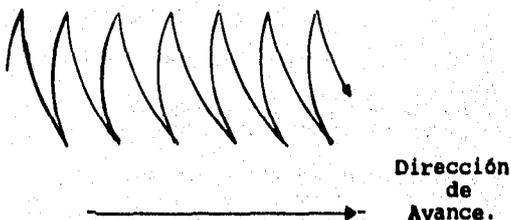
4.3.1.4.1. FIGURA No 30.

**Este movimiento se utiliza para:**

- Depositar cordones altos.
- Obtener buena penetración en los bornes del cordón.
- Facilitar que suba la escoria a la superficie.
- Permitir que escapen los gases y evitar la porosidad de la soldadura.

**Este movimiento se utiliza para soldar en todas posiciones.**

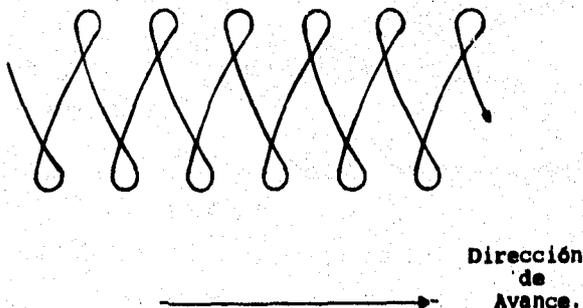
**Movimiento semicircular o de media luna.**



**4.3.1.4.2. FIGURA No 31.**

**Al utilizarlo se logran las ventajas que con el anterior. Se utiliza mucho en piezas achaflanadas y para rellenar. También es posible realizarlo en cualquier posición.**

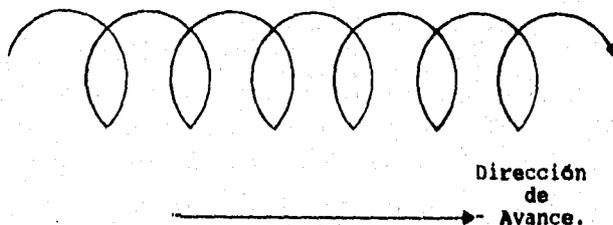
**Movimiento entrelazado o en 8.**



**4.3.1.4.3. FIGURA No 32.**

**Este movimiento se usa en cordones de terminación. Imprimiendo al electrodo una oscilación lateral, se logra cubrir totalmente los cordones de relleno. Es importante que el movimiento sea uniforme, ya que sólo así habrá buena fusión en los bordes de la unión.**

Movimiento circular.



4.3.1.4.4. FIGURA No 33.

Se utiliza en cordones de penetración, donde se requiere poco depósito.

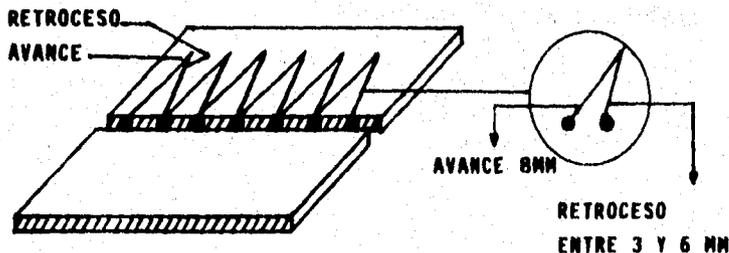
Tiene aplicación en soldaduras de ángulo interior. No se utiliza para relleno ni terminado.

Movimiento de chicote o látigo.

Es un movimiento en zig-zag longitudinal, que sirve especialmente para mantener el baño "frío" o "caliente".

En posición plana se utiliza para mantener el cráter caliente; y obtener buena penetración, altura uniforme del cordón y soldadura libre de escorias.

En posiciones incómodas, con una ligera variación en el procedimiento de aplicación se logra mantener la zona del cráter "fría", ayudando a su rápida solidificación y evitando que la soldadura se corra.



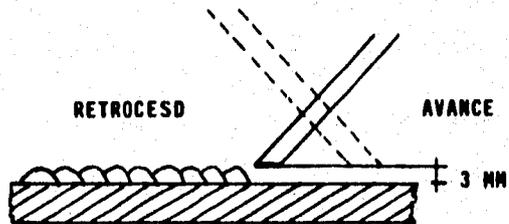
4.3.1.4.5. FIGURA No 34.

El movimiento de chicote o látigo consiste en:

- Concentrar el calor en un punto para formar el cráter; y entonces retirar rápidamente el electrodo de la zona del baño; para después, retroceder rápidamente a otro punto cercano al punto donde se formó el cráter anterior, manteniendo el electrodo un momento y así sucesivamente.

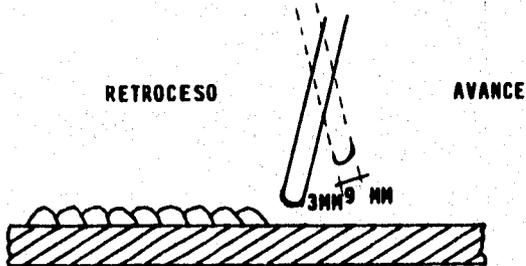
El avance debe ser aproximado a 8mm; cada vez; y el retroceso varía entre 3 y 6mm, dependiendo del tamaño del cordón que se desee.

Cuando se requiere trabajar un baño "caliente" se mantiene una longitud de arco normal (3mm), durante los movimientos de avance y retroceso.



4.3.1.4.6. FIGURA No 35.

Para mantener el baño "frío", se alarga la longitud del arco (10 ó 12mm), durante el movimiento de avance; y se acorta (3mm), durante el movimiento de retroceso.



4.3.1.4.7. FIGURA No 36.

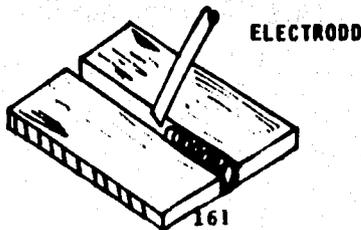
El soldador debe dominar tanto el avance recto, como los movimientos de costura; ya que esto mejora mucho su habilidad en la realización de los trabajos.

#### 4.3.1.5.- VELOCIDAD DE AVANCE.

Es la velocidad con que se desplaza el electrodo al recorrer la junta.

Al aplicar la soldadura debe mantenerse una velocidad uniforme, que permita un correcto depósito del cordón.

La velocidad recomendable es aquella en la cual, el cordón de soldadura, queda con el ancho del doble del diámetro del electrodo



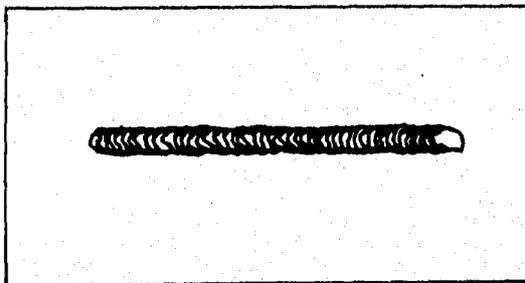
4.3.1.5.1.  
FIGURA No 37

Esta recomendación puede variar según las necesidades específicas, pero conviene tenerla presente, ya que es útil, inclusive para calcular el diámetro que deberá tener un electrodo, para realizar un determinado trabajo.

Del correcto o incorrecto ritmo de avance, junto con otros factores depende tanto la buena fusión del metal de aporte y el metal base, como la presentación o apariencia del cordón de soldadura.

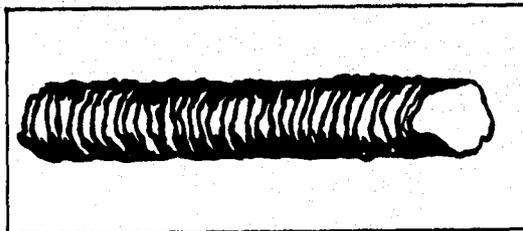
Si la velocidad de avance es excesiva, el cordón resultara:

- Delgado.
- De aspecto fibroso.
- Con poca penetración.



4.3.1.5.2. FIGURA No 38.

Si el ritmo de avance es muy lento, el metal formará sobremontas y se desbordará de la junta.



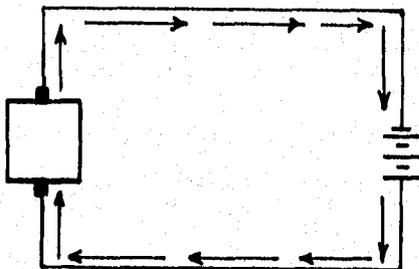
4.3.1.5.3. FIGURA No 39.

#### 4.3.1.6.- EFECTOS DE LA POLARIDAD EN LA SOLDADURA.

Como sabemos, un circuito eléctrico de corriente continua tiene un polo positivo y uno negativo.

Cuando se menciona la palabra polaridad positiva y polaridad negativa se está haciéndose referencia a la dirección de flujo de la corriente eléctrica.

Ahora bien, la corriente continua (CC), fluye continuamente -como su nombre lo indica- en una sola dirección; y por lo tanto tiene una polaridad constante.



4.3.1.6.1. FIGURA No 40.

La corriente alterna también cambia periódicamente de polaridad (120 veces por segundo), por lo que el flujo de la corriente eléctrica alterna, no tiene una polaridad constante.

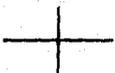
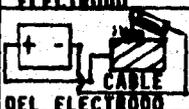
Para el soldador es importante saber la influencia que tienen en la soldadura tanto el tipo de corriente eléctrica que utiliza, como la polaridad.

Las máquinas de soldar pueden ser de corriente continua o de corriente alterna.

##### Corriente continua.

Tratándose de CC, cuando el cable del electrodo se conecta a la terminal positiva de la máquina, la máquina está en polaridad positiva. Cuando el cable del electrodo se conecta a la terminal negativa de la máquina, la máquina está en polaridad negativa.

Las polaridades positivas y negativas reciben otros nombres; es muy importante para el soldador conocer de memoria todos y no confundirlos.

| POLARIDAD. | OTROS NOMBRES.                                 | CABLE DEL ELECTRODO AL SIGNO:   | DIAGRAMA.  |
|------------|--|---|--|
| POSITIVA.  | INVERSA<br>INVERTIDA<br>ELECTRODO-<br>POSITIVO |  |  |
| NEGATIVA.  | DIRECTA<br>NORMAL<br>ELECTRODO-<br>NEGATIVO.   |  |  |

4.3.1.6.7. TABLA No 7.

La posibilidad de conectar el electrodo en polaridad positiva o negativa, hace que la soldadura con máquinas de CC sea muy común y muy flexible.

Corriente continua. Polaridad positiva.

Esta polaridad tiene como características:

- Concentrar más el calor en el metal base que en el de aporte, lo que redundo en :

- \* GRAN PENETRACIÓN.
- \* CONCENTRACIÓN DE MATERIAL DE APORTE PRODUCIENDOSE CORDONES ABULTADOS.

- Romper la capa de óxido que cubre algunos metales no ferrosos; tales como cobre y aluminio.

Las aplicaciones más frecuentes en la corriente continua; polaridad positiva son en :

- Piezas gruesas.
- Piezas en donde no se quiera hacer un biselado.
- Soldadura de aceros estructurales.

Corriente continua. Polaridad negativa.

Al usarse polaridad negativa, se obtiene un arco menos penetrante más amplio y difuso y mayor concentración de calor en el electrodo que en el metal base; lo que produce;

- \* CORDONES PLANOS.
- \* CAPA DELGADA DE MATERIAL DE APORTACIÓN.
- \* GRAN VELOCIDAD DE APLICACIÓN.

Sus aplicaciones más frecuentes son en:

- Materiales delgados.
- Revestimientos duros.

**Selección de la polaridad correcta.**

Algunos electrodos trabajan con polaridad positiva otros con polaridad negativa, otros con corriente alterna y con alguna polaridad definida, ya sea positiva o negativa.

Los fabricantes recomiendan qué polaridad usar para cada tipo de electrodo.

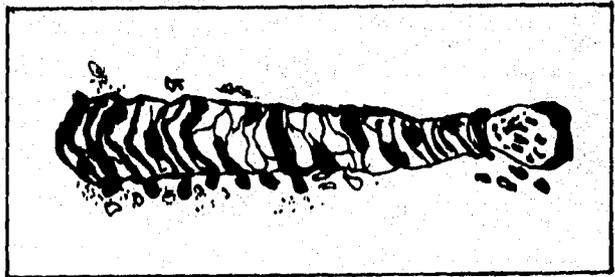
Es muy importante seleccionar la polaridad correcta pues de ello depende junto con otros factores el aspecto del cordón y los resultados de la soldadura.

En caso de que haya duda de la polaridad a que está conectada la máquina de soldar, puede efectuarse una prueba utilizando un electrodo de carbón.

El electrodo de carbón funciona mucho mejor con polaridad negativa.

Cuando la polaridad ha sido mal seleccionada, se presentan los siguientes problemas:

- Aspecto irregular del cordón y muchas salpicaduras.
- Dificultad para controlar el arco.
- Recalentamiento y fisión rápida del electrodo, con mucho desperdicio de material de aportación.



4.3.1.6.2. FIGURA No 41.

**Corriente alterna.**

Como la corriente alterna cambia constantemente de polaridad, se ha tenido que desarrollar electrodos que funcionen bien en esta situación.

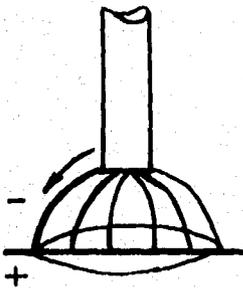
Con el cambio periódico de polaridad en la soldadura con corriente alterna, el arco tiende a interrumpirse, tantas veces, como cambios de dirección tenga la corriente eléctrica. (En la República mexicana son 120 veces por cada segundo).

Por esto los electrodos para corriente alterna tienen un revestimiento tal, que disminuye o elimina el problema más serio al soldar con este tipo de corriente: la inestabilidad del arco.

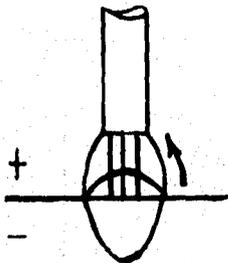
Al soldar con corriente alterna, se obtiene:

**\* CORDONES DE MEDIANA PENETRACIÓN Y ALTURA.**

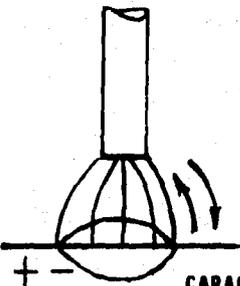
Por ultimo se incluye un dibujo que muestra los tipos de cordones obtenidos con cada tipo de corriente y de polaridad.



**POLARIDAD POSITIVA  
ELECTRODO EN EL POLO  
NEGATIVO (-)  
ARCO ELÉCTRICO EXTENSO  
Y POCO PENETRANTE  
CORDON PLANO  
PIEZA CONECTADA A POSITIVO (+)**



**POLARIDAD NEGATIVA  
ELECTRODO EN EL POLO  
POSITIVO (+)  
ARCO PENETRANTE  
CORDON ABULTADO  
GRAN PENETRACIÓN  
PIEZA CONECTADA A NEGATIVO (-)**



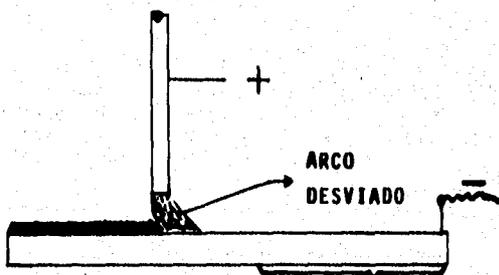
**CORRIENTE ALTERNA  
ELECTRODO 60 VECES EN  
POLARIDAD POSITIVA Y 60  
EN NEGATIVA (+ -)  
ARCO ELÉCTRICO Y CORDON CON**

**FIGURA No 42. (4.3.1.6.3.)  
CARACTERÍSTICAS INTERMEDIAS.**

#### 4.3.1.7.- SOPLO MAGNÉTICO.

El soplo magnético es una de las grandes dificultades que el soldador encontrará, en la soldadura por arco de corriente continua.

El soplo magnético, se produce por fuerzas electro-magnéticas, quienes actúan sobre el arco eléctrico, especialmente cuando se encuentra sobre bordes, extremos o partes de la pieza que tienen forma aguda, produciendo fluctuaciones en el arco, con direcciones diversas y movimientos violentos, según se ve en la figura.



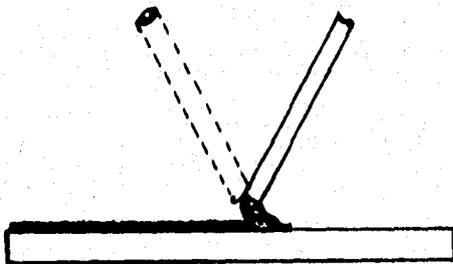
4.3.1.7.1. FIGURA No 43.

Este problema también se presenta, cuando se utiliza amperajes altos, (más de 250 amperes), y con algunos tipos de electrodos.

La distorsión del campo magnético, es causado porque el arco no va por el camino más corto del electrodo a la pieza, sin que se desvía por los campos magnéticos que aparecen en la misma, producida por la intensidad de corriente necesaria para soldar.

Cuando se presenta este fenómeno el soldador tiene varios medios a su disposición para limitar el efecto del soplo magnético.

- 1.- Mantener inclinado el electrodo es el primer recurso para evitar este fenómeno, según se aprecia en la figura.



4.3.1.7.2. FIGURA No 43.

- 2.- Colocar la conexión de tierra o retorno, en el lugar más

cercano posible a la pieza a soldar

- 3.- Colocar dos conexiones a tierra, una en la pieza y la otra en la mesa de trabajo.
- 4.- Usar bloques de acero, para alterar el curso magnético alterados del arco.
- 5.- Usar un arco eléctrico corto.
- 6.- Soldar con corriente alterna.

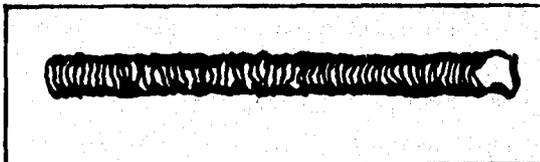
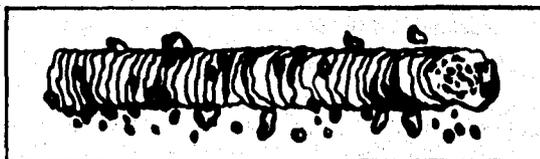
#### 4.3.1.8.- DETERMINACIÓN DEL AMPERAJE CORRECTO.

Es muy importante regular el amperaje para cada trabajo.

Este factor, aunado a los otros antes mencionados, determina la calidad de los cordones depositados.

Si el amperaje es demasiado alto, el cordón resultará, plano, con muchas salpicaduras, mala apariencia, porosidad; y se presentará calentamiento en toda la longitud del electrodo.

Si por el contrario el amperaje, es demasiado bajo, habrá dificultades para encender y mantener el arco en la longitud correcta; y el cordón obtenido tendrá sobremonta y poca penetración.



4.3.1.8.1. FIGURA No 44.

La regulación del amperaje se realiza en la máquina de soldar, y su correcto ajuste es determinado por la calidad de la soldadura obtenida.

El procedimiento para regular el amperaje en las diferentes máquinas de soldar, es, por lo general, bastante sencillo.

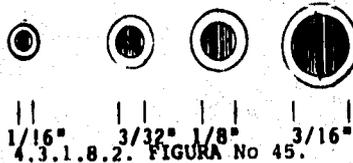
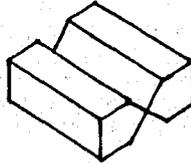
Sin embargo, el determinar qué amperaje se requiere para efectuar un trabajo específico, requiere tomar en cuenta varios factores:

- Tipo de electrodo.  
Algunos electrodos requieren de un mayor amperaje que otros para lograr mejores características de aplicación.

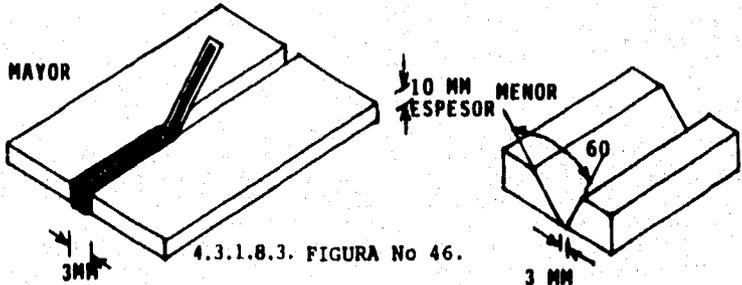
- **Diámetro del electrodo.**  
Por regla general, el diámetro del electrodo, no debe ser mayor que el espesor del metal base.  
Además para elegir el diámetro correcto debe tenerse en cuenta los siguientes factores:
  - Velocidad de avance-costo de la soldadura.  
La velocidad de avance es uno de los factores que más se relacionan con los costos de la soldadura, por ello.

**TOMANDO EN CUENTA EL TIPO DE TRABAJO, DEBE UTILIZARSE EL ELECTRODO MÁS GRUESO POSIBLE, PARA AJUSTAR EL AMPERAJE MÁS ALTO POSIBLE.**

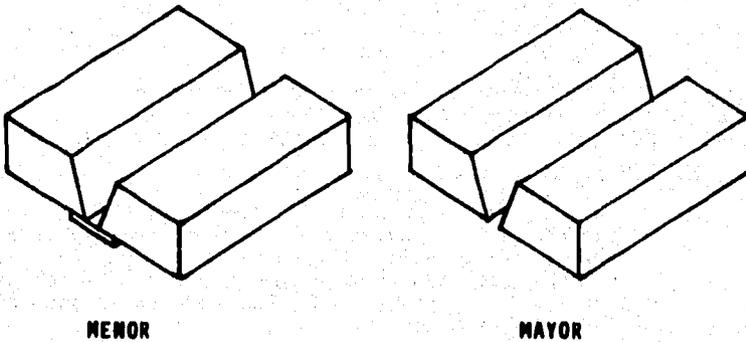
- **Posición de la soldadura.**  
La posición de la soldadura limita en la elección diámetro del electrodo y por lo tanto del amperaje. Por ejemplo el diámetro 3/16" para un electrodo, es el mayor posible para controlar el cráter, cuando se suelda en posiciones incómodas, como en el caso de la soldadura sobrecabeza.



- **Preparación de la junta.**  
La primera pasada de una junta o tope en V, generalmente requiere menos amperaje que una junta o tope sin chaflán; y así hay multitud de casos.

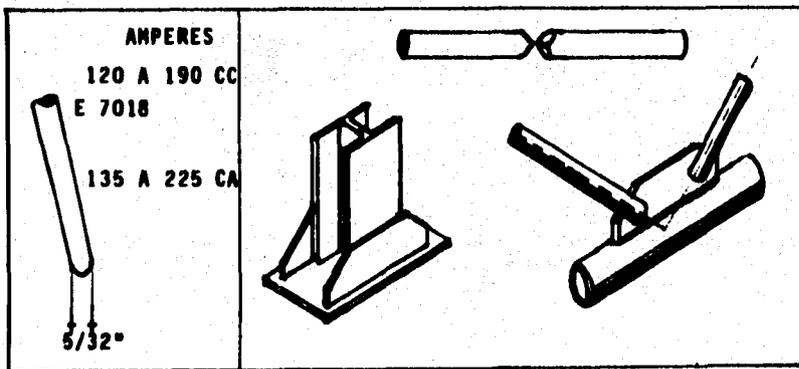


- Preparación o presentación de la pieza o junta, etc.  
El amperaje varía, por ejemplo, cuando se usan o no  
planchas de respaldo.



4.3.1.8.4. FIGURA No 47.

A cada tipo y diámetro de electrodos, le corresponde una  
escala de amperajes especificada por los fabricantes.  
Esta escala generalmente se amplía y da cabida a multitud de  
trabajos.



4.3.1.8.5. FIGURA No 48.

Cuando un soldador se inicia en el manejo de un tipo de  
diámetro, de electrodo; o cuando realizará un trabajo nuevo,  
conviene que inicialmente ajuste el amperaje en la parte media de  
la escala recomendada por los fabricantes.

Sin embargo, tomando en cuenta que existe un ajuste óptimo  
para cada trabajo en especial, el soldador debe guiarse por la

aparición del cordón y por el comportamiento del electrodo, para determinar si hay o no necesidad de reajustar el amperaje.

### 4.3.2.- ELECTRODOS.

#### 4.3.2.1.- ELECTRODOS DESCRIPCIÓN.

Se le llama electrodo al elemento o pieza terminal que constituye el extremo de una fuente de corriente y que sirve para introducir la corriente en el medio donde se ha de utilizar.

La definición anterior puede resultar más clara en un principio, pero a continuación se analizará con más detalle aplicándola a la soldadura manual con arco eléctrico.

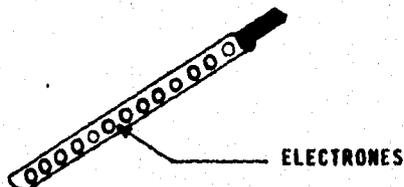
Hemos visto anteriormente que para que pueda efectuarse la soldadura por arco eléctrico manual, se requiere de una fuente calorífica que proporcione la temperatura necesaria para que los metales a unir lleguen a su punto de fusión.

En este caso esa fuente de calor la constituye el arco eléctrico que se establece entre el electrodo y la pieza a soldar.

Para que el arco eléctrico se genere y se mantenga, es necesario se establezca un circuito eléctrico.

En el caso de la soldadura manual por arco eléctrico, el circuito eléctrico se inicia en la terminal (borne) donde se fija el cable del electrodo a la máquina de soldar, continuando por dicho cable hacia el portaelectrodo y ... aquí se interrumpiría si no fuera por el electrodo.

Por el electrodo circulan electrones que, una vez establecido el arco eléctrico, pasan por la atmósfera de gases y pequeñas partículas sólidas metálicas, que se forman como resultado de la fusión del recubrimiento del electrodo.

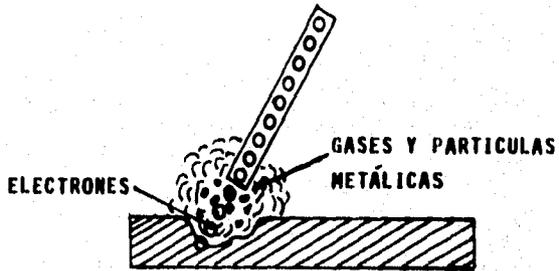


EL ELECTRODO ES ENTONCES UN CONDUCTOR  
DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

#### 4.3.2.1.1. FIGURA No 49.

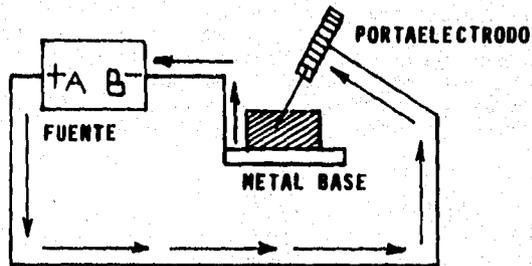
Al fundirse el recubrimiento del electrodo, las partículas metálicas y los gases desprendidos, forman un puente conductor de la corriente eléctrica.

Una vez atravesado el arco, la corriente fluye por el metal base al cable de tierra y regresa a la máquina de soldar. El circuito eléctrico termina entonces en la terminal (borne) donde se fija el cable de tierra al aparato.



4.3.2.1.2. FIGURA No 50.

Con la explicación anterior se pretende que quede claro que el electrodo no sólo sirve para materiales de relleno, sino también como conductor de la electricidad.



4.3.2.1.3. FIGURA No 51.

4.3.2.2.- TIPOS DE ELECTRODOS.

Primeramente los electrodos para soldadura pueden clasificarse desde dos puntos de vista.

- Por el tipo de material base que están constituidos.
  - De carbón
  - Metálicos.

De estos dos grupos, los metálicos son los más importantes.

- Por el hecho de que se consuman o no durante el proceso de la soldadura.

- Consumibles.
 

Además de conducir la corriente eléctrica, se funden gradualmente formando el depósito metálico necesario.

En este grupo se encuentran todos los electrodos metálicos empleados para la soldadura manual por arco eléctrico.

- No consumibles.  
La función de los electrodos no consumibles es únicamente formar y mantener el arco eléctrico. Entre los no consumibles tenemos por ejemplo los electrodos de tungsteno utilizados para la soldadura protegida por gas inerte. Estos últimos no se consumen debido a dos cosas.
- A la temperatura de fusión del tungsteno (más de 3000°C)
- A la protección que da el gas inerte, que impide el contacto entre el electrodo de tungsteno y el oxígeno del aire.

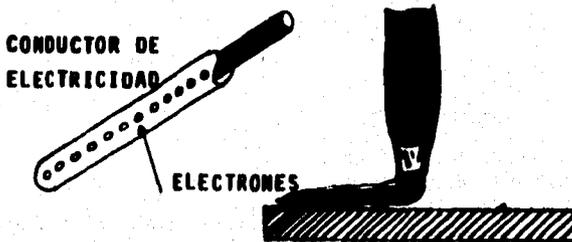
#### Electrodos de carbón.

Este tipo de electrodos es el más antiguo que los electrodos metálicos.

Actualmente los enormes avances logrados en la producción de electrodos metálicos, ha provocado que el uso de los electrodos de carbón quede restringido a algunos trabajos especiales.

No obstante el soldador, debe conocer las aplicaciones de los electrodos de carbón, ya que con ello aumenta su caudal de recursos para resolver problemas específicos de soldadura.

Los electrodos de carbón se emplean en forma de barras cilíndricas afiladas en forma de cono en un extremo.



4.3.2.2.1.  
FIGURA No 52.

4.3.2.2.2. FIGURA No 53.

Existen diferentes clases de electrodos de carbón:

- Homogéneos.

Se obtienen básicamente del carbón de retorta (residuos de la destilación en las retortas de las fábricas de gas), por ser éste un tipo de carbón más barato que los demás.

Sin embargo también se utiliza, en menor escala, otros tipos de carbón, tales como: grafito, coque, atracita y hollín.

Estos materiales se pulverizan y se mezclan con algún aglutinante como alquitrán caliente o brea, se prensan en prensas especiales donde se les da la forma de barras cilíndricas y se cuecen en hornos de cámara o de crisol.

- **Grafíticos.**

Si los electrodos se fabrican exclusivamente de grafito y después de cocidos en el horno de cámara o de crisol se recuecen en hornos eléctricos, por completo al abrigo del aire y a temperaturas muy elevadas, se obtiene un carbón grafitico, mucho más denso y compacto que el anterior.

Estos electrodos son capaces de absorber intensidades de corriente muy altas (600 a 1000 amperes).

Asimismo tiene mejor conductibilidad eléctrica que los homogéneos.

- **Electrografíticos.**

También se fabrican exclusivamente de grafito y reciben el mismo tratamiento posterior en horno eléctrico.

Su diferencia con los electrodos de grafito consiste en que tienen un núcleo central compuesto de vidrio soluble, carbón y ácido bórico, que le permite arderde manera más uniforme.

A continuación se incluye una tabla comparativa de los diversos tipos de electrodos de carbón.

| Característica  | Tipo de electrodo de carbón.                |  |  |
|-----------------|---|--|--|
|                 | Homogéneo                                   | Grafítico  | Electrografítico   |
| Conductibilidad | Hasta 300 amperes los de 20 mm de diámetro. | Tres veces más que los homogéneos. Hasta 900 amperes los de 20 mm de diámetro. | Cinco veces más que los homogéneos. Hasta 1500 amperes los de 20 mm de diámetro. |
| Precio          |   | El doble que los homogéneos  | El triple que los homogéneos.  |

4.3.2.2.8. TABLA No 8.

**Aplicaciones.**

En los procedimientos de soldadura manual por arco eléctrico, los electrodos de carbón tienen entre otras, las siguientes aplicaciones:

- Para determinar si la polaridad de la máquina de soldar es la correcta.
- Para aplicar algunos recubrimientos duros en polvos.
- Para realizar uniones de láminas delgadas con soldadura fuerte.
- Para realizar uniones de canto, sin metal de aportación, en láminas delgadas de acero.
- Para realizar soldaduras de cobre con cobre con y sin material de aportación.

- Para cortar metales ferrosos difíciles de cortar con oxiacorte (hierro colado), o no ferroso, tales como el cobre.
- Para efectuar forjados livianos.
- Para realizar precalentamiento y tratamientos térmicos de piezas pequeñas.

En la práctica los electrodos de carbón se fabrican en cuatro diámetros: 1/4, 5/16, 3/8, y 1/2 de pulgada.

#### Electrodos metálicos.

Según su fabricación y aspecto exterior los electrodos pueden dividirse en dos grandes grupos.

- Desnudos.
- Recubiertos.

A mediados de 1800 se sustituyó a los electrodos de carbón por los electrodos de alambre desnudo, iniciándose la era del arco eléctrico metálico y eliminándose la necesidad de utilizar por separado varillas de metal como materiales de aportación.

A principio de 1900 se decidió que incorporando al electrodo desnudo un recubrimiento, se mejoraba enormemente en muchos aspectos, ya que se lograba:

- Mantener el arco eléctrico estable.
- Impedir que penetraran en el metal base algunos elementos indeseables.

A partir de entonces los electrodos recubiertos han tenido un gran desarrollo y se ha posibilitado al soldador para realizar trabajos que antes eran imposibles.

#### Electrodos metálicos desnudos.

Los electrodos metálicos desnudos en la soldadura manual por arco eléctrico cumplen dos funciones.

- Conducir la corriente eléctrica
- Proveer el material de aportación necesario.

Los electrodos desnudos se subdividen en :

- Varillas fundidas para hierro colado y otros metales fundidos.
- Alambres laminados para materiales duros.
- Alambres estirados.
  - Recocidos o pulimentados con color negro brillante y pardo.
  - Con superficies tratadas.
    - Cobrizadas.
    - Niqueladas.
- Con alma.
  - Con núcleo no metálico.
  - Con núcleo metálico.

Los electrodos desnudos con alma, de hecho proporcionan una atmósfera protegida, pues tienen en el núcleo central o entre el núcleo metálico y la cubierta metálica, elementos que hacen la misma función que el revestimiento en los electrodos revestidos.

sin embargo este tipo de electrodos tiene muy poca utilización.

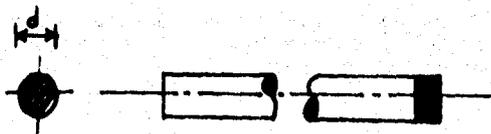
- **Electrodos tubulares:** Tubos metálicos con relleno de una aleación graduada, compuesta de metales duros, difíciles de fundir o estirar, mezclados con polvos de soldar.

Algunos electrodos para recubrimientos duros tienen esta presentación.

En general los electrodos desnudos se utilizan mucho más en la soldadura automática o semiautomática bajo atmósfera inerte, que en la soldadura manual por arco eléctrico.

En las siguiente cuatro figuras se muestra esquemáticamente los diferentes tipos de electrodos metálicos.

La figura 54 representa un electrodo desnudo típico, compuesto por una única parte de metal. Este metal puede ser fundido, laminado o estirado.



4.3.2.2.3. FIGURA No 54.

La figura 55 ilustra un alambre con núcleo no metálico (b), que no representa un tubo lleno de polvo de soldar sino que el electrodo fue laminado incluyendo previamente el núcleo no metálico.

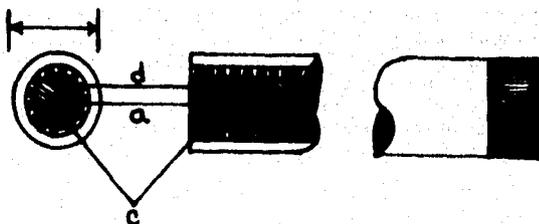
En el caso de la figura 55, este núcleo influye en la aceleración final que resulta como depósito y sustituye parcialmente la envoltura o recubrimiento.



4.3.2.2.4. FIGURA No 55

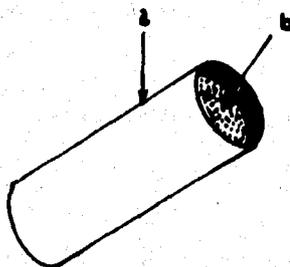
En la figura 56 se representa un electrodo con dos partes

metálicas: El núcleo central (a), que es el alambre propiamente dicho y una capa metálica delgada (b), que sirve de envoltura. El espacio intermedio (e), entre las dos capas metálicas está relleno de polvo de soldar.



4.3.2.2.5. FIGURA No 56.

La figura 57 muestra un electrodo tubular, compuesto de un tubo metálico husco de pared delgada (a), que sirve de cubierta a la mezcla granulada (b) introducida en su interior.



4.3.2.2.6. FIGURA No 57.

Aún cuando los electrodos metálicos desnudos, tienen poca utilización en la soldadura manual por arco eléctrico, es conveniente que el soldador conozca todos los tipos existentes ya que ello le permitirá -como a veces lo hace-, utilizar un alambre sin recubrimiento y combinar diferentes elementos químicos o el recubrimiento de otro electrodo, para lograr las características químicas y mecánicas deseadas.

Ello dependerá tanto de su experiencia, como de sus conocimientos de metalurgia y de su interés por la experimentación constante.

#### Electrodos recubiertos.

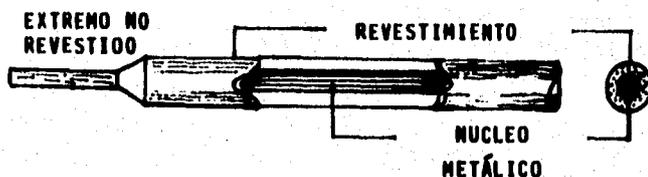
A partir del descubrimiento de los electrodos recubiertos, -también llamados revestidos-, se ha intensificado los programas de investigación para mejorarlos cada día, así como la fabricación

en gran escala de este tipo de electrodos; y es que gracias a ellos se ha facilitado enormemente al soldador la ejecución de su trabajo, a la vez que se ha mejorado la calidad de las soldaduras obtenidas.

El procedimiento conocido como "soldadura por arco protegido", deriva su nombre de la acción de los electrodos en el momento de la soldadura.

Los electrodos recubiertos constan de dos partes:

- De un núcleo metálico (alma).
- De un recubrimiento o revestimiento, también conocido como fundente.



4.3.2.2.7. FIGURA No 58.

1.- Núcleo metálico.

Tiene dos funciones principales:

- Aportar el material necesario para la soldadura.
- En el caso de la soldadura eléctrica conducir la corriente eléctrica.

Su composición química varía y su selección se hace de acuerdo a la composición del material a soldar.

2.- Recubrimiento.

El recubrimiento cumple varias funciones, todas ellas muy importantes:

- \* Limpiar y desoxidar las partes a soldar.
- \* Evitar su posterior oxidación con el calentamiento, mediante la formación de la escoria.
- \* Estabilizar el arco eléctrico y disminuir el chisporroteo eléctrico.
- \* Romper la tensión superficial de las gotas del metal de aporte permitiendo que éstas amalgamen (se fusionen) con el metal base.
- \* Retardan, gracias a la capa de escoria el enfriamiento de la zona soldada, permitiendo, que escapen los gases que ocasionarían una soldadura débil.

- \* En algunos casos, agregar elementos adecuados que determinan la composición final de la soldadura, o la cantidad de material depositado.

Este es el caso de los electrodos que contienen elementos aleantes o polvo de hierro en el recubrimiento.

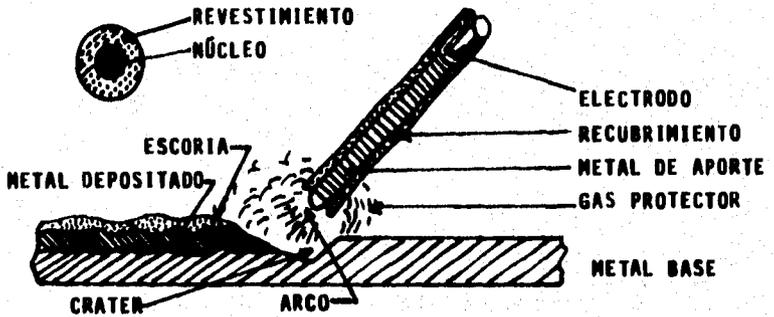
Algunas sustancias del revestimiento se convierten en gases, formando una cubierta que protege, tanto a la pieza como al material base, del contacto con el aire. Como sabemos, el aire contiene oxígeno y nitrógeno, ambos muy perjudiciales para la

resistencia de la pieza soldada.

Otras sustancias se convierten en líquidas y tienden a permanecer en este estado. Estas son las productoras de escoria.

Al mezclarse con el metal base recogen sus impurezas y las hacen flotar. Además por su tendencia a permanecer líquidas, retardan el enfriamiento del baño y permiten la salida de los gases.

Otras sustancias actúan tal como lo haría una lupa, es decir, concentran y dirigen el calor del arco eléctrico.

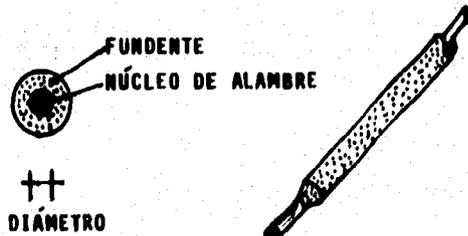


4.3.2.2.8. FIGURA No 59.

#### 4.3.3.- DIÁMETRO, LONGITUD Y CONDICIONES DE USO DE LOS ELECTRODOS.

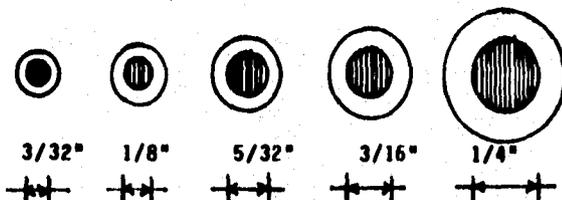
##### 4.3.3.1.- DIÁMETRO:

El diámetro de los electrodos se mide tomando en cuenta el grosor del núcleo solamente no el del revestimiento.



4.3.3.1.1. FIGURA No 60.

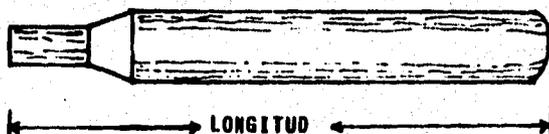
Los diámetros comerciales son:



4.3.3.1.2. FIGURA No 61.

#### 4.3.3.2.- LONGITUD:

La longitud se mide de extremo a extremo tomando en cuenta la parte sin recubrimiento.



4.3.3.2.1. FIGURA No 62.

Las longitudes comerciales son: 30 y 45 cm.

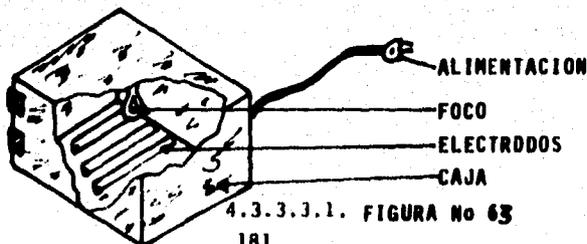
#### 4.3.3.3.- CONDICIONES DE USO:

Los electrodos deben:

- \* Estar libres de humedad.
- \* Tener un núcleo concéntrico.

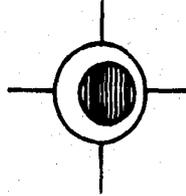
El primer punto es importantísimo, pues los electrodos húmedos contendrán mayor cantidad de hidrógeno muy perjudicial.

Para conservarlos secos deben mantenerse cerrados los empaques, y una vez abiertos, puede utilizarse una caja de madera con un foco que permanezca prendido y proporcione la temperatura apropiada.



4.3.3.3.1. FIGURA No 63

Los electrodos cuyo núcleo está descentrado, deben regresarse a los proveedores, ya que el utilizarlos dificulta el control del arco.



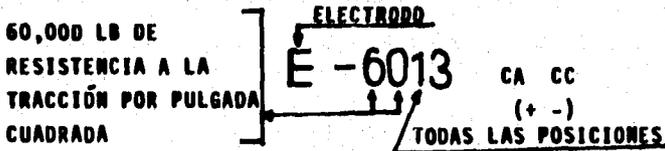
4.3.3.3.2. FIGURA No 64.

4.3.3.4.- ELECTRODOS RECUBIERTOS, ESPECIFICACIONES AWS.

Los electrodos se clasifican por un sistema de números y letras para su identificación, que permite seleccionar el tipo de electrodo recomendado, para un trabajo determinado. Debe atender a lo siguiente:

- Tipo de corriente de que se dispone.
- Posición de la pieza a soldar.
- Naturaleza del metal y resistencia que debe poseer.

Esta clasificación utiliza un sistema compuesto, por una letra mayúscula colocada en primer término, denominada prefijo, seguida de cuatro dígitos.



4.3.3.4.1. FIGURA No 65.

El prefijo "E" significa electrodo para soldadura eléctrica por arco.

Los dos primeros dígitos, de un total de cuatro, indican la resistencia a la tracción, en miles de libras por pulgada cuadrada.

En la figura el número 60 significa 60,000 libras por pulgada cuadrada, lo que equivale a 42.2 kg por milímetro cuadrado.

El tercer dígito, de un total de cuatro indica, la posición para soldar, el número uno significa, soldar en todas posiciones.

Los dos últimos dígitos en conjunto indican la clase de corriente a usar y la clase de revestimiento. El número trece significa revestimiento con rutilo, corriente continua o alterna, polo negativo; para determinar el significado del tercer dígito, se utiliza la equivalencia siguiente:

- 1= Todas las posiciones.
- 2= Juntas en ángulo interior, en posición horizontal o plana

- 3= Posición plana únicamente.

Para el tercer y cuarto dígito juntos:

- 10= CC (+) revestimiento celulósico.
- 11= CC (+) revestimiento celulósico.
- 12= CC ó CA (-) revestimiento con rutilo.
- 13= CA ó CC (+/-) revestimiento con rutilo y polvo de hierro (30% aproximadamente).
- 16= CC (+) bajo contenido de hidrógeno.
- 18= CA ó CC (+/-) revestimiento con bajo contenido de hidrógeno y con hierro en polvo.
- 20= CC ó CA (+) revestimiento con bajo contenido de hidrógeno y con polvo de hierro (25% aproximadamente).
- 24= CA ó CC (+/-) con rutilo y polvo de hierro (aproximadamente de 50% de este último elemento.)

Por citar un ejemplo:

Un electrodo que tiene una clasificación "E 9012" es un electrodo que tiene una resistencia a la tracción de 90,000 libras por pulgada cuadrada, que equivale a 63.2 kg por milímetro cuadrado.

Se puede soldar con corriente continua, polo negativo, o corriente alterna; su revestimiento es con rutilo, usándose en todas posiciones.

#### 4.3.3.5.- CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS RECUBIERTOS.

Los electrodos recubiertos se pueden clasificar desde dos puntos de vista importantes:

- Por su recubrimiento.
- Por el tipo de material base al que se aplicarán.

De acuerdo con el primer criterio, los electrodos pueden tener los siguientes tipos de recubrimiento.

- Celulósico (orgánico).
- Mineral ácido:
  - \* Rutilo-sódico.
  - \* Rutilo-potásico.
  - \* Rutilico.
- Mineral básico de bajo hidrógeno.
- Mineral ácido con polvo de hierro.
- Mineral básico de bajo hidrógeno y con polvo de hierro.

Según el segundo criterio, los electrodos se dividen en:

- Electrodos para aceros dulces.
- Electrodos para aceros de alta resistencia y baja aleación.
- Electrodos para grupos especiales de aceros; por ejemplo; para aceros inoxidable.
- Electrodos para materiales fundidos (hierros colados y aceros fundidos).
- Electrodos para metales no ferrosos.

Los primeros cuatro mencionados, constituyen el grupo de electrodos para metales ferrosos.

#### 4.3.3.6.- MATERIALES EMPLEADOS EN LOS RECUBRIMIENTOS DE LOS ELECTRODOS.

La composición química de los revestimientos es muy variada y muchas veces es la que determina las características específicas de un electrodo, más que el mismo núcleo.

Por ejemplo: para muchos electrodos de acero dulce, se utiliza el mismo material en el núcleo, lo que varía es el revestimiento.

La composición exacta de los diferentes revestimientos de los electrodos, es muy difícil de obtener, pues las casas fabricantes lo mantienen a nivel de información confidencial.

Sin embargo, a nivel general sí se conoce los principales elementos constituyentes y su función, aunque no su proporción exacta.

Para soldar es importantísimo saber cuáles son los elementos constituyentes de los recubrimientos y qué función cumplen; pues así podrán reconocer más profundamente las características específicas de los electrodos, y preguntar a los proveedores, con más conocimiento de causa, sobre alguno de éstos.

Según los efectos que producen en el momento de la soldadura, los materiales del revestimiento pueden clasificarse en cinco grupos.

- Generadores de gases protectores.
- Productores de escoria.
- Ionizantes.
- Aleantes.
- Aglutinantes.
- 1.- Generadores de gases protectores.

Su función, como ya se ha dicho antes, es impedir la penetración del aire en la zona del arco.

Entre los materiales generadores de gases protectores se encuentran los siguientes:

- Grafito, (carbón mineral casi puro).
- Polvo de carbón vegetal.
- Fibras de papel y otros materiales que contengan celulosa.
- Almidón.
- Hidratos de carbono, (compuestos que contienen carbono, oxígeno e hidrógeno).
- Carburos metálicos (materiales muy duros, compuestos de carbono y algún metal).
- Carbonato de calcio y magnesio (sales, compuestas de ácido carbónico y calcio y/o magnesio).

Dentro de este grupo se incluye otros materiales "desnitridores", es decir, cuya función es, combinarse químicamente con el nitrógeno, impidiendo que este se combine con los materiales que quedarían como depósito final en la soldadura.

Entre los desnitridores se encuentran:

- Óxido de titanio (rutilo), cuya fórmula es:  $TiO_2$ .
- Ferrotitanio (aleación de hierro y titanio, con 20 a 60 % de titanio).

Incluidos en el grupo de los materiales generadores de gases protectores, se encuentran los "desoxidantes", cuya función es similar a la de los desnitrosadores, sólo que en este caso combinándose con el oxígeno.

Entre los desoxidantes se encuentran:

- Ferromanganeso (aleación de hierro y manganeso con 25 a 80 % de manganeso).
- Ferrosilicio (aleación de hierro y silicio con 10 a 90 % de silicio).
- Ferrovanadio (aleación de hierro y vanadio con 50 % de éste último).

## 2.- Productores de escoria

Se ha mencionado que las funciones de los materiales productores de escorias, es retardar la solidificación del baño y permitir que escapen de él los gases.

Para cumplir con estas funciones, así como para lograr las mejores características de las soldaduras las escorias deben de poseer las siguientes características.:

- Tener un punto de fusión ni muy alto ni muy bajo.

Si los productores de escorias tuvieran puntos de fusión muy altos, darían lugar en el momento de la soldadura, a la formación de cráteres tan profundos que resultarían muy difíciles de rellenar. Ahora bien, si su temperatura de fundición fuera muy baja, el extremo del electrodo quedaría al descubierto antes de tiempo.

- Ser ligeras, para que puedan subir rápidamente a la superficie del baño.
- Extenderse uniformemente sobre la soldadura, sin hincharse ni enroscarse.
- Separarse fácilmente con ligeros golpes de martillo, o por sí solas.

Las escorias, se dividen en tres grupos, con características específicas cada una de ellas.

- Ácidas, con alto contenido de óxido de silicio  $SiO_2$ .
- Básicas, con alto contenido de óxido de calcio ( $CaO$ )
- Neutras, con alto contenido de celulosa.

El óxido de silicio  $SiO_2$ , rebaja el punto de fusión y produce escorias vídrias, cuando su contenido es de consideración.

Los electrodos con cubiertas ácidas, producen mayores velocidades de soldaduras.

El óxido de calcio  $CaO$ , eleva el punto de fusión y produce escorias esponjosas y porosas.

Los electrodos con cubiertas básicas, dan menores velocidades de soldadura, pero poseen mejores características "trepadoras", lo que facilita soldar en posición vertical sobre y sobre cabeza.

Ahora bien, en la práctica, ya no se fabrican electrodos con escorias solo ácidas o solo básicas, sin que se combinan con otros óxidos ( $FeO$ ,  $MnO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ), cuyas interacciones dan las mejores características en cada caso.

Los electrodos 6012, 6013, 6014 y 6024, por ejemplo tienen un recubrimiento "mineral ácido", es decir, contienen entre otros elementos, proporciones importantes de óxido de silicio ( $SiO_2$ ) y

óxido de titanio ( $TiO_2$ ).

El 7018 por ejemplo, es "mineral-básico" y contiene, entre otros elementos, óxido de calcio (CaO), y óxido de hierro (FeO).

### 3.- Materiales ionizantes.

Su rápida evaporación, facilita el encendido y mantenimiento del arco.

Entre los materiales ionizantes se encuentran:

- Los hidróxidos de sodio (NaOH) y potasio (KOH).  
Compuestos de sodio o potasio, hidrógeno y oxígeno.  
Tierras alcalinas, como por ejemplo la cal.

Pueden actuar en dos formas: mezclándose con la soldadura como componente de aleación; y/o actuando como desnitradores o desoxidantes.

Se utiliza básicamente las ferroaleaciones, algunas de ellas ya mencionadas anteriormente.

### 5.- Materiales aglutinantes.

Como aglutinantes se emplean materiales orgánicos, como la goma-laca; e inorgánicos, como el caolín.

#### 4.3.3.7.- SELECCIÓN DE ELECTRODOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE JUNTA.

Al hablar de soldaduras de acero dulce y de aceros de baja aleación, efectuados por el procedimiento de arco eléctrico manual, se puede afirmar que casi todos los trabajos son factibles de realizar con electrodos del grupo E60XX y E70xx.

En otras palabras, al soldarse estos aceros, pueden lograrse soldaduras resistentes, con cualquiera de los electrodos de estos grupos.

Sin embargo, deben existir otros criterios que nos hagan analizar más a fondo el problema, antes de utilizar indiscriminadamente cualquier electrodo para acero.

En primer lugar, debemos pensar que no basta con obtener una soldadura resistente, sino que otros factores como el costo, el tiempo, la cantidad de material empleado, las características finales deseadas, deben contar también.

No es lo mismo soldar a tope chapas metálicas muy delgadas con un electrodo E 7018 que con un E 6012.

Con los dos se puede hacer el trabajo; pero:

- ¿Con cuál nos sale más barato?
- ¿Con cuál empleamos menos tiempo?
- ¿Con cuál obtenemos las características que necesitamos?

Cada junta exige electrodos con determinadas características de aplicación.

Junta de electrodo:

Electrodo de:

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Relleno.                     | Deposición rápida.  |
| Solidificación.              | Solidificación rápida.  |
| Seguimiento.                 | Deposición rápida pero sin gran penetración.                    |
| Relleno y solidificación.    | Deposición y solidificación rápidas dentro de ciertos límites.  |
| Seguimiento y solidificación | Deposición y solidificación rápidas, pero sin gran penetración. |

4.3.3.7.9. TABLA No 9

Basándose en las exigencias de las juntas, los electrodos se dividen en cuatro grupos:

- Solidificación rápida.
- Relleno rápido.
- Relleno y solidificación.
- Seguimiento y solidificación.

4.3.3.8.- JUNTAS DE RELLENO.

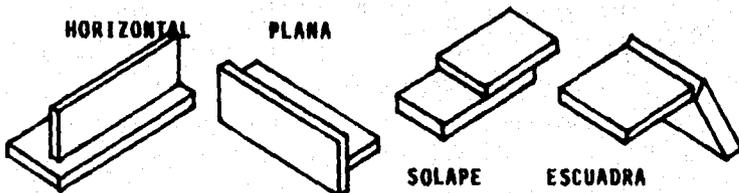
Se dice que una junta es del tipo de relleno cuando con el metal de aportación se debe llenar una ranura profunda -de más de 4.8 mm (3/16 ") .

Son ejemplos de este tipo de junta:

- Las soldaduras a tope, en posición plana.
- Las soldaduras en t, planas u horizontales, de 25 a 30 cm de largo.
- Las soldaduras de solape, de 25 a 30 cm de largo.
- Las soldaduras a escuadra, de 25 a 30 cm de largo, planas.

Todas estas soldaduras realizadas en planchas de 4.8 mm (3/16") o más.

Para las soldaduras de relleno conviene utilizar electrodos de "relleno rápido", pues es importante efectuar el trabajo en poco tiempo.

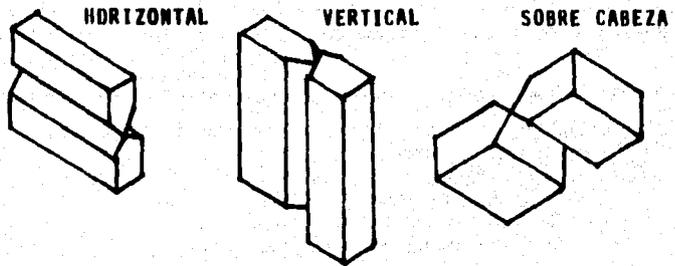


4.3.3.8.1. FIGURA No 66.

#### 4.3.3.9.- JUNTAS DE SOLIDIFICACION.

Se define como juntas de solidificación las uniones a tope de placas con espesor entre 4.8 mm y 15.9 mm (3/16" a 5/8"), que se soldarán en posición incómoda, es decir horizontal, vertical o sobre cabeza.

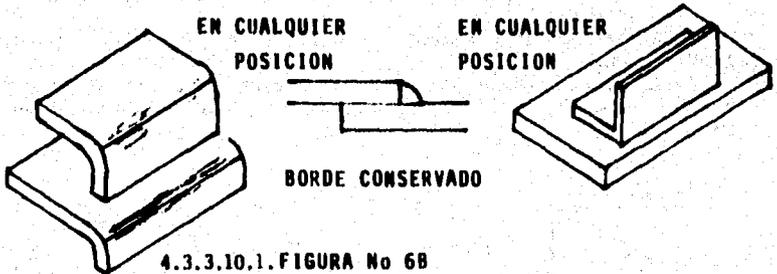
Para efectuar las soldaduras en juntas de solidificación, conviene emplear electrodos de "solidificación rápida".



4.3.3.9.1. FIGURA No 67

#### 4.3.3.10.- JUNTAS DE SEGUIMIENTO.

Se consideran juntas de seguimiento a las uniones de chapas metálicas de espesor menor que 4.8 mm (3/16"), en todas posiciones, con acomodo ya sea de solape, o a escuadra con "borde conservado".



4.3.3.10.1. FIGURA No 68

Para soldar este tipo de juntas conviene utilizar electrodos con características de "seguimiento rápido".

#### 4.3.3.11.- JUNTAS DE RELLENO Y SOLIDIFICACIÓN.

Son juntas a las que se combinan dos necesidades importantes:

- Relleno rápido de la soldadura.
- Solidificación rápida del metal de aportación.

Dentro de este tipo de juntas estarán aquéllas en que por el espesor de la pieza y por la posición en que se realizará la soldadura, se presentan las necesidades anteriores.

Son ejemplos de este tipo de juntas.

- Las uniones a tope, en placas de más de 15,9 mm (5/8"), en posición horizontal, vertical o sobrecabeza.
- La pasada de raíz en uniones a tope de placas con espesor de 9,6 mm (3/8") y más, biseladas en V, X, Y, etc., que se soldarán en posición plana.
- Las juntas a tope, escuadra ó T, con espesores de 4,8 mm y más, en las que se realizarán cordones de soldadura de 25 a 30 cm de largo, y que se soldaran en desnivel mayor de 15°.

Para este tipo de juntas lo recomendable es emplear electrodo de "relleno y solidificación".



4.3.3.11.1. FIGURA No 69.

#### 4.3.3.12.- JUNTAS DE SEGUIMIENTO Y SOLIDIFICACIÓN

En este tipo de juntas se combinan dos necesidades:

- Deposición rápida del metal de aportación.
- Solidificación rápida del mismo.

Dentro de este grupo se incluye las uniones de chapas metálicas de espesor inferior a 4,8 mm, que se soldarán en posiciones incómodas, o que incluyen diferentes posiciones para realizar un solo trabajo.

Para este tipo de juntas conviene utilizar electrodos del grupo de "solidificación rápida", que además tienen buenas características de "seguimiento".

#### 4.3.3.13.- ELECTRODOS PARA ACERO DULCE.

Se ha mencionado que los electrodos para acero dulce, se clasifican en varios grupos según el tipo de junta para el que están destinados.

Se ha analizado también cada tipo de junta y se ha mencionado ejemplos de cada una de ellas.

A continuación se analizará cada grupo de electrodos, mencionando tanto las características generales, como las características específicas de los electrodos que integran el grupo.

#### 4.3.3.14.- GRUPO DE ELECTRODOS DE SOLIDIFICACIÓN RÁPIDA.

##### 1.- Descripción del grupo.

Los electrodos de este grupo presentan como características que el metal de fusión y la escoria solidifican muy rápidamente. Por otra parte, no tienen gran velocidad de deposición.

##### 2.- Electrodos del grupo.

Comprenden los electrodos: EXX10 y EXX11 de la AWS.

##### 3.- Características generales.

- Arco. Enérgico, de gran penetración.
- Escoria: Ligera poco molesta para el soldador. No proporciona un recubrimiento total.
- Corriente: Para los electrodos de la clase EXX10, se utiliza corriente continua, polaridad positiva. Para los EXX11, corriente alterna.
- Posiciones: Se utilizan para todas las posiciones, pero especialmente para soldaduras verticales y sobrecabeza, debido a su rapidez de solidificación.
- Otras características: Producen soldaduras para inspección por rayos X.

##### 4.- Aplicaciones.

- Soldaduras en posición vertical y sobrecabeza.
- Juntas a tope que no haya posibilidad de biselar y que requieran penetración profunda.
- Soldadura de tuberías, tanto por soldarse muy frecuentemente en posiciones incómodas, como por requerir gran penetración.
- Soldadura de acero galvanizado. La energía del arco, penetra la capa galvanizada.

##### 5.- Instrucciones de trabajo.

- Aplicar cordones angostos en la primera pasada, utilizando la técnica de chicote para las soldaduras de ángulo y un movimiento circular para las juntas a tope, con chaflán en V.

- Utilizar movimiento de zig-zag para las pasadas de relleno y cierre, deteniéndose un momento en los bordes, para lograr buena penetración y eliminar la socavación.
- En posición vertical casi siempre se suelda hacia arriba para lograr mayor penetración; excepto en el caso de tuberías de conducción, que se sueldan hacia abajo.

Características particulares de los electrodos del grupo.

- E 6010 : Hay algunos fabricantes que tienen varias clases de E 6010 recomendándose alguna de ellas especialmente, para depositar cordones de primera pasada en soldadura de tuberías.
- E 6011 : Se utiliza para soldar secciones delgadas o piezas pesadas, cuando se desea una inclusión mínima de escoria.
- E 7010 : Se recomienda especialmente para realizar cordones de cierre (finales), en soldadura de tuberías.

#### 4.3.3.15.- GRUPO DE ELECTRODOS DE RELLENO RÁPIDO.

##### 1.- Descripción el grupo.

Los electrodos de relleno rápido, producen soldaduras de gran calidad y velocidad. Esto se debe a que contienen polvo de hierro, por lo que también son aplicables en materiales con tendencia al agrietamiento.

##### 2.- Electrodos del grupo.

Comprenden los electrodos: EEXX14, EXX24, EXX27, EXX18, EXX28.

##### 3.- Características generales.

- Arco: suave, estable, de poca penetración y sin salpicaduras.
- Escoria: Abundante, densa, muy fluida, proporcionando un recubrimiento total.
- Cordón: Plano o ligeramente cóncavo, con apariencia excelente.
- Corriente: Alterna de preferencia, puede usarse CC, pero no es deseable, pues se reduce la velocidad de aplicación al no poderse utilizar amperajes muy elevados.
- Posiciones: EXX14, EXX18 en todas posiciones.  
EXX24, EXX27 y EXX28, sólo en posición plana.

##### 4.- Aplicaciones.

- Soldadura en chaflanes profundos.
- Soldadura en aceros sensibles al agrietamiento.

##### 5.- Instrucciones de trabajo.

- Utilizar técnica de arrastre.
- Mantener el electrodo perpendicular al trabajo.

- Depositar cordones rectos o con una oscilación muy leve.
- Avanzar rápidamente, manteniéndose entre 6 y 9 mm por delante del baño en solidificación.

6.- Características particulares de los electrodos del grupo.

- El E6024 opera mejor que el EXX27 en soldaduras de ángulo.
- El E6014 posee características de "solidificación rápida".
- El EXX27 produce soldaduras para inspección por rayos X.
- El EXX18 y el EXX28 además de contener polvo de hierro, son de bajo hidrógeno, por lo que se emplean especialmente para aceros con tendencia al agrietamiento.

#### 4.3.3.16.- GRUPO DE ELECTRODOS DE SEGUIMIENTO RÁPIDO.

##### 1.- Descripción del grupo.

Los electrodos de este grupo son especialmente indicados para realizar soldaduras que requieren poco material de aportación.

##### 2.- Electrodos del grupo.

Comprende los electrodos. EXX12 y EXX13 de la AWS:

##### 3.- Características generales.

- Arco. Silencioso, con mediana penetración y pocas salpicaduras.
- Escoria: Medianamente danzas. Proporciona buena cubierta.
- Corriente: Operan tanto con corriente alterna, como con continua, cuando se emplea ésta última, es mejor utilizar polaridad negativa.
- Posiciones: Para todas las posiciones, aunque se usan más en plana o inclinada hacia abajo.

##### 4.- Aplicaciones.

- Uniones a tope, de solape y en ángulo, en posición plana o inclinada hacia abajo, en material de 1 a 6 mm de espesor (calibres 4 a 20).
- Soldadura de estructuras.

##### 5.- Características particulares de los electrodos del grupo.

- E 6012 Sin tomar en cuenta los electrodos con hierro en polvo, es el electrodo más rápido, para soldar juntas de solape y en ángulo, en láminas delgadas y en posición vertical, de arriba hacia abajo.
- E 6013 Tiene un arco más suave y produce cordones más lisos que el E 6012.

Tiene menor velocidad de operación, pero deja cordones con mejor apariencia.

#### 4.3.3.17.- ELECTRODO CON POLVO DE HIERRO.

El añadir polvo de hierro en el recubrimiento de algunos electrodos, revolucionó la técnica de la soldadura.

A tal grado que ahora casi todos los electrodos -aunque en diferente porcentaje- contienen polvo de hierro en el recubrimiento.

Puede afirmarse que al ser descubiertos los electrodos con hierro, en polvo, la corriente alterna, en vez de constituir ya un problema se convirtió en un aliado para mejorar la velocidad de las soldaduras.

El agregar polvo de hierro en el recubrimiento, tiene muchas otras ventajas:

- Facilidad para quitar la escoria.
- Alta velocidad en la soldadura.
- Excelente ductibilidad.
- Cordones bien formados, con apariencia lisa y uniforme.
- Muy pocas salpicaduras.
- Excelente estabilidad y características del arco.
- Posibilidad de emplear la técnica de arrastre.
- Desprendimiento de la escoria.

La eliminación de la escoria es muy fácil, en muchos casos se desprende sola.

Velocidad de soldadura.

Al compararse la velocidad de soldadura entre un electrodo de "de seguimiento rápido", como el E 6012 y un electrodo con hierro en polvo, resulta que éste último, deposita entre 30 y 50 % más metal por minuto que el E 6012; con la ventaja de que puede lograrse esta velocidad, con electrodos de menor diámetro.

La tabla siguiente ilustra lo antes dicho.

SOLDADURA EN ÁNGULO HORIZONTAL.

|                                      | Espesor de la chapa mm | Tamaño del cordón mm | electrodo diámetro | intensidad de corriente amperios | Velocidad del arco cm/min |
|--------------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Electrodo con hierro en polvo E 6020 | 9.5                    | 6.4                  | 3/16               | 270 CA                           | 38.1                      |
|                                      | 9.5                    | 6.4                  | 1/4                | 350 CA                           | 30.5                      |
| Electrodo con hierro en polvo E 6012 | 9.5                    | 7.9                  | 1/4                | 360 CA                           | 35.6                      |
|                                      | 9.5                    | 7.9                  | 5/16               | 400 CA                           | 25.4                      |

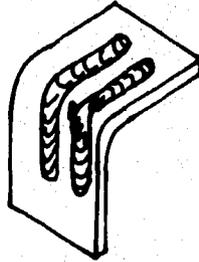
4.3.3.17.10. TABLA No 10.

El aumento en la velocidad de soldadura se entiende si se analizan dos aspectos:

1.- El material de depósito lo constituye, además del núcleo del electrodo, el polvo de hierro del recubrimiento.

2.- Al soldar con electrodos que contienen hierro en polvo, se puede utilizar corriente alterna; y por lo tanto, mayores amperajes.

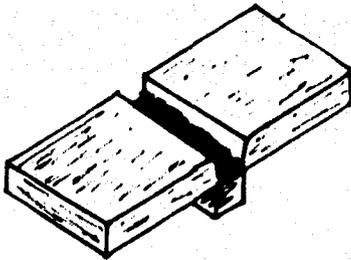
Ductibilidad: La excelente ductibilidad de este tipo de electrodos, se muestra en la figura. Uno de los cordones fue depositado utilizando un electrodo con polvo de hierro, el otro con un E 6012; éste último se rajó.



4.3.3.17.1. FIGURA No 70.

Características de los cordones obtenidos.

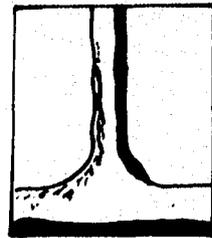
Los cordones obtenidos con este tipo de electrodos, son de muy buena apariencia -uniforme y lisos-; casi planos y a veces hasta cóncavos.



LA SOLDADURA EN CHAFLANES PROFUNDOS SON LISAS Y DE EXCELENTE ASPECTO

4.3.3.17.2. FIGURA No 71

4.3.3.17.3. FIGURA No 72.



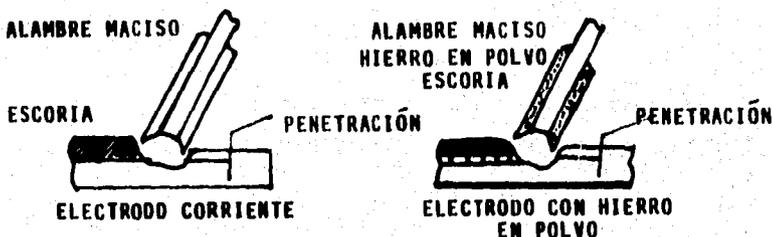
FORMA DEL CORDON DE UNA SOLDADURA CORRIENTE EN ANGULO (DERECHA) COMPARADA CON UNO CON POLVO DE HIERRO (IZQ) EL DE HIERRO EN POLVO NO DESPERDICIA METAL EN CONVEXIDAD EXAGERADA

**Características de aplicación:**

Los electrodos con hierro en polvo poseen un recubrimiento muy grueso, de casi el doble que otros sin contenido de este material, lo que hace posible arrastrar el electrodo durante el avance, evitando la fatiga del soldador al tratar de mantener una determinada longitud de arco.

**Otras características:**

Los electrodos con hierro en polvo tienen menor penetración que otros; esta característica según las necesidades, puede resultar ventajosa o desventajosa.



4.3.3.17.4. FIGURA No 73.

La realización de soldaduras curvas se dificulta, debido a las siguientes características.

- Revestimiento grueso.
- Alta velocidad de avance.
- Charco ancho.
- Altos amperajes utilizados.

**Recomendaciones:**

- Utilizar técnica de arrastre o mantener un arco muy corto.
- Siempre que sea posible, mantener el electrodo casi perpendicular a la junta.
- Utilizar corriente alterna.
- Al soldar chaflanes profundos procurar que la pieza esté colocada a nivel; no inclinada hacia arriba o hacia abajo.
- Al depositar cordones de fondeo, no utilizar movimientos de tejido con el electrodo.
- Utilizar los amperajes recomendados en la tabla que se incluye más adelante.

Sobre este punto conviene hacer notar, que es difícil apreciar al estar soldando si el amperaje es o no excesivo.

Por el contrario de polvo de hierro, el arco se mantiene estable y sin chisporroteo, aún con amperajes más altos que los recomendados; pero se dificultará la eliminación de la escoria, restándole calidad a la soldadura.

**AMPERAJES ACONSEJADOS.**

| Electrodo diámetro. | Amperaje. | Polaridad. | Tamaño del cordón. | Velocidad en cm/min. |
|---------------------|-----------|------------|--------------------|----------------------|
| 5/32                | 225       | CA.        | 5.5                | 38                   |
| 5/32                | 220       | CC (+)     | 5.5                | 31.7                 |
| 3/16                | 275       | CA         | 6.3                | 38                   |
| 3/16                | 250       | CC (+)     | 6.3                | 31.7                 |
| 1/4                 | 350       | CA         | 7.9                | 35.5                 |
| 1/4                 | 300       | CC (+)     | 7.9                | 30.4                 |

**4.3.3.17.11. TABLA No 11.**

**Electrodos con contenido de polvo de hierro.**

| Clasificación AWS | Porcentaje de polvo de hierro | Otras características del recubrimiento. |
|-------------------|-------------------------------|--|
| EXX24             | 50%                           | Rutilico.                                |
| EXX27             | 50%                           | Mineral.                                 |
| EXX14             | 30%                           | Rutilico.                                |
| EXX18<br>EXXX18   | 30%                           | Mineral-bajo hidrógeno.                  |
| EXX28             | 50%                           | Mineral-bajo hidrógeno.                  |

**4.3.3.17.12. TABLA No 12**

**4.3.3.18.- ELECTRODOS DE BAJO HIDRÓGENO.**

Algunos tipos de acero, al soldarse, son especialmente sensibles al agrietamiento.

Dentro de los aceros con esta peculiaridad se incluye:

- Los de medio y alto contenido de carbono.
- Los de baja aleación con contenido de azufre, fósforo o cromo en cantidad suficiente para ser considerado como elemento aleante.

Las causas que provocan el agrietamiento pueden ser varias; a continuación se mencionan algunas:

- Metal sucio.
- Preparación deficiente o excesiva rigidez de la junta.
- Polaridad equivocada.
- Pre calentamiento deficiente.

- Inclusión de escorias.
- Inclusión de gases indeseables, etc.

Quizá todas las enumeradas, la más perjudicial, así como difícil de controlar por el soldador, sea la inclusión de gases indeseables.

En el caso de los aceros mencionados, resulta particularmente problemática la inclusión de hidrógeno.

El hidrógeno actúa en general, fragilizando los aceros; y en determinados tipos (sulfurosos, con cromo, fósforos), propicia la creación de microgrietas conocidas como "ojos de pescado", casi blancas, brillantes y en su mayoría redondas.

Estas grietas son causantes de que disminuya la resistencia a la tracción de las soldaduras, pudiendo ser el punto donde se originan las roturas.

Después de muchas investigaciones realizadas por especialistas, se descubrió que los aceros, de los tipos mencionados, absorben hidrógeno con mucha facilidad, al encontrarse en estado pastoso o líquido.

Se comprobó que la absorción de este gas, procedente del recubrimiento de los electrodos, puede alcanzar valores tan elevados, que sean entre 10 y 30 veces más altos que el contenido de hidrógeno que originalmente tenía el metal base.

Otros experimentos revelaron que un cierto tipo de electrodos con revestimiento básico, fundamentalmente carbonato de sodio y cal y un núcleo de acero de estructura granular austenítica, reduce o elimina por completo el problema de la formación de microgrietas, siempre y cuando:

- Se conserven completamente secos.
- Se apliquen con el procedimiento correcto.

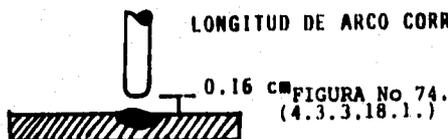
A estos electrodos se les dio el nombre de "electrodos de bajo contenido de hidrógeno", ya que soldando con ellos, los cordones depositados revelan muy bajas proporciones de este elemento.

Al igual que los electrodos con hierro en polvo, los electrodos de bajo hidrógeno tienen un revestimiento bastante grueso.

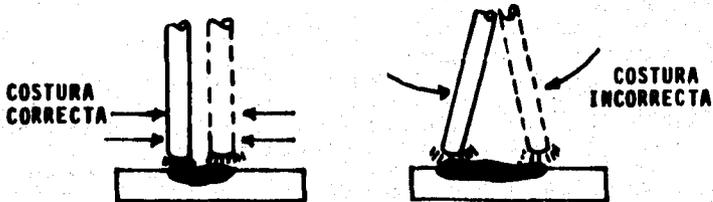
Los cordones depositados son planos o ligeramente convexos y muy fáciles de limpiar.

Puntos a cuidar al aplicar estos electrodos:

- Verificar que estén secos: Los electrodos húmedos causarán grietas al principio de la soldadura. Deben mantenerse dentro de un horno o dentro de la caja de madera descrita antes. Si por alguna razón, estos electrodos se llegan a humedecer, deben secarse en un horno. Hay que consultar con el proveedor la temperatura adecuada para ello.
- Mantener un arco corto: De 1.5 mm aproximadamente.



- Depositar los cordones de fondeo, sin utilizar movimiento de oscilación y los de relleno y cierre con una oscilación muy leve.



4.3.3.18.2. FIGURA No 75.

- Utilizar los amperajes recomendados. Si el amperaje es demasiado bajo, el metal no se calentará suficientemente y la soldadura se solidificará demasiado rápido, dando lugar a que queden gases atrapados.

- Limpiar perfectamente el metal base, antes de empezar a soldar. Si se suelda sobre metal con una capa gruesa de incrustación o herrumbre, la soldadura quedará porosa.

Electrodos de bajo hidrógeno:

| Clasificación AWS | Tipo de revestimiento.            |
|-------------------|-----------------------------------|
| E XX 15           | Mineral básico<br>bajo Hidrógeno. |
| E XXX 15          |                                   |
| E XX 16           | Mineral Básico<br>Bajo Hidrógeno. |
| E XXX 16          |                                   |
| E XX 18           | Mineral Básico<br>Bajo Hidrógeno  |
| E XXX 18          |                                   |
| E XX 28           | Polvo de hierro.                  |

4.3.3.18.13. TABLA No 13.

4.3.3.19.- CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS PARA ACEROS DE BAJA ALEACIÓN Y ALTA RESISTENCIA.

Se considera aceros, baja aleación, a aquellos en los cuales la suma de los porcentajes de elementos de aleación, no pasa del 5%.

Por ejemplo el acero SAE-AISI 4140, útil para partes y piezas de maquinaria en general, es de baja aleación. Su análisis es el siguiente:

| AISI SAE No | C   | Mn  | P    | S    | Si  | Ni | Cr   | Mo/otros |
|-------------|-----|-----|------|------|-----|----|------|----------|
| 4140        | .30 | .75 | .025 | .025 | .2  | -  | .80  | .15      |
|             | a   | a   |      |      | a   |    | a    | a        |
|             | .43 | 1   |      |      | .35 |    | 1.10 | .25      |

4.3.3.19.14. TABLA No 14.

Si sumamos los valores máximos garantizados, de cada uno de los elementos de aleación de este acero, tenemos que resulta la cantidad de 3.18 % de elementos aleantes, lo cual indica que el SAE - AISI 4140, es un acero de baja aleación.

Se consideran aceros de alta resistencia, a aquéllos que tienen 70,000 lbs/pul<sup>2</sup> (4,900 cm<sup>2</sup>) o más de resistencia a la tracción.

En la industria de la construcción, se utiliza cada vez más láminas, placas y perfiles de aceros de alta resistencia, para ahorrar peso muerto en la construcción de tanques, partes de maquinaria etc.

La clasificación de los electrodos para soldar estos aceros, se hace utilizando:

- Las dos o tres cifras para indicar la resistencia a la tracción.
- Las penúltimas cifras para indicar la posición de soldar.
- Las dos últimas cifras en conjunto, para indicar la clase de corriente a utilizar y el tipo de revestimiento del electrodo.

Hasta aquí la clasificación es la misma que para los electrodos de acero dulce, ya explicada antes.

La diferencia en el sistema de clasificación de los electrodos para aceros de alta resistencia y baja aleación consiste en que se agrega un sufijo, que indica, en cada caso, la aleación aproximada del metal de deposición.

**4.4 .- MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ANTENA PARABÓLICA.**

| <b>CANTIDAD.</b>      | <b>DESCRIPCIÓN.</b>   |
|-----------------------|---|
| 123 Kg.               | 30 TRAMOS DE TUBULAR CUADRADO GALVANIZADO DE 3/4".                                      |
| 3 Kg.                 | SOLDADURA 3/32".  |
| 3 Kg.                 | SOLDADURA 1/8".   |
| 2 m.                  | TUBO DE FIERRO 4 1/2" DE DIÁMETRO Y 3/16" DE ESPESOR (PROPORCIONADO POR MANTENIMIENTO). |
| 10 Kg.                | TUBO DE FIERRO DE 5" DE DIÁMETRO Y 1/4" DE ESPESOR.                                     |
| 12 Kg.                | PTR DE 3" X 4" Y ESPESOR DE 3/64".  |
| 2 PZAS.               | CHUMACERAS N.P. 1" DE DIÁMETRO.   |
| 29 m.                 | MALLA DE ALUMINIO 5 X 10.   |
| 8.4 m.                | MALLA DE ALUMINIO 3 X 3.  |
| 1.5 Kg.               | SOLDADURA DE CUTWELD (PARA BISELAR).  |
| 8 PZAS.               | VARILLAS DE 1/2" (ESPÁRRAGOS).  |
| 2 PZAS.               | VARILLAS DE 5/8" (ESPÁRRAGOS).  |
| 12 PZAS.              | TUERCAS C/RONDANAS PLANAS DE 5/8".  |
| 35 Kg.                | PLACAS DE 3/16" Y 1/4" DE ESPESOR.  |
| 12 PZAS.              | ABRAZADERAS TIPO "U".   |
| 8 PZAS.               | TAQUETES DE EXPANSIÓN PARA TORNILLOS DE 1/2".   |
| 30 PZAS.              | TORNILLOS STD. DE 9.5 X 64 mm.  |
| 1 L.                  | BARNIZ POLIFORM.  |
| 1 L.                  | THINNER POLIFORM.   |
| 1 L.                  | PINTURA COLOR ALUMINIO.   |
| 1 L.                  | THINNER STD.  |
| 1 m.                  | COLD ROLL (FACILITADO POR LIME II).   |
| 0.25 m <sup>2</sup> . | PLACA DE 19/32" DE ESPESOR (FACILITADA DE LIME II).                                     |
| 2.5 m.                | ÁNGULO DE 1 1/2".   |
| 3 m.                  | PTR CUADRADO DE 2" POR 9/64" DE ESPESOR (REGALADO POR UN VECINO).                       |
| 16 PZAS.              | TUERCAS C/RONDANAS DE PRESIÓN Y PLANAS DE 5/8" (FACILITADAS DE LIME I).                 |

| <b>CANTIDAD.</b> | <b>DESCRIPCIÓN.</b>                       |
|------------------|---|
| 15 Kg.           | SOLERA DE 3" DE ANCHO Y 3/32" DE ESPESOR. |
| 500 PZAS.        | RENACHES No. 44.                          |

4.4.15. TABLA No. 15.

#### 4.5.- CONSTRUCCIÓN DE LA BASE FIJA DE LA ANTENA PARABÓLICA.

Materiales utilizados en la base.

- 2 mt. Tubo fierro de 11.5 cm de diámetro, 0.5 cm de espesor.
- 1 pza. Placa fierro de 50 x 50 x 0.5 cm.
- 4 pza. Triángulos placa fierro de 25 x 25 x 0.65 cm.
- 0.25 Kg. Electrodo 6013 de 1/8".
- 0.25 Kg. Electrodo 6013 de 3/32".
- 0.25 Kg. Electrodo de Biselar, Biseloy 1/8".

Equipos y herramientas utilizados.

- 1 pza. Arco con segueta.
- 1 Eq. Oxiacetileno completo.
- 1 Eq. Planta de soldar con accesorios.
- 1 pza. Tornillo de banco.
- 1 pza. Escuadra a 90 grados de herrero.
- 1 Eq. Taladro de banco.
- 1 jgo. Brocas para metal.
- 2 pza. Pinzas de presión.
- 1 pza. Flexómetro.
- 4 pza. Marcadores.
- 1 pza. Vernier.

El procedimiento en la construcción de la base se llevo de acuerdo a las siguientes etapas:

a) De un tubo de medida comercial se selecciono y midió la longitud a utilizar.

b) Elaborando el corte en uno de los extremos de forma manual con arco y segueta.

c) El terminado de la cara en proceso de corte se llevo a cabo con esmerilador y disco abrasivo para metal, retirando con esto las posibles imperfecciones del corte.

El trabajo realizado se muestra en la fotografía mostrada a la derecha.



CORTE TUBO DE LA BASE FIJA. (4.5.1.)

Los refuerzos se fabricaron de la manera siguiente:

a) De una placa de fierro se trazaron triángulos rectángulos con un total de cuatro piezas.

b) El corte de las placas triangulares se llevó a cabo con equipo de corte mecánico (sierra cinta).

Quedando las piezas como se indica en la fotografía superior de la decha.

La placa base se fabrico de la manera siguiente:

a) De una placa de fierro se trazo un cuadrado con dimensiones de 50x50x0.5 cm, siendo solo una pieza.

b) El corte de la placa cuadrada se llevó a cabo con equipo de corte oxiaetileno.

c) El acabado en las aristas se dio mediante esmerilador con disco abrasivo para metal.

d) Trazado y marcado de ocho barrenos para el anclaje, se perforaron con taladro de banco y juego de brocas en medidas de 1/4" como guía, luego de 3/8", posteriormente de 1/2" y finalizando con 5/8".

e) El terminado de los barrenos fue hecho con lima redonda.

f) Fijando el tubo perpendicularmente a esta placa por medio de soldadura eléctrica.

g) Aplicando dos tipos de cordones, uno de fondeo y otro de acabado, en todo el perímetro del tubular que quedo en contacto con la placa.

Quedando las piezas como se indica en la fotografía inferior de la derecha.



REFUERZOS DE LA BASE FIJA. (4.5.2.)



CONJUNTO DE PLACA BASE Y TUBO (4.5.3.)

Las placas triangulares de refuerzo se colocaron al conjunto de placa y tubo de la forma siguiente:

a) Trazado de líneas diagonales en el cuadrado de placa base.

b) Fijando los catetos de los triángulos perpendicularmente a la placa y al tubo sobre las diagonales principales trazadas, por medio de soldadura eléctrica.

c) Aplicando dos tipos de cordones, uno de fondeo y otro de acabado, en toda la superficie de contacto de los triángulos con el tubo y la placa.



REFUERZOS DE LA BASE FIJA. (4.5.4.)

Quedando el conjunto de piezas como se indica en la fotografía del lado derecho superior.

Quedando la pieza totalmente ensamblada en las partes que la componen se realizó el trabajo final de apariencia o acabado considerando los puntos siguientes:

a) Retiro de escoria y óxido, mediante esmerilador eléctrico y taladro manual con carda.

b) Aplicación de pintura a tres manos en color aluminio metálico.

c) Aplicación de resina transparente del tipo brillante marca Polyform, para protección de pintura.

En la pieza mostrada en la fotografía del lado derecho inferior.



B A S E  
TERMINADA.  
(4.5.5.)

#### 4.6 .- CONSTRUCCIÓN DEL AJUSTE DE AZIMUT Y MECANISMO DE ELEVACIÓN DE LA ANTENA PARABÓLICA.

##### Materiales utilizados en LOS MECANISMOS.

- 0.51 mt. Tubo fierro de 11.5 cm de diámetro, 0.7 cm de espesor.
- 1 pza. Placa fierro de 50 x 50 x 0.5 cm. de espesor.
- 1.8 mt. Fierro ángulo 1 1/2" y 0.7 cm. de espesor.
- 2.25 Kg. Electrodo 6013 de 1/8".
- 1.25 Kg. Electrodo 6013 de 3/32".
- 1 Kg. Electrodo de Biselar, Biseloy o Cutweld 1/8".
- 8 pza. Tornillo cabeza hexagonal de 3/8" X 3" de largo.
- 8 pza. Tuercas de 3/8" c/rondanas planas.
- 1 pza. Placa fierro de 50 X 50 cm. y espesor de 19/32".
- 1 mt. Cold roll de 1 1/16".
- 2 pza. Espárrago roscado de 5/8".
- 21 cm. Solera de fierro de 4" y espesor de 3/32".
- 60 cm. Estructura PTR de 3" X 4" y espesor de 3/64".
- 12 pza. Tuercas c/rondanas de presión y planas de 5/8" de diámetro.
- 2.85 mt. Estructura PTR cuadrado de 2" y 9/64" de espesor.
- 4 pza. Tornillos de 7/16" X 3 1/4" de largo.
- 2 pza. Chumacera de 1" de diámetro.

##### Equipos y herramientas utilizados.

- 1 pza. Arco con segueta.
- 1 Eq. Oxiacetileno completo.
- 1 Eq. Planta de soldar con accesorios.
- 1 pza. Tornillo de banco.
- 1 pza. Escuadra a 90 grados de herrero.
- 1 Eq. Taladro de banco.
- 1 jgo. Brocas para metal.
- 2 pza. Pinzas de presión.
- 1 pza. Flexómetro.
- 4 pza. Marcadores.
- 1 pza. Vernier.
- 1 Eq. Fresadora mecánica.
- 1 Eq. Torno revolver.
- 1 pza. Martillo de bola.
- 1 pza. Cíncel.

El procedimiento en la construcción del mecanismo completo para ajuste de azimut y elevación se realizó de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) De un tubo de medida comercial de 11.5 Cm. de diámetro y 0.7 Cm. de espesor se midió la longitud de 51 Cm.
- b) Elaborando el corte en uno de los extremos con el equipo de oxiacetileno.
- c) El tubo se corto en su longitud total, con el fin de separarlo diametralmente formando dos mitades del mismo utilizando para este fin el equipo de oxiacetileno.
- d) El terminado de la cara en proceso de corte se llevo a cabo

con cincel y martillo, retirando con esto la escoria del corte.

El trabajo de corte realizado se ilustra en la fotografía siguiente:



#### 4.6.1. CORTE DE LA ABRAZADERA DE AJUSTE.

El mecanismo de ajuste para la abrazadera se realizo mediante:

a) El corte de cuatro tramos de 44.5 Cm. de fierro ángulo de 1 1/2" y 0.7 Cm. de espesor con herramienta manual.

b) Se ejecutaron cuatro barrenos de 3/8" por pieza, para lograr el cierre de la abrazadera ya formada.

Como se indica en la fotografía de la derecha.



ABRAZADERA TERMINADA.  
(4.6.3.)

Una vez hechas las partes formadas por ángulo y terminadas, se fijaron a cada una de las secciones del tubo de la forma descrita a continuación:

a) Aplicando dos tipos de cordones, uno de fundeo y otro de acabado, en toda la superficie de contacto longitudinal del tubo y el ángulo.

Quedando las piezas como se indica en la fotografía del lado izquierdo.



#### 4.6.2. ÁNGULO CON PERFORACIONES.

La placa que soporta el mecanismo de elevación se elaboro de la siguiente manera:

a) De una placa de fierro se trazó un rectángulo de 42.5 Cm. de largo por 16.5 Cm. de ancho y 1.5 Cm. de espesor.

b) El corte de la placa rectangular se llevó a cabo con equipo de corte oxiacetileno.

c) En la placa rectangular se trazó una corredera de 1.8 Cm. de ancho por 10.8 Cm. de largo donde se deslizará el espárrago de ajuste de elevación del balancín que soporta el cuadro base del paraboloide de revolución.

d) El maquilado de la ranura se llevo acabo mediante fresadora, quedando de 18 mm diámetro y 10.8 cm de largo.

e) Las imperfecciones de los cortes se retiraron con lima plana y esmeril eléctrico con disco abrasivo de metal.

Quedando las piezas como se indica en la fotografia del lado derecho.



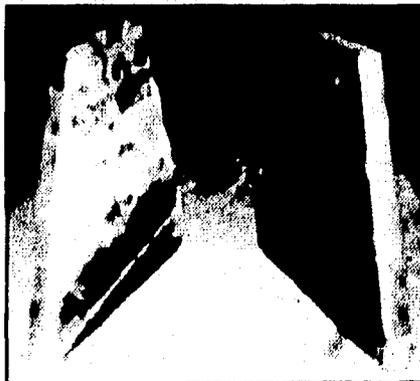
BASE MECANISMO DE ELEVACIÓN. (4.6.4.)

Las placas del eje del balancín se hicieron de la manera siguiente:

a) De una placa de fierro se trazaron dos figuras trapesoidales con dimensiones de 8 Cm. de base menor, 16.5 Cm de base mayor y 15.15 Cm. de distancia entre bases, con espesor de 1.5 Cm. siendo solo dos piezas.

b) El corte de la placa trapesoidal se llevó a cabo con equipo de corte oxiacetileno.

c) El acabado en las aristas se dio mediante esmerilador con disco abrasivo para metal.



PLACAS SOPORTE EJE BALANCÍN. (4.6.5.)

d) Marcado de dos barrenos para el alojamiento del eje perforándolos con taladro de banco y juego de brocas en medidas de 1/4" como guía, luego de 3/8", posteriormente de 1/2", siguiendo con 3/4" y por ultimo de 1". Como lo indica la figura inferior derecha.

La flecha se trabajo de la siguiente manera:

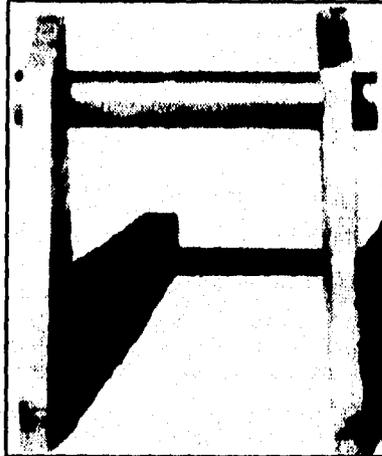
a) De un cold roll con diámetro de  $1 \frac{1}{16}$ " se corto a 1 m. de longitud.

b) Se desbastó en torno revolver hasta llegar a 1" de diámetro.

c) El terminado de la flecha también se llevo a cabo en torno, utilizando lija fina para dar apariencia de pulido.

d) La parte que no fue maquinada se retiro mediante arco y segueta.

Quedando como lo ilustra la fotografia del lado derecho.



CONJUNTO PLACAS Y EJE DEL BALANCÍN. (4.6.6.)

El cuerpo principal del balancín consistió en varias partes de las cuales su fabricación se indica a continuación:

a) Trazado y corte de tubular PTR con dimensiones de 3" X 4" y espesor de  $\frac{3}{64}$ ", elaborando el corte de 59 Cm. de longitud de éste, con arco y segueta.

b) Trazado y corte de refuerzos elaborados con solera de fierro de 4" de ancho y  $\frac{3}{32}$ " de espesor, a una longitud de 7.5 Cm. con arco y segueta.

c) Trazado y corte de tapas laterales con dimensiones de 9.6 Cm de largo por 6.9 Cm. de ancho y espesor de 1.5 Cm. para alojamiento de flechas.

d) Cortando con equipo de oxiacetileno, desbastado con fresadora y terminado con esmerilador eléctrico y disco abrasivo para metal en las placas laterales, incluyendo barrenos de 1" de diámetro, situados a una distancia del lado superior de la tapa a 3.7 cm y centrado el lado más angosto a 3.5 Cm. del rectángulo, con el taladro de banco y juego de brocas para escalamiento en el metal hasta llegar a 1".

e,f) Aprovechando el cold rold 1" de diámetro trabajado con

anterioridad, se elaboraron las flechas de los extremos del balancín cortando mediante arco y segueta dos tramos, siendo cada uno de estos de 8.2 Cm. de largo.

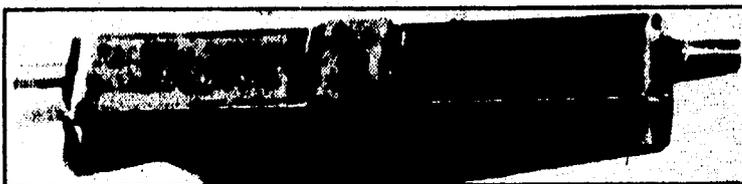
g) La placa de refuerzo se colocó al centro de la longitud del tubular PTR, mediante soldadura eléctrica en todo el perímetro de las aristas en contacto con el tubular, aplicando cordones de soldadura de fondeo y vista.

h) Las perforaciones en el conjunto del tubular y las placas de refuerzo del balancín se hicieron mediante taladro de banco con escalamiento de brocas hasta llegar a 1" de diámetro a 29.5 Cm. de uno de los extremos del PTR y por el lado de 4".

i) A las placas de los extremos se soldaron las flechas de 1" de diámetro por 8.2 Cm. de largo, tanto en el perímetro del interior de la placa como en el exterior de la misma.

j) Este conjunto de tapa y flecha se alojaron en la parte interna de sus extremos, quedando la cara de la placa 3 mm fuera del raz del tubular, fijándola con soldadura eléctrica en todo el perímetro de las aristas en contacto con las placas, aplicando cordones de soldadura de fondeo y vista.

El conjunto completo del balancín sin su eje de apoyo se muestra en la siguiente fotografía:



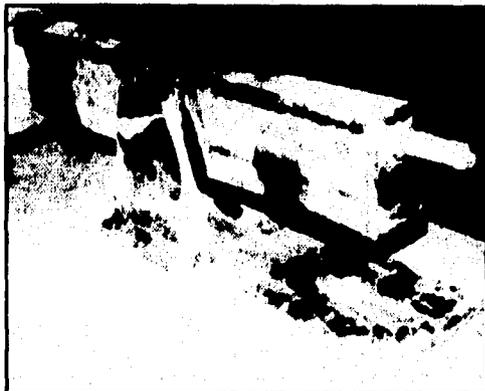
CONJUNTO DEL BALANCÍN COMPLETO. (4.6.7.)

Las placas trapezoidales que soportan al eje del balancín fueron fijadas a la base del mecanismo de elevación de la siguiente manera:

a) Punteado de pieza mediante soldadura eléctrica, verificando la perpendicularidad entre la placa base y el trapecio con ayuda de escuadra universal.

b) Aplicación de soldadura eléctrica a placas trapezoidales con la placa base, considerando cordones de fondo y vista.

Quedando la pieza como se indica en la fotografía del lado superior derecho.



BALANCÍN ARMADO EN SU EJE. (4.6.8.)

La pieza de ajuste de elevación se elaboró de la siguiente manera:

a) Haciendo uso de un espárrago roscado de 5/8" de diámetro y cortado a la longitud de 35 cm.

b) Corte de fierro ángulo de 4 cm de longitud por 0.7 cm de espesor por 4.2 cm de ancho para fabricación de las bisagras que se fijaron en el balancín de elevación.

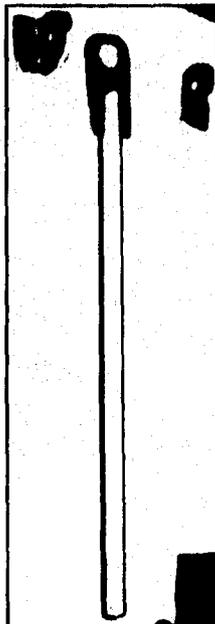
c) De un tramo de solera de 7.7 cm de largo por 3.6 cm de ancho cortado mediante un arco y segueta, para tener mayor superficie de contacto con el espárrago, llamada extensión.

d) En un extremo del espárrago se hizo una ranura para que ensamblara con el extremo de la solera antes mencionada.

e) La pieza del inciso "c" fue unida a un extremo del espárrago del inciso "d", mediante soldadura eléctrica.

f) Se barrenaron las piezas que constituyen la bisagra del ajuste de elevación a 5/8" de diámetro.

lo anterior se ilustra en la fotografía inferior de la derecha.



PIEZA DE AJUSTE DE ELEVACIÓN. (4.6.9.)

El ensamble de las piezas fabricadas llevo el siguiente procedimiento:

a) El cuerpo formado por las placas trapezoidales, el balancín, la flecha y la base del balancín además del mecanismo de elevación se llevo a cabo mediante la colocación de un tornillo alta resistencia utilizado como perno sujetador de las bisagras y el mecanismo de elevación.

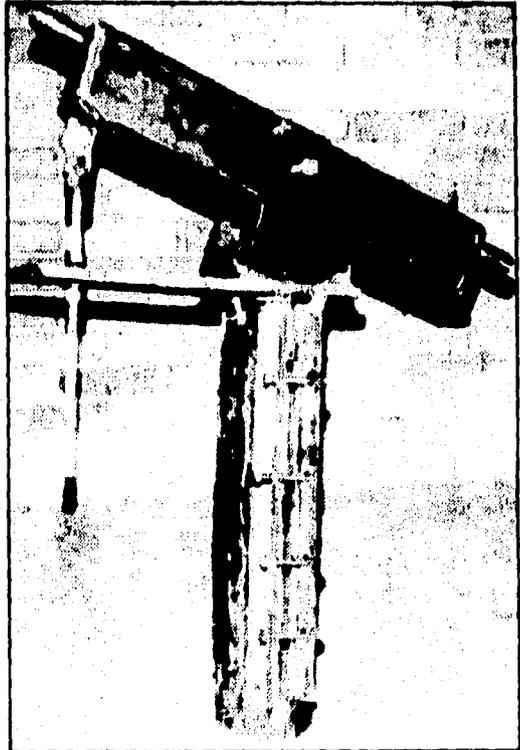


MECANISMO COMPLETO DE ELEVACIÓN Y BALANCÍN. (4.6.10.)

Como lo indica la figura superior derecha.

La abrazadera se fijo al mecanismo de elevación utilizando soldadura eléctrica en las aristas de contacto de ambos elementos.

Quedando el conjunto como se ilustra en la fotografía inferior derecha.



Una vez terminado el mecanismo de elevación lo colocamos en la base fija y probamos si este gira, ya que el paraboloides debe ser orientado al instalarlo hacia el sur debido a que el cinturón de clerk o franja geocestionaria está en el Ecuador y este se encuentra al sur de la República Mexicana.

El mecanismo instalado lo muestra la fotografía de la siguiente página.

MECANISMO DE ELEVACIÓN COMPLETO. (4.6.11.)

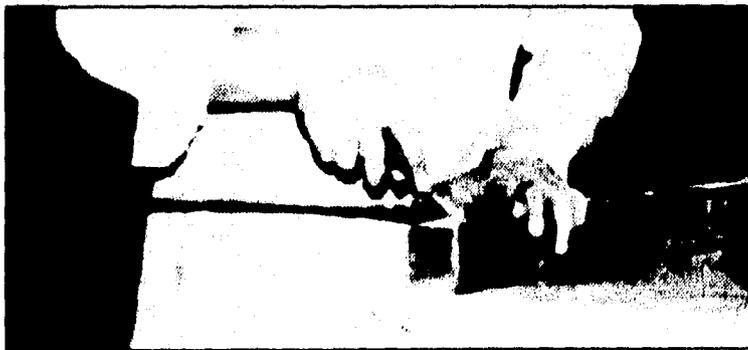
La pieza que soporta la estructura completa del paraboloide de revolución, se construyo con el siguiente procedimiento y especificaciones, las cuales se dan a continuación.

a) Las dimensiones del cuadro que soporta la antena parabólica fueron tomadas en base a las dimensiones reales que tiene la pieza denominada balancín ya que si el cuadro queda justo en los puntos de giro del balancín, esto ocasionaría que al momento de ajustar el azimut se tuvieran problemas de contacto y por lo tanto de movimiento libre en la parte rotacional trayendo como consecuencia el mal funcionamiento del mecanismo.

b) Seleccionado el tubular cuadrado, se midieron y marcaron cuatro tramos de 5.1 cm en caras y una longitud de 69.7 cm.

c) Para lograr el ensamble de dos tramos y que el ángulo resultante estuviera en el margen de los  $90^\circ$ , a cada tramo también se le midió y marco un ángulo de  $45^\circ$ , en sus extremos.

Como lo indica la fotografía inferior.



TRAZOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CUADRO QUE SOPORTA LA ANTENA.  
(4.6.13.)



MECANISMO DE ELEVACIÓN  
INSTALADO EN LA BASE FIJA.  
(4.6.12.)

d) Los cortes se realizaron mediante arco y segueta, utilizando para fijar el tubular a la mesa de trabajo una prensa.

Dichos cortes se muestran en la fotografía del lado derecho.



**CORTE DEL CUADRO DE SOPORTE DE LA ANTENA PARABÓLICA. (4.6.14.)**

e) Elaborados los cortes a los cuatro segmentos de 69.7 Cm. de longitud que integran el cuadro, los presentamos para ver si estaban bien hechos, utilizando una escuadra de herrero y verificando que las diagonales tuvieran la misma longitud, y si no, ajustarlos mediante lima plana y esmerilador con disco abrasivo para metal, retirando las imperfecciones del corte.

Como se indica en la fotografía inferior derecha.



**VERIFICANDO EL CORTE DE LOS SEGMENTOS DEL CUADRO DE SOPORTE. (4.6.15.)**

f) Una vez verificada la perpendicularidad de los lados, punteamos los segmentos a unir con el equipo de soldadura eléctrica.

g) Nuevamente verificamos la perpendicularidad de los lados del cuadrado.

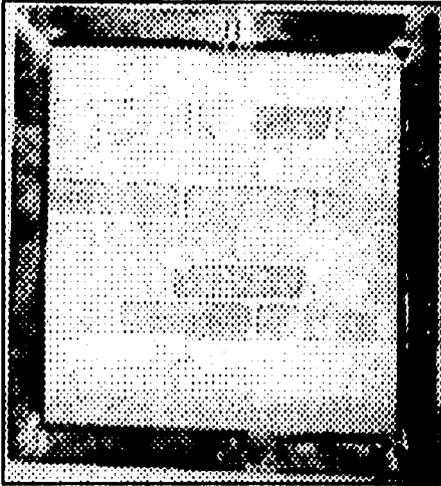
h) Se aplicaron cordones de fondeo y cordones de vista con soldadura eléctrica.

i) Se retiró la escoria formada, con un cincel después de aplicar soldadura eléctrica.

La forma como retiramos la escoria lo muestra la fotografía de la siguiente página a la derecha.

j) Retiramos la imperfecciones de la soldadura con ayuda de un esmerilador con disco abrasivo para metal.

Quedando la pieza que soporta la antena parabólica como lo muestra la fotografía inferior izquierda.

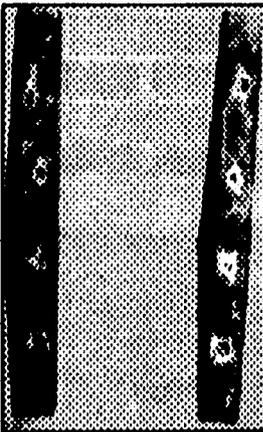


CUADRO BASE DE ANTENA. (4.6.17.)



RETIRO DE ESCORIA.  
(4.6.16.)

k) Hicimos cuatro barrenos de 1.9 cm. en dos lados opuestos del soporte de la antena con el fin de darle el ajuste de declinación, para que cuando se lleve a cabo el ajuste de azimut la antena siga la trayectoria curva de la franja geoestacionaria de la tierra, estos barrenos se encuentran a 18.3 cm. de los extremos del cuadro que soporta a la antena.

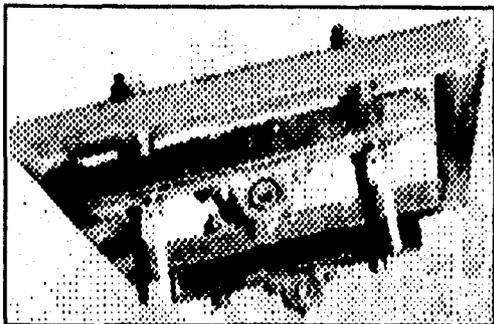


TUBULAR PARA AJUSTE  
DE DECLINACIÓN.  
(4.6.18.)

l) Cortamos de un espárrago de 5/8" de diámetro dos tramos de 18 Cm. de longitud y otros dos de 32 Cm. de longitud, los cuales nos sirven para llevar a cabo el ajuste de declinación.

m) Cortamos dos tramos con longitud de 50 Cm. de tubular cuadrado de 2" y espesor de 9/64", le hicimos cuatro barrenos a cada uno, dos de 5/8" de diámetro y dos de 1/2", a una separación de los extremos de 9 cm. los dos barrenos de 5/8" próximos a los extremos y a 19.3 cm. del extremo los dos barrenos centrales, dos de los barrenos fueron para el ajuste de declinación y los otros dos para fijar las chumaceras que facilitan el ajuste de azimut.

Como lo muestra la ilustración de la parte inferior izquierda de esta página.



n) Armanos el soporte de la antena con el ajuste de declinación y chumaceras, como lo muestra la ilustración de la izquierda.

**SOPORTE DE LA ANTENA PARABÓLICA ARMADA  
CON AJUSTE DE DECLINACIÓN Y CHUMACERAS  
PARA AJUSTE DE AZIMUT. (4.6.19.)**

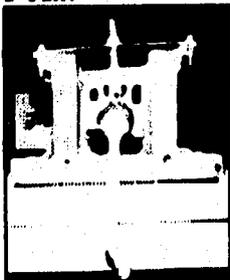
#### 4.7 .- CONSTRUCCIÓN DE LOS PÉTALOS DEL PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓN.

##### Materiales utilizados:

|           |  |
|-----------|--|
| 28 Pzas.  | Tramos de tubular de 3/4", cada uno de 8.2 m. de longitud. |
| 0.5 Kg.   | Electrodos 6013 de 1/8".                                   |
| 1.25 Kg.  | Electrodos 6013 de 3/32".                                  |
| 500 Pzas. | Remaches No. 44.   |
| 0.5 Kg.   | Alambre recocido.  |

##### Herramientas y equipo utilizados:

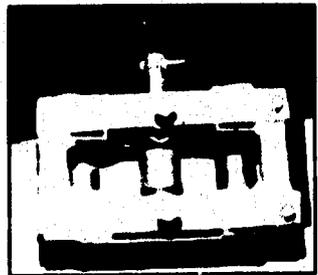
|         |   |
|---------|---|
| 1 pza.  | Roladora mecánica manual.                         |
| 1 pza.  | Arco de segueta con segueta.                      |
| 1 pza.  | Llave de estrias de 1/2" y 9/16".                 |
| 1 pza.  | Llave de estrias de 5/8" y 9/16".                 |
| 1 pza.  | Lima plana.                                       |
| 1 pza.  | Martillo de bola.                                 |
| 1 pza.  | Cinzel.   |
| 1 aqp.  | Planta de soldar con accesorios.                  |
| 1 pza.  | Tornillo de banco.                                |
| 1 pza.  | Pinzas de presión.                                |
| 1 pza.  | Flexómetro.                                       |
| 1 jgo.  | Marcadores.                                       |
| 1 jgo.  | Escuadras.  |
| 1 pza.  | Taladro manual.                                   |
| 1 jgo.  | Brocas.   |
| 1 pza.  | Remachadora.                                      |
| 1 pza.  | Esmerilador manual con disco abrasivo para metal. |
| 1 pza.  | Tijeras para lámina.                              |
| 1 pza.  | Pinzas de chofer.                                 |
| 1 pza.  | Pinzas de electricista.                           |
| 3 pzas. | Desarmador plano.                                 |
| 3 pzas. | Desarmador phillips.                              |
| 2 PZA.  | Mesa de trabajo.                                  |



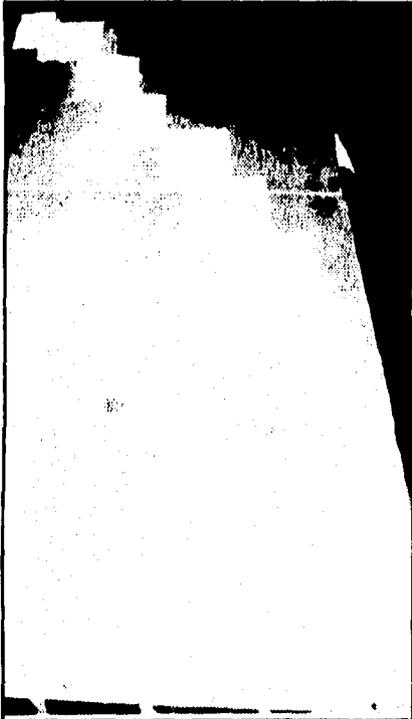
VISTA LATERAL DE LA ROLADORA. (4.7.1.)

La construcción del reflector parabolóide se realiza de la siguiente manera:

a) Anclamos la roladora de tubular cuadrado a una mesa de trabajo, como lo muestran las dos fotografías de los costados.



VISTA SUPERIOR DE LA ROLADORA. (4.7.2.)



PLANO DE LA CURVA DEL PARABOLOIDE. (4.7.3.)

b) Con ayuda de una computadora metimos un programa para que se realizara el plano de la generatriz de la antena parabólica y fijamos el plano del paraboloides a dos mesas de trabajo colocando hilos para asegurarnos de que estuvieran bien alineadas las hojas del plano.

Esto se muestra en la ilustración superior izquierda y el plano es similar al del anexo 2.

c) Medimos y marcamos en los tubulares de  $3/4$ " la longitud de 2.76 m.

Como lo muestra la fotografía de este costado a continuación:



MARCANDO LOS TUBULARES. (4.7.4.)

d) Cortamos 16 tubulares de 2.76 m. que son los que requerimos para la construcción del cuerpo principal del paraboloides mediante arco y segueta, como lo muestra la fotografía inferior.



CORTE DEL TUBULAR DE  $3/4$ ". (4.7.5.)

e) Ocupando la roladora doblamos los tubulares cuadrados de  $3/4$ " poco a poco, como se ilustra en la fotografía superior derecha de la página siguiente.

f) Conforme íbamos doblando el primer tubular cuadrado, lo comparábamos con el plano ubicado en las

mesas de trabajo, como lo muestra la fotografía inferior izquierda.



COMPARANDO LA CURVA CON EL PLANO. (4.7.7.)

g) La comparación de la primera generatriz con el plano de las mesas de trabajo se realizó en repetidas ocasiones, hasta lograr que coincidieran totalmente.



ROLANDO UN TUBULAR CUADRADO DE 3/4". (4.7.6.)

Esto lo muestra la ilustración inferior derecha siguiente:



GENERATRIZ TERMINADA. (4.7.8.)

h) Teniendo la primera generatriz, la ocupamos para ir comparando las siguientes 15.

i) Cortamos 16 tramos de tubular cuadrado de 3/4" a una longitud de 2.46 m. con el fin de reforzar a las 16 generatrices hechas en el inciso (h), dimos dobleces con la ayuda de un tubo, una doblez a 98 Cm. de uno de sus extremos y la otra doblez a 61 Cm. del otro extremo, de tal forma que, el doblez que coincide con la parte más profunda del paraboloides es tangente a este, para que después acople sin dificultad el soporte de la antena con la antena. El procedimiento que se siguió para la fabricación de los



SOLDANDO LOS REFUERZOS A LAS GENERATRICES. (4.7.9.)

refuerzos fue similar al de las generatrices.

j) Cortamos tubular cuadrado de  $3/4"$  a una longitud de 7.8 cm. para que quedaran las generatrices reforzadas con los tramos que se doblaron en el inciso (i).

k) Habiendo preparado las generatrices y refuerzos procedimos a unir estos mediante soldadura eléctrica, como lo muestra la figura superior izquierda de esta página.

l) Trazamos un círculo de 5 m. de diámetro en el piso, para hacer esto utilizamos desarmador, hilo y marcador, el procedimiento que se siguió fue fijando el desarmador en el piso, cortamos un hilo

haciéndole gasas en los extremos del mismo, de tal forma que se tuviera una longitud de 2.5 m. entre los extremos. Uno de los extremos del hilo se colocó en el desarmador siendo este el punto fijo y el otro extremo al marcador, manteniendo tenso el hilo comenzamos a marcar el círculo en el piso, como lo muestra la ilustración de la izquierda a continuación.

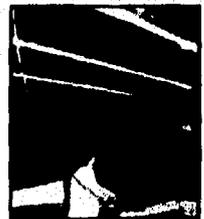


TRAZANDO EL CÍRCULO EN EL PISO. (4.7.10.)

m) Utilizando dos tramos de tubular de  $3/4"$  y 8.2 m. de longitud, formamos el círculo con una longitud de 15.71 m. con la ayuda de la roladora, como lo muestra la fotografía del lado inferior derecho.

n) Comparamos los tramos de tubular de  $3/4"$  hechos curva con el trazo de círculo de 5 m. de diámetro hecho en el piso, esto lo muestra la fotografía siguiente de la izquierda.

ñ) Siendo cada tramo de tubular de 8.2 m. de longitud aproximadamente, tuvimos que cortarlos para ajustarlos al perímetro de 15.71 m. y unirlos mediante soldadura eléctrica.



ROLANDO LA CURVA DE NIVEL DE 5 m. DE DIÁMETRO. (4.7.11.)



COMPARANDO EL TUBULAR  
CON EL TRAZO HECHO EN EL  
PISO. (4.7.12.)

p) Presentamos las generatrices que en este caso le llamamos "costillas reforzadas", en el círculo hecho con el tubular de 3/4", para ver si se tenemos que hacer algún ajuste, como lo muestra la fotografía de este costado izquierdo inferior.

q) Al presentar las costillas reforzadas vimos que tenemos que ajustarlas del extremo que estaba en contacto con la curva de nivel mayor, en este caso es el círculo de 5 m. de diámetro, tuvimos que hacer cortes mediante arco y segata a un ángulo de treinta grados aproximadamente para que las costillas quedaran en el perímetro interior del círculo de 5 m. de diámetro.



PRESENTANDO LAS COSTILLAS  
DEL PARABOLOIDE. (4.7.15.)

r) Armanos las costillas con dos soleras de 1 1/2" por 1/4" y longitud de 1.2 m., formando una cruz de ocho costillas reforzadas, cada solera tenía dos costillas reforzadas en cada extremo, para realizar esto usamos veinticuatro abrazaderas cuadradas de 1 1/2" por 2 1/2" con roscado de 3/8" de diámetro y 12 placas hechas exprofeso para estas abrazaderas, cada placa es para dos abrazaderas, cada placa es de 2" por 2 1/2" con espesor de 1/4". Las ocho costillas terminándose de armar con la cruceta de soleras se muestra en la fotografía superior izquierda de la siguiente página.

Como lo muestra la fotografía de la derecha.



SOLDANDO LA CURVA DE NIVEL  
MAYOR. (4.7.13.)

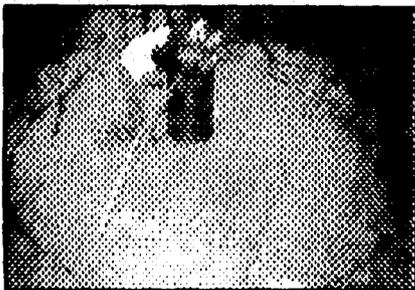
o) Trazamos diámetros perpendiculares entre si en el círculo dibujado en el piso, como lo muestra la segunda fotografía del costado derecho.



TRAZANDO DIÁMETROS  
PERPENDICULARES. (4.7.14.)

r) Armanos las costillas con dos soleras de 1 1/2" por 1/4" y longitud de 1.2 m., formando una cruz de ocho costillas reforzadas, cada solera tenía dos costillas reforzadas en cada extremo, para realizar esto usamos veinticuatro abrazaderas cuadradas de 1 1/2" por 2 1/2" con roscado de 3/8" de diámetro y 12 placas hechas exprofeso para estas

abrazaderas, cada placa es para dos abrazaderas, cada placa es de 2" por 2 1/2" con espesor de 1/4". Las ocho costillas terminándose de armar con la cruceta de soleras se muestra en la fotografía superior izquierda de la siguiente página.



ARMANDO LA CRUCETA DEL PARABOLOIDE. (4.7.16.)

s) Estas costillas armadas fueron unidas con el equipo de soldar en el punto de cruce y en el círculo de 5 m. de diámetro.

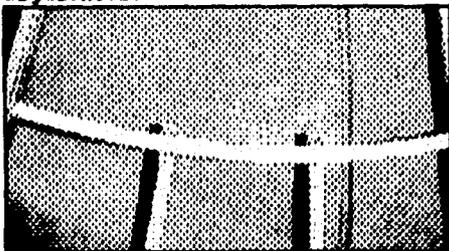
t) Presentamos las ocho costillas reforzadas restantes, para que quedaran a cada treinta grados entre ellas, observamos que había que ajustarlas en ambos extremos, hicimos cortes con arco y segueta, en lo que corresponde al centro del paraboloide de  $1 \frac{1}{16}$ " de longitud y en el otro extremo cortes a treinta grados para que

coincidieran las costillas con el diámetro interior del círculo de 2.5 m. de radio.

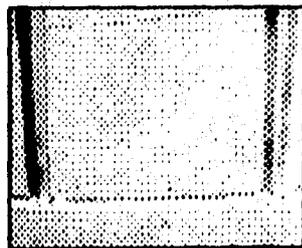
u) Unimos las costillas reforzadas mediante soldadura eléctrica tanto en el círculo como en el centro del paraboloide.

v) Con ayuda de la roladora formamos otro círculo de tubular cuadrado de  $\frac{3}{4}$ " con un radio de 67 Cm. éste se utilizó para darle más rigidez al plato y además para soportar otras curvas, éstas últimas también fueron hechas con la roladora y apoyándonos en una costilla reforzada como patrón para que estos refuerzos tuvieran la misma curvatura de las orilla de la costilla, estos refuerzos fueron puestos para mantener una superficie más uniforme de malla de aluminio.

Esto que se menciona se muestra en las dos fotografías siguientes.



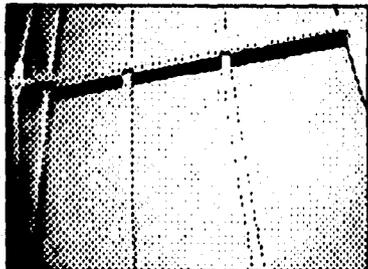
SOLDADURA PARTE INFERIOR DE LOS REFUERZOS DE LA MALLA. (4.7.17.)



SOLDADURA EN REFUERZOS PARTE SUPERIOR DE LA MALLA. (4.7.18.)

v) Mediante arco y segueta cortamos 12 tramos de tubular cuadrado de  $\frac{3}{4}$ " a una longitud promedio de 75 Cm. de largo para reforzar a las costillas y evitar que se vayan de lado ya instaladas en el paraboloide.

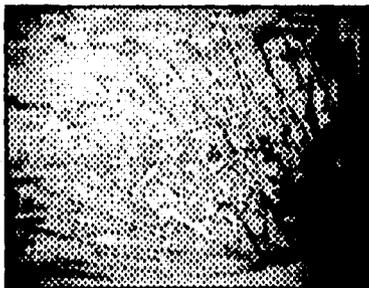
x) Una vez colocadas las costillas reforzadas, los refuerzos de malla y los refuerzos de las costillas reforzadas. Seccionamos en cuatro partes al plato reflector desmontando la cruceta que sirvió para sujetar a las primeras ocho costillas reforzadas, estas fueron unidas en pares para que en éstas partes se seccionara el plato, para después poder unir éstas partes mediante tornillos.



REFUERZOS DE LAS COSTILLAS REFORZADAS. (4.7.19.)

La segunda fotografía del costado derecho muestra las cuatro secciones que forman la estructura del plato reflector.

La fotografía del lado izquierdo muestra una sola sección de la estructura del plato reflector.



PLATO REFLECTOR SECCIONADO EN CUATRO PARTES. (4.7.20.)



UNA SECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PLATO REFLECTOR. (4.7.21.)

y) Usando un taladro, una remachadora manual, broca de 3/32", remaches de 3/32" y fleje de aluminio de 3/4" de ancho y 1/32" de espesor fijamos la malla, como lo muestran las dos fotografías siguientes.

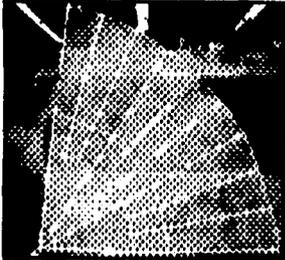


PERFORANDO PARA FIJAR LA MALLA. (4.7.22.)

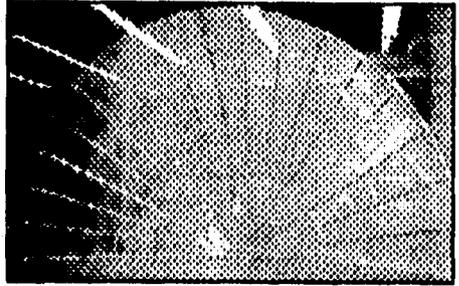
z) Recortamos el exceso de malla y fleje que tenían de más las cuatro secciones del plato, quedando estas como lo muestran las fotografías de la siguiente página.



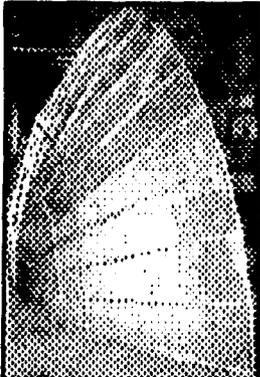
REMACHANDO EL FLEJE PARA FIJAR LA MALLA. (4.7.23.)



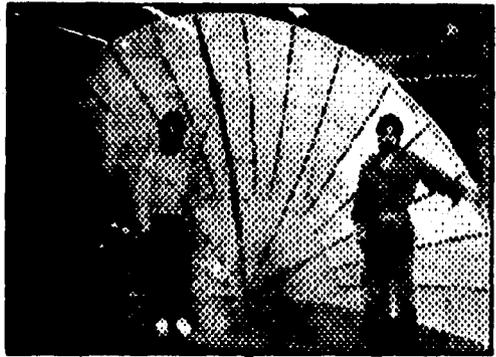
**COMPARANDO UNA SECCION  
DEL PLATO CON UNA  
PERSONA DE TAMAÑO STD.  
(4.7.24.)**



**VISTA FRONTAL DE DOS SECCIONES DEL  
PLATO PARABÓLICO. (4.7.25.)**



**VISTA LATERAL DE DOS  
PETALOS. (4.7.26.)**



**COMPARANDO EL TAMAÑO DE LA MITAD DEL  
PARABOLOIDE CON TRES PERSONAS DE  
DIFERENTES TALLAS. (4.7.27.)**

**4.8 .- CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA EL AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO.**

A continuación se describe una tabla de las herramientas que son necesarias para la construcción de la base del amplificador de bajo nivel de ruido:

**TABLA DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.**

| <b>CANTIDAD</b> | <b>UNIDAD</b> | <b>DESCRIPCIÓN .</b>                 |
|-----------------|---------------|--------------------------------------|
| 1               | PZA           | ARCO CON SEGUETA.                    |
| 1               | PZA           | PRENSA DE BANCO.                     |
| 1               | PZA           | FLEXÓMETRO.                          |
| 1               | PZA           | ESCUADRA UNIVERSAL.                  |
| 1               | PZA           | BROCA 11/64".                        |
| 1               | EQPO          | PLANTA DE SOLDAR DE ARCO ELÉCTRICO.  |
| 1               | PZA           | TALADRO DE BANCO.                    |
| 1               | EQPO          | MAQUINA FRESADORA.                   |
| 1               | PZA           | REMACHADORA.                         |
| 1               | PZA           | VERNIER.                             |
| 1               | PZA           | ESMERIL DE BANCO.                    |
| 1               | PZA           | NIVEL DE GOTA.                       |
| 1               | PZA           | PLANCHA DE NIVEL DE CARAS PARALELAS. |
| 1               | PZA           | PLOMADA.                             |
| 1               | PZA           | BROCHA DE 1"                         |

**4.8.16. TABLA No. 16.**

En el manejo de equipo de soldadura por arco eléctrico es necesario contar con las medidas de seguridad, las cuales prevengan en gran medida tener algún accidente por descarga eléctrica o quemaduras, dichos elementos de protección se listan en la tabla siguiente:

**TABLA DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DE PLANTAS ELÉCTRICAS PARA SOLDADURA POR ARCO.**

| <b>CANTIDAD</b> | <b>UNIDAD</b> | <b>DESCRIPCIÓN .</b>               |
|-----------------|---------------|------------------------------------|
| 1               | PZA           | CARETA DE SOLDAR CON SOMBRA No 14. |
| 1               | JGO           | GUANTES DE CARNAZA PUÑO LARGO.     |
| 1               | PZA           | PETO DE CARNAZA LARGO.             |
| 1               | PZA           | CHAPARRERA DE CARNAZA.             |

**4.8.17. TABLA No. 17.**

La tabla que se muestra a continuación contiene los materiales mínimos necesarios para la construcción de una base, utilizada en el amplificador de bajo nivel de ruido.

**TABLA DE MATERIALES.**

| CANTIDAD | UNIDAD          | DESCRIPCIÓN.                             |
|----------|-----------------|--|
| 6.435    | MT              | TUBULAR CUADRADO DE 3/4".                |
| 0.80     | MT              | TUBO DE FIERRO NEGRO C-80 DE 13/16".     |
| 0.30     | MT              | TUBO DE FIERRO GALVANIZADO C-40 DE 1".   |
| 0.70     | MT              | CUADRADO ESTRUCTURAL SOLIDO DE 3/4".     |
| 0.09     | MT <sup>2</sup> | Lámina FIERRO NEGRO DE 3/16" DE ESPESOR. |
| 2.50     | MT              | SOLERA ACERO INOXIDABLE DE 1" X 3/32".   |
| 3        | PZA             | TORNILLO CABEZA DE GOTA DE 1/8" X 1/2".  |
| 6        | PZA             | TUERCA CUADRADA DE 1/8".                 |
| 3        | PZA             | TORNILLO CABEZA DE GOTA DE 1/8" X 1/2".  |
| 0.30     | MT              | ÁNGULO DE 1/2" CARAS IGUALES X 5/32".    |
| 6        | PZA             | REMACHES POP DE 1/8".                    |
| 1/16     | LTO             | PINTURA ESMALTE COLOR ALUMINIO.          |
| 1/16     | LTO             | THINER STANDARD.                         |
| 0.125    | KG              | ESTOPA.                                  |
| 3        | PZA             | ELECTRODO 6013, 3/16".                   |
| 2        | PZA             | ELECTRODO 6013, 1/8".                    |

4.8.18. TABLA No. 18.

En la construcción de la base del amplificador de bajo nivel de ruido hubo la necesidad de modificar de acuerdo al diseño original sustituyendo el espárrago por dos tubos los cuales se describen en la tabla de materiales, que fueron proporcionados en el almacén de LIME I.

El proceso de construcción fue el siguiente:

a) Se ejecutó corte en tubo fierro negro de 13/16" con una longitud de 0.80 mt utilizando arco y segueta.

b) Se ejecutó corte en tubo fierro galvanizado de 1" con una longitud de 0.30 mt utilizando arco y segueta.

c) Midiendo y cortando tres tramos de estructural cuadrado sólido con longitud de 0.23 mt, estos se maquinaron de tal forma que el área transversal se pudiera introducir en el tubular cuadrado de 3/4", quedando uno de los extremos con cortes elaborados a 45°.

d) Se elaboraron seis barrenos al tubo de 0.30 mts, distanciados cada uno a  $120^\circ$  y separados entre ellos a 15 cm longitudinalmente sobre el tubo, para alojar y soldar las tuercas que fungirán junto con su respectivo tornillo como prisioneros.

e) En esta misma pieza se soldaron los segmentos de estructural cuadrado, quedando el corte de  $45^\circ$  en la superficie del tubo, a centro de la distancia total.

#### 4.8.1. MECANISMO DE AJUSTE DEL POLARROTOR.



f) Se elaboraron cortes en tubular cuadrado de  $3/4''$  con arco y segueta a una longitud total de 2.145 mt, siendo un total de tres piezas, en uno de sus extremos de cada tubular se elaboró un barreno de  $11/64''$ .

g) Utilizando el equipo de fresadora con aditamento rotatorio para lograr el giro de la lámina, se procedió a elaborar el corte quedando esta con un radio exterior de 8.9 cm. y un radio interior de 7.6 cm.. Ya estando la pieza completamente circular en forma de anillo, eliminamos un sector de 12 cm del perímetro, con el fin de lograr un acople de mayor facilidad para el polarrotor.

h) En pieza circular anterior se realizaron barrenos de  $11/64''$  a  $90^\circ$  y  $120^\circ$  grados siendo estos un total de siete orificios.

i) Cortes en solera de acero inoxidable elaborados con arco y segueta, a una longitud de 80 cm una pieza y la otra a 160 cm, estas soleras se doblaron a  $90^\circ$  quedando la primera con la parte larga a 70 cm y la corta a 10 cm, la segunda pieza quedo con sus extremos doblados a 70 cm y su centro de 20 cm.

j) Las soleras ya dobladas se unieron mediante soldadura eléctrica a la pieza circular quedando perpendiculares ambos tramos (el de 80 cm y el de 120 cm).

k) En la perpendicularidad de los dos tramos y al centro de la

unión se colocó y fijó el tubo de 0.80 mt., con diámetro de 13/16" mediante soldadura eléctrica, el cual servirá como guía de ajuste en la altura del polarrotor.



4.8.2. MECANISMO DE AJUSTE DEL POLARROTOR INSTALADO EN EL SOPORTE DEL POLARROTOR

1) Se cortaron tres ángulos de 10 cm cada uno mediante arco y segueta, elaborando tres barrenos en cada pieza, distribuidos uno al centro en una de sus caras y dos distribuidos uniformemente en su otra cara.



4.8.3. TRIPODO DE SOPORTE DEL MECANISMO DE AJUSTE DEL POLARROTOR.  
m) A todas las piezas se les aplicó una capa de pintura esmalte en color aluminio.

#### 4.9 .- ANCLAJE DE LA ANTENA PARABÓLICA.

Debido a que la antena parabólica se instaló en azotea del edificio donde se ubican los laboratorios del área Electrónica L-9 en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4, fué necesario cambiar la base de fijación para todo el equipo, quedando a cargo del Arq. José Luis Ríos y Lorenzo, jefe de superintendencia de obras de la unidad de planeación a quien se le solicitó la construcción del elemento estructural siguiente:

Base de concreto con tramado cuadrado de varilla corrugada de 3/8" a cada 15 cm., de separación, cuyas dimensiones son de 1 m. de largo por 1 m. de ancho y 20 cm de altura. La base fué anclada a la loza del edificio antes citado, y se especificó que el fin era para soportar la antena parabólica con reflector de 5 m. de diámetro. La solicitud de construcción de la base así como las especificaciones y los croquis se encuentran en el ANEXO 3.

**TABLA DE HERRAMIENTAS.**

| CANT | UND | DESCRIPCION                         |
|------|-----|-------------------------------------|
| 1    | PZA | NIVEL DE GOTA STARRETT.             |
| 2    | JGO | GUANTES INDUSTRIALES DE CARNAZA     |
| 1    | PZA | BROCA DE CONCRETO DE 1/4"           |
| 1    | PZA | BROCA DE CONCRETO DE 1/2"           |
| 1    | PZA | BROCA DE CONCRETO DE 3/4"           |
| 1    | PZA | BROCA DE CONCRETO DE 13/16"         |
| 1    | PZA | CINCEL                              |
| 1    | PZA | MARTILLO DE BOLA                    |
| 2    | PZA | LLAVE ESTRIAS DE 3/4"               |
| 2    | PZA | DESARMADORES PLANOS                 |
| 2    | PZA | LLAVE PERICO No 12                  |
| 1    | PZA | LLAVE ESTRIAS DE 3/4"               |
| 1    | PZA | LLAVE ESTRIAS DE 1/2"               |
| 1    | PZA | LLAVE ESPAÑOLA DE 1/2"              |
| 1    | PZA | TALADRO ELÉCTRICO CON ROTOMARTILLO. |
| 1    | PZA | ESCUADRA UNIVERSAL                  |
| 1    | PZA | LLAVE ESTRIAS DE 5/8"               |
| 1    | PZA | LLAVE ESPAÑOLA DE 5/8"              |
| 1    | PZA | LLAVE ESPAÑOLA DE 7/16"             |

4.9.19. TABLA No. 19.

**TABLA DE MATERIALES.**

| CANT | UND   | DESCRIPCION.   |
|------|-------|--|
| 1    | LOTE  | PLACAS DE BRONCE VARIOS TAMAÑOS.                             |
| 8    | PZA   | TORNILLO ALTA RESISTENCIA DE 1/2" DE DIÁMETRO, 3" DE LARGO . |
| 50   | PZA   | RONDANA PLANA DE 1/2" DIÁMETRO.                              |
| 8    | PZA   | TAQUETE DE PLOMO DE 1/2" DIÁMETRO DE EXPANSIÓN.              |
| 8    | PZA   | RONDANA PRESIÓN DE 1/2" DIÁMETRO.                            |
| 0.25 | LITRO | ACEITE DE TRANSMISIÓN.                                       |
| 0.25 | LITRO | QOURUX (PROTECTOR DE HERRUMBRE).                             |
| 1    | LOTE  | MATERIAL DE CONSUMO.   |
| 0.25 | KG    | ESTOPA.  |
| 0.25 | LITRO | THINNER.   |
| 1    | LITRO | GASOLINA BLANCA.   |
| 1    | PZA   | SEGUETA DIENTE FINO.   |

4.9.20. TABLA No. 20.

Con la plancha de concreto armado ya lista se procedió a colocar la base principal de la antena de la manera siguiente:

a) Fue necesario elaborar un molde plantilla para ejecutar el trazado de las características de la placa base, dicha molde se realizó en cartón ilustración con dimensión de 50 cm por lado.

b) Se delimitaron los orificios para colocar los barrenos en la plancha de concreto, marcando en esta las posiciones exactas de los mismos.

c) El trazo se llevó a cabo con marcador permanente sobre la hoja de cartón y la loza de concreto.

d) En la cimentación de concreto se tomaron las medidas necesarias para que la base quedara centrada.

Ya teniendo la base principal de la antena en la azotea del edificio de electrónica L-9 en la FES Cuautitlan se hicieron los siguientes trabajos.

a) Se colocó y presentó provisionalmente la base para verificar la perpendicularidad de la placa metálica con la base de concreto, utilizando para esto un nivel de gota.

b) Como las dos partes estaban fuera de perpendicularidad debido al pandeamiento sufrido por la placa metálica de la base en el proceso de soldadura, fué necesario el nivelar esta con la de concreto, colocando rondanas planas y placas de bronce.

c) Dicho nivel fué dado también de forma provisional utilizando para este fin elementos de madera (cuñas), un nivel de gota lográndose el propósito.

Ya verificado el nivel provisional se procedió a ejecutar la fijación de la forma siguiente:

a) Se elaboraron barrenos a centro con taladro eléctrico adaptado con broca de concreto de 1/4", para ser usados como barrenos guía y de escalamiento a diámetros mayores.

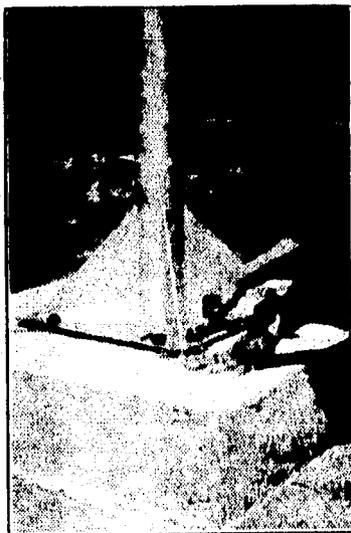
b) Se retiró la base para llevar en forma total la elaboración de los ocho barrenos los cuales fueron realizados con las brocas escaladas de la manera siguiente:

La broca de 1/2" sobrepuesta en el barreno de 1/4".

La broca de 3/4" sobrepuesta en el barreno de 1/2".

La broca de 13/16" sobrepuesta en el barreno de 3/4".

c) Con rondanas planas de 1/2" de diámetro interior se fué dando el nivel en las cuatro partes de la base metálica, quedando estas rondanas colocadas entre la base de concreto y la parte metálica, siendo sujetadas para evitar corrimientos por el cuerpo del tornillo, como se muestra en la siguiente figura.



4.9.1. FIJANDO LA BASE DE LA ANTENA A LA PLANCHIA DE CONCRETO.

d) Debido a que existían partes mas altas en las aristas del cuadrado se procedió a elaborar placas metálicas de bronce para evitar también en gran parte el posible movimiento de la placa metálica y con ello la posible desviación y desnivelación del parabolóide.

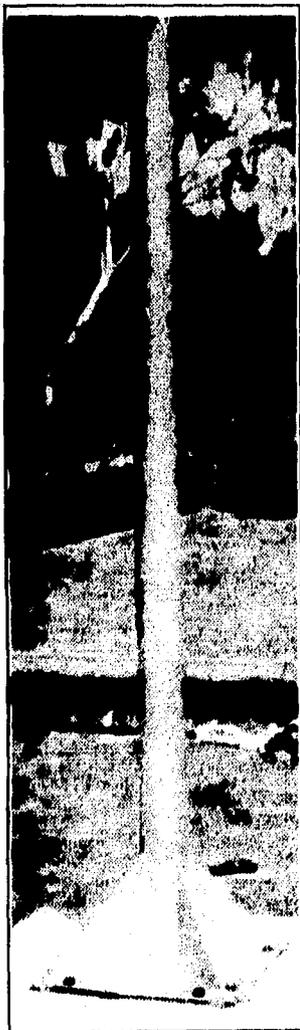
e) Ya nivelada la base se procedió a torquear los tornillos de fijación realizando la colocación de rondanas planas y de presión de 1/2" de diámetro (igual que el tornillo), en forma cruzada, verificando con el nivel de gota las posibles declinaciones o desnivelaciones del tubo en su parte superior, como se muestra en las siguientes fotografías



4.9.2. VERIFICANDO LA VERTICALIDAD DEL SOPORTE DE LA ANTENA.

f) Todos los trabajos anteriores se llevaron a su término de forma satisfactoria.

g) Las partes de fierro negro como tornillos, tuercas rondanas y movimientos articulados fueron engrasados para evitar su corrosión prematura debido a los cambios de clima que prevalecían, quedando la base terminada como se muestra en la siguiente fotografía.



4.9.3. BASE DE LA ANTENA ANCLADA.

#### 4.10.- ARMADO DE LA ANTENA PARABÓLICA.

La parte mencionada como balancín en capítulos anteriores, que consta de los ajustes polar, parte de azimut y elevación, se colocó en la parte superior de la base de la antena, realizándolo de la siguiente manera:

a) En la parte interna del tubo que es la base de la antena, se le aplicó un tratamiento químico para evitar la herrumbre utilizando un líquido comercial llamado QOURUX.

b) Se ensambló el conjunto de mecanismos antes mencionado en la punta de la base de la antena, orientando el mecanismo de elevación hacia el norte magnético de nuestro país, haciendo uso de una brújula, luego dimos apriete a los tornillos de la abrazadera para fijar los mecanismos citados, como se muestra en las siguientes fotografías.



##### 4.10.1. ORIENTACIÓN POLAR DE LOS MECANISMOS DE SEGUIMIENTO.

c) Colocamos a los dos tramos de PTR, que sirven de ajuste de declinación, las dos chumaceras, las cuales sirven para dar el seguimiento azimutal.

d) Ensamblamos a los ejes extremos del balancín el PTR o ajuste de declinación, luego instalamos el cuadro que soporta al

paraboloide mediante los cuatro tramos de espárrago cortados para este fin, dando con este el ajuste de declinación necesario.

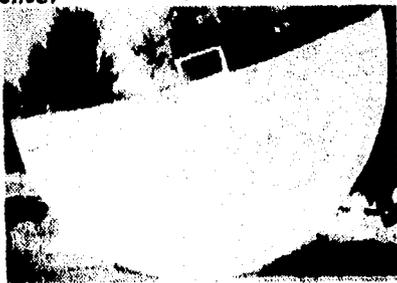
e) En el piso de la azotea del edificio L-9, ensamblamos en parejas los cuatro gajos del paraboloide, quedando acoplados cada conjunto mediante tornillos.

f) Barrenamos en la estructura del paraboloide, a la distancia citada en el diseño de la base del soporte del amplificador de bajo nivel de ruido, dos orificios a cada  $120^{\circ}$  para luego fijar mediante remaches los ángulos que sirven de anclaje de la base del amplificador de bajo nivel de ruido, como lo muestra las siguientes fotografías.



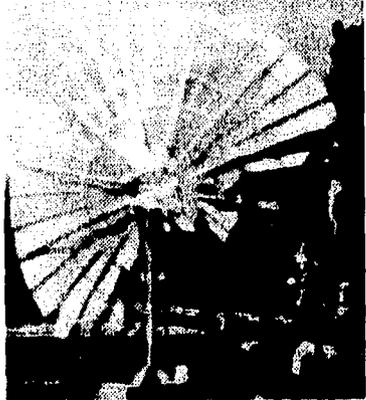
4.10.2. ÁNGULO PARA FIJAR EL TRIPODO DEL POLARROTOR.

g) Paramos un medio paraboloide a la par de la base de la antena, de forma tal, que la mitad del paraboloide coincidiera con la mitad del cuadro de soporte del mismo y el centro del paraboloide coincidiera con el centro geométrico del cuadro y acoplamos estos mediante abrazaderas en "U", como lo muestra la fotografía siguiente.



4.10.3. MEDIO PARABOLOIDE INSTALADO.

h) Damos vuelta al medio paraboloide mediante una reata, un polin de madera y un tramo de PTR resistente, para posteriormente parar el otro medio paraboloide a la par con este, procediendo primeramente a acoplar al paraboloide mediante tornillos y luego fijarlo al cuadro mediante abrazaderas en "U", como lo muestran las siguientes fotografias.



4.10.4. DIFERENTES VISTAS DEL PARABOLOIDE INSTALADO Y COMPARACIÓN DE SU TAMAÑO.

i) Debido a que el brazo actuador que nos entregaron no es el solicitado y el no haber contemplado las dimensiones del motor en el punto de giro, hubo que modificar el anclaje de acuerdo al diseño pensado, poniendo en la parte posterior o norte de la antena un punto de apoyo, con la misma inclinación del paraboloide y soldando una extensión de PTR al cuadro que soporta la antena con características iguales a la estructura, teniendo una distancia del punto de giro de 0.80 mts. de tal forma que el brazo se puede extender hasta 1.60 mts., como lo muestran las siguientes fotografías.



4.10.5. MECANISMO DE SEGUIMIENTO DE LA ÓRBITA DE CLARKE (ACTUADOR).

j) Instalamos el tripodo que soporta el polarrotor en la superficie del paraboloide, como lo muestran las siguientes fotografías.



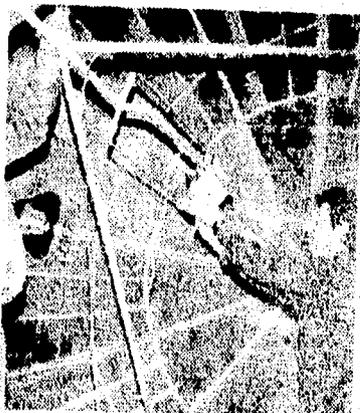
4.10.6. MECANISMO DEL POLARROTOR INSTALADO EN EL PARABOLOIDE.

k) Fijamos el polarrotor en la base hecha exprofeso para este fin mediante tornillos de  $3/8''$  y con una llave española de  $7/16''$  dimos apriete, como lo muestra la siguiente fotografía.



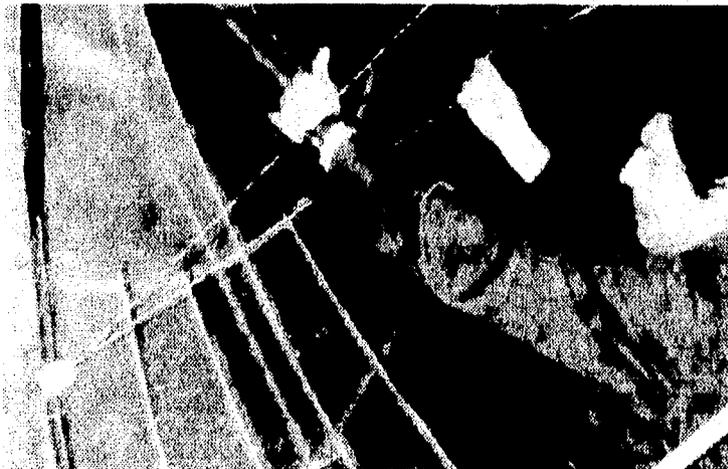
#### 4.10.7. FIJANDO EL POLARROTOR.

1) Aflojamos los tornillos de ajuste de posición del polarrotor, luego medimos la profundidad del mismo a la parte más ondulada del paraboloide, la cual es de 1.5 mts., esto fué realizado como lo muestran las siguientes fotografías.



#### 4.10.8. AJUSTE DEL POLARROTOR E INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

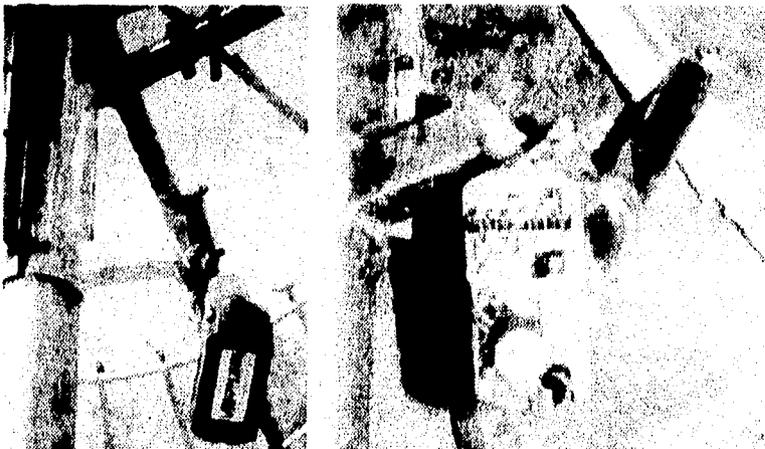
m) Centramos provisionalmente el polarrotor utilizando alambre telefónico de tres conductores, con el fin de probar en forma improvisada el equipo, para el centrado se hizo necesario utilizar dos hilos de forma tal que quedaran perpendiculares entre si y pasando por el centro del paraboloides como cuerdas diametrales a la superficie esférica, observando a través del eje de ajuste del polarrotor el centrado del mismo, como lo muestran las siguientes fotografías.



4.10.9. CENTRADO PROVISIONAL DEL POLARROTOR.

n) Las conexiones eléctricas realizadas en el motor, y sensor del actuador se realizaron retirando la tapa principal del equipo.

El cable utilizado es del tipo THW calibre Nº 14 AWG, para la alimentación del motor, y cable telefónico tipo jumper weld para el manejo de los pulsos eléctricos de señal hacia el sensor de límite, como lo muestran las siguientes fotografías.

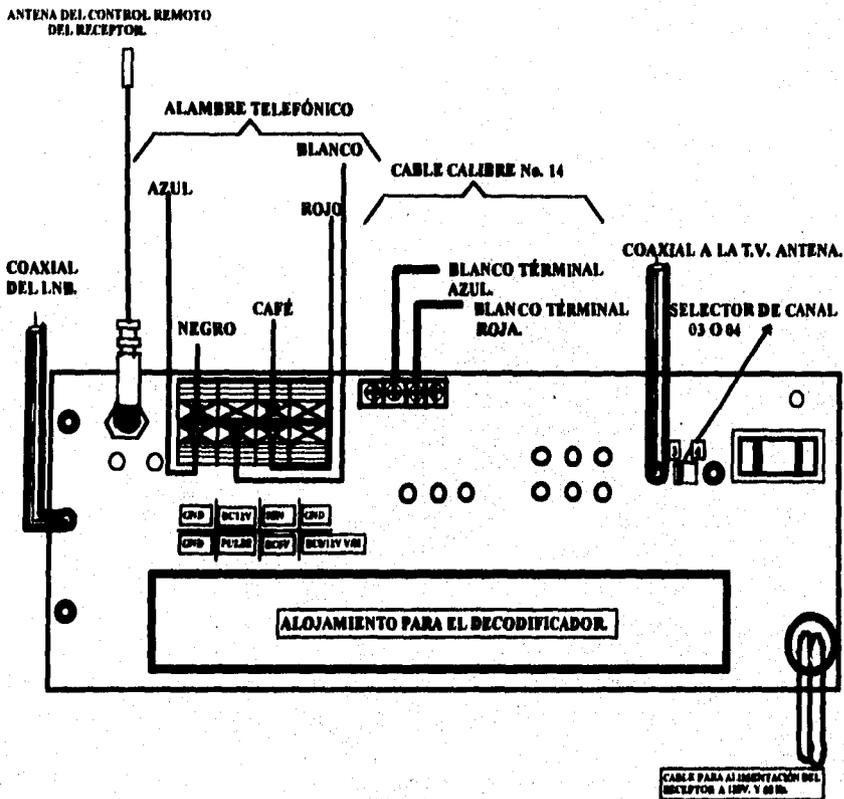


#### 4.10.10. CONEXIONES ELÉCTRICAS DEL ACTUADOR.

ñ) También realizamos las conexiones del polarrotor, donde únicamente se usó cable telefónico tipo jumper weld de tres hilos, para el manejo de los pulsos eléctricos de señal hacia el sensor del mismo utilizamos el hilo blanco, el hilo rojo para la corriente del servomotor de giro del sensor y el hilo azul para la tierra de este.

Usamos cable coaxial para bajar la señal del LNB al receptor. Tanto el cable coaxial como el cable telefónico tienen una longitud de 30 mts. al igual que las dos líneas del motor del actuador y el cable telefónico del sensor del actuador.

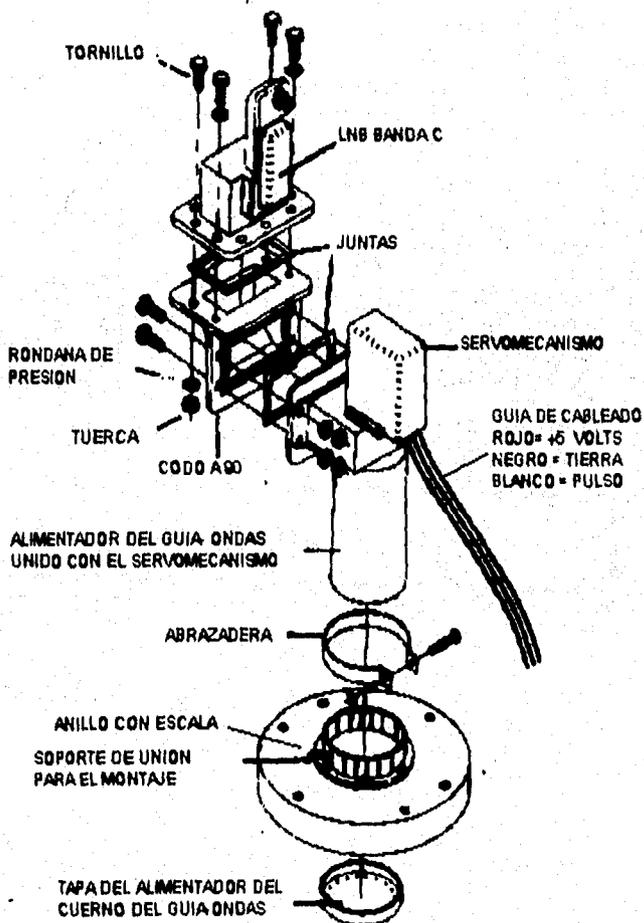
o) Realizamos las conexiones en el receptor por la parte posterior quedando conectado un cable blanco del Nº 14 con terminal azul al borne marcado con **M<sub>1</sub>**, el otro cable blanco del Nº 14 pero con terminal roja al borne **M<sub>2</sub>**, un alambre telefónico color negro al conector negro marcado con las letras **GND** parte superior izquierda, un alambre telefónico color café al conector rojo marcado con las letras **SEN** parte superior, un alambre telefónico azul al conector negro marcado con las letras **GND** parte inferior, un alambre telefónico blanco al conector con las letras **PULSE** parte inferior y un alambre telefónico color rojo al conector marcado con las letras **DC6V**. Como lo muestra el siguiente dibujo.



#### 4.10.11. PARTE POSTERIOR DEL RECEPTOR. E INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Los tres alambres telefónicos mencionados en el inciso "c" de colores azul, blanco y rojo. Son los que se conectaron al polarrotor de la siguiente manera: el cable negro de este se conectó con el alambre telefónico color azul, el cable blanco con el alambre telefónico color blanco y el cable rojo con el alambre telefónico color rojo.

Este dibujo muestra las partes que integran al polarrotor y en el cual se conectaron los alambres telefónicos tipo jumper weld, se trato de mantener los mismos colores, pero no fué posible, también se conecto el cable coaxial al LNB banda C. El único cambio que hubo de colores en el polarrotor fué del cable negro de tierra por el alambre telefónico azul.



4.10.12. PARTES QUE INTEGRAN EL POLARROTOR.

4.11 .- COSTO DE LA ANTENA PARABÓLICA.

**RELACION DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA ANTENA PARABOLICA.**

| CANTIDAD. | DESCRIPCIÓN.  | PRECIO UNITARIO. | IMPORTE. |
|-----------|---|------------------|----------|
| 123 Kg.   | 30 TRAMOS DE TUBULAR CUADRADO GALVANIZADO DE 3/4".                                      | 3.64             | 448.39   |
| 3 Kg.     | SOLDADURA 3/32".  | 9.00             | 27.00    |
| 3 Kg.     | SOLDADURA 1/8".   | 6.00             | 18.00    |
| 2 m.      | TUBO DE FIERRO 4 1/2" DE DIÁMETRO Y 3/16" DE ESPESOR (PROPORCIONADO POR MANTENIMIENTO). | —                | —        |
| 10 Kg.    | TUBO DE FIERRO DE 5" DE DIÁMETRO Y 1/4" DE ESPESOR.                                     | 4.40             | 44.00    |
| 12 Kg.    | PTR DE 3" X 4" Y ESPESOR DE 3/64".  | 2.20             | 26.40    |
| 2 PZAS.   | CHUMACERAS N.P. 1" DE DIÁMETRO.   | 51.67            | 103.35   |
| 29 m.     | MALLA DE ALUMINIO 5 X 10.   | 12.10            | 350.90   |
| 8.4 m.    | MALLA DE ALUMINIO 5 X 3.  | 13.75            | 115.50   |
| 1.5 Kg.   | SOLDADURA DE CUTWELD (PARA BISELAR).  | 12.39            | 18.59    |
| 8 PZAS.   | VARILLAS DE 1/2" (ESPÁRRAGOS).  | 5.50             | 44.00    |
| 2 PZAS.   | VARILLAS DE 5/8" (ESPÁRRAGOS).  | 9.90             | 19.80    |
| 12 PZAS.  | TUERCAS C/RONDANAS PLANAS DE 5/8".  | 1.008            | 12.10    |
| 35 Kg.    | PLACAS DE 3/16" Y 1/4" DE ESPESOR.  | 1.20             | 42.00    |
| 12 PZAS.  | ABRAZADERAS TIPO "U".   | 2.39             | 28.71    |
| 8 PZAS.   | TAQUETES DE EXPANSIÓN PARA TORNILLOS DE 1/2".   | 5.39             | 43.12    |
| 30 PZAS.  | TORNILLOS STD. DE 9.5 X 64 mm.  | 0.99             | 29.70    |
| 2 L.      | BARNIZ POLIFORM.  | 89.49            | 178.99   |
| 2.5 L.    | THINNER POLIFORM.   | 14.49            | 36.24    |

LOS PRECIOS DE LOS MATERIALES SON DE 1994.

| CANTIDAD.                           | DESCRIPCIÓN.  | PRECIO UNITARIO. | IMPORTE.           |
|-------------------------------------|---|------------------|--------------------|
| 1 L.                                | PINTURA COLOR ALUMINIO.   | 19.99            | 19.99              |
| 4 L.                                | THINNER STD.  | 4.04             | 20.20              |
| 1 m.                                | COLD ROLL (FACILITADO POR LIME II).                                     | —                | —                  |
| 0.25 m <sup>2</sup> .               | PLACA DE 19/32" DE ESPESOR (FACILITADO POR LIME II).                    | —                | —                  |
| 2.5 m.                              | ÁNGULO DE 1 1/2". (FACILITADO POR LIME II).                             | —                | —                  |
| 3 m.                                | PTR CUADRADO DE 2" POR 9/64" DE ESPESOR (REGALADO POR UN VECINO).       | —                | —                  |
| 16 PZAS.                            | TUERCAS C/RONDANAS DE PRESIÓN Y PLANAS DE 5/8" (FACILITADAS DE LIME I). | —                | —                  |
| 15 Kg.                              | SOLERA DE 4" DE ANCHO Y 3/32" DE ESPESOR.                               | 2.20             | 33.00              |
| 500 PZAS.                           | REMACHES No. 44.  | 0.033            | 16.50              |
| <b>IMPORTE TOTAL DE MATERIALES.</b> |   |                  | <b>N\$ 1676.46</b> |

4.11.21. TABLA No. 21.

**RELACIÓN DE EQUIPO ELECTRÓNICO UTILIZADO EN LA INSTALACIÓN DE LA ANTENA PARABÓLICA.**

LOS PRECIOS DEL EQUIPO SON DE 1995.

| CANTIDAD.                                    | DESCRIPCIÓN.  | PRECIO UNITARIO. | IMPORTE.           |
|--|---|------------------|--------------------|
| 1 EQPO                                       | RECEPTOR MARCA: UNIDEN<br>MODELO: SQ 560<br>CON CONTROL REMOTO UHF<br>(INTEGRADO RASTREADOR DE<br>SATÉLITES Y COMPARTIMIENTO<br>PARA DECODIFICADOR) |                  |                    |
| 1 PZA  | POLARROTOR MARCA: GARDINER<br>COMMUNICATIONS  |                  |                    |
| 1 PZA  | BRAZO DE 36" MARCA: VENTURE<br>MFG, Co. CON MOTOR   |                  |                    |
| <b>IMPORTE TOTAL DEL EQUIPO ELECTRÓNICO.</b> |   |                  | <b>N\$ 5143.95</b> |

4.11.22. TABLA No. 22.

#### 4.12.- INFORMACIÓN SOBRE EL EQUIPO ELECTRÓNICO DE LA ANTENA PARABÓLICA.

El equipo designado para la recepción y decodificación de la señal de TV vía satélite, fue el UNIDEN SQ560, el cual es uno de los más sofisticados para la recepción de televisión vía satélite.

Este nuevo SQ560 tiene la capacidad para abrir en casa el universo de la programación vía satélite.

Sobre de doscientos programas de televisión transmitidos desde satélites ubicados a 22,300 millas sobre el ecuador.

La sofisticada tecnología microcomputarizada trabaja en pequeños cristales para entregar audio y video en forma limpia y clara, utilizando al mínimo la capacidad del equipo en la recepción desde el satélite.

Las características del equipo son las siguientes.

##### Especificaciones de frecuencia intermedia (IF)

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| IF FRECUENCIA.                    | 0.95-1.45 Ghz.   |
| IF IMPEDANCIA.                    | 75 OHMS.   |
| ANCHO DE BANDA 2° IF.             | 27 Mhz a 3 dB.   |
| 2° IF FRECUENCIA.                 | 479.5 Mhz.   |
| RELACIÓN PORTADORA DE RUIDO.      | 6dB C/N MÍNIMO.  |
| CAPACIDAD DE MEMORIA.             | 160 CANALES FAVORITOS.<br>56 NOMBRES DE SATÉLITES.<br>44 PREPROGRAMAS.<br>12 EXTRAS. |
| TIEMPO DE RESPALDO DE LA MEMORIA. | 3 AÑOS.  |

##### Especificaciones de video.

|   |  |
|---|--|
| DE-ÉNFASIS (REPOSICIÓN DE RESPUESTA EN FRECUENCIA PLANA EN BANDA BASE). | CCIR 405-1,525 LÍNEAS DETECTABLES.                               |
| RESPUESTA EN FRECUENCIA.  | +/- 1 dB 30 Hz PARA 3.58 Mhz.<br>+/- 3 dB 3.58 MGz PARA 4.2 Mhz. |
| NIVEL DE SALIDA.  | 1 VOLT PICO A PICO.  |
| IMPEDANCIA DE SALIDA.   | 75 OHMS.   |
| POLARIZACIÓN DE SALIDA.   | SINCRONIA NEGATIVA.  |

**Especificaciones de audio.**

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| SUBPORTADORA DE FRECUENCIA. | 5 PARA 8.5 MHz SELECCIONABLE.<br>6.8 MHz PRESENTE. |
| RESPUESTA EN FRECUENCIA.    | 50 Hz PARA 15 KHz.<br>+/- 3 dB TÍPICO.             |
| DISTORSIÓN ARMÓNICA.        | INFERIOR AL 3%.                                    |
| SEPARACIÓN DE AUDIO.        | 20 dB MÍNIMO.                                      |
| IMPEDANCIA DE SALIDA.       | INFERIOR A 1 KOHM.                                 |
| NIVEL DE SALIDA.            | 3 dBs DENTRO DE 10 KOHMS DE CARGA.                 |

**Especificaciones radio frecuencia modulada.**

|                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| CANALES.                       | INTERCAMBIABLE 3 6 4.  |
| SALIDA DE RADIO FRECUENCIA.    | 70 dBμ MÁXIMO.         |
| IMPEDANCIA DE RADIOFRECUENCIA. | 75 OHMS.               |
| ESTABILIDAD DE FRECUENCIA.     | CONTROLADA POR CUARZO. |

**Especificaciones composición de salida**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| NIVEL DE SALIDA.           | 1 VOLT PICO A PICO.  |
| RESPUESTA EN FRECUENCIA.   | +/- 0.3 dB A 30 Hz-3.58 MHz.<br>+/- 0.7 dB A 3.58 MHz-4.2 MHz. |
| DG (GANANCIA DIFERENCIAL). | 5% MÁXIMO.   |
| DP (PROCESO DE DATOS).     | 5° MÁXIMO.   |

**Especificaciones control de polarización**

|               |   |
|---------------|---|
| INTERFASE.    | SERVOMOTOR, AJUSTADO<br>CONTINUAMENTE CONTROLADO POR<br>SKEW (SESGO).             |
| POLARIZACIÓN. | TELSTAR O GALAXY<br>POLARIDAD INTERCAMBIABLE DE<br>VERTICAL (V) A HORIZONTAL (H). |

**Especificaciones suministro de potencia.**

|                      |   |
|----------------------|---|
| ACTUADOR.            | 24 VDC A 2.50 AMPS. MÁXIMO<br>CONTROLADO CON CIRCUITO DE<br>INTERRUPCIÓN. |
| SENSOR.              | 12 VDC A 100 mA.  |
| POLARIDAD DEL MOTOR. | 6 VDC A 250 mA. MÁXIMO.   |
| UNIDAD PRINCIPAL.    | 120 VAC A 140 W CONTROLADO CON<br>CIRCUITO DE INTERRUPCIÓN.               |

**Especificación de dimensión.**

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>RECEPTOR.</b>       | <b>14-7/8" ANCHO, 15" LARGO, 3-3/4" ESPESOR.</b> |
| <b>CONTROL REMOTO.</b> | <b>2-1/4" ANCHO, 8-1/2" LARGO, 5/8" ESPESOR.</b> |

El polarrotor tiene las características siguientes.  
 Marca GARDINER COMMUNICATIONS, para operar en la banda C.

**Especificaciones generales.**

|   |  |
|---|--|
| <b>TAMAÑO.</b>  | <b>6-1/2" DIÁMETRO, 8-5/8" ALTURA.</b> |
| <b>PESO.</b>  | <b>1.14 LIBRAS.</b>                    |
| <b>RANGO DE FRECUENCIA.</b>                             | <b>3.7 A 4.2 GHz.</b>                  |
| <b>RANGO FOCO DIÁMETRO f/D.</b>                         | <b>0.34 HASTA 0.44.</b>                |
| <b>VSWR. (RAZON DE ONDAS ESTACIONARIAS DE TENSIÓN).</b> | <b>1.25 HASTA 1.</b>                   |
| <b>AISLAMIENTO</b>                                      | <b>35 dB.</b>                          |
| <b>PUERTOS DE RADIOFRECUENCIA.</b>                      | <b>WR229 COMPATIBLE.</b>               |

**Lista de materiales que componen el polarrotor.**

| <b>LNB (AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO A BLOQUES).</b> | <b>OPCIONAL.</b> |
|--|------------------|
| <b>CODO A 90°.</b>                                 | <b>1.</b>        |
| <b>TUBO GUÍA DE ONDAS, SERVO MECANISMO.</b>        | <b>1.</b>        |
| <b>HARDWARE CON ABRAZADERA</b>                     | <b>1.</b>        |
| <b>ANILLO DE ESCALAMIENTO CON BRAZO DE MONTAJE</b> | <b>1.</b>        |
| <b>TAPA DE TUBO GUÍA ONDAS.</b>                    | <b>1.</b>        |
| <b>TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4"-20.</b>       | <b>10.</b>       |
| <b>TUERCA HEXAGONAL DE 1/4"-20.</b>                | <b>8.</b>        |
| <b>RONDANA DE PRESIÓN DE 1/4".</b>                 | <b>10.</b>       |
| <b>EMPAQUES.</b>                                   | <b>2.</b>        |
| <b>PUNTAS DE CONEXIÓN.</b>                         | <b>3.</b>        |
| <b>HERRAMIENTA DE SELECCIÓN.</b>                   | <b>1.</b>        |

El brazo actuador tiene las características siguientes:  
 Marca VENTURE, plateado para serie 8500 y con una capacidad de 909 kg. Contiene protección contra sobre carga mecánica, para prevenir posibles daños a la caja de cambios en caso de extremo impacto. Este es incorporada por medio de un pequeño adaptador de conexión, el cual se encuentra colocado en la conexión de propulsión entre la caja de cambios y el conjunto del tubo.  
 El recorrido se establece desde fábrica.

## **CAPÍTULO V.**

### **CÁLCULO DE LOS ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT.**

## **5 .- CÁLCULO DE LOS ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT.**

### **5.1 .- INTRODUCCIÓN.**

Este capítulo contiene procedimientos matemáticos para el cálculo de ángulos de elevación y azimut, los cuales son realizados mediante geometría analítica y trigonometría, parecen difíciles pero en realidad son demasiado fáciles, ya que se conoce la altura a la cual se mantienen los satélites y preguntando en alguna presidencia municipal la localización del lugar donde se llevará a cabo la instalación de una de estas antenas parabólicas, se tendrá el otro dato adicional para llevar a cabo el cálculo dando la elevación y la declinación que es necesaria para que la antena pueda seguir todos los satélites geoestacionarios.

Este tipo de cálculos es importante, ya que si el instalador no lo toma en cuenta, se tardará demasiado tiempo tan sólo en orientar su antena parabólica.

Pero para aquellos que no tienen interés de llevar a cabo un cálculo de este tipo, se da un procedimiento de como obtener los ángulos de elevación y azimut de una manera muy práctica, que en ocasiones cuando no se tiene a la mano, por lo menos, una calculadora científica o una calculadora sencilla y unas tablas matemáticas esto nos resuelve el problema.

Otra parte de éste capítulo son los mapas de potencia en Decibeles, donde damos una descripción breve de como utilizarlos, lo cual es importante por que si se desea ver la señal de un satélite que tiene poca potencia para transmitir en nuestro país y queremos que éste se vea bien, no será posible porque el satélite tiene su propia potencia y una cierta cobertura la cual no la podremos modificar.

## 5.2 .- CÁLCULOS DE LOS ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y DE LA ORIENTACIÓN AZIMUT.

La orientación de un paraboloides de revolución queda definida por dos ángulos; el de elevación  $\alpha$  y el de azimut  $\beta$ . Al reorientar la antena de un satélite a otro, ambos ángulos cambian de valor. El nuevo ajuste de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  puede hacerse de forma automática o manualmente, siendo, desde luego, más costosa la primera alternativa.

A continuación se describe una metodología sencilla de análisis por geometría analítica, para determinar los ángulos de elevación y de azimut, partiendo de las coordenadas geográficas de la estación terrena y del satélite deseado.

Las fórmulas aquí obtenidas se utilizan para construir un método gráfico generalizado, que facilita el cálculo de ambos ángulos. Por supuesto, aún cuando se ha hecho referencia especial a estaciones terrenas TVRO en esta tesis, la misma metodología es aplicable también a estaciones terrenas transmisoras o receptoras que manejen otro tipo de señales, como canales telefónicos o de datos, y los ángulos de elevación  $\alpha$  y de azimut  $\beta$  se calculan sustituyendo directamente en las expresiones proporcionadas las coordenadas geográficas de la estación terrena en cuestión y del satélite con el que ésta vaya a operar.

Considérese un sistema de coordenadas esféricas  $\theta, \phi, r$ , como en la figura 1, cuyo origen coincide con el centro de la tierra. En el punto P se encuentra la estación terrena, y el punto S denota la localización del satélite hacia el que se desea orientar la antena. La órbita geostacionaria, también llamada Cinturón de Clarke, en honor al investigador y escritor de ciencia ficción Arthur Clarke, se halla en el plano ecuatorial, a una altura de 35800 Km sobre el nivel del mar; por consiguiente, la coordenada radial  $r$  de cualquier satélite geostacionario es constante e igual a 35800 Km más el radio de la tierra<sup>1</sup>. Conviene introducir un sistema auxiliar de coordenadas  $x', y', z'$ , cuyo origen coincida con el punto P, o sea, con la estación terrena, y cuyos ejes sean paralelos al sistema original. Una variable referida al sistema original, cuyo origen es C, lleva asociado el superíndice C y una variable referida al sistema auxiliar, con origen en P. Con base en lo anterior, se deducen las expresiones siguientes:

$$X_p^P = X_p^C - X_p^C$$

ECUACIÓN No. 1.

---

<sup>1</sup> Idóneamente, la posición del satélite es constante, pero diversas fuerzas tienden a moverlo de su posición original conforme el tiempo transcurre. De cualquier forma, para realizar estos cálculos, su posición se puede considerar constante sin que se introduzcan errores significativos en los valores de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ .

$$Y_p^c = Y_s^c - Y_p^c$$

ECUACIÓN No. 2.

$$Z_p^c = Z_s^c - Z_p^c$$

ECUACIÓN No. 3.

en donde  $X_s$ ,  $Y_s$ ,  $Z_s$ , y  $X_p$ ,  $Y_p$ ,  $Z_p$  son, respectivamente, las coordenadas de los puntos S y P con respecto al superíndice en cuestión. En la figura 1, R es igual al radio terrestre más la altura sobre el nivel del mar del lugar donde está ubicada la estación terrena. El considerar o no esta altura sobre el nivel del mar arroja resultados muy similares, con diferencias de fracciones de minuto angular.

Si se considera que el meridiano de longitud  $0^\circ$  de Greenwich coincide con el plano y-z, y si LAT, LONG y POS denotan, respectivamente, la latitud norte y longitud oeste de la estación terrena, y la longitud oeste del satélite, se tiene:

$$\theta_p^c = 90^\circ - \text{LAT}$$

ECUACIÓN No. 4.

$$\phi_p^c = 450^\circ - \text{LONG}$$

ECUACIÓN No. 5.

$$\theta_s^c = 90^\circ$$

ECUACIÓN No. 6.

$$\phi_s^c = 450^\circ - \text{POS}$$

ECUACIÓN No. 7.

Sustituyendo las expresiones 4 y 7 en los equivalentes en coordenadas esféricas de las ecuaciones 1 a 3 se obtienen los valores de las coordenadas:

$$X_s^p; Y_s^p; Z_s^p;$$

con las cuales se puede obtener la distancia D entre la estación terrena y el satélite.

$$D = \sqrt{(X_s^p)^2 + (Y_s^p)^2 + (Z_s^p)^2}$$

ECUACIÓN No. 8.

Finalmente, con referencia a la figura 2, en donde  $\alpha$  es el ángulo formado entre la línea tangente en P y la trayectoria PS, y  $\alpha'$  es un ángulo agudo formado por las rectas CP y CS (véase también la figura 1), y aplicando las leyes de los senos y cosenos, se

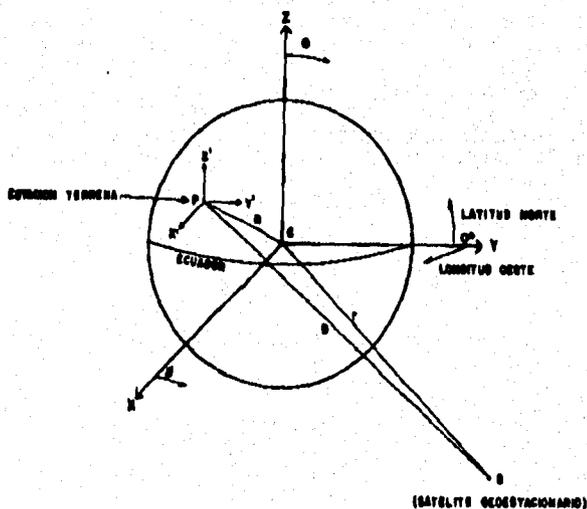
tiene que:

$$\alpha = \text{ángulo de elevación} = 90^\circ - \alpha'$$

ECUACIÓN No. 9.

$$\alpha' = \text{ANGULOSEN} \left[ \frac{1}{2RD} \sqrt{(d+D+R)(d+D-R)(d+R-D)(R+D-d)} \right]$$

ECUACIÓN No. 10.



5.2.1. FIGURA No. 1.

Empleando un procedimiento similar al anterior, se puede determinar una expresión para calcular el ángulo de azimut  $\beta$ . Haciendo referencia a la figura 3, los ángulos de ( $\omega$ ,  $\gamma$  y  $\phi$ ) del triángulo esférico SNP están relacionados por las expresiones siguientes, siendo S la proyección del satélite sobre la línea del ecuador:

$$\tan\left(\frac{\Psi + \Omega}{2}\right) = \frac{\cot\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)}{\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)}$$

ECUACIÓN No. 11.



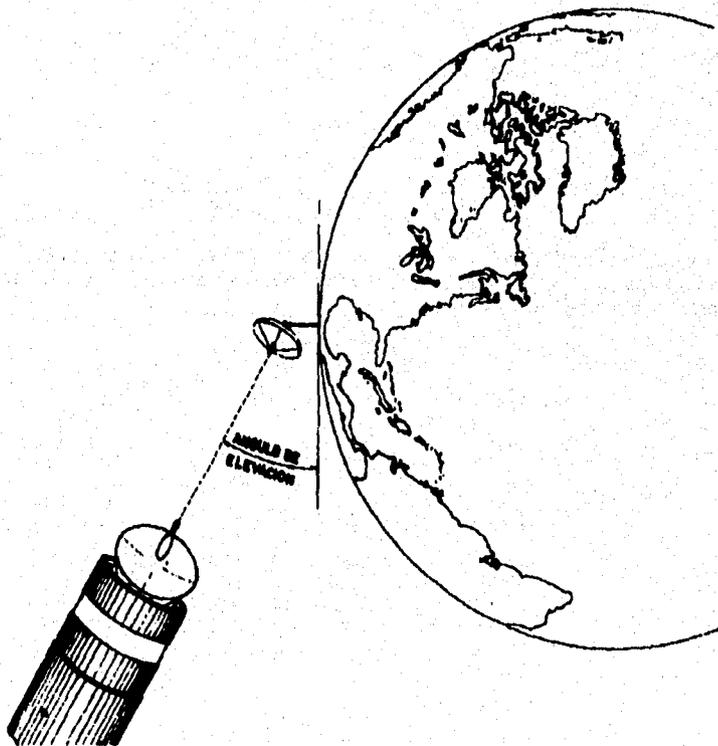
$$\beta = 360^\circ - \psi$$

ECUACIÓN No. 13.

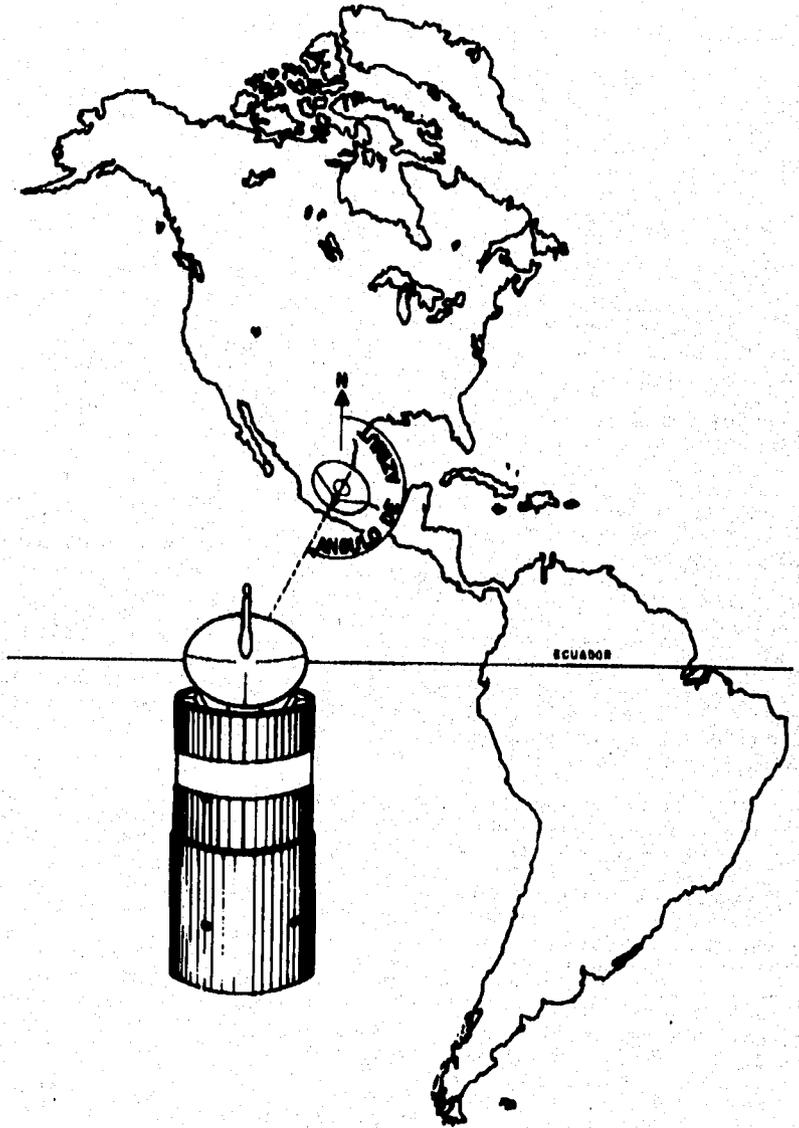
$$\psi = \tan^{-1}(\cot(\frac{Y}{2}) \cot(\frac{LAT}{2})) + \tan^{-1}(\cot(\frac{Y}{2}) \tan(\frac{LAT}{2}))$$

ECUACIÓN No. 14.

Las ecuaciones 9 y 13 permiten calcular los ángulos de orientación  $\alpha$  y  $\beta$  para cualquier pareja arbitraria estación terrena-satélite figuras 4 y 5.; es importante hacer notar que mediante otros criterios de análisis, diferentes al descrito, también es posible deducir expresiones matemáticas aparentemente distintas, pero que conducen a resultados similares.



5.2.4. FIGURA No 4.



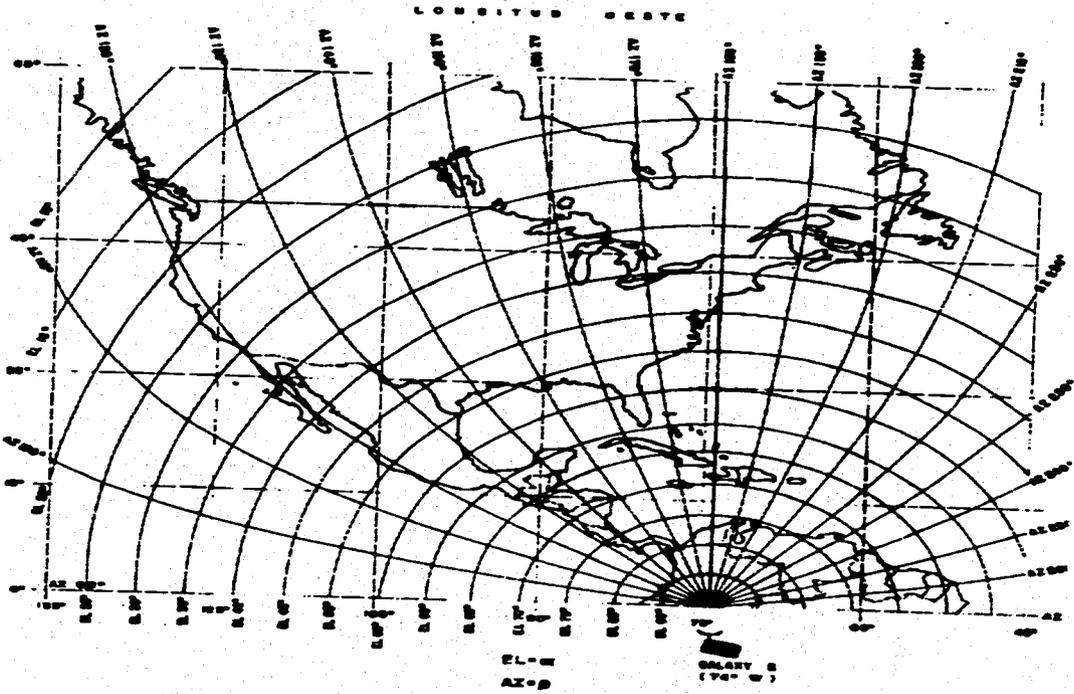
5.2.5. FIGURA No 5.

### 5.3.- CONTORNOS DE ÁNGULOS DE ORIENTACIÓN.

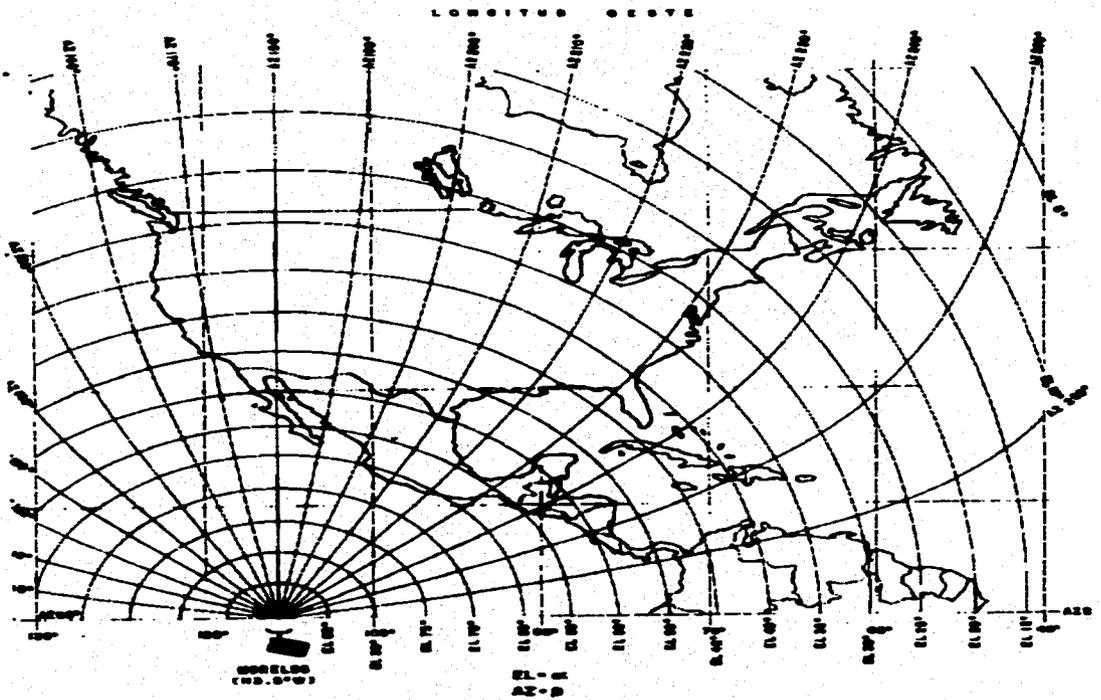
Por cuestiones prácticas, varios autores han mostrado gráficamente los resultados de las ecuaciones obtenidas, a través de familias de curvas, en donde pueden leerse, por ejemplo, el ángulo de elevación  $\alpha$  para una cierta latitud de la estación terrena y una diferencia de longitud entre ésta y el satélite. La gran ventaja de estas familias de curvas es que son útiles para cualquier satélite, puesto que lo único que importa es la diferencia de longitudes entre la estación terrena y el satélite; pero, en contraparte, resultan muy poco ilustrativas. En cambio, si los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  son mostrados gráficamente sobre una región geográfica determinada, y particularizando en un sólo satélite a la vez, se pueden obtener contornos prácticos, y muy ilustrativos, como los de la figura 6. Estos contornos se obtuvieron empleando las ecuaciones 9 y 13 con el satélite estacionario Galaxy 2, ubicado a  $70^\circ$ . Nótese que para efectos del cálculo de los ángulos de elevación y azimut no importa, en principio, la huella de iluminación que produce la radiación del satélite.

Como es de esperarse, todo plato parabólico situado en el hemisferio norte y sobre el meridiano  $74^\circ$  Oeste que desea detectar señales del Galaxy 2, debe tener un ángulo de azimut  $\beta$  de  $180^\circ$ , puesto que la superficie de revolución parabólica está totalmente de espaldas al polo norte y viendo de frente al satélite. Si nos desplazamos a la izquierda, a lo largo de una de las curvas de ángulo de elevación constante, por ejemplo  $\alpha = 50^\circ$ , es sencillo imaginar cómo debe girar la superficie de revolución parabólica, tratando de mantener una vista directa hacia el satélite; de esta forma, para una estación situada sobre la línea del ecuador, el ángulo de azimut baja a  $90^\circ$ , puesto que su línea visual con el satélite forma una escuadra de  $90^\circ$  con respecto a la dirección hacia el polo norte.

También es de esperarse que, lo muestra la figura 6, mientras más cerca esté la estación terrena de satélite, tanto en latitud como en longitud, el ángulo de elevación tenderá hacia  $90^\circ$ , tomando este valor cuando la superficie de revolución parabólica está precisamente sobre el ecuador, viendo al satélite totalmente hacia arriba a lo largo de una perpendicular a la tierra en ese punto. Es aquí donde la distancia D estación terrena-satélite es mínima. Conforme aumenta la distancia entre la estación terrena y el satélite, el ángulo de elevación va decreciendo. De hecho es fácil visualizar los contornos de ángulo de elevación como proyecciones de círculos concéntricos sobre la superficie terrestre, aun cuando en la figura se muestre únicamente una parte de los mismos. La utilidad de estos contornos es obvia, pudiéndose determinar por interpolación, y con bastante aproximación, la pareja de ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  para cualquier estación terrena orientada al satélite Galaxy 2.



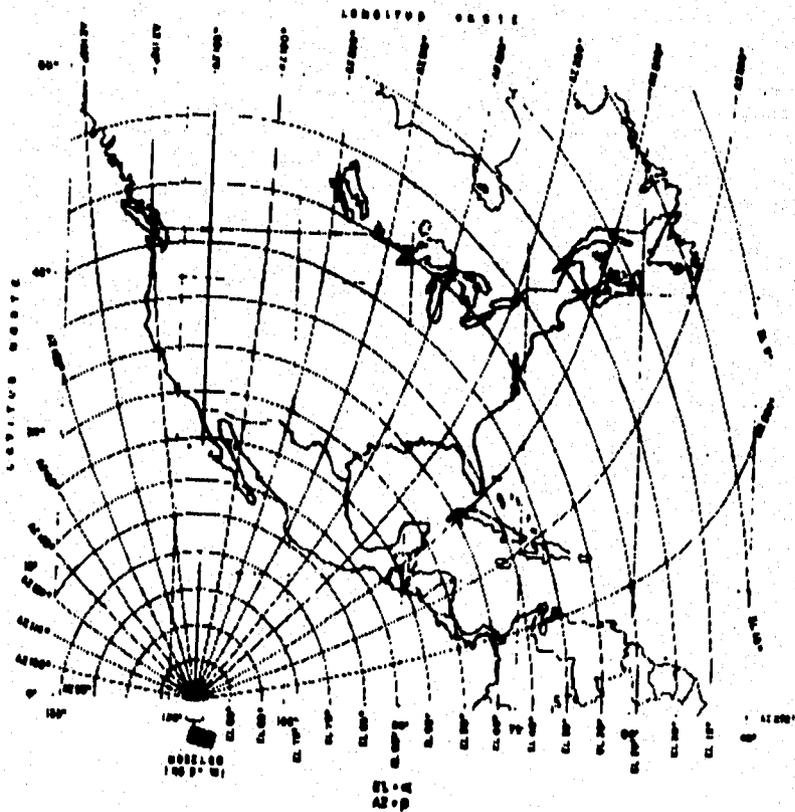
5.3.1. FIGURA No 6.



5.3.2. FIGURA No 7.

Un grupo de contornos similares a la de la figura 6 pueden obtenerse para cada satélite de interés. Los contornos asociados a los satélites mexicanos Morelos 2, Solidaridad 1 y Solidaridad 2, se muestran en las figuras 7, 8 y 9. A diferencia de la figura 6, en ambos casos el satélite se encuentra ubicado en el lado extremo occidental del continente Americano; por consiguiente, los contornos de ángulos de elevación se ven desplazados hacia el oeste, siendo concéntricos ahora con los satélites ya mencionados. Con referencia a la figura 7, las estaciones terrenas situadas en la parte central de la Península de Baja California tienen un ángulo de azimut de  $180^\circ$ , puesto que sus platos deben estar de espaldas al polo norte, viendo de frente al satélite solidaridad 1, ubicado en ( $113.5^\circ$  oeste). Si nos desplazamos, por ejemplo, en la dirección este a lo largo de la curva de ángulo de elevación constante  $\alpha = 60^\circ$ , observamos que el plato parabólico debe girar, para seguir viendo de frente al satélite, hasta que en el punto sobre el Ecuador,  $\beta = 270^\circ$ . Si el desplazamiento se hiciese sobre la misma curva, pero en dirección oeste, al llegar a un punto sobre el Ecuador, el ángulo de azimut  $\beta$  sería igual a  $90^\circ$ .

Una interpretación similar a la anterior se aplica a los contornos de la figura 8, correspondientes al satélite Solidaridad 2, que operará en ( $116.5^\circ$  oeste). Es fácil intuir que la familia de contornos es la misma que la de la figura 5, sólo que centrada ahora en otro satélite. De aquí que los contornos mostrados se puedan aplicar a cualquier otro satélite, desplazándolos únicamente sobre el arco ecuatorial, utilizando un par de laminas: Una de ellas transparente y móvil, que contenga los contornos, y una fija, con el mapa de la región geográfica de interés, colocando la lámina móvil de tal forma que el centro de los contornos coincida con la posición del satélite geostacionario deseado. En este principio se basa la carta Universal de Contornos.



5.3.3. FIGURA No 8.

#### **5.4.- CARTA UNIVERSAL DE CONTORNOS DE ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT.**

En el capítulo anterior los contornos de los ángulos de elevación y azimut necesarios para orientar una antena parabólica hacia tres satélites específicos; Galaxy 2, Solidaridad 1 y Solidaridad 2. Muchos contornos similares, para otros satélites, son publicados periódicamente en revistas especializadas; la gran desventaja de esta forma de representar los ángulos de orientación es que siempre hay que dibujar los contornos para un satélite muy particular y una zona geográfica específica, y cada vez que se cambie de satélite o zona geográfica, hay que realizar un dibujo diferente.

Sin embargo, si se usa la "la carta universal de contornos de ángulos de elevación y azimut para orientar antenas parabólicas hacia cualquier satélite geostacionario" se evitan las molestias mencionadas anteriormente. Dicha carta es el contenido de este capítulo; consta de un mapa geográfico del mundo y una mica o lámina transparente con los contornos de los ángulos impresos en ella. La mica la encontrará al final de este capítulo.

El procedimiento para utilizar la carta universal es muy sencillo; los pasos a seguir son los siguientes:

- Coloque la mica sobre el mapa, haciendo coincidir la línea horizontal de la primera con la línea ecuatorial del mapa.

- Deslice la mica sobre el mapa, hasta que la flecha dibujada abajo de la vertical central de la mica coincida con la posición de longitud este u oeste del satélite deseado, misma que se lee directamente sobre la escala horizontal inferior del mapa.

- Lea directamente sobre los contornos los ángulos de elevación y azimut que deberá tener la antena para la posición geográfica elegida. De ser preciso, recurra a interpolación para leer los resultados con mayor precisión.

No olvide que los resultados anteriores son con respecto al norte geográfico de la tierra, que por cuestiones técnicas, el ángulo de elevación no debe ser menor de los  $10^\circ$ ; y que debe consultarse el contorno de radiación de cada satélite en particular (huella de iluminación o footprint), para asegurar la energía radiada llegue con un nivel de potencia aceptable.

Por último, en la tabla se proporciona la posición de los satélites más importantes que transmiten televisión en la banda C y que pueden ser captados en el continente americano.

**SATÉLITES GEOESTACIONARIOS MÁS IMPORTANTES QUE TRANSMITEN  
TELEVISIÓN EN LA BANDA C.**

| Nombre del satélite. | Posición Longitud oeste | Pot. radiada en mW. |
|----------------------|-------------------------|---------------------|
| Satcom F1R           | 139°                    | 40-110              |
| Galaxy 1             | 134°                    | 45-114              |
| Satcom F3R           | 131°                    | 47.5-115            |
| Telstar 303          | 125°                    | 52.5-122            |
| Westar 5             | 122.5°                  | 55-125              |
| Spacenet 1           | 120°                    | 57.5-130            |
| Morelos 1            | 113.5°                  | 62.5-140            |
| Anik D2              | 110.5°                  | 65-145              |
| Anik D1              | 104.5°                  | 67.5-162            |
| Westar 4             | 99°                     | 68.5-172            |
| Telstar 301          | 96°                     | 67.5-172            |
| Galaxy 3             | 93.5°                   | 67.5-165            |
| Westar 3             | 91°                     | 67.5-155            |
| Telstar 302          | 86°                     | 65-145              |
| Satcom F4            | 83°                     | 62-140              |
| Galaxy 2             | 74°                     | 55-125              |
| Satcom F2R           | 72°                     | 52.5-124            |

5.4.1. TABLA No. 1.

### **5.5 .- MAPAS DE POTENCIA EN dB.**

#### **5.5.1 .- COBERTURAS.**

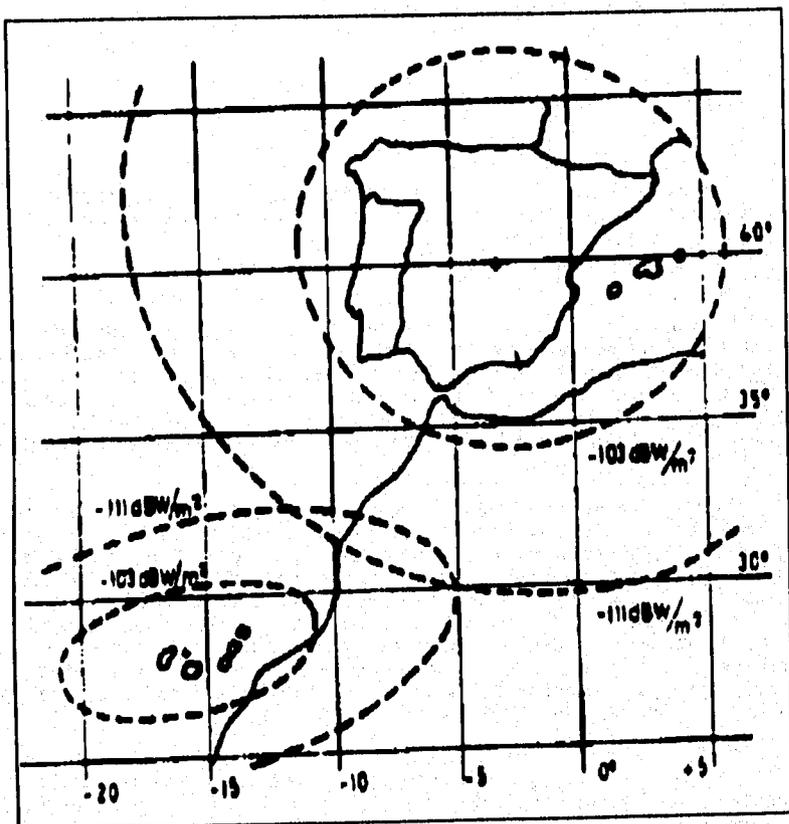
Las frecuencias de la banda de las microondas se propagan en línea recta de la misma forma que el espectro visible, desde los satélites hasta la tierra.

La antena o antenas emisoras del satélite dirigen esa energía electromagnética sobre un área restringida de la tierra, es decir, "iluminan" un sector de la superficie del planeta de forma similar a un foco luminoso proyectando luz. Ese sector, en que el satélite enfoca la señal de microondas para optimizar el rendimiento de la potencia disponible en el satélite, se denomina cobertura o huella.

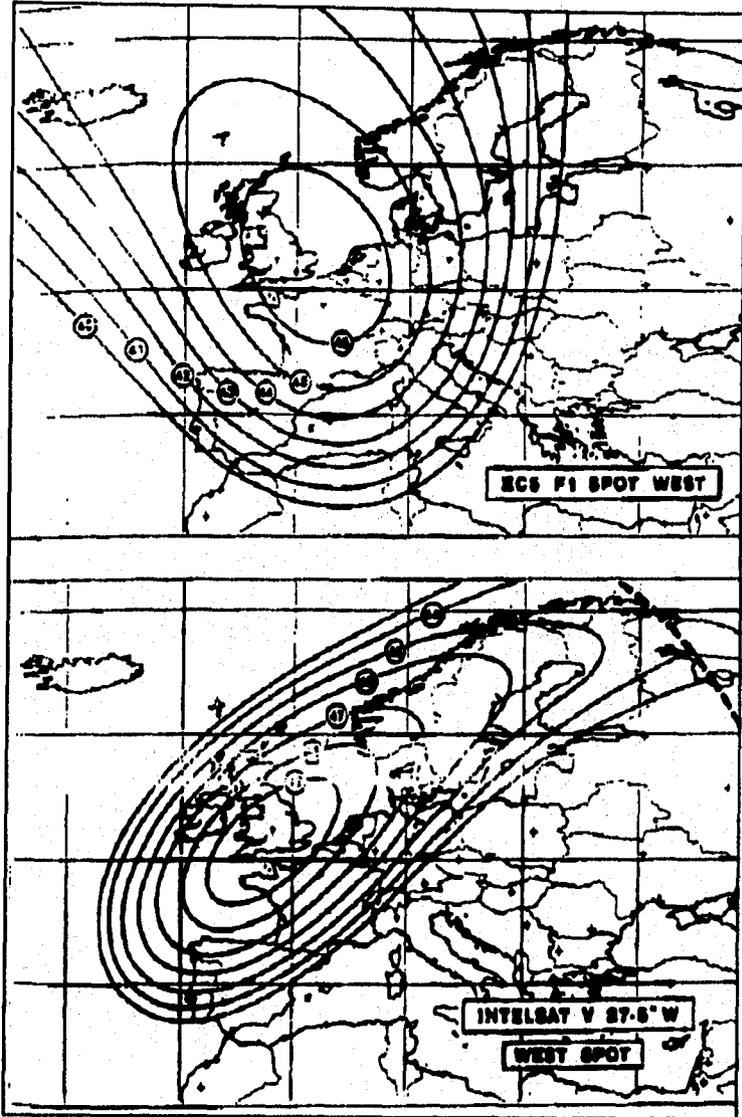
Situar una antena fuera del haz o de la cobertura indicada por el satélite no significa que no se reciba señal, sino que la banda de 11-12 GHz provoca unos haces tan estrechos que el decrecimiento de la señal fuera del haz marcado es muy rápido y no existen garantías de que sea posible la recepción en condiciones de calidad aun utilizando grandes diámetros de antena; en la banda de 4 GHz, se dan algunos casos en que se sobrepasa los límites de la cobertura indicada, como viene ocurriendo en diversos puntos de Centroamérica y América del Sur, en que se han recibido señales de satélites domésticos, Norteamericanos en banda C.

Los satélites domésticos Americanos, también llamados DOMSATS, utilizan una o más antenas con las que dirigen las señales a pequeñas zonas del territorio; por otro lado, los satélites Internacionales/Intercontinentales están preparados con otros servicios además de la televisión, y a menudo emplean distintos tipos de coberturas, cada una con una forma predeterminada y con una potencia distinta. En el centro de cualquier cobertura, es donde existe el nivel más elevado de señal, que va disminuyendo con la distancia respecto a este punto.

Las coberturas de los satélites reflejan los niveles estimados de potencia de las antenas emisoras en base a estudios por computadora realizados en tierra antes del lanzamiento. En la práctica, es sabido que las teorías más elaboradas pueden no corresponderse con la realidad. Los niveles de potencia radiada medida en un punto para un determinado satélite, pueden variar algo respecto a las estimaciones. Para ello existen revisiones periódicas de estas coberturas cuando los satélites están ya operativos, publicándose en la prensa especializada.



5.5.1.1. Cobertura y densidades de potencia radiada para un satélite DBS en español.



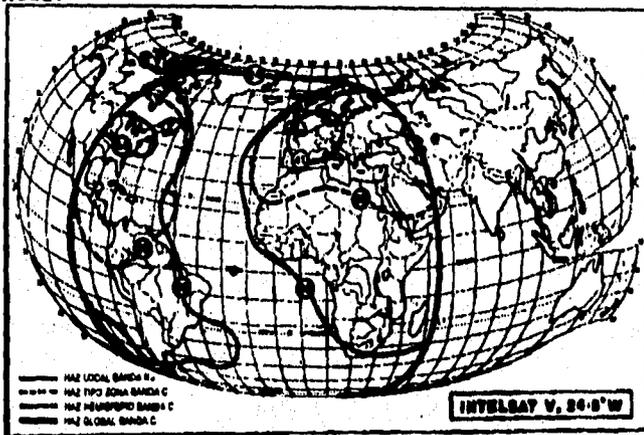
5.5.1.2. Coberturas de EUTELSAT I F-1 e INTELSAT VA F-11 (Haz oeste).

### 5.5.2 .- HACES.

El motivo por el que una cobertura adopta una forma u otra depende del haz de emisión y por ende de la antena emisora; según el tipo de satélites o según el tipo de emisión, hay distintas clases de haces:

GLOBAL.  
HEMISFÉRICO.  
DE ZONA LOCAL.

Esta clasificación está generalizada a cualquier tipo de satélite, básicamente satélites de enlaces intercontinentales y domésticos de 4 GHz. El caso europeo es por el momento más simplificado porque los satélites EUTELSAT o los haces de 11 Ghz de INTELSAT emiten en tipo zona o local, aunque los satélites EUTELSAT poseen el denominado EUROBEAM (Eurohaz), de cobertura continental.



#### 5.5.2.1. Distintos tipos de haces (INTELSAT).

Un haz global presenta una cobertura de un 42.4% de la superficie terrestre, la máxima desde un punto situado en la órbita geostacionaria. Lógicamente, al estar repartida la potencia sobre un área muy extensa, el haz global es el que aporta los menores niveles de señal. Los haces globales son utilizados entre otros por, Argentina, Brasil y Portugal en satélites INTELSAT, INMARSAT e INTERSPUTNIK también utilizan haces globales para transmisión de señales de T.V., radio, telefonía y datos.

Los haces hemisféricos, tienen su razón de ser para las comunicaciones no transoceánicas. Como lo muestra la figura anterior, un haz hemisférico cubre aproximadamente un 20% de superficie del planeta en cualquier dirección. La diferencia de señal obtenida entre el haz global y un haz hemisférico es

obviamente de 3 dB. Usan los haces hemisféricos los satélites INTELSAT y los soviéticos STATIONAR.

Los haces tipo zona ocupan coberturas más reducidas y los haces locales, áreas concretas en los que se requiere un nivel de señal más elevado, ambas con un servicio de ámbito interno de un territorio (INTELSAT IV, IVA y VA, GORIZONT son algunos satélites que disponen de este tipo de haces).

Los satélites EUTELSAT presentan 3 haces locales (haz atlántico, haz oeste, haz este) y muestran la posibilidad de emitir sobre una cobertura continental europea (Eurobeam).

Los satélites DBS emplean haces aún más concentrados (coberturas nacionales) y el proyecto ASTRA (satélites SES de mediana potencia) utilizará un haz europeo conformado.

### 5.5.3 .- POTENCIA ISOTRÓPICA DE RADIACIÓN EFECTIVA (PIRE).

Las coberturas de los satélites muestran una serie de líneas de contorno que indican la caída de señal en función de la distancia al centro de la cobertura, las cifras indican niveles de potencia medidos en dBW; las unidades dBW expresan 10 veces el logaritmo de la potencia nominal medida en watts. Sin embargo, el término PIRE expresa no la potencia de salida del tubo de ondas progresivas del satélite sino la suma de tres elementos:

$$PIRE = P_o - \alpha + G_e (XdBW)$$

donde  $P_o$  : Potencia nominal de salida del tubo de onda progresiva.  
 $\alpha$  : Pérdidas de acoplamiento antena-transmisor.  
 $G_e$  : Ganancia de la antena emisora.

Los valores de PIRE indicados en cualquier cobertura citan cifras de potencia al inicio de la operatividad del satélite y son valores máximos (saturación del transponder). Muchos satélites de la serie INTELSAT en 11 GHz no trabajan al nivel de saturación, por lo que hay que restar un determinado valor de potencia (dBW) al indicado en la cobertura (back off).

De esta forma, un transponder puede trabajar a su potencia nominal (full transponder), es decir, una única portadora ocupa todo el ancho de banda y la potencia de que es capaz de proporcionar, o bien esa potencia y ancho de banda se divide entre dos portadoras o entre una portadora y otros tipos de servicio (half transponder). Los satélites INTELSAT disponen de una muy variada ocupación de transponders.

Los transponders de los actuales canales del satélite EUTELSAT I F-1 están operando prácticamente al nivel de saturación (full transponder), mientras que los canales del satélite INTELSAT VA F-11 lo hacen 4 ó 5 dB por debajo de ese nivel, si exceptuamos el canal CNN que emite por el haz este de ese satélite. El formato half transponder permite situar dos canales de televisión, separados por una banda de guarda en un mismo transponder. La potencia respectiva disminuye como mínimo 4 dB con el fin de evitar intermodulaciones entre ambas portadoras.

Una técnica muy utilizada para aumentar la potencia de salida en el modo de operación a potencia máxima (full transponder), consiste en incrementar la desviación de frecuencia aplicada a la señal de video, aunque ello se traduzca en una pérdida de capacidad del resto del transponder.

**CAPÍTULO VI.**

**PRUEBAS DEL REFLECTOR DE CINCO METROS DE DIÁMETRO PARA LA RECEPCIÓN  
DE TELEVISIÓN VÍA SATELITE.**

## **6. - PRUEBAS DEL REFLECTOR DE CINCO METROS DE DIÁMETRO PARA LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATÉLITE.**

### **6.1 .- INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo de la tesis hablamos de la instalación y orientación de una antena parabólica haciendo incapié en las precauciones que se deben considerar antes de hacer una instalación de este tipo, también hablamos de la secuencia que debe uno de seguir en la instalación y localización de imagen vía satélite, el armado de la antena parabólica, el proceso de centrado del foco, el centrado de polaridad, el ajuste de declinación, el cableado, las precauciones que se deben tener antes de empezar a instalar el equipo, la orientación norte-sur, el ajuste de elevación, la alineación del arco, como obtener hasta el último decibel, el centrado final del alimentador, formas de probar los componentes del equipo. Todo esto es importante considerar ya que al no considerarlo no se logra la recepción de televisión vía satélite.

También proporcionamos información en tablas sobre la situación general de los satélites en la ciudad de México, ángulos de declinación para la República Mexicana, Centro de frecuencias de los canales de satélites, ganancia en decibeles a 3.95 GHz., equivalencias temperatura ruido, pérdidas y tipo de cable coaxial, variación de la portadora-ruido con el tamaño del plato y la temperatura del LNA, azimut y elevación en la República Mexicana y tamaños de cable coaxial recomendado.

Se mencionan algunas formas más comunes para suprimir interferencias en la recepción de televisión vía satélite.

Hacemos una descripción breve de como orientar y calibrar el equipo con el cuál está trabajando la antena, ya que para poder probar éste equipo hubo que ponerlo a funcionar, también describimos como obtuvimos los datos para graficar el lóbulo de recepción del equipo.

Proporcionamos una tabla de diagnóstico de fallas comunes y sus posibles soluciones.

Para poder realizar esta parte de la tesis es necesario tener bien ubicada la orientación de la antena en azimut, latitud, declinación y posición de los satélites, también corregir todos los errores que se pueden presentar, porque de lo contrario no se logra el objetivo que se pretende y en este caso es la recepción de televisión vía satélite.

## **6.2.- INSTALACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LA ANTENA PARABÓLICA.**

### **PRECAUCIONES ANTES DE HACER UNA INSTALACIÓN.**

Lo primero que se debe hacer antes de realizar una instalación es analizar la posibilidad de encontrar alguna interferencia fuerte que pueda lesionar la imagen de manera considerable y pudiera ocasionar problemas futuros.

Existen en el mercado aparatos para detectar las interferencias terrestres llamados LULY, este aparato sin embargo es un aparato caro alrededor de los 900 dólares, tenemos otra opción que es más práctica y más económica. Se ubica uno en el lugar donde se instalará la antena con un receptor, un polarrotor, un LNA, un convertidor y un receptor de TV. Se conectan y se rastrea con el polarrotor en la mano el área de posible recepción del satélite, el barrido en el televisor debe tener un grano delgado, si no existe interferencia fuerte, en caso de que la haya la pantalla se bloqueará y se pondrá en blanco, en caso de que la interferencia sea leve habrá ligeras variaciones en el tamaño del grano, o variaciones en el barrido de la pantalla.

Después de analizar las posibles interferencias, hay que localizar el lugar adecuado para hacer nuestra instalación de la antena tomando en cuenta los siguientes problemas:

a) De que el diámetro de nuestra antena tenga una libertad por lo menos de 1.8 m. de cualquier obstáculo, ejemplo: tinacos, tanques de gas, jaulas de tendaderos, etc.

b) Que el diámetro de la antena tenga libre por lo menos 3 m. de cualquier barda que no supere el metro de altura.

c) Que en la visión del arco no se interpongan árboles, muros o edificios a una distancia mínima de 12 m.

d) Que no exista en el área de observación de satélites transformadores de energía eléctrica, centrales telefónicas o cualquier antena de transmisión ya sea de radio o televisión.

e) Que la base sea colocada a plomo para evitar cambios en los parámetros de medición a la hora de buscar los satélites.

f) Tratar de no perforar las azoteas para evitar filtraciones futuras en las lozas.

g) Tratar de no mezclar el cableado de la antena con el del teléfono o el de la energía eléctrica, ya que esto provoca pequeñas interferencias por inducción.

h) Medir las distancias de la antena hasta el receptor y

que no sobrepasen los 30 m. de longitud para evitar pérdidas en el cableado. En caso de sobrepasar esta distancia, prever el costo de amplificadores de línea cuyo costo aproximado es de 30 dólares.

i) Verificar la distancia de los televisores extra y que estos no sobrepasen la distancia de 30 m. pues en este caso se tendrán que utilizar amplificadores de 70 MHz. cuyo costo aproximado es de 20 dólares.

#### **MANUAL DE INSTALACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE IMAGEN VÍA SATÉLITE.**

a) Armar el LNA y alimentador luego fijarlos en el tripie.

b) Cablear del interior de la casa hacia la antena, dando tolerancia a los cables para que no sufran alguna tensión en el momento de que esta realice movimientos de localización de satélites.

c) Colocar el arillo dorado de ganancia sobre el alimentador (entra a presión).

Los cables necesarios para una antena sin tracker eléctrico son los siguientes:

|   |   |
|---|---|
| 1 | Cable coaxial RG 59.  |
| 1 | Cable triplex rojo, negro y blanco.                             |
| 1 | Cable duplex dorado y plateado en caso de tracker.              |
| 1 | Cable duplex diferente color al anterior del dorado y plateado. |

d) Conectar el convertidor de bajada al LNA por medio de un conector "N" o un jumper.

e) Hacer la conexión del LNA al polarrotor.

f) Conectar el cable coaxial.

g) Conectar el cable de alimentación al convertidor de bajada.

#### **ARMADO DE LA ANTENA.**

a) Conformar y unir la antena en dos mitades, en el caso de ser cuatro u ocho gajos.

b) Colocar el capuchón sobre la base y apretar los prisioneros para evitar el movimiento que dificultará el armado posterior.

c) Colocar el eje polar sobre el capuchón y colocar el

tornillo de sujeción.

d) Colocar en una de las mitades la que corresponde al tacón de declinación la "u" que sujeta al eje polar.

e) Subir una de las mitades y sujetarla con la "u" correspondiente de preferencia al tacón.

f) Subir la segunda mitad y colocar los tornillos del centro hacia las orillas.

g) Aflojar la antena y bajarla hacia uno de los lados y colocar las "L" que sujetarán al tripie, girar las veces que sean necesarias para lograr esto.

h) Sujetar las varillas de sujeción del triángulo del polarrotor y finalmente colocar el triángulo que sujeta al alimentador.

i) Colocar los componentes electrónicos en el triángulo con objeto de hacer el centrado del foco.

#### **CENTRADO DE FOCO.**

Para proceder a centrar el foco, primeramente hay que medir la distancia focal y verificar que este correcta.

Después se colocan dos hilos como si fueran manecillas de un reloj, uno entre el doce y el seis y el otro entre el tres y el nueve de la carátula de un reloj.

Esto tiene dos objetos: uno ver si no esta deformada la antena, cosa que se notará si los dos hilos quedan demasiado tensos o separados en el centro exacto de la antena. Una persona sobre la antena y cerrando un ojo localiza el centro del alimentador con los hilos. realizado esto se procede a centrar la polaridad.

#### **CENTRADO DE POLARIDAD.**

Inclinando la antena hacia el sur, es decir, hacia el lado que se coloca el tensor de declinación, verifique que la aguja del polarrotor quede en posición vertical u horizontal para tener mayor rango en los ajustes finos y que los canales pares e impares tengan igual ganancia.

#### **AJUSTE DE DECLINACIÓN.**

Coloque el tensor de declinación y usando un inclinómetro coloque la declinación según el lugar de la república en que se encuentra (si se tiene duda habrá que verificar en tablas o preguntar en la presidencia municipal la latitud y longitud del lugar). Luego proceder a ajustar la compensación del tacón que corresponda a esa declinación.

### **CABLEADO.**

Para realizar un buen trabajo, es necesario que se sigan las siguientes observaciones:

- 1.- Sujetar los cables por los muros o techos para evitar tropozones o jalones en el cable que pudieran fracturarlo.
- 2.- Las conexiones tanto en la antena como en el aparato deben ser limpias, que no tengan tierra o falso contacto, para evitar problemas a la hora de la orientación.
- 3.- Nunca conectar a corriente un equipo hasta no tener toda la instalación completa.
- 4.- Dejar las holguras en los cables para que a la hora de girar la antena el cable no se fracture.
- 5.- Verificar por medio de un multímetro la continuidad del cableado.
- 6.- Identificar cada uno de los cables de manera que no se hagan conexiones equivocadas que provoquen daños al equipo.
- 7.- Pruebe todas las conexiones una vez más antes de conectar el equipo.

### **PRECAUCIONES ANTES DE EMPEZAR A INSTALAR EL EQUIPO.**

- 1.- Verificar que el televisor este modulado correctamente en el canal tres.
- 2.- Verificar en la parte posterior del equipo que el interruptor de modulación este en el canal tres.
- 3.- Llevar transformadores de 75 a 300 ohmios, que serán necesarios si el televisor es antiguo y no tiene conectores tipo "f".

### **ORIENTACIÓN NORTE-SUR.**

El soporte debe estar alineado con el eje terrestre norte-sur para poder detectar todos los satélites en el arco visible. Esto es fácil de entender imaginándose la antena sobre el Ecuador. Esta será capaz de explorar el círculo de satélites sobre el cielo, sólo si se gira sobre un círculo alineado con el centro de la tierra.

Casi todas las antenas tienen un plano sobre la base que se puede usar como referencia visual.

Una brújula de mano con punto de mira es el instrumento más eficaz para alinearse en este plano. No olvidar efectuar la corrección necesaria por la desviación magnética y girar el plato al este del sur magnético en una cantidad correspondiente a la

latitud del lugar. por ejemplo la ciudad de México tiene una desviación magnética de 7.5°.

### AJUSTE DE ELEVACIÓN.

Para lograr una rápida localización es necesario colocar el ángulo de elevación de la antena en un satélite de buena recepción de preferencia el Galaxy 1, por ejemplo en el caso de la ciudad de México el ángulo de elevación es de 45°.

### ALINEACIÓN DEL ARCO.

Si todas las mediciones y parámetros de la antena han sido los correctos al encender el equipo se encontrará alguna señal, en el caso contrario, gire hacia la derecha o hacia la izquierda no sobrepasando la orientación sur un máximo de 15°, si aun así no se ha logrado vuelva a poner su desviación magnética y pruebe girando la antena con el brazo actuador hasta el centro del arco, si no localiza algún satélite pruebe con el resto del arco. Si sigue teniendo problemas de localización vuelva a hacer sus mediciones con todo cuidado para ver si no hay errores e intente todo el procedimiento nuevamente. Si aun así no se localiza algún satélite es necesario comprobar el LNA, el convertidor y el equipo, e intentar nuevamente.

Va localizado el primer satélite, tenemos que ir subiendo nuestro arco haciendo correcciones girando nuestra antena hasta lograr imagen en el satélite Westar 4 que esta localizado aproximadamente en el centro del arco.

En este punto corregiremos el ángulo de compensación del tacón de declinación, empujando hacia arriba y hacia abajo la antena y subiendo y bajando el tacón hacia donde se necesite y se encuentre mejor señal, hecho esto, se sugiere buscar satélites hasta llegar al Spacenet 2 ahí se usará un sistema de este-oeste muy sencillo.

Marque una raya en el capuchón y en la base de la antena después de haber girado para lograr la mejor imagen en el Spacenet 2, llevar la antena hasta el Galaxy 1 y girar hasta lograr la mejor imagen, marcar en la base y en el capuchón otra raya, colocar la antena a la mitad de las dos rayas y ahí hacer ajustes de tacón en el Westar 4.

Para mayor facilidad en la revisión del arco se proporciona una lista de canales activos fuertes:

|        |        |         |        |        |        |
|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| F-1 17 | G-1 20 | F-3 3   | T-3 19 | W-5 2  | S-1 15 |
| M-1 2  | W-4 6  | T-1 7   | G-3 10 | T-2 15 | F-4 1  |
| G-2 10 | F-2 22 | S-2 10. |        |        |        |

**Notas:** Muchos receptores tienen un control de exploración en su sintonizador, hace aparecer todos los canales en la pantalla rápidamente uno tras otro, resultando esto muy útil para localizar los transmisores-respondedores activos. Si el plato se mueve lentamente a través del arco, aparecerán todos los canales de cada satélite rápidamente en la pantalla.

Tan pronto como se aparezca algo distinto a ruido blanco,

detenga el plato, desactive la exploración y busque una imagen sintonizando los 24 canales. Todo lo que hace falta para comenzar el ajuste final es una imagen por vaga que sea. Si el receptor no cuenta con un explorador automático, consulte la guía de programación y elija un canal activo en uno de los satélites que este transmitiendo durante la instalación.

A continuación, apunte el plato lo mejor que pueda al satélite y comience la búsqueda.

Si el medidor de la intensidad de la señal en el receptor ha llegado al máximo, normalmente esta puede ajustarse a una sensibilidad menor por medio de un botón en el panel frontal o ajustando un potenciómetro interior o en el panel posterior. Estos ajustes pueden resultar insuficientes para bajar la sensibilidad del medidor cuando las pruebas se efectúan en el plato con cables muy cortos. Casi todos los medidores incorporados en los receptores vienen ajustados para compensar por pérdidas producidas en un cable coaxial típico de 30 mm.

#### **COMO OBTENER HASTA EL ÚLTIMO DECIBEL.**

El plato se puede orientar observando la pantalla de TV y luego ajustando para lograr la mejor imagen en uno de los transmisores-respondedores más débiles del arco, este puede ser un buen método, pero se puede lograr una orientación más precisa con instrumentos de precisión más sensitivos logrando así un mejor uso del equipo.

La estrategia más sencilla es apuntar primero al arco de la mejor forma posible como se describe en la tabla 4 a la 10, empleando un monitor o televisión. Entonces se puede observar la intensidad de la señal con un instrumento más sensitivo para poder llevar a cabo ajustes más finos en la posición del alimentador, el ángulo del eje polar y el ángulo de declinación, si es necesario. Otra alternativa es utilizar este instrumento de sintonización fina para apuntar al arco de satélites junto con un televisor desde el principio. Se puede elegir entre las dos alternativas según el gusto personal, los medidores de intensidad de la señal incorporados en los aparatos receptores suelen ser aparatos relativamente toscos, no aptos para efectuar los ajustes necesarios para obtener ese último decibel. Como los instrumentos para medir los niveles de intensidad de las microondas son muy caros, no se puede tomar una muestra de la salida del LNA, o del convertidor descendente. Pero hay aparatos para medir la intensidad de señal una vez que las señales han sido convertidas a la gama de frecuencias intermedias. El primero que salió al mercado fué un adaptador llamado "Cabeza RF" o un detector de nivel de la portadora que se conectaba a un voltímetro corriente proporcionando a este aparato la habilidad de detectar señales de 70 MHz. (El modelo "82RF" de John Fluke Manufacturing fué el primero).

Para señales de 70 MHz. no se puede emplear un voltímetro pues esta concebido para detectar señales de frecuencia mucho menores, ni un medidor de intensidad de campo que detecta las señales de AM en un sistema de televisión por cable y la "Cabeza de RF" no puede medir señales que tengan frecuencias muy superiores a 70 MHz.

Esto descarta su empleo con receptores de conversión descendente en bloques cuyos convertidores transmiten frecuencias intermedias excediendo los 450 MHz.

Hoy en día hay tres instrumentos para detectar los niveles de intensidad de la señal en la salida de un convertidor descendente. El "Tweaker 2" tiene escalas con sensibilidad ajustables desde 0 hasta -64 dBm. para medir potencia. El "Squawker" tiene una escala digital de sensibilidad variable para medir intensidades de -7 a -40 dBm y también cuenta con un tono audible cuya frecuencia aumenta con la intensidad de la señal. La escala digital permite una mayor precisión en la lectura de las intensidades que en una escala analógica. El "Satfinder" es una cabeza de RF y requiere un multímetro para su operación. A diferencia de los dos primeros, no funciona con pilas, si no que necesita conexión a la red de corriente continua.

#### **CENTRADO FINAL DEL ALIMENTADOR.**

Para comenzar a rastrear con el plato es necesario que ya se haya concluido el centrado del alimentador. No obstante, antes de seguir adelante, conviene regularlo por última vez, para tratar de mejorar la recepción aun más. Si el alimentador queda exactamente en el "centro de fase" al que se enfocan todas las señales, la calidad de la imagen será máxima.

Cualquier desplazamiento del conjunto de su posición correcta reducirá las ganancias y aumentará los lóbulos laterales en detrimento de la calidad de la imagen.

Al mover el conjunto alimentador hacia el plato, la potencia de la señal disminuye con respecto a la de los lóbulos laterales, lo que produce una pérdida de fuerzas de la señal. Si se le aleja del plato, la razón de potencia señal y lóbulos laterales también disminuye; sin embargo, en este caso la fuerza de la señal generalmente aumenta por lo que incorpora el ruido adicional que se capta del suelo circundante.

Si se tiene en cuenta esos efectos y se observan antena, simultáneamente la imagen y el medidor de la intensidad de la señal, el alimentador puede ser ubicado con exactitud en el centro de la fase. La mejor calidad de la imagen justificará ampliamente el esfuerzo.

Una mala alineación del alimentador puede ocasionar la pérdida de hasta dos decibeles de señal. Esto equivale a reducir el rendimiento de una antena de 10 pies al de una de 8 pies, es decir, el rendimiento se reduce en un 20%.

Además de centrar el alimentador y de fijar correctamente la distancia focal, se debe tener cuidado de no girar el cuerpo del alimentador con respecto a la cara del plato. Esto puede ocasionar pérdida adicional de ganancia por sombreado y mala alimentación.

Muchos fabricantes fijan el largo focal de manera que no se pueda regular. Con esto se simplifica y acelera la instalación, pero se pierde la ventaja de un afinamiento del centrado.

### **FORMAS DE PROBAR LOS COMPONENTES DEL EQUIPO.**

Lo mejor es probar todo el equipo electrónico en un laboratorio uno por uno con una antena que se sabe que funciona bien antes de salir al lugar de la instalación. La media hora que se emplee en hacer esto evitará muchos dolores de cabeza posteriormente.

Con alternativa se puede usar un simulador de señal que transmite una carta de ajuste con barras de color de la banda C. Tiene una pequeña antena que al apuntarla al plato causará que se vean barras de color en el monitor.

Si no se ven estas barras, se puede aislar el componente defectuoso o la mala conexión con un simple procedimiento de diagnóstico.

Si se ven las barras de color, se podrá apuntar la antena al arco de satélites con tranquilidad.

De no emplearse estos métodos, hay otro tipo de pruebas para verificar el funcionamiento del nuevo equipo con anterioridad al ajuste final.

Primero, hay que asegurarse de que el televisor está sintonizado al mismo canal que al modulador (normalmente los canales 3 o 4). Si es necesario, se puede comprobar el funcionamiento del televisor sintonizando un canal local "al aire". Asegúrese de que hay un cable coaxial conectado entre la entrada VHF del televisor y la salida de RF del receptor.

Ponga el selector de audio en la posición mono si hay una opción entre este y el estéreo.

Si se desconecta el cable que va desde el convertidor descendente hasta la entrada del receptor y el televisor están encendidos, la pantalla debe tornarse totalmente negra o vacía en blanco, de lo contrario, el receptor tiene un cortocircuito o el cable que los interconecta está roto.

Siempre hay que apagar y desconectar el receptor antes de conectar o desconectar un componente, para evitar los daños que se pueden causar al cortocircuitar un conductor central a tierra.

A continuación se ha de conectar el convertidor descendente y desconectar el cable entre el LNA y el convertidor. Se deberá de oír un poco de ruido y zumbidos de audio en el televisor, de lo contrario algo anda mal en el convertidor descendente.

Finalmente, conectar el LNA. La pantalla deberá de quedar llena de un ruido blanco y emitir un zumbido fuerte. Si esto no ocurre, el LNA está averiado o no está recibiendo energía desde el receptor. Algunos convertidores descendentes requieren que se conecte un puente para que el LNA reciba energía.

Otra alternativa consiste en utilizar un movimiento para comprobar que existen los 15 a 24 volts apropiados de CC en la salida del receptor y en la entrada del convertidor. Si se comprueban estos valores, los componentes tal vez son buenos.

A continuación para comprobar que el voltaje que llega al LNA es adecuado. Para hacerlo hará falta un bifurcador de corriente continua pasivo que le permita pasar en ambas direcciones. Si no llega la corriente al LNA el convertidor descendente puede estar averiado.

**TABLA No. 1**  
**SITUACIÓN GENERAL DE LOS SATÉLITES EN LA CIUDAD DE MÉXICO.**

**LATITUD:** 19.4  
**LONGITUD:** 99.1  
**MAGNETIC DEC:** 7.5 EAST.  
**SENIITH:** 22.75  
**AXIS:** 19.87

| <b>SATÉLITE.</b> | <b>ASIMUTH.</b> | <b>ELEVACIÓN.</b> | <b>EXTM.</b> |
|------------------|-----------------|-------------------|--------------|
| SATCOM 1         | 248.33          | 39.68             | 50.32        |
| GALAXY 1         | 244.54          | 44.49             | 45.51        |
| SATCOM 3         | 241.91          | 47.33             | 42.67        |
| TELSTAR 3        | 235.63          | 52.81             | 37.19        |
| WESTAR 5         | 232.49          | 54.99             | 35.01        |
| SPACENET 1       | 228.98          | 57.07             | 32.93        |
| MORELOS 1        | 217.7           | 61.93             | 28.07        |
| ANIK D           | 195.89          | 66.43             | 23.57        |
| WESTAR 4         | 179.7           | 67.25             | 22.75        |
| TELSTAR 1        | 170.74          | 66.98             | 23.02        |
| GALAXY 3         | 163.55          | 66.37             | 23.63        |
| TELSTAR 2        | 148.28          | 63.67             | 26.33        |
| SATCOM 4         | 139.01          | 60.76             | 29.24        |
| GALAXY 2         | 125.34          | 53.51             | 36.49        |
| SATCOM 2         | 122.99          | 51.74             | 38.26        |

**AVERAGE ERROR = 0.0003**

**MAXIMIN ERROR = 0.0016.**

**TABLA No. 2**  
**ÁNGULOS DE DECLINACIÓN PARA LA REPÚBLICA MEXICANA.**

| <b>LAT.CDAD.</b> | <b>EJE POLAR.</b> | <b>DECLINACIÓN.</b> |
|------------------|-------------------|---------------------|
| 17               | 17                | 2.79                |
| 18               | 18                | 2.95                |
| 19               | 19                | 3.12                |
| 20               | 20                | 3.28                |
| 21               | 21                | 3.44                |
| 22               | 22                | 3.60                |
| 23               | 23                | 3.76                |
| 24               | 24                | 3.92                |
| 25               | 25                | 4.07                |
| 26               | 26                | 4.23                |
| 27               | 27                | 4.38                |
| 28               | 28                | 4.53                |
| 29               | 29                | 4.67                |
| 30               | 30                | 4.82                |
| 31               | 31                | 4.96                |
| 32               | 32                | 5.10                |
| 33               | 33                | 5.24                |

**TABLA No. 3**  
**CENTRO DE FRECUENCIA DE LOS CANALES DE SATÉLITES.**

| <b>CANAL.</b> | <b>FRECUENCIA</b><br><b>(MHz).</b> | <b>CANAL.</b> | <b>FRECUENCIA</b><br><b>(MHz).</b> | <b>CANAL.</b> | <b>FRECUENCIA</b><br><b>(MHz).</b> |
|---------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|
| 1             | 3720                               | 9             | 3880                               | 17            | 4040                               |
| 2             | 3740                               | 10            | 3900                               | 18            | 4060                               |
| 3             | 3760                               | 11            | 3920                               | 19            | 4080                               |
| 4             | 3780                               | 12            | 3940                               | 20            | 4100                               |
| 5             | 3800                               | 13            | 3960                               | 21            | 4120                               |
| 6             | 3820                               | 14            | 3980                               | 22            | 4140                               |
| 7             | 3840                               | 15            | 4000                               | 23            | 4160                               |
| 8             | 3860                               | 16            | 4020                               | 24            | 4180                               |

**TABLA No. 4**  
**GANANCIA EN DECIBELES A 3.95 GHS.**

| <b>DIÁMETRO.</b> | <b>100%</b> | <b>80%</b> | <b>70%</b> | <b>50%</b> | <b>30%</b> |
|------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 5.0              | 36.1        | 35.2       | 34.6       | 33.9       | 33.1       |
| 6.0              | 37.7        | 36.7       | 36.2       | 35.5       | 34.7       |
| 7.0              | 39.1        | 38.1       | 37.5       | 36.8       | 36.0       |
| 8.0              | 40.2        | 39.2       | 38.7       | 38.0       | 37.2       |
| 9.0              | 41.2        | 39.3       | 39.7       | 39.0       | 38.2       |
| 10.0             | 42.2        | 41.2       | 40.6       | 39.9       | 39.1       |
| 12.0             | 43.7        | 42.8       | 42.2       | 41.5       | 40.7       |
| 16.0             | 47.5        | 46.4       | 46.2       | 45.5       | 44.2       |

**TABLA No. 5**  
**EQUIVALENCIAS TEMPERATURA RUIDO.**

| <b>TEMPERATURA.</b> | <b>RUIDO.</b> |
|---------------------|---------------|
| 55                  | 0.785         |
| 60                  | 0.819         |
| 65                  | 0.881         |
| 70                  | 0.942         |
| 75                  | 1.002         |
| 80                  | 1.061         |
| 90                  | 1.120         |
| 95                  | 1.177         |

**TABLA No. 6**  
**PÉRDIDAS Y TIPO DE CABLE COAXIAL.**

| <b>TIPO DE CABLE.</b> | <b>MODELO.</b> | <b>TIPO DE FUNDA.</b>       | <b>ATENÚACIÓN (Db-30 m.) 400 MHz.</b> | <b>ATENÚACIÓN (Db-30 m.) 900 MHz.</b> |
|-----------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| RG-6                  | 8228           | LAMINA Y ALAMBRE.           | 4.5                                   | 6.9                                   |
| RG-6                  | 9248           | LAMINA Y TRENZADO DE COBRE. | 4.5                                   | 6.9                                   |
| RG-11                 | 9230           | LAMINA Y ALAMBRE.           | 3.2                                   | 5.2                                   |
| RG-11                 | 9292           | LAMINA Y TRENZADO DE COBRE. | 3.2                                   | 5.2                                   |
| RG-59                 | 8241           | 95% DE COBRE.               | 7.1                                   | 10.9                                  |
| RG-59                 | 9275           | LAMINA Y ALAMBRE.           | 5.4                                   | 8.4                                   |

**TABLA No. 7**  
**VARIACIÓN DE LA PORTADORA-RUIDO CON EL TAMAÑO DEL PLATO Y LA**  
**TEMPERATURA DEL "LNA".**

| <b>GANANCIA DE LA ANTENA.</b> | <b>DIÁMETRO EN PIES.</b> | <b>22</b> | <b>75</b> | <b>82</b> | <b>92</b> | <b>100</b> |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 35.54                         | 6                        | 7.82      | 7.41      | 7.03      | 6.86      | 6.52       |
| 36.88                         | 7                        | 9.16      | 8.75      | 8.37      | 8.20      | 7.86       |
| 38.04                         | 8                        | 10.32     | 9.91      | 9.53      | 9.36      | 9.02       |
| 39.06                         | 9                        | 11.34     | 10.93     | 10.55     | 10.38     | 10.04      |
| 39.98                         | 10                       | 12.26     | 11.85     | 11.47     | 11.30     | 10.96      |
| 41.18                         | 12                       | 13.46     | 13.05     | 12.67     | 12.50     | 12.16      |
| 43.68                         | 16                       | 15.96     | 15.55     | 15.17     | 15.00     | 14.66      |

**TABLA No. 8**  
**ASIMUT Y ELEVACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA.**

| <b>CIUDADES PRINCIPALES.</b> | <b>MORELOS<br/>PI<br/>ASIMUT</b> | <b>MORELOS<br/>PI<br/>ELEVACIÓN</b> | <b>GALAXY 1<br/>ASIMUT</b> | <b>GALAXY 1<br/>ELEVACIÓN</b> |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| AGUASCALIENTES.              | 208.1                            | 61.5                                | 240.0                      | 45.3                          |
| MEXICALI.                    | 176.3                            | 52.0                                | 213.3                      | 46.6                          |
| LA PAZ.                      | 188.0                            | 61.6                                | 228.5                      | 50.4                          |
| CAMPECHE.                    | 231.4                            | 55.0                                | 251.0                      | 35.0                          |
| TUXTLA GUTIÉRREZ.            | 232.0                            | 59.5                                | 252.1                      | 38.8                          |
| CHIHUAHUA.                   | 195.4                            | 55.6                                | 229.2                      | 43.9                          |
| SALTILLO.                    | 207.3                            | 57.2                                | 237.5                      | 42.0                          |
| COLIMA.                      | 207.5                            | 64.9                                | 241.5                      | 48.1                          |
| MÉXICO.                      | 217.8                            | 62.0                                | 245.5                      | 43.6                          |
| DURANGO.                     | 200.8                            | 60.2                                | 235.2                      | 46.0                          |
| GUANAJUATO.                  | 210.9                            | 61.5                                | 241.5                      | 44.7                          |
| CHILPANCIINGO.               | 219.5                            | 64.0                                | 247.1                      | 44.9                          |
| PACHUCA.                     | 217.2                            | 61.1                                | 244.8                      | 43.0                          |
| GUADALAJARA.                 | 206.5                            | 63.2                                | 240.0                      | 47.0                          |
| TOLUCA.                      | 216.8                            | 62.5                                | 245.1                      | 44.2                          |
| MORELIA.                     | 213.0                            | 63.1                                | 243.4                      | 45.4                          |
| CUERNAVACA.                  | 218.3                            | 62.5                                | 245.9                      | 43.9                          |
| TEPIC.                       | 202.2                            | 63.0                                | 237.6                      | 47.9                          |

| <b>CIUDADES PRINCIPALES.</b> | <b>NOBELLOS<br/>E1<br/>AZIMUT</b> | <b>NOBELLOS<br/>E1<br/>ELEVACIÓN</b> | <b>GALAXY 1<br/>AZIMUT</b> | <b>GALAXY 1<br/>ELEVACIÓN</b> |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| MONTERREY.                   | 208.3                             | 56.4                                 | 237.8                      | 41.2                          |
| OAXACA.                      | 225.4                             | 62.2                                 | 249.4                      | 42.2                          |
| PUEBLA.                      | 219.9                             | 61.6                                 | 246.4                      | 42.8                          |
| QUERÉTARO.                   | 213.6                             | 61.7                                 | 243.1                      | 44.2                          |
| CHETUMAL.                    | 236.0                             | 54.0                                 | 253.4                      | 33.3                          |
| SAN LUIS POTOSÍ.             | 210.4                             | 60.4                                 | 240.7                      | 43.9                          |
| CULIACÁN.                    | 194.1                             | 60.3                                 | 231.2                      | 47.9                          |
| HERMOSILLO.                  | 185.1                             | 55.8                                 | 222.4                      | 47.0                          |
| VILLAHERMOSA.                | 230.4                             | 58.4                                 | 251.1                      | 38.1                          |
| CIUDAD VICTORIA.             | 212.6                             | 57.9                                 | 241.0                      | 41.4                          |
| JALAPA.                      | 221.7                             | 60.1                                 | 246.8                      | 41.2                          |
| MÉRIDA.                      | 231.2                             | 53.3                                 | 250.6                      | 33.6                          |
| ZACATECAS.                   | 206.2                             | 60.6                                 | 238.5                      | 48.1                          |

**TABLA No. 9  
TAMAÑOS DE CABLE COAXIAL RECOMENDADO.**

| <b>MÁXIMA FRECUENCIA APROVECHABLE<br/>(SIN AMPLIFICACIÓN).</b> | <b>LONGITUD DEL CABLE (EN PIES).</b> |            |            |
|--|--------------------------------------|------------|------------|
|  | <b>80</b>                            | <b>150</b> | <b>300</b> |
| 70 MHz   | RG-59                                | RG-59      | RG-6       |
| 950 MHz  | RG-6                                 | RG-6       | RG-11      |
| 1450 MHz   | RG-6                                 | RG-6       | RG-11      |

### **6.3 .- SUPRESIÓN DE INTERFERENCIAS EN LA RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN VÍA SATÉLITE.**

Estos métodos son utilizados normalmente porque se diseñan platos que son demasiado planos o el diseño es para zonas rurales por donde no hay cables de alta tensión ni estaciones telefónicas.

Algunos de los métodos más comunes para evitar las interferencias en la recepción de televisión vía satélite son:

a) El utilizar malla de alambre ya sea de fierro o de aluminio con orificios pequeños, haciendo un círculo de solera o tubular del perímetro del plato reflector y uniendo este al perímetro del plato reflector mediante soleras o tubulares de 15 y hasta 30 cm de altura, para después fijar la malla en toda la periferia del parabolóide.

b) El utilizar malla de alambre ya sea de fierro o de aluminio con orificios pequeños, haciendo un círculo de solera del perímetro del polarrotor y uniendo este al perímetro del polarrotor mediante soleras de 10 y hasta 20 cm de altura, para después fijar la malla en toda la periferia del polarrotor.

c) El utilizar malla de alambre ya sea de fierro o de aluminio con orificios pequeños, en todo el perímetro del plato reflector y en todo el perímetro del polarrotor de la forma como se describe en el inciso (a) y el inciso (b) a la par.

d) Otros utilizan un reflector parabólico en el punto focal quedando el diseño como hiperbólico y a lo largo del eje de simetría de ambos reflectores y entre estos se coloca el LNA O LNB, con esto se evita tanto la interferencia externa, como el tener que colocar en la punto exacto el amplificador de bajo nivel de ruido.

Estos métodos son los que normalmente vemos cuando visitamos o vivimos en grandes ciudades como son el Distrito Federal, Guadalajara y en otras ciudades demasiado grandes.

#### 6.4 .- PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DEL DISCO.

Para poder realizar las pruebas del equipo tuvimos que programar el equipo de recepción realizando los siguientes pasos:

a) conectamos y encendimos el receptor y la televisión.

b) En el control remoto oprimimos la tecla este (◀ E) hasta que marcó que el actuador estaba en su límite fijado por el fabricante, luego dimos 10 pulsos en el control hacia el oeste (W ▶), posteriormente oprimimos por 10 segundos la tecla MENU del control, apareciendo la siguiente pantalla antes de los 10 segundos.

```
MAIN MENU
1 QUIKTUNE
2 REPROGRAM SATELLITE
3 LOCK/UNLOCK CHANNEL
4 CHANGE PASSWORD
5 FRONT PANEL (MED)
6 SCAN TYPE (NORM)
7 TIME SET
*USE #,VIEW
```

A los diez segundos apareció la siguiente pantalla:

```
INSTALLATION MENU
1 PROGRAM SATELLITES
2 RF CONFIGURE
3 GLOBAL SHIFT
4 SET DISH LIMITS
5 DIRECT SAT KEY SET
6 MASTER RESET
7 CLOCK SET
*USE #,VIEW
```

De esta pantalla oprimimos la tecla 4 del control y apareció la siguiente pantalla:

```
DISH LIMIT SET
1 EAST LIMIT (****)
2 WEST LIMIT (****)
3 CLEAR EAST LIMIT
4 CLEAR WEST LIMIT

DISH AT ( 4378)
*USE #,MENU
```

Oprimimos la tecla 1 del control y apareció la siguiente pantalla:

```
DISH LIMIT SET

1 EAST LIMIT (4378)
2 WEST LIMIT (****)
3 CLEAR EAST LIMIT
4 CLEAR WEST LIMIT

DISH AT (4378)

*USE #,MENU
```

c) Oprimimos la tecla MENU del control y apareció nuevamente la segunda pantalla, en esta pantalla oprimimos la tecla 1 del control y apareció la siguiente pantalla:

```
PROGRAM SATELLITES

1 ADD/UPDATE SATELLITES
2 PROGRAM A SATELLITE
3 CLARKARK
4 DELETE SATELLITE
5 RESYNC SATELLITES

*USE #,MENU
```

d) Oprimimos la tecla 1 en el control y apareció la siguiente pantalla:

```
ADD/UPDATE SATELLITE

C-BAND
C5 AURORA-2 139.0 N
F1 SATCOM-C1 137.0 I
F4 SATCOM-C4 135.0 N
G1 GALAXY-1 133.0 I
F3 SATCOM-C3 131.0 N
A1 ASC-1 128.0 I
G5 GALAXY-5 125.0 I
*USE ▲,▼,◀,▶,CALL,MENU
```

Luego oprimimos la tecla del control hacia el oeste (W ►) para cambiar de hoja y ver si los satélites que se pueden observar en México estaban programados, tuvimos que programar algunos en la hoja que apareció de la siguiente forma:

```

ADD/UPDATE SATELLITE
                C-BAND
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
** ***** **.* **
*USE ▲,▼,◀,▶, SETUP, ENTER

```

e) Oprimiendo la tecla del control con el cambio de canales hacia arriba o hacia abajo nos posicionamos en el primer renglón luego oprimimos la tecla SETUP, pusimos las siglas del satélite también con las teclas de cambio de canal hacia arriba o hacia abajo, hasta encontrar la primera sigla, luego cambiamos de columna con la tecla W ► y repetimos el procedimiento cuantas veces fué requerido hasta completar la información necesaria, Una vez completada la información oprimimos la tecla del control ENTER. Lo mismo hicimos con cada uno de los satélites que no estaban programados cambiando de renglón cada vez que fué necesario.

f) oprimimos la tecla al oeste (W ►) hasta que apareciera en la pantalla de televisión que llegamos al límite del actuador fijado por el fabricante, luego dimos 10 pulsos en el control hacia el este (◀ E), posteriormente oprimimos por 10 segundos la tecla MENU del control, apareciendo la siguiente pantalla:

```

INSTALLATION MENU
1 PROGRAM SATELLITES
2 RF CONFIGURE
3 GLOBAL SHIFT
4 SET DISH LIMITS
5 DIRECT SAT KEY SET
6 MASTER RESET
7 CLOCK SET
*USE #,VIEW

```

De esta pantalla oprimimos la tecla 4 del control y apareció la siguiente pantalla:

```

DISH LIMIT SET

1 EAST LIMIT (4378)
2 WEST LIMIT (****)
3 CLEAR EAST LIMIT
4 CLEAR WEST LIMIT

DISH AT (5081)

*USE #,MENU

```

Oprimimos la tecla 2 del control y apareció la siguiente pantalla:

```
DISH LIMIT SET
1 EAST LIMIT (4378)
2 WEST LIMIT (5081)
3 CLEAR EAST LIMIT
4 CLEAR WEST LIMIT

DISH AT (5081)

*USE #,MENU
```

g) Oprimimos la tecla MENU del control y apareció nuevamente la pantalla:

```
INSTALLATION MENU
1 PROGRAM SATELLITES
2 RF CONFIGURE
3 GLOBAL SHIFT
4 SET DISH LIMITS
5 DIRECT SAT KEY SET
6 MASTER RESET
7 CLOCK SET

*USE #,VIEW
```

h) Luego oprimimos la tecla del control VIEW y apareció la pantalla en azul, orientamos la antena con la tecla ◀ E para localizar el primer satélite, una vez que se vió en forma regular oprimimos la tecla del control MENU y apareció la siguiente pantalla:

```
MAIN MENU
1 QUIKTUNE
2 REPROGRAM SATELLITE
3 LOCK/UNLOCK CHANNEL
4 CHANGE PASSWORD
5 FRONT PANEL (MED)
6 SCAN TYPE (NORM)
7 TIME SET

*USE #,VIEW
```

En esta pantalla oprimimos la tecla 1 del control y apareció una pantalla similar a la siguiente:

```
GALAXY-5      G5-4
QUIKTUNE IN PROGRESS
SKEW (-45)
DISH AT (4926)
*USE CNCL
```

luego vimos en la pantalla las imágenes más nítidas que al inicio, luego oprimimos la tecla MENU del control durante 10 segundos apareciendo antes de los diez segundos la primera pantalla y a los diez segundos la siguiente pantalla:

```
INSTALLATION MENU
1 PROGRAM SATELLITES
2 RF CONFIGURE
3 GLOBAL SHIFT
4 SET DISH LIMITS
5 DIRECT SAT KEY SET
6 MASTER RESET
7 CLOCK SET
*USE #,VIEW
```

De la cual seleccionamos en el control la tecla 1 y apareció la siguiente pantalla:

```
PROGRAM SATELLITES
1 ADD/UPDATE SATELLITES
2 PROGRAM A SATELLITE
3 CLARKARK
4 DELETE SATELLITE
5 RESYNC SATELLITES
*USE #,MENU
```

De esta pantalla seleccionamos mediante el control el número 3, apareciendo la siguiente pantalla:

**CLARKARK**

1 FIRST SAT (\*\*)  
2 SECOND SAT (\*\*)  
3 START CLARKARK

\*USE #,▲,▼,MENU

Oprimos la tecla 1 del control, mediante las teclas de cambio de canal y la tecla W ► pusimos las siglas, F1 apareciendo la pantalla de la siguiente forma:

**CLARKARK**

1 FIRST SAT (F1)  
2 SECOND SAT (\*\*)  
3 START CLARKARK

\*USE #,▲,▼,MENU

1) Localizamos hacia el este el segundo satélite de la Órbita Geosíncrona o Cinturón de Klarke, siendo éste el F4 afinamos la señal de la misma forma que el primer satélite e hicimos que apareciera la siguiente pantalla:

**CLARKARK**

1 FIRST SAT (F1)  
2 SECOND SAT (F4)  
3 START CLARKARK

\*USE #,▲,▼,MENU

En ésta pantalla mediante el control seleccionamos el número 3 y el actuador automáticamente se comenzó a mover a cada uno de los satélites quedando en memoria del receptor los que se lograron recibir.

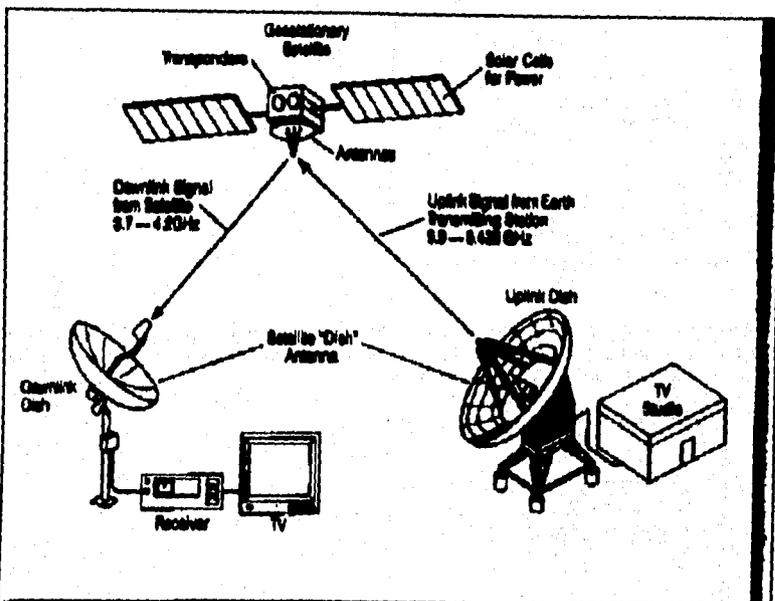
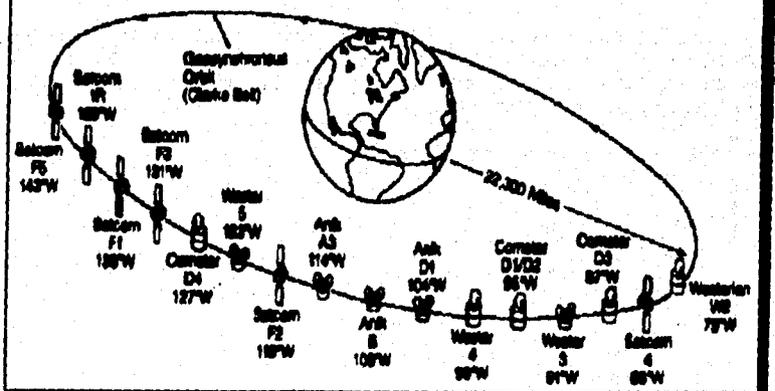


Figure 4-2. Satellite Orbital Slots



6.4.1. DIAGRAMA DE ENLACE ASCENDENTE Y DESCENDENTE DE ESTACIONES TERRENAS Y ÓRBITA GEOSÍNCRONA DE LOS SATÉLITES.

Mediante una tabla de las posiciones de los satélites que proporcionan en la revista Órbita nos guiamos para programar los satélites en el equipo.

j) Probamos si los satélites que se habían programado estaban en la memoria del receptor, oprimimos la tecla CALL del control y apareció una pantalla similar a la siguiente:

```

SATELLITE STORE

T3 TELSTAR-3
M2 MORELOS-2
M1 MORELOS-1
E1 ANIK-E1
E2 ANIK-E2
S4 SPACENET-4
▶ G4 GALAXY-4
*USE ▲,▼,◀,▶, CALL, MENU
  
```

Revisamos cada hoja con las teclas ◀ E y W ▶, luego seleccionamos el G4 y oprimimos la tecla del control CALL, una vez que se encontró orientada la antena en el Galaxy-4 se presentó una pantalla similar a ésta pero con la imagen del satélite visible:

```

GALAXY-4          G4 - 18
  SKEW (+45)
  POLARITY (VERT)

SIG ■■■■■■■■■■ - -

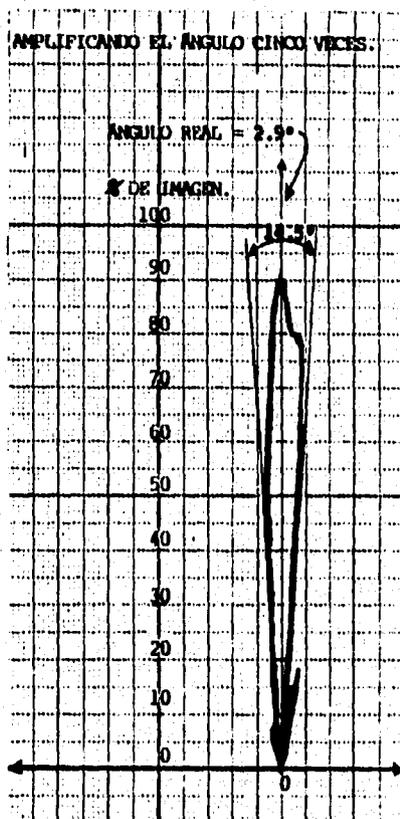
          POSITION (4973)
E-----W
*USE ▲,▼
  
```

k) Una vez hecha la programación del equipo procedimos a orientar la antena hacia el satélite Morelos 2, para recabar la información y hacer las gráficas de directividad de la antena, numerando a la mejor imagen con cero grados y viendo una pantalla similar a la anterior quedó la información tabulada de la siguiente forma:

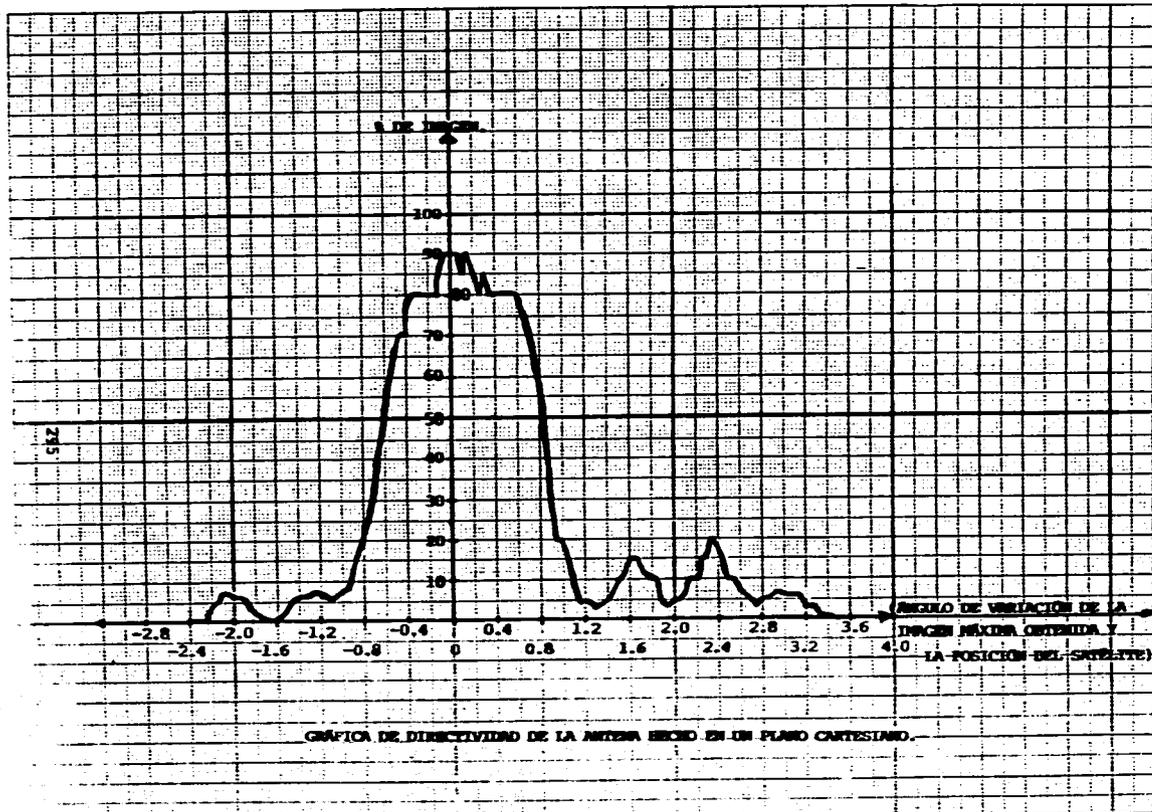
| POSICIÓN DEL BRAZO | % DE IMAGEN | ÁNGULO | POSICIÓN DEL BRAZO | % DE IMAGEN | ÁNGULO |
|--------------------|-------------|--------|--------------------|-------------|--------|
| 4784               | 0           | -2.25  | 4813               | 20          | -0.80  |
| 4785               | 4           | -2.20  | 4814               | 25          | -0.75  |
| 4786               | 5           | -2.15  | 4815               | 30          | -0.70  |
| 4787               | 7           | -2.10  | 4816               | 40          | -0.65  |
| 4788               | 7           | -2.05  | 4817               | 50          | -0.60  |
| 4789               | 6           | -2.00  | 4818               | 60          | -0.55  |
| 4790               | 6           | -1.95  | 4819               | 65          | -0.50  |
| 4791               | 5           | -1.90  | 4820               | 70          | -0.45  |
| 4792               | 3           | -1.85  | 4821               | 70          | -0.40  |
| 4793               | 2           | -1.80  | 4822               | 80          | -0.35  |
| 4794               | 1           | -1.75  | 4823               | 80          | -0.30  |
| 4795               | 0           | -1.70  | 4824               | 80          | -0.25  |
| 4796               | 0           | -1.65  | 4825               | 80          | -0.20  |
| 4797               | 0           | -1.60  | 4826               | 80          | -0.15  |
| 4798               | 2           | -1.55  | 4827               | 80          | -0.10  |
| 4799               | 3           | -1.50  | 4828               | 90          | -0.05  |
| 4800               | 5           | -1.45  | 4829               | 90          | 0.00   |
| 4801               | 6           | -1.40  | 4830               | 90          | 0.05   |
| 4802               | 6           | -1.35  | 4831               | 85          | 0.10   |
| 4803               | 6           | -1.30  | 4832               | 90          | 0.15   |
| 4804               | 7           | -1.25  | 4833               | 85          | 0.20   |
| 4805               | 7           | -1.20  | 4834               | 80          | 0.25   |
| 4806               | 6           | -1.15  | 4835               | 85          | 0.30   |
| 4807               | 5           | -1.10  | 4836               | 80          | 0.35   |
| 4808               | 6           | -1.05  | 4837               | 80          | 0.40   |
| 4809               | 7           | -1.00  | 4838               | 80          | 0.45   |
| 4810               | 8           | -0.95  | 4839               | 80          | 0.50   |
| 4811               | 10          | -0.90  | 4840               | 80          | 0.55   |
| 4812               | 15          | -0.85  | 4841               | 80          | 0.60   |

| POSICIÓN DEL BRAZO | ‡ DE IMAGEN | ÁNGULO | POSICIÓN DEL BRAZO | ‡ DE IMAGEN | ÁNGULO |
|--------------------|-------------|--------|--------------------|-------------|--------|
| 4842               | 75          | 0.65   | 4871               | 7           | 2.10   |
| 4843               | 70          | 0.70   | 4872               | 10          | 2.15   |
| 4844               | 65          | 0.75   | 4873               | 10          | 2.20   |
| 4845               | 60          | 0.80   | 4874               | 15          | 2.25   |
| 4846               | 45          | 0.85   | 4875               | 15          | 2.30   |
| 4847               | 35          | 0.90   | 4876               | 20          | 2.35   |
| 4848               | 20          | 0.95   | 4877               | 18          | 2.40   |
| 4849               | 20          | 1.00   | 4878               | 15          | 2.45   |
| 4850               | 15          | 1.05   | 4879               | 10          | 2.50   |
| 4851               | 10          | 1.10   | 4880               | 10          | 2.55   |
| 4852               | 5           | 1.15   | 4881               | 7           | 2.60   |
| 4853               | 5           | 1.20   | 4882               | 6           | 2.65   |
| 4854               | 4           | 1.25   | 4883               | 5           | 2.70   |
| 4855               | 3           | 1.30   | 4884               | 3           | 2.75   |
| 4856               | 4           | 1.35   | 4885               | 5           | 2.80   |
| 4857               | 5           | 1.40   | 4886               | 5           | 2.85   |
| 4858               | 7           | 1.45   | 4887               | 6           | 2.90   |
| 4859               | 10          | 1.50   | 4888               | 7           | 2.95   |
| 4860               | 11          | 1.55   | 4889               | 6           | 3.00   |
| 4861               | 15          | 1.60   | 4890               | 6           | 3.05   |
| 4862               | 15          | 1.65   | 4891               | 6           | 3.10   |
| 4863               | 13          | 1.70   | 4892               | 6           | 3.15   |
| 4864               | 11          | 1.75   | 4893               | 3           | 3.20   |
| 4865               | 10          | 1.80   | 4894               | 3           | 3.25   |
| 4866               | 10          | 1.85   | 4895               | 3           | 3.30   |
| 4867               | 5           | 1.90   | 4896               | 1           | 3.35   |
| 4868               | 3           | 1.95   | 4897               | 1           | 3.40   |
| 4869               | 5           | 2.00   | 4898               | 0           | 3.45   |
| 4870               | 5           | 2.05   | 4899               | 0           | 3.50   |

1) gráficamos estos datos como se muestra a continuación, en la primera gráfica tuvimos que aumentar el ángulo en cinco veces su valor, porque de lo contrario se vería solamente una línea vertical.



GRÁFICA DE DIRECTIVIDAD DE LA ANTENA HECHA MEDIANTE EL % DE LA IMAGEN Y EL ÁNGULO DE VARIACIÓN DE LA ANTENA.  
(EN FORMA POLAR)



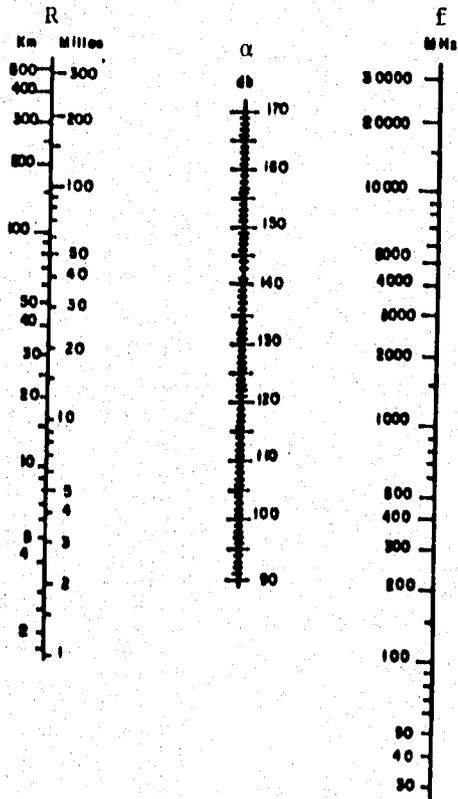
GRÁFICA DE DIRECTIVIDAD DE LA ANTENA HIBRID EN UN PLANO CARTESIANO.



**ANEXOS .**

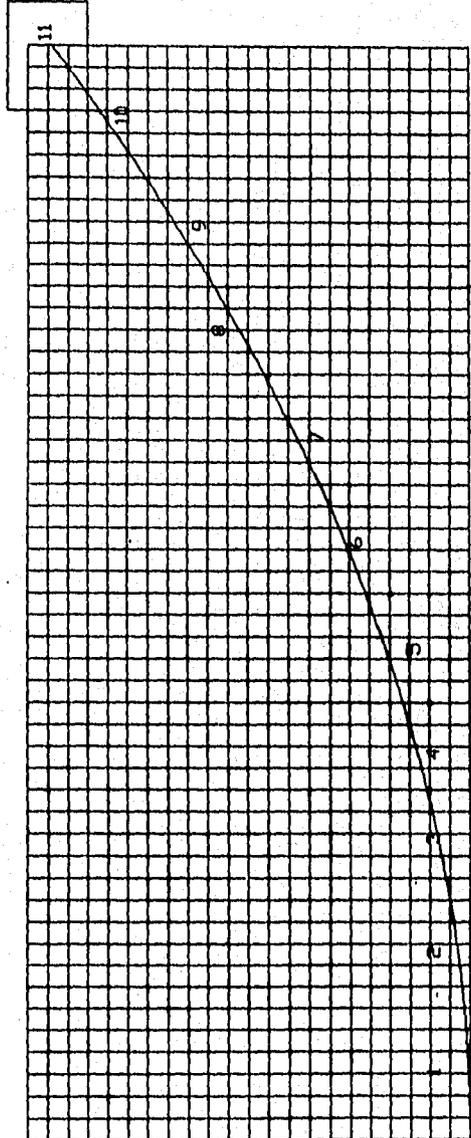
ANEXO 1.

MONOGRAMA UTILIZADO EN EL DISEÑO DE ENLACES DE COMUNICACIONES.



ANEXO 2.

TRAZO A ESCALA DE MEDIO  
ARCO DEL PARABOLOIDE DE  
REVOLUCIÓN



ANEKO 3.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN.  
U . N . A . M .

ARQ. JOSE LUIS RIOS Y LORENZO,  
JEFE DE SUPERINTENDENCIA DE OBRAS  
DE LA UNIDAD DE PLANEACION.

POR MEDIO DE LA PRESENTE LE SOLICITO DE LA MANERA MAS ATENTA, SEA CONSTRUIDA UNA BASE DE CONCRETO CON TRAMADO CUADRADO DE VARILLA CORRUGADA DE 3/8" A CADA 15 Cm. DE SEPARACION, CUYAS DIMENSIONES SON DE 1 m. DE LARGO POR 1 m. DE ANCHO Y 20 Cm. DE ALTURA. LA BASE DEBE SER ANCLADA A LA LOSA DEL EDIFICIO L-9 DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN (RANCHO ALMARAZ), ANEXO CROQUIS AL PRESENTE.

LO ANTERIOR ES SOLICITADO CON EL FIN DE FIJAR UNA ANTENA PARABOLICA DE 5 m. DE DIAMETRO, LA CUAL SIRVE COMO APOYO A LAS NUEVAS ASIGNATURAS DEL AREA DE ELECTRONICA, ESTA ES EL DESARROLLO DE MI TESIS, DIRIGIDA POR EL ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ GUTIERREZ, LA ANTENA SE ESTA MANUFACTURANDO EN LOS LABORATORIOS DE TERMOFLUIDOS.

AGRADEZCO DE ANTEMANO LA ATENCION PRESTADA A LA PRESENTE.

A T E N T A M E N T E

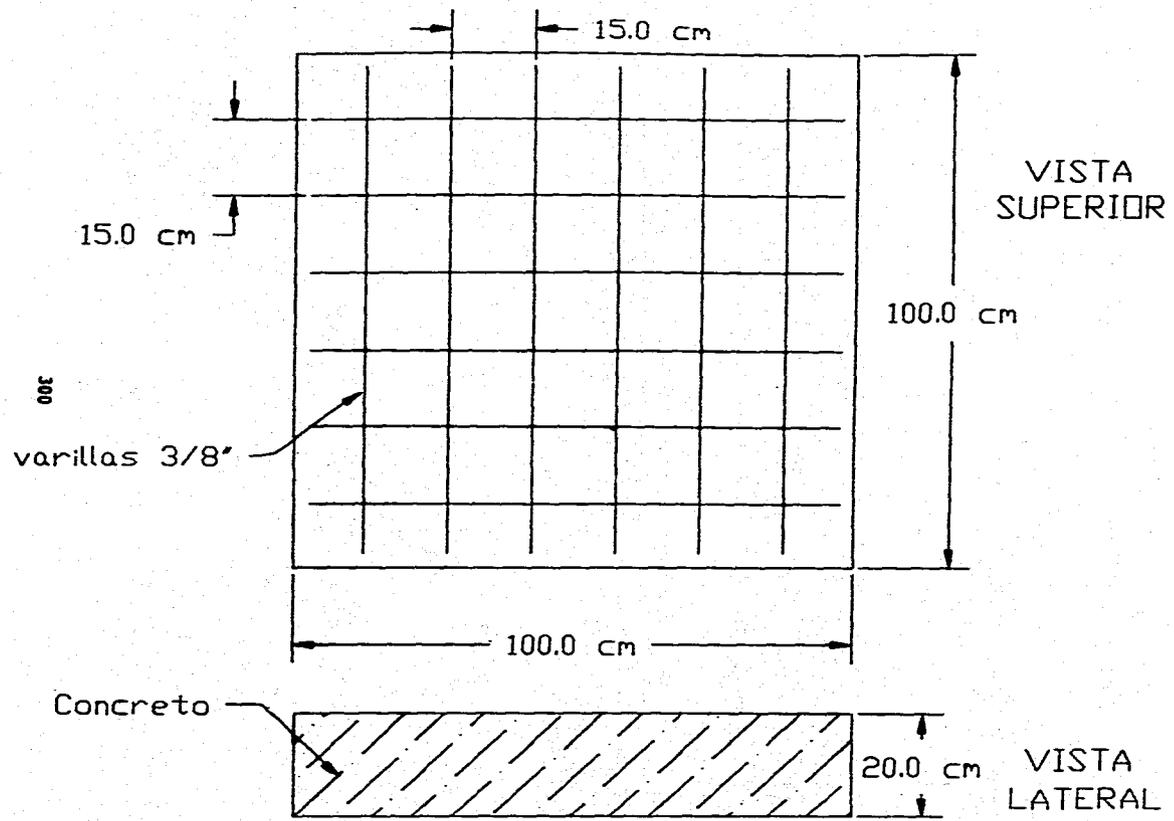
  
\_\_\_\_\_  
MARCOS BELISARIO GONZALEZ LORIA.

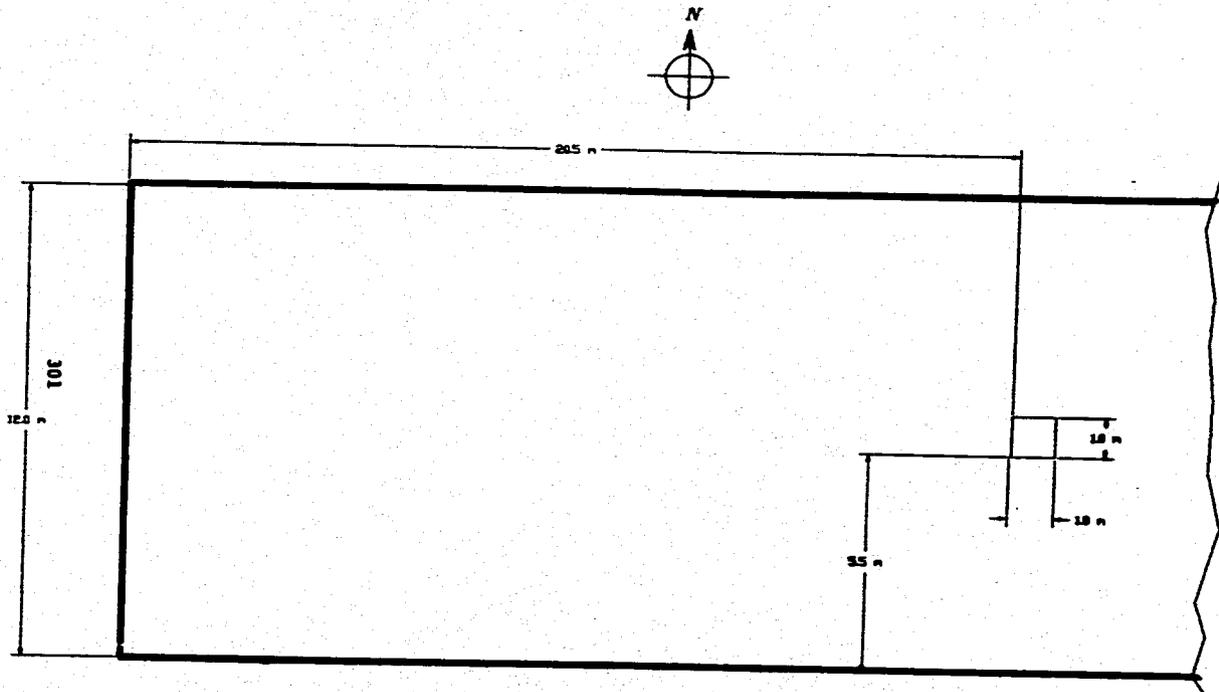
CUAUTITLAN ISCALLI, EDO DE MEXICO, A 15 DE JULIO DE 1994.

c.c.p. Ing. José Juan Contreras Espinosa  
Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez

*Recibido*  
12/07/94  
*[Handwritten initials]*  
11/07/94

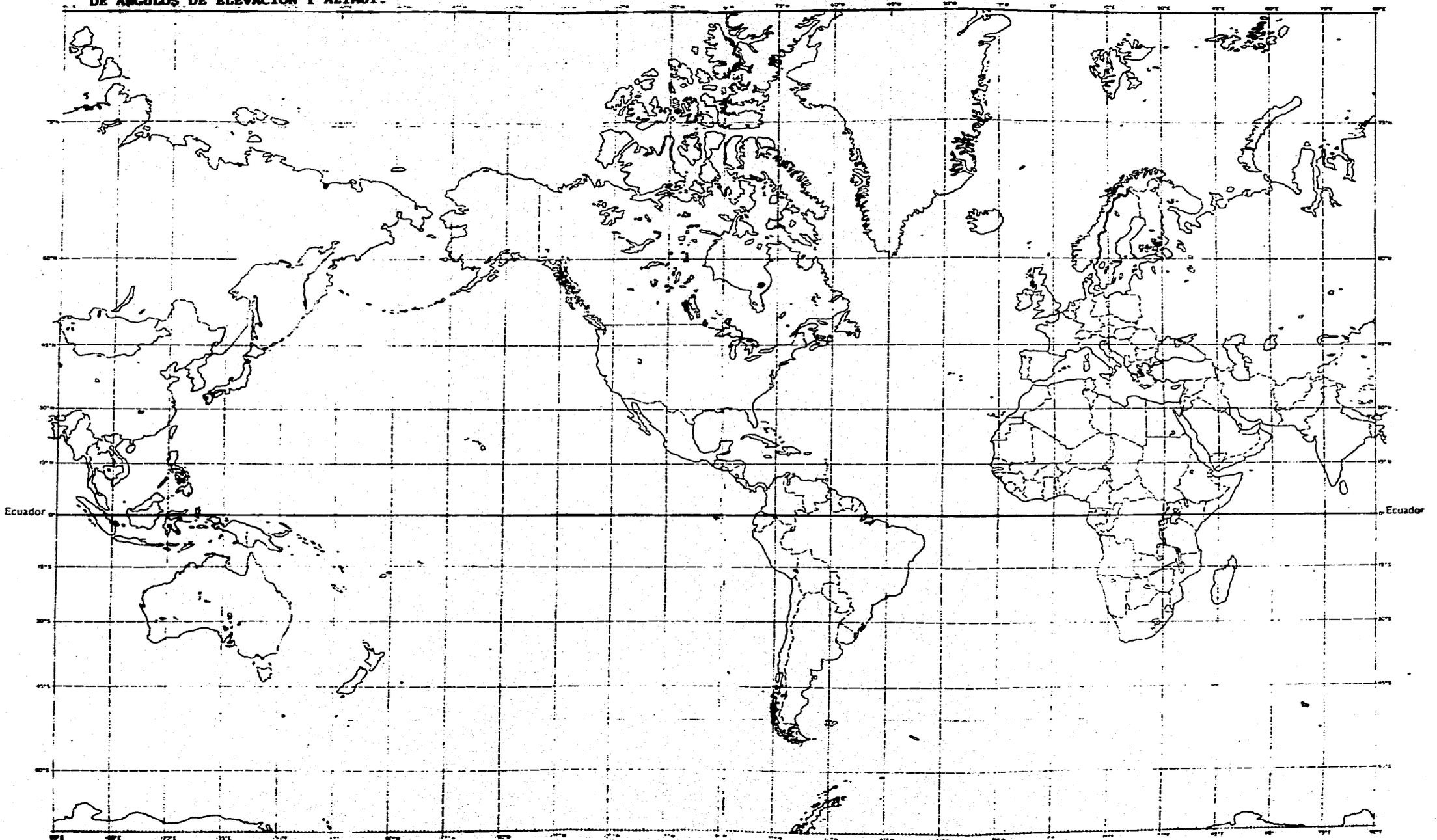
*Recibido*  
14-IX-94  
*[Handwritten initials]*



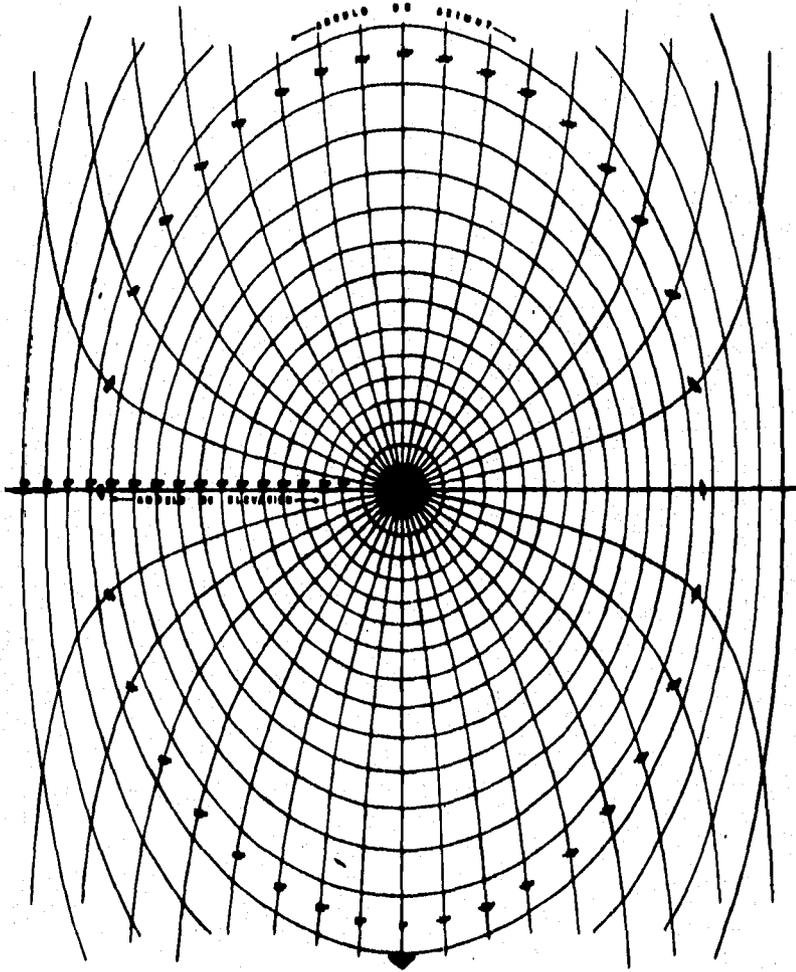


*Ubicacion de la Base de Concreto en el Edificio L-9  
de la F E S C.*

ANEXO 4. MAPA GEOGRÁFICO DEL MUNDO Y COPIA DE LA MICA DE CONTORNOS  
DE ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT.



## ANGULOS DE ELEVACION Y AZIMUT



COPIA DE NICA DE CONTORNOS DE ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT.

**CONCLUSIONES.**

## CONCLUSIONES.

La gran importancia que tiene en el mundo el acelerado desarrollo tecnológico, nos condujo a tener como primera meta el realizar un estudio sobre el diseño, construcción y pruebas de un reflector paraboloide para la recepción de televisión vía satélite.

Dándole prioridad a determinar los diferentes tipos de antenas más comunes existentes hasta la fecha, considerándolas interesantes para su estudio. Apoyándonos en las teorías de las telecomunicaciones por medio de microondas vía satélite, desarrollamos un aprendizaje de los parámetros que intervienen en el desarrollo del proyecto y analizamos el funcionamiento de todo tipo de antenas, constatamos que la teoría es aplicable a cualquier antena parabólica que se quiera investigar o diseñar y permitiéndonos la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante nuestra formación académica.

En el diseño de la antena parabólica trabajamos en las partes mecánicas donde tuvimos que agrupar estudios previos para definir la importancia que tienen los elementos que deben considerarse en ésta antena, empleando los elementos que la hacen trabajar con la mejor eficiencia a un costo mínimo.

Debido a que para lograr construir el equipo electrónico se requiere de tecnología especial y de punta la cual no está disponible en nuestra facultad, además de no ser objetivo primordial de esta tesis ya que es más redituable comprarlo que elaborarlo no abordamos ésta parte.

El siguiente paso fue la construcción de los mecanismos requeridos del paraboloide de revolución, lo cual se hizo lo más apegado al proyecto previsto.

Se realizó un estudio minucioso del cálculo de los ángulos de elevación y azimut, observando que si no son bien definidos y hechos la antena sería difícil de orientar no cubriéndose el objetivo esperado.

Por último, se realizaron las pruebas de operación a la antena parabólica, donde observamos que se logró el objetivo de hacer una antena sumamente directiva, con señal nítida lo que involucra buena recepción, con una calidad mejor que las antenas comerciales de diámetros inferiores.

Posteriormente se hizo entrega del conjunto de antena y equipo de recepción al ING. Juan González Vega, Jefe de la Sección de Electrónica de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, dicho equipo quedó funcionando adecuadamente y recibiendo señales de televisión de 15 satélites de los 18 que se pueden ver en la República Mexicana, las pruebas utilizando el receptor con un decodificador no se llevaron a cabo, debido a que éste no venía incluido en el equipo de recepción y previendo que nuevos estudiantes interesados en el tema las lleven a cabo mas adelante.

**A P E N D I C E S .**

### APÉNDICE A.

Recepción de televisión vía satélite.  
Manual del Profesional.

Tabla de diámetros de antena en función a los niveles de potencia radiada o densidad de flujo de ruido de la unidad externa.

Parámetros de partida:

C/N deseada = 12 Db.

Temperatura de antena = 30° K.

Atenuación en el espacio libre = -162.1 Db.

Ancho de banda en consideración = 32 MHz.

| DIÁMETROS DE ANTENAS ( metros ) |                                |       |         |         |         |         |
|---------------------------------|--------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| PIRE (DBW)                      | $\theta$ (DBW/m <sup>2</sup> ) | F=3dB | F=2.7dB | F=2.4dB | F=2.1dB | F=1.9dB |
| 50                              | -112                           | 0.9   | 0.8     | 0.8     | 0.7     | 0.7     |
| 49                              | -113                           | 1.0   | 0.8     | 0.8     | 0.8     | 0.8     |
| 48                              | -114                           | 1.1   | 1.0     | 1.0     | 0.9     | 0.8     |
| 47                              | -115                           | 1.2   | 1.1     | 1.1     | 1.0     | 0.9     |
| 46                              | -116                           | 1.4   | 1.3     | 1.2     | 1.1     | 1.1     |
| 45                              | -117                           | 1.5   | 1.4     | 1.3     | 1.3     | 1.2     |
| 44                              | -118                           | 1.7   | 1.6     | 1.5     | 1.4     | 1.3     |
| 43                              | -119                           | 1.9   | 1.8     | 1.7     | 1.6     | 1.5     |
| 42                              | -120                           | 2.2   | 2.0     | 1.9     | 1.8     | 1.7     |
| 41                              | -121                           | 2.4   | 2.3     | 2.1     | 2.0     | 1.9     |
| 40                              | -122                           | 2.7   | 2.6     | 2.4     | 2.2     | 2.1     |
| 39                              | -123                           | 3.1   | 2.9     | 2.7     | 2.5     | 2.4     |
| 38                              | -124                           | 3.5   | 3.2     | 3.0     | 2.8     | 2.7     |
| 37                              | -125                           | 3.9   | 3.6     | 3.4     | 3.1     | 3.0     |
| 36                              | -126                           | 4.3   | 4.1     | 3.8     | 3.5     | 3.3     |

**TABLA DE CONVERSIÓN DE NIVELES DE TENSIÓN Y POTENCIA  
(sistemas a 50 ohm)**

| dBm  | Dbw  | POTENCIA<br>(50 ohm) | TENSIÓN      | Db $\mu$ V | NIVELES COMPARATIVOS      |
|------|------|----------------------|--------------|------------|---------------------------|
| -107 | -137 | 20 pW                | 1 $\mu$ V    | 0          |                           |
| -100 | -130 | 100 pW               | 2.24 $\mu$ V | 7          |                           |
| - 90 | -120 | 1 pW                 | 7.07 $\mu$ V | 17         | Salida de antena banda C  |
| - 80 | -110 | 10 pW                | 22.4 $\mu$ V | 27         | Salida de antena banda Ku |
| - 70 | -100 | 100 pW               | 70.7 $\mu$ V | 37         |                           |
| - 60 | -90  | 1 nW                 | 224 $\mu$ V  | 47         |                           |
| - 50 | -80  | 10 nW                | 707 $\mu$ V  | 57         |                           |
| - 47 | -77  | 20 nW                | 1 mV         | 60         | Antena TV terrena         |
| - 40 | -70  | 100 nW               | 2.24 mV      | 67         | Salida LNA banda C        |
| - 30 | -60  | 1 $\mu$ W            | 7.07 mV      | 77         | Salida LNB banda Ku       |
| - 20 | -50  | 10 $\mu$ W           | 22.4 mV      | 87         |                           |
| - 10 | -40  | 100 $\mu$ W          | 70.7 mV      | 97         |                           |
| - 9  | -39  | 125 $\mu$ W          | 80 mV        | 98         |                           |
| - 8  | -38  | 158 $\mu$ W          | 89.1 mV      | 99         |                           |
| - 7  | -37  | 200 $\mu$ W          | 100 mV       | 100        |                           |
| - 6  | -36  | 250 $\mu$ W          | 112 mV       | 101        |                           |
| - 5  | -35  | 316 $\mu$ W          | 125 mV       | 102        |                           |
| - 4  | -34  | 400 $\mu$ W          | 141 mV       | 103        |                           |
| - 3  | -33  | 500 $\mu$ W          | 158 mV       | 104        | Receptor/Demodulador      |
| - 2  | -32  | 631 $\mu$ W          | 178 mV       | 105        |                           |
| - 1  | -31  | 800 $\mu$ W          | 200 mV       | 106        |                           |
| 0    | -30  | 1 mW                 | 224 mV       | 107        | 0 Dbm (referencia)        |
| + 1  | -29  | 1.25mW               | 250 mV       | 108        |                           |
| + 2  | -28  | 1.58mW               | 283 mV       | 109        |                           |
| + 3  | -27  | 2 mW                 | 316 mV       | 110        |                           |
| + 4  | -26  | 2.5 mW               | 355 mV       | 111        |                           |
| + 5  | -25  | 3.16mW               | 400 mV       | 112        |                           |
| + 6  | -24  | 4 mW                 | 446 mV       | 113        |                           |

|      |     |        |         |     |                                     |
|------|-----|--------|---------|-----|-------------------------------------|
| + 7  | -23 | 5 Mw   | 500 Mv  | 114 | Oscilador local                     |
| + 8  | -22 | 6.31mW | 562 Mv  | 115 |                                     |
| + 9  | -21 | 8 Mw   | 631 Mv  | 116 |                                     |
| + 10 | -20 | 10 Mw  | 707 Mv  | 117 |                                     |
| + 13 | -17 | 20 Mw  | 1 V     | 120 |                                     |
| + 20 | -10 | 100 Mw | 2.24 V  | 127 |                                     |
| + 30 | 0   | 1 W    | 7.07 V  | 137 |                                     |
| + 40 | +10 | 10 W   | 22.4 V  | 147 | Potencia RF (satélites de           |
| + 50 | +20 | 100 W  | 70.7 V  | 157 | comunicaciones)                     |
| + 53 | +23 | 200 W  | 100 V   | 160 | Potencia RF<br>(satélites DBS)      |
| + 60 | +30 | 1 kW   | 224 V   | 167 | PIRE satélites de<br>comunicaciones |
| + 70 | +40 | 10 Kw  | 707 V   | 177 | PIRE satélites de<br>comunicaciones |
| + 80 | +50 | 100 Kw | 2240 V  | 187 | PIRE satélites de<br>comunicaciones |
| + 90 | +60 | 1 MW   | 7070 V  | 197 |                                     |
| + 93 | +63 | 2 MW   | 10000 V | 200 | PIRE satélites DBS                  |

## APÉNDICE E.

### MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO Y COMUNICACIONES.

1677 REAL DECRETO 1201/1986 de 6 de junio, por el que se regula el procedimiento para la obtención de autorizaciones administrativas para la instalación y funcionamiento de las estaciones radioeléctricas receptoras de programas de televisión transmitidos por satélite de telecomunicaciones del servicio fijo por satélite.

La rápida expansión de nuevas aplicaciones tecnológicas en el campo de las telecomunicaciones y la consiguiente aparición de nuevos servicios al público hacen indispensable y urgente que se establezcan las necesarias disposiciones reguladoras de tales servicios a fin de que, al mismo tiempo que se evitan las consecuencias de un vacío normativo, sirvan de orientación a los usuarios y consumidores sobre el alcance de la oferta de los mismos y a los fabricantes y comerciantes sobre las expectativas de mercado.

Especial consideración merece la proliferación de aparatos y dispositivos cuya inetalación no resulta excesivamente onerosa, que hace posible la recepción de señales e informaciones transmitidas por medio de satélites de telecomunicaciones, como es el caso de la televisión vía satélite, tanto para recepción individual como comunitaria.

La situación imperante que afecta de forma análoga a la mayoría de los países de nuestro entorno, no ha podido hasta la fecha, en la práctica, encontrar solución de manera uniforme internacionalmente.

Por esta razón, las reglamentaciones específicas de ámbito nacional que las diversas Administraciones europeas vienen desarrollando tratan de hacer compatibles las obligaciones resultantes de acuerdos internacionales vigentes que, en materia de comunicaciones espaciales, determinan el cumplimiento de especificaciones de orden técnico y operativo para que las estaciones receptoras puedan ser autorizadas, y justifican, por consiguiente la intervención de las Administraciones para recabar y controlar tal cumplimiento, con el hecho evidente de la facilidad con la que, en la mayoría de los casos, pueden captarse en emisiones provenientes de satélites de telecomunicaciones.

Es obligado subrayar, asimismo, la necesidad de establecer disposiciones de índole cautelar en relación con la violación del secreto de las comunicaciones, exigible por mandato constitucional, que supondría el uso indiscriminado de informaciones captadas por este medio.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Transportes, Turismo y Comunicaciones, y previa deliberación del consejo de ministros en su reunión del día 6 de junio de 1986,

**D I S P O N G O :**

Artículo 1º. 1. El presente Real Decreto regula el procedimiento para la obtención de autorizaciones administrativas para la instalación y funcionamiento de las estaciones radioeléctricas receptoras de programas de televisión transmitidos por satélite de telecomunicaciones del servicio fijo por satélite, de conformidad con lo establecido por el Real Decreto 2704/1982, de 3 de septiembre, modificando por el Real Decreto 780/1986, de 11 de abril.

2. Su ámbito de aplicación comprende las estaciones terrenas receptoras de uso individual y las que están destinadas a conectarse a instalaciones de antenas colectivas.

Art. 2º. A los efectos de la aplicación del presente Real Decreto, los términos y definiciones utilizados tendrán el significado que les atribuye el Real Decreto 2704/1982, de 3 de septiembre, modificado por el Real Decreto 780/1986, de 11 de abril, la Ley 49/1966, de 23 de julio, de antenas colectivas y normativa dictada para su desarrollo y, supletoriamente, el Reglamento de Radiocomunicaciones, anexo al Convenio Internacional de Telecomunicaciones.

Además, en particular, se entenderá por:

Estación terrena receptora: Estación radioeléctrica receptora de programas de televisión por satélite, destinados, en última instancia, al público.

Servicio fijo por satélite: Servicio de radiocomunicación que permite enlazar, mediante un satélite de telecomunicaciones, dos o más puntos en lugares determinados, en bandas de frecuencias radioeléctricas específicas.

Uso individual: Utilización, con carácter privado, de una estación terrena receptora que comprende un solo equipo de recepción, sin distribución ulterior.

Art. 3º. Los equipos, unidades, materiales o componentes de las estaciones terrenas receptoras deberán cumplir con lo establecido en materia de aceptación radioeléctrica y homologación.

Art. 4º. La instalación y el funcionamiento de una estación terrena receptora deberá estar amparada por la correspondiente autorización administrativa expedida por la Dirección general de Telecomunicaciones del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones.

Art. 5º. La solicitud de la autorización administrativa podrá

presentarse ante la Dirección General de Telecomunicaciones, bien directamente o por intermedio de las jefaturas Provinciales de Comunicaciones o en la forma prevista por el artículo 66 de la Ley de Procedimiento Administrativo, y a la misma se acompañará la siguiente documentación:

1. Declaración firmada por el solicitante, indicando el uso al que se destina la instalación.

2. Proyecto en duplicado ejemplar, redactado por un Ingeniero de Telecomunicación o Ingeniero técnico de telecomunicación, compuesto por memoria, planos, pliego de condiciones técnicas, incluyendo las referencias a los certificados de aceptación radioeléctrica y de homologación, y presupuesto.

Art. 6°. 1. Las instalaciones de estaciones terrenas receptoras y sus elementos accesorios podrán ser autorizadas únicamente en edificios, complejos residenciales u hoteleros, urbanizaciones o similares. En cualquier caso, los medios de interconexión necesarios no deberán sobrevolar o enlazar módulos habitados a través de vías públicas.

2. En cuanto a las condiciones de conexión de una estación terrena a una antena colectiva, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente en materia de antenas colectivas.

Art. 7°. A la vista de la documentación aportada, la Dirección General de Telecomunicaciones expedirá, en su caso, la autorización administrativa correspondiente.

Art. 8°. La autorización administrativa para estaciones terrenas receptoras faculta únicamente para la recepción de programas de televisión destinados al público, con la expresa exclusión de cualquier otra clase de comunicaciones, así como de la divulgación del contenido o simplemente de la existencia, la publicación u otro uso de cualquier información no amparada por la autorización.

Art. 9°. 1. Los equipos radioeléctricos que compongan la instalación de estaciones terrenas receptoras no causarán interferencias a otros usuarios del espectro radioeléctrico debidamente autorizados.

2. La autorización otorgada por la Administración no garantiza la posibilidad ni la calidad técnica de la recepción, debiendo entenderse tal autorización sin perjuicio de los derechos de cualquier naturaleza sobre los programas de televisión.

Art. 10°. 1. El incumplimiento de las condiciones impuestas a

las estaciones terrenas receptoras por el presente Real Decreto y por la normatividad general aplicable en materia de estaciones radioeléctricas, será causa de incoación de expediente sancionador por la Dirección General de Telecomunicaciones, de conformidad con el Real Decreto 2704/1982, de 3 de septiembre, modificado por el Real Decreto 780/1986, de 11 de abril.

2. En cualquier caso, todas las estaciones terrenas receptoras e instalaciones complementarias comprendidas en el ámbito de aplicación del presente Real Decreto, quedarán sometidas a la inspección de la Dirección General de Telecomunicaciones.

#### **DISPOSICIONES ADICIONALES .**

Primera.- Las instalaciones existentes con anterioridad a la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto deberán adaptarse a la normatividad establecida en el mismo en un plazo no superior a un año, contando a partir de dicha fecha.

Segunda.- Lo establecido en el artículo tercero del presente Real Decreto no será exigible durante un plazo de seis meses contados a partir de la fecha de entrada en vigor del presente Real Decreto.

#### **DISPOSICIÓN FINAL .**

Queda facultado el Ministro de Transportes, Turismo y Comunicaciones para dictar las disposiciones necesarias para el desarrollo del presente Real Decreto, en las que se tendrán en cuenta las normas que sean aplicables emanadas de las organizaciones internacionales competentes en la materia.

Dado en Madrid a 6 de junio de 1986.

**JUAN CARLOS R.**

El Ministro de Transportes, Turismo  
y Comunicaciones.  
**ABEL CABALLERO ALVAREZ.**

**BIBLIOGRAFIA.**

## **BIBLIOGRAFÍA.**

**Radiación Electromagnética y Antenas.**  
**Jorge Roberto Sosa Pedraza.**  
**Editorial Limusa.**  
**México 1989.**

**Electrónica en Sistemas de Comunicación.**  
**Sol Lapatine.**  
**Editorial Limusa.**  
**México 1990.**

**Construya e Instale su Propia Antena Parabólica.**  
**Rodolfo Neri Vela.**  
**Bernardo Martínez Avalos .**  
**Editorial Tuki. S. A. de C. V.**  
**México 1990.**

**Notas de Electrónica.**  
**Forest M. Mins III.**  
**Editorial Mc. Graw Hill.**  
**México 1990.**

**Manual del Radioaficionado Moderno.**  
**Serie: Mundo Electrónico.**  
**Editorial Marcombo.**  
**México 1987.**

**Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados.**  
**Donald L. Charles Belove.**  
**Editorial Marcombo.**  
**España 1981.**

**Electrónica Práctica Volumen 2.**  
**Traducido por Agustín Conti Sanz.**  
**Editorial Mc. Graw Hill.**  
**Colombia 1990.**

**Electrónica Fácil Número 19.**  
**Aurelio Mejía Meza.**  
**Editorial Edinalco Ltda.**  
**Colombia 1987.**

**Electrónica Fácil Número 20.**  
**Aurelio Mejía Meza.**  
**Editorial Edinalco Ltda.**  
**Colombia 1989.**

**Electrónica Fácil Número 40.**  
**Aurelio Mejía Meza.**  
**Editorial Edinalco Ltda.**  
**Colombia 1990.**

**Cálculo de Antenas .**  
**A. García Domínguez.**  
**Editorial Marcombo.**  
**México 1991.**

**Radio-Gráfica Número 204.**  
**Dir. Francisco Orozco González.**  
**Editorial Técnica y Cultural de Radio y Televisión México.**

**Radio-Gráfica Número 205.**  
**Dir. Francisco Orozco González.**  
**Editorial Técnica y Cultural de Radio y Televisión México.**

**Telecommunication Measurements, Analysis, and Instrumentation.**  
**Kamilo Feher / Enginners of Hewlett -Packard.**  
**Editorial Prentice-Hall Inc.**

**Manual de especificaciones del Polarrotor .  
C-Band Feed Instruction.  
Marca Gardiner Communication Product Warranty.**

**Revista Hands on Electronics  
Volumen 2, No 2 .  
Editado por Art Kleiman.**

**Revista Satellite Television Magazine.  
Volumen III, No 1.  
January 1985.**

**Revista Satellite Television Magazine.  
Volumen II, No 2.  
February 1985.**

**Como se construye una vivienda.  
Autor José Luis Moía.  
Ediciones Gustavo Gili, S.A.  
México D.F. 1978.**

**Normas de Diseño de Ingeniería.  
Estructuras.  
Instituto Mexicano del Seguro Social.  
1989.**

**Normas de Diseño de Ingeniería.  
Obras Exteriores.  
Instituto Mexicano del Seguro Social.  
1988.**

**Normas de Diseño de Ingeniería.  
Instalaciones de Telecomunicaciones.  
Instituto Mexicano del Seguro Social.  
1988.**

**Soldadura Eléctrica.**  
**Equipos.**  
**Norma González Esteva.**  
**Editorial Instituto de Capacitación de la Industria Azucarera**  
**"José María Martínez Rodríguez".**

**Soldadura Eléctrica.**  
**Factores y Electrodo.**  
**Norma González Esteva.**  
**Editorial Instituto de Capacitación de la Industria Azucarera**  
**"José María Martínez Rodríguez".**

**Antenas.**  
**Selection Installation and Projects.**  
**Alvis J Evans & Kent E Britain.**  
**Editorial Radio Shack.**  
**Master Publishing, Inc. 1994.**

**Propiedades mecánicas de los materiales.**  
**Elaborador Victor Gómez Gómez.**  
**Conalep.**  
**Elaborada en el Centro de Apoyos y Prototipos Didácticos. 1990.**

**Revista Orbit.**  
**Your Number 1 Guide to TV Entertainment.**  
**June 1995.**

**Revista Mecánica Popular.**  
**Mayo de 1993.**

**Radio HandBook de :**  
**Antenas y Sistemas de Acoplamiento.**  
**De un Curso de Comunicaciones por Correspondencia.**

**Manual de operación del Equipo UNIDEN.**  
**Uniden America Corporation. 1994.**

**Manual de Procesos y Aleaciones.**  
**Sector Gobierno.**  
**Eutectic Castolin.**  
**Castolin Eutectic.**  
**E.M. Industrias Metalúrgicas S.A. 1990.**

**Manual de modelos de Herrería.**  
**Sin Autor.**  
**Sin Editorial.**

**Manual Profesional de Recepción de Televisión Vía Satélite.**  
**Sin Autor.**  
**Sin Editorial.**

**Catalogo para la Integración de Presupuestos.**  
**Universidad Nacional Autónoma de México.**  
**Secretaria General Auxiliar .**  
**Dirección General de Obras.**  
**Agosto, 19 de 1983.**

**G L O S A R I O .**

**APÉNDICE**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS.**

A continuación se presenta un breve glosario de los términos más comúnmente usados en la televisión vía satélite. Siguiendo al término en español se incluye entre paréntesis su equivalente en inglés. En el caso de términos que corresponden a iniciales en inglés, primero se incluye el término inglés entre paréntesis y a continuación el término en español.

**ABERTURA (APERTURE):** La superficie o área de una antena parabólica, esférica o elíptica.

**ABERTURA DEL HAZ, ANCHO ANGULAR DEL HAZ (BEAMWIDTH):** Medida que se utiliza para describir el ángulo de visión de una antena. Se mide en ángulos entre los puntos de media potencia de 3 dB.

**ACOPLADOR DIRECCIONAL:** Dispositivo de microondas que extrae una muestra de la señal en la dirección directa para propósitos de medición de potencia.

**ACOPLAMIENTO CRÍTICO:** Amplificador doble-sintonizado en el cual el grado de acoplamiento resulta en una resistencia reflejada dentro del primario y que es igual a la resistencia de éste.

**A/D:** Nomenclatura de conversión/conversor de una señal analógica a digital.

**AFC (AUTOMATIC FREQUENCY CONTROL), CONTROL AUTOMÁTICO DE FRECUENCIA:** Circuito que se enclava en una frecuencia determinada, sin desplazarse o derivarse de ella.

**AGC (AUTOMATIC GAIN CONTROL), CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA:** Un circuito electrónico diseñado para mantener una ganancia o amplificación constante.

**AISLADOR (ISOLATOR):** En electricidad es un dispositivo que presenta alta resistencia al flujo de la corriente. En un sistema de televisión por satélite, el aislador es un dispositivo que permite la transmisión de las señales en una dirección, bloqueándolas o atenuándolas cuando llevan sentido contrario.

**ALABEADOR:** accesorio de guía de onda para microondas usado para torcer el plano de la señal.

**ALIMENTADOR (FEED, FEEDHORN):** Dispositivo que capta las señales de microondas reflejadas por la superficie de la antena. Se instala en la boca de entrada de una guía de microondas. Puede tener forma rectangular acampanada, pero el más usual para recepción de TV por satélite tiene forma cilíndrica con anillos

planos concéntricos. Tiene una función análoga a la de la oreja en nuestro oído.

**ALIMENTADOR DESPLAZADO (OFFSET FEED):** Alimentador desplazado del centro de un reflector. Esta configuración no bloquea la abertura de la antena.

**ALIMENTADOR DOBLE (DUAL FEEDHORN):** Alimentador que puede recibir simultáneamente señales polarizadas tanto horizontal como verticalmente. Es un cuerno alimentador diseñado para captar las dos polarizaciones de campo eléctrico con que usualmente transmiten los satélites de comunicaciones las señales de televisión.

**ALIMENTADOR ESCALAR (SCALAR FEED):** En platos de antena para microondas, el alimentador escalar es una serie de anillos metálicos concéntricos que se colocan en la boca del cuerno alimentador (feedhorn), los cuales ayudan a capturar y enfocar hacia la guía de ondas las señales reflejadas por la superficie del plato.

**ALIMENTADOR TIPO GANCHO (BUTTONHOOK FEED):** Varilla en forma de signo de interrogación que sostiene al alimentador y al amplificador de bajo nivel de ruido. En las antenas parabólicas comerciales, el alimentador tipo gancho a menudo se encuentra en un guíonda hueco que dirige las señales desde el alimentador hasta un amplificador de bajo nivel de ruido ubicado detrás de la antena.

**ALINEACIÓN (ALIGNMENT):** El proceso de sintonización fina de una antena parabólica o de un circuito electrónico con el fin de lograr el máximo de sensibilidad y capacidad de recepción de señales.

**AMPLIFICADOR (AMPLIFIER):** Dispositivo que se emplea para aumentar la potencia de una señal.

**AMPLIFICADOR DE LÍNEA (LINE AMPLIFIER):** Amplificador de una línea de transmisión que aumenta la intensidad de las señales. Cualquier etapa de amplificación de señal, colocada en la línea de transmisión que está a continuación del convertidor reductor (down converter), para compensar pérdidas de señal causadas por la longitud del cable coaxial o la inserción de dispositivos pasivos, tales como los divisores de ramal (splitters).

El amplificador de línea también se utiliza como reforzador (booster) cuando la señal debe manejar una determinada cantidad de receptores de televisión, en instalaciones comunales.

**AMPLIFICADOR INTERMEDIO:** Amplificador que actúa para aislar una etapa osciladora del resto del transmisor.

**AMPLIFICADOR PUSH-PULL:** Dos amplificadores conectados para entradas y salidas con polaridad alternada.

**AMPLITUD DE BANDA, ANCHO DE BANDA (BANDWIDTH):** La gama de frecuencias que permite pasar a través de un circuito.

**ANCHO DE HAZ:** Ángulo que expresa la directividad de una antena media generalmente entre dos puntos a mitad de potencia (-3 dB).

**ÁNGULO DE ELEVACIÓN (ELEVATION ANGLE):** El ángulo vertical medido desde el horizonte hasta el satélite objetivo.

**ÁNGULO DE MIRA (LOOK ANGLE):** El ángulo que debe tener el plato de una antena de microondas, para poder enfocar o "ver" a un satélite.

**ANTENA (ANTENNA):** Dispositivo que concentra y enfoca energía electromagnética. Con este proceso se obtiene una ganancia de energía, que es proporcional al área superficial en el caso de una antena de microondas.

**ANTENA DE ENLACE DESCENDENTE (DOWNLINK ANTENNA):** La antena instalada a bordo de un satélite para enviar las señales de regreso a la tierra.

**ANTENA DE UN SOLO FOCO (PRIME FOCUS ANTENNA):** Antena parabólica cuyo conjunto alimentador LNA esta ubicado en el punto focal al frente de la antena.

**ANTENA DIRECCIONAL:** Antena que transmite o recibe señales en una dirección especificada relativa al eje de la antena.

**ANTENA ESFÉRICA (SPHERICAL ANTENNA):** Sistema de antena en la que se usa una sección de un reflector esférico para enfocar una o varias señales de satélite hacia una sola o una serie de zonas focales.

**ANTENA HELICOIDAL:** Alambre enrollado helicoidalmente que da por resultado una señal de microondas direccional polarizada circulante.

**ANTENA ISOTROPICA:** Antena puntiforme teórica, que radia igualmente en todas direcciones.

**ANTENA MARCONI:** Antena de un cuarto de longitud de onda vertical que usa reflexión en tierra para proveer el faltante cuarto de longitud de onda.

**ANTENA ROMBICA:** Antena direccional, terminada en forma de un rombo.

**ANTENA PARABÓLICA:** Antena direccional de microondas usada comúnmente para radar y recepción de comunicaciones vía satélite.

**ANTENA YAGI-UDA:** Antena multielemento, usada comúnmente para recepción de televisión.

**APOGEO (APOGEE):** En una órbita elíptica de satélite, es el punto más alejado de la superficie terrestre.

**ATENUACIÓN:** La medida de la caída de la señal en un medio de transmisión o en un componente.

**ATENUADOR (ATTENUATOR):** Dispositivo pasivo que reduce la potencia de la señal.

**ASIMUT (AZIMUTH):** Grados de rotación hacia la derecha a partir del norte geográfico. Ángulo de orientación medido entre el haz de la antena y el plano del meridiano, en el plano horizontal. Desplazamiento angular de un satélite, o una estrella, en el plano horizontal con respecto al polo norte real (el extremo superior del eje de rotación de la tierra, que está en dirección diferente al sentido que marca la brújula). Se mide en la dirección de las agujas del reloj.

**AS-El (AZIMUTH-ELEVATION MOUNT), SOPORTE DE ELEVACIÓN ACINUTAL:** Soporte de antena destinado al seguimiento o rastreo de satélites. Para el seguimiento el montaje se desplaza en dos sentidos: por azimut en el plano horizontal y la elevación desde el horizonte.

**BALANCEO, AGITACIÓN O VAIVÉN (DITHERING):** Es el nombre dado a un proceso para reducir al mínimo la acción de interferencia que podrían causar transmisores terrestres de microondas sobre la señal de video a través de satélite. En el canal o transponder utilizado por el satélite para las comunicaciones, de 36 MHz de ancho, el dithering consiste en desplazar los 6 MHz de la señal de video hacia arriba y abajo de la banda, para distribuir y equalizar su energía.

**BALISA (BEACON):** Portadora de baja potencia generada por un transmisor auxiliar. Se emplea sin modular para prueba de propagación y seguimiento, o modulada con datos de telemetría y seguimiento.

**BANDA BASE (BASEBAND):** La banda de frecuencias que contiene la información antes del proceso de modulación (y después del de demodulación). Conjunto de señales que se obtienen al demodular una portadora. La señal de audio o de video pura sin onda portadora. Las señales de satélite conducen información en banda de base de audio de frecuencia casi cero hasta 3400 Hz. La banda de base de video va desde cero hasta 4.2 MHz.

**BANDA BASE COMPUESTA:** Salida habitual en las unidades internas, que entrega la señal demodulada sin filtrar, sin clamping y normalmente sin enfatizar, conteniendo todas las subportadoras de audio. Se conecta a los decodificadores de señal.

**BANDA C (C-BAND):** Banda de frecuencias usada para comunicaciones por satélite, con un rango de 5.92 a 6.42 GHz cuando la señal sube desde la estación principal hacia el satélite, y con una banda de frecuencias de 3.7 a 4.2 GHz cuando dicha señal es reemitida desde éste hacia las estaciones terrenas receptoras.

**BANDA K:** El espectro de frecuencias entre 10.9 y 36 GHz.

**BANDA Ka:** Usada para sistemas de satélite entre 20 y 30 GHz.

**BANDA Ku:** Banda utilizada en satélites que utilizan frecuencias entre 10.7 y 18 GHz.

**BANDA L:** Empleada en ocasiones en servicios de satélites para enlaces descendentes en la zona de 1.6 GHz.

**BARRERA DE CORRIENTE CONTINUA (DC POWER BLOCK):** Dispositivo que detiene el flujo de corriente continua, pero emite el paso de señales más altas. (En México, la corriente continua - c.c. generalmente se denomina corriente directa - c.d.).

**BER (BIT ERROR RATE), RELACIÓN DE ERROR DE BIT:** En transmisión de datos, BER es la medida del número de errores probables en un enlace de comunicaciones (data link). Por ejemplo, un BER de  $1 \times 10^{-6}$  significa un error en cada un millón de bits transmitidos.

**Bit:** Un dígito binario. Unidad esencial de transmisión digital.

**BO (BACK OFF):** (De un sistema no lineal, en el punto de saturación.) En el transponder de un satélite, indica un margen de potencia que se sustrae al nivel nominal de saturación para acotar la intermodulación.

**BORDES COLOREADOS (COLOR EDGING):** Colores extraños que aparecen a lo largo de los bordes de las imágenes de video, pero que no tienen ninguna relación de color con dichas áreas.

**Byte:** Una "palabra" digital, que puede contener generalmente 8 ó 16 bit.

**CABLE COAXIAL (COAXIAL CABLE):** Cable que se usa para la transmisión de señales eléctricas de alta frecuencia con baja pérdida. Se compone de un hilo conductor interno rodeado de un dieléctrico aislante recubierto con un blindaje metálico.

**CABLE COAXIAL DURO (HARDLINE):** Cable coaxial provisto de un blindaje metálico duro continuo en lugar de una malla conductiva alrededor del perímetro externo.

**CABLE GRUESO DE BAJA PÉRDIDA (HELIAX):** Cable que se utiliza en altas frecuencias; es grueso y tiene poca pérdida. (También se le conoce como cable heliax).

**CANAL (CHANNEL):** Segmento de un ancho de banda que se emplea para un enlace de comunicaciones. El ancho, o espectro de frecuencias, depende de la cantidad de información a ser transmitida.

**CARTA DE SMITH:** Carta usada para cálculos de líneas de transmisión de microondas.

**CASSEGRAIN (ANTENA):** Antena parabólica que incluye un doble reflector.

**CATV:** Abreviatura del término en inglés Community Antenna Televisión que se usa para describir el sistema de televisión por cable.

**CAVIDAD AGRUPADORA:** Cavidad de microondas que modifica el flujo de electrones para formar grupos.

**CIFRA DE RUIDO (NOISE FIGURE):** Relación entre la potencia del ruido actual que se genera a la entrada de un amplificador y la potencia del ruido que se genera en un resistor ideal. Mientras más baja sea la cifra de ruido, mejor es la calidad del amplificador.

**CINTURÓN DE CLARKE, SONA DE CLARKE (CLARKE BELT):** La zona orbital circular a una altura de 35,816 Km. (22,247 millas) sobre el Ecuador, designada con el nombre del escritor Arthur C. Clarke. En esta zona los satélites viajan a la misma velocidad que la rotación de la Tierra. También se denomina órbita geosincrónica u órbita geostacionaria.

**CLAMPING (DISPERSIÓN):** El proceso que sufre la señal de video después de la demodulación por un receptor de satélite, por el que se extrae la componente de baja frecuencia para la dispersión de energía.

**C/M (CARRIER-TO-NOISE RATIO), RELACIÓN PORTADORA/RUIDO:** La relación o razón entre la potencia de la portadora recibida y la potencia del ruido en un ancho de banda determinado. Esta relación constituye un indicador de la forma en que se desempeñará una estación terrestre en una ubicación determinada. Se calcula en base a los niveles de potencia del satélite, la ganancia de antena y la temperatura combinada de ruido de la antena y del amplificador de bajo nivel de ruido.

**C/No (CARRIER TO NOISE DENSITY RATIO), RELACIÓN DENSIDAD DE PORTADORA CONTRA RUIDO:** Es similar a C/N, excepto que No se refiere al ruido por cada ciclo (Hz) del ancho de banda.

**COBERTURA (FOOTPRINT):** Área de cubrimiento del haz de un satélite sobre la superficie terrestre: mapa de contornos que pueden expresar FIRM, diámetros de antena ó G/T.

**CODIFICACIÓN (SCRAMBLING):** Método que se emplea para alternar la identidad de las señales con el fin de impedir que sean recibidas por personas no autorizadas. Para la recepción correcta se necesita un decodificador. Cambiar intencionalmente los parámetros a una señal de televisión, apartándose del standard internacional según un código privado, para que la programación no pueda ser vista por quienes no han pagado la cuota de afiliación a

la compañía que transmite las películas. A esto también se le denomina **encoding**.

**COMPANSIÓN (COMPANDING):** Técnica de reducción de ruido por la que se aplica una compresión a la señal antes de la transmisión, con la consiguiente expansión complementaria en la recepción.

**COMPONENTE ACTIVO:** Es un dispositivo cuya salida es dependiente de una fuente de potencia, más que de la señal de entrada.

**CONECTOR BNC (BNC CONECTOR):** Conector coaxial impermeable, que se traba girándolo. Se emplea en algunas marcas de receptores de satélites. También es de uso normal en equipos de video comerciales.

**CONECTOR N (N-CONECTOR):** Conector de cable coaxial, de baja pérdida, que se usa en frecuencias de la banda c.

**CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA (AUTOMATIC GAIN CONTROL):** Circuito que enclava la ganancia en un valor fijo, en cuya forma compensa las variaciones de nivel de la señal de entrada, manteniendo constante el nivel de salida.

**CONVERSIÓN DESCENDENTE EN BLOQUE DE SEÑALES (BLOCK DOWNCONVERSION):** Proceso que permite reducir en un solo paso toda la banda de frecuencias de un satélite a alguna gama intermedia para ser procesada en el receptor de video. Los receptores múltiples pueden seleccionar canales independientemente con el procesamiento de este bloque de señales.

**CONVERTIDOR ASCENDENTE (UPCONVERTER):** Dispositivo que aumenta la frecuencia de una señal transmitida.

**CONVERTIDOR DE FRECUENCIAS EN BLOQUE (BLOCK DOWN-CONVERTER):** Es un dispositivo que pasa todas las señales de una banda de frecuencias (por ejemplo, la banda C de 3.7 a 4.2 GHz) hacia otra banda de frecuencias más bajas. En televisión de aficionados, el **downconverter** recibe la señal en el canal experimental de transmisión permitido por el Estado, y le convierte la frecuencia portadora a un canal que pueda ser visto en un televisor corriente, digamos que al canal 3 ó al canal 4.

**CONVERTIDOR DESCENDENTE, REDUCTOR (DOWNCONVERTER):** Circuito relacionado con un receptor de satélite que reduce las señales de alta frecuencia a una gama de frecuencias más baja. Hay tres clases distintas de conversión descendente: conversión descendente individual, conversión descendente doble y conversión descendente de bloque de señales. Parte encargada de convertir a una frecuencia intermedia de 70 MHz las señales de microondas captadas por una antena para televisión por satélite, con el fin de que puedan ser manejadas por el equipo receptor. Aunque en algunos equipos es parte del receptor, usualmente forma una sola pieza con el alimentador (feedhorn) y el amplificador de bajo ruido (LNA), con

el fin de reducir las pérdidas de señal en el cable de bajada de la antena al receptor, y para permitir el empleo de un cable coaxial más barato. (Nota: el convertidor también se suele denominar conversor).

**COORDINADOR DE FRECUENCIA (FREQUENCY COORDINATOR):** En sistemas para la recepción de TV por satélite, es parte de un procedimiento de pruebas en el sitio de la instalación, para determinar los niveles de interferencia en la señal.

**CP:** Polarización circular.

**CROMA (CHROMA):** Abreviatura para crominancia o señal con la información del color en televisión. Se refiere a la combinación del matiz (hue), la pureza del color (purity) y la saturación (saturation).

**CROSSPOLAR:** De la polarización opuesta (u ortogonal).

**D/A:** Nomenclatura de conversión/conversor digital-analógico.

**dBi:** dB referidos al radiador isotrópico (para expresar por ejemplo la ganancia de una antena).

**dBm:** dB de potencia con relación a 1 mW.

**DBS (DIRECT BROADCAST SATELLITE), SATÉLITE DE DIFUSIÓN DIRECTA:** Término que se emplea comúnmente para describir las transmisiones vía satélite orientadas directamente a los hogares usando la banda Ku de 12 a 14 GHz.

**dBW:** dB de potencia con relación a 1 W.

**DECIBEL (dB):** Término con que se expresa la relación de niveles de potencia, relación que sirve para indicar la ganancia o pérdida de las señales. La relación de decibeles a un vatio se abrevia dBw, mientras que la relación a 1 milivatio se abrevia dBm. El decibel es la décima parte de un Bel. Dos potencias difieren de 1 bel cuando una de ellas es 10 veces superior a la otra. En audio esto quiere decir que un sonido es 2 veces más fuerte que otro cuando entre ellos hay una diferencia de 10 dB (1 bel).

Para determinar los decibeles que una señal ha ganado en potencia se aplica la siguiente fórmula:

$$dB = 10 \log (P_{\text{medida}}/P_{\text{referencia}})$$

Para calcular el factor de ganancia o pérdida relativa de voltaje o la intensidad de corriente, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$dB = 20 \log (V_{\text{medido}}/V_{\text{referencia}})$$

$$dB = 20 \log (I_{\text{medida}}/I_{\text{referencia}})$$

**DECLINACIÓN, ÁNGULO DE (DECLINATION OFFSET ANGLE):** El ángulo de ajuste de un montaje entre el eje polar y el punto plano de una antena de satélite. Se usa para apuntar al arco geosíncrono.

Distancia de un astro, o de un punto cualquiera del cielo, al plato del ecuador. La declinación se expresa por el valor en grados (de 0 a 90) del arco del círculo mayor que pasa por el satélite o el astro, perpendicular al ecuador y llamado círculo de declinación. Todos los puntos situados en un mismo paralelo de la esfera celeste tienen la misma declinación. La declinación y la ascensión recta son las dos coordenadas que permiten determinar la posición de un objeto en el cielo.

**DECODIFICADOR (DECODER):** Dispositivo para reajustar a la forma internacional todas aquellas señales de televisión que por razones de exclusividad en la transmisión han sido vueltas ilegibles para los receptores corrientes. A este proceso también se le conoce como "unscrambling", que traducido es "desenmarañar, desenredar". Al acto de codificar la señal con una clave o sistema propio se le llama "scrambling".

**DEÉNFASIS:** Reposición de una respuesta en frecuencia plana en banda base.

**DEMULACIÓN:** Proceso de extracción de la información contenida en una portadora modulada.

**DESACOPLO:** Medida de separación entre dos señales potencialmente interferentes, por ejemplo en haces distintos o en diferentes polarizaciones.

**DEMODULADOR (DEMODULATOR):** Dispositivo que extrae la señal proveniente de la onda portadora transmitida.

**DESPLAZAMIENTO (DRIFTING):** Una inestabilidad en un voltaje, frecuencia u otro parámetro de un circuito electrónico que ha sido previamente fijado.

**DESTELLOS (SPARKLES):** Pequeños puntos blancos y/o negros que aparecen en una imagen de televisión, lo que indica una relación señal/ruido insuficiente.

**DESVIACIÓN DE FRECUENCIA:** El nivel de modulación de una señal en FM. Valor máximo de frecuencia respecto a la portadora que desplaza linealmente la señal en banda base.

**DIAFONÍA (CROSSTALK):** Interferencia entre canales adyacentes.

**DIGITAL, SISTEMA DIGITAL (DIGITAL):** Sistema o dispositivo en que la información se transfiere mediante impulsos eléctricos de "conexión-desconexión", "alto-bajo" o "1/0", en lugar de hacerlo con señales de variación continua como en el caso de un mensaje analógico.

**DIPLO DOBLADO:** Antena de 300 ohmios usada comúnmente para recepción de TV.

**DISCRIMINACIÓN/DISCRIMINADOR:** Tipo de demodulación/demodulador

de FM convencional. Expresa también la capacidad de un sistema para separar la señal deseada de otras no deseadas o interferentes.

**DISPERSIÓN DE ENERGÍA:** Técnica que utiliza la adición de una onda triangular de baja frecuencia a la señal banda base (antes de la modulación) para reducir la potencia de pico en FM por ancho de banda unitario y asimismo evitar interferencias con emisiones terrenas.

**DOWNLINK SIGNALS, SEÑALES DE ENLACE DE BAJADA:** Son las señales que los transpondedores de los satélites transmiten hacia la tierra. El enlace ascendente de la estación en tierra hacia el satélite se denomina Uplink.

**DRO (DSO):** Oscilador estabilizado por resonador dieléctrico. Oscilador muy estable que se utiliza en las unidades externas.

**DUAL ORTHOMODE COUPLER:** En antenas para recibir directamente televisión por satélite, éste es el acoplador que permite ponerle dos sondas (elementos de señal) a un mismo feedhorn, formando ángulo recto para recibir simultáneamente señales con polarización vertical y como polarización horizontal.

**ECLIPSE:** Período en el que el satélite se queda sin suministro de energía por parte de los paneles solares debido a que queda en zona de sombra provocada por la tierra o la luna.

**EFICIENCIA DE LA ANTENA (ANTENNA EFFICIENCY):** El porcentaje de las señales provenientes del satélite que son efectivamente canalizadas hacia el alimentador y LNA.

**EIRP (EFFECTIVE ISOTROPIC RADIATED POWER), POTENCIA ISOTRÓPICA RADIADA EFECTIVA:** Medida de intensidad de la señal que un satélite transmite hacia la tierra. EIRP tiene su mayor intensidad en el centro del haz y va disminuyendo al alejarse de ésta mira de alineación. Es la potencia irradiada en una dirección del espacio por una antena específica, comparada con la potencia irradiada por una antena isotrópica alimentada con una señal de un vatio de potencia. La isotrópica es una antena ideal que irradia igual energía en todas las direcciones del espacio. Se expresa en decibeles por vatio (dBw). Se emplea para determinar los factores C/N (portadora sobre ruido) y S/N (señal sobre ruido).

Cuando se refiere a las comunicaciones por satélite, describe la intensidad de su señal en cualquier dirección hacia la superficie terrestre. Por ejemplo, el factor EIRP para los satélites domésticos de los Estados Unidos, en cualquier punto de los 48 estados, oscila entre 30 y 37 Dbw.

**EL/AS:** Montaje en elevación y azimuth para antenas parabólicas. Orientación sobre dos planos.

**ELEVACIÓN (ELEVATION):** Es el desplazamiento angular de un satélite en el sentido vertical, con el horizonte terrestre

considerado como línea de referencia para la elevación.

**ENLACE ASCENDENTE (UPLINK):** Los circuitos electrónicos y la antena de una estación terrestre que se emplean para transmitir información a un satélite de comunicaciones. Conjunto de señales transmitidas desde una estación en tierra hacia un satélite.

**ESTACIÓN TERRESTRE (EARTH STATION):** Una estación completa de transmisión o recepción vía satélite consiste de la antena, dispositivos electrónicos y todos los equipos afines necesarios para recibir o transmitir señales vía satélite.

**EXTENSIÓN DE UMBRAL:** Técnicas para reducir la C/N en las que aparece el efecto umbral.

**FASE DIFERENCIAL:** Parámetro de distorsión no lineal en video.

**FCC:** Abreviatura de Federal Communications Commission (Comisión Federal de Comunicaciones), entidad reguladora que establece las normas para comunicaciones dentro de los Estados Unidos.

**F/D, RELACIÓN (F/D RATIO):** Relación entre la longitud focal de una antena y el diámetro, indica la "profundidad" de una antena parabólica.

**FDM (FREQUENCY-DIVISION MULTIPLEX), MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA:** Es un método para transmitir dos o más señales por medio de una sola portadora. Para ello, el ancho total de banda para la portadora se divide en dos o más fajas de frecuencias subportadoras (canales), una para cada señal.

**FET (FIELD EFFECT TRANSISTOR):** Transistor de efecto de campo. Dispositivo semiconductor utilizado en microondas LNA, LNB y LNC.

**FI (IF):** Frecuencia intermedia.

**FIGURA DE MÉRITO (FIGURE OF MERIT):** También llamado Factor de Mérito, es una relación para dar idea de la sensibilidad de un sistema de antena parabólica, basado en la comparación entre la ganancia del plato reflector y el ruido del sistema. Se escribe  $G/T$ , donde T es la temperatura de ruido del conjunto, en grados Kelvin, y G es la ganancia de recepción, medida en decibeles. La ganancia para una antena parabólica está dada por la fórmula:

$$G = n(\pi D/\lambda)^2$$

Donde n es la eficiencia de la antena (usualmente 0.65), D es el diámetro del plato reflector,  $\lambda$  es la longitud de onda y  $\pi$  es igual a 3.1416.

**FIGURA DE RUIDO:** Medida de la contribución de ruido de un amplificador con respecto a otro sin ruido, a una determinada temperatura de referencia. Expresado en Db.

**FILTRO DE PASO DE BANDA (BANDPASS FILTER):** Dispositivo que

solo permite el paso de una gama de frecuencias específicas a través de un circuito. (Suele llamarse filtro pasabanda).

**FM:** Modulación de frecuencia.

**FMFB (FM FEEDBACK):** Realimentación en FM; Técnica para la reducción de la desviación y la extensión de umbral.

**FOCO PRIMARIO DE UNA ANTENA:** Sistema de iluminación que se basa en un paraboloide simétrico en cuyo foco se sitúa el captador.

**FORMACIÓN ANTENA:** Grupo de elementos de antena para alcanzar una ganancia y/o directividad especificadas.

**FRECUENCIA (FREQUENCY):** El número de vibraciones por segundo de una señal electromagnética, expresada en Hertz (ciclos por segundo).

**FRECUENCIA DE TRANSLACIÓN (TRANSLATION FREQUENCY):** En comunicaciones de microondas por satélite, es el nombre dado a los 2220 Mhz (2.2 Ghz) que existen de diferencia entre la frecuencia de enlace de subida hacia el satélite (upling signal) y el enlace de bajada hacia las estaciones receptoras en tierra (downlink signal).

**FRECUENCIA IMAGEN:** Una señal indeseada separada de la señal deseada por una frecuencia igual al doble de la frecuencia intermedia.

**FSK (FREQUENCY SHIFT KEYING):** Técnica de modulación digital de impulsos.

**FSS (FIXED SATELLITE SERVICE):** Asignación de posiciones orbitales FSS.

**Ga As:** Arseniuro de Galio. Semiconductor utilizado en componentes de microondas, básicamente.

**GANANCIA (GAIN):** La cantidad de la amplificación de la potencia de salida con respecto a la de entrada. Generalmente se expresa como un factor de multiplicación o en decibeles.

**GANANCIA DIFERENCIAL:** Parámetro de distorsión no lineal en video.

**GEO:** Órbita Geosíncrona Ecuatorial. Única órbita en la que un cuerpo puede permanecer esencialmente estacionario con relación a las coordenadas terrestres (órbita de Clarke).

**GEOSÍNCRONA (ÓRBITA):** Órbita que presenta un período de rotación igual al de la Tierra (no implica necesariamente que sea geostacionaria)

**Ghz (GIGAHERTZ):** Mil millones de Hertz (ciclos por segundo).

**G/N (CARRIER-TO NOISE RATIO), RELACIÓN PORTADORA/RUIDO:** Es la relación C/N expresada en decibeles por Hertz de ancho de banda de la señal. (También se denomina relación de ganancia/temperatura de ruido).

**GMT (GREENWICH MERIDIAN TIME):** El standard universal de referencia de tiempo (el horario de programación en satélites de televisión se expresa en horas GMT, a la que hay que aplicar la corrección de cada país para obtener la hora local).

**GREGORIANA (ANTENA):** Geometría de reflector dual para antenas parabólicas que utiliza un subreflector elipsoidal cóncavo y un reflector principal parabólico.

**G/T (GAIN-TO-NOISE TEMPERATURE RATIO), RELACIÓN DE GANANCIA TEMPERATURA DE RUIDO:** Cifra de mérito de una antena y un LNA. Mientras más elevada es la relación G/T, mejor es la capacidad de recepción terrestre.

**GUÍA DE ONDAS (WAVEGUIDE):** Denominada también guíaondas, es una línea de transmisión hecha con un conductor hueco, rectangular o tubular, a través del cual se propagan las señales electromagnéticas de alta frecuencia, con menos pérdida de energía que por medio de un cable coaxial. Se utiliza para dirigir de un punto a otro cercano las ondas cuya longitud es del orden de los centímetros. Por ejemplo, de una emisora de radio a su antena o del generador de impulsos al plato reflector de un radar. En un plato reflector de antena para recibir televisión por satélite, la guía de ondas se conoce como horn (cuerno, bocina) y es parte del conjunto formado por el alimentador (feed), el electrodo captador o elemento de señal, el amplificador LNA y el convertidor a frecuencia intermedia (70 Mhz), denominado downconverter. Es bueno aclarar que algunos equipos viejos incorporan el downconverter dentro del aparato receptor que el usuario utiliza para sintonizar los canales, pero ello implica la utilización de cables coaxiales de poca pérdida para la bajada de señales desde la antena, usualmente muy costosos.

**HALF TRANSPONDER:** Un método de transmisión de dos señales de televisión en un único transponder, reduciendo la desviación de frecuencia y la potencia asignadas. Las portadoras de televisión en half transponder operan normalmente entre 4 y 7 Db por debajo de la potencia nominal de saturación (utilizado básicamente en INTELSAT).

**HALL, SENSOR DE EFECTO (HALL EFFECT SENSOR):** Dispositivo usado para contar el número de rotaciones del motor del actuador. Un pequeño alambre conductor de corriente genera pulsos de voltaje al pasar por un imán permanente.

**HAS CONFORMADO:** Haz de sección irregular, producido por una antena multihaz o un reflector conformado.

**HAS DE SOMA:** Haz de cobertura más reducida, entre haz

hemisférico y haz local.

**HAZ GLOBAL (GLOBAL BEAM):** Se refiere al cono imaginario formado por la radiación de señales de la antena de un satélite, lo suficientemente amplio como para cubrir con su proyección o footprint (pisada) aproximadamente el 40% de la superficie terrestre. Muchos satélites Intelsat emplean haces globales.

**HDTV (HIGH DEFINITION TELEVISION), TELEVISIÓN DE ALTA DEFINICIÓN:** Un nuevo formato de televisión que tiene aproximadamente el doble de líneas en la pantalla de televisión para conseguir una resolución y calidad de imagen mejorada.

**HORN, BOCINA, EMBUDO O CUERNO:** Es un tipo de guía para microondas, con un extremo en forma de campana y usualmente con anillos metálicos planos concéntricos que ayudan a captar las señales reflejadas por el plato de antena. Su forma tiene influencia en la impedancia de acoplamiento entre la boca de alimentación (feed) y el espacio exterior.

En su garganta tiene el elemento de señal, un pequeño electrodo metálico con forma de clavo sin cabeza, encargado de convertir las señales electromagnéticas en señales eléctricas para su posterior amplificación en el LNA. En la recepción de televisión por satélite, su posición horizontal o vertical dentro de la guía de ondas debe corresponder con la polaridad del transponder (canal) que se desea recibir.

**IF (INTERMEDIATE FREQUENCY), FRECUENCIA INTERMEDIA:** Frecuencia de gama media que se genera después de la conversión de un receptor de satélite.

**ILUMINACIÓN DE LA ANTENA PARABÓLICA, ÁREA DE ILUMINACIÓN (DISH ILLUMINATION):** Término con que se describe la forma en que un alimentador "ve" la superficie de una antena parabólica así como el terreno circundante. En la superficie del plato reflector de una antena parabólica o esférica, el área de iluminación es la porción correspondiente a los puntos de incidencia cuyas señales alcanzan a entrar por la boca de alimentación (feed) de la guía de ondas (horn) y llegan hasta el amplificador LNA.

Si el plato tiene un diámetro mayor que el diámetro del círculo del área de iluminación, entonces las ondas concentradas en el punto focal no son "vistas" por el pequeño electrodo captador de la señal que hay en el fondo de la guía de ondas. Entre más cerca este el feedhorn del origen del plato reflector, menor será el área de iluminación. Las señales realmente aprovechadas son las que entran por el frente del alimentador.

**ILUMINADOR (FEEDER/FEEDHORN):** Denominado "antena secundaria", recoge las señales concentradas por el o los reflectores de la antena con una determinada apertura (iluminación en función de  $f/D$ ).

**IMD:** Distorsión de intermodulación.

**IMPEDANCIA (IMPEDANCE):** En un circuito con elementos capacitivos, inductivos y resistivos, es la oposición total (resistencia más reactancia) que éste ofrece al flujo de una corriente alterna de frecuencia dada. Se mide en ohmios, y su factor recíproco es la admitancia. Su símbolo es la letra Z.

**INCLINÓMETRO (INCLINOMETER):** Instrumento usado para medir el ángulo de elevación desde la superficie de la tierra hasta un satélite.

**INTELSAT, CONSORCIO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITES:** Entidad de 154 países dedicados al objetivo común de mejorar las comunicaciones vía satélite a nivel mundial.

**INTERRUPTOR DE LÁMINA (REED SWITCH):** Interruptor mecánico que usa unas láminas para hacer y romper el contacto, y de ésta manera contar los pulsos enviados al controlador del actuador.

**ISOTRÓPICO:** Propiedad particular de un hipotético radiador omnidireccional, referencia para medidas de antena.

**ITS (INSERTION TEST SIGNAL):** (También denominado VITS), para monitorizar los parámetros de calidad de una señal de video.

**K (GRADOS KELVIN):** Temperaturas sobre el cero absoluto. Temperatura a la cual se detiene todo movimiento molecular. La escala Kelvin está graduada en unidades de la misma magnitud que los grados Celsius también llamada grados Centígrados (C). El cero absoluto equivale a  $-273^{\circ}\text{C}$  o  $-459^{\circ}\text{F}$  (Fahrenheit).

**Kbit/s:** Kilobits por segundo (velocidad de transmisión de datos).

**Ku, BANDA (Ku BAND):** También llamada BANDA K. Es un rango de frecuencias de microondas entre: 11.7 y 12.7 Ghz. La porción de 11.7 a 12.2 Ghz es para servicio de los satélites, punto a punto, y la porción de 12.2 a 12.7 se utiliza para transmisiones al público.

**LATITUD (LATITUDE):** Medida de un punto de la superficie de la tierra al norte o al sur del Ecuador, expresada en grados de ángulo.

**LC, MODULADOR (LC MODULATOR):** Un modulador construido con elementos inductivos y capacitivos.

**LNCP (LEFT HAND CIRCULAR POLARISATION):** Polarización circular a izquierdas (levógira).

**LNA (LOW NOISE AMPLIFIER), AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO:** Este dispositivo, también llamado comúnmente amplificador de bajo ruido, se usa para la recepción y amplificación de la señal

débil del satélite reflejada por la antena y canalizada por un alimentador. La temperatura de ruido de los LNA se expresa en grados Kelvin. Un LNA y un convertidor descendente convencional instalados en una caja protegida contra la intemperie.

**LNB (LOW NOISE BLOCK DOWNCONVERTER), CONVERTIDOR DESCENDENTE DE BAJO NIVEL DE RUIDO EN BLOQUE DE SEÑALES:** LNA que también, en un solo paso, convierte todo el ancho de banda de 500 Mhz de las señales del satélite, reduciéndolas a una banda de frecuencia intermedia.

**LNC (LOW NOISE CONVERTER):** Convertidor de bajo ruido (el término puede incluir en algunos casos a la denominación LNB).

**LÓBULO LATERAL (SIDE LOBE):** Una sección del diagrama de irradiación que se usa para describir la capacidad de una antena para detectar señales fuera de su eje. La cantidad de ruido o de interferencias que puede detectar una antena parabólica esta en relación directa con la magnitud de sus lóbulos laterales.

**LÓBULOS SECUNDARIOS:** Diagrama de respuesta de directividad de una antena fuera del eje principal de radiación (side lobe).

**LONGITUD (LONGITUDE):** La distancia al este o al oeste del primer meridiano (0), medida en grados.

**LONGITUD DE ONDA:** Distancia entre dos crestas sucesivas de una señal.

**LONGITUD FOCAL (FOCAL LENGTH):** Distancia desde la superficie reflectora de una parábola hasta el punto en que se enfocan las señales de entrada del satélite, al punto focal.

**LUMINANCIA:** Contenido de brillo y contraste de una señal video. Información en B/N.

**MAC (A, B, C o D):** Sistema de color con multiplexado de Componentes Analógicos, con diversos métodos de transmisión para canales de audio y datos.

**MARGEN SOBRE UMBRAL (MARGIN-ABOVE-THRESHOLD):** Valor en Db por el que se supera la portadora/ruido (C/N) recibida respecto a la C/N (umbral) del reflector.

**MASER (MICROWAVE AMPLIFICATION BY STIMULATED EMISSION OF RADIATION):** Amplificador de bajo ruido (LNA) criogénico utilizado en las primeras estaciones terrenas de recepción.

**MATV (MASTER ANTENNA TV), ANTENA COLECTIVA DE TELEVISIÓN:** Estación o sistema de recepción de transmisión de TV que utiliza antenas de UHF y/o VHF. Las antenas están ubicadas centralmente y revelan las transmisiones de TV a distintos departamentos de un mismo edificio o condominio o a un grupo de residencias.

**MBA (MULTIPLE BEAM ANTENNA):** Antena multihaz.

**MERIDIANO MAGNÉTICO:** Es el plano vertical imaginario que pasa por los polos magnéticos de una brújula. Al ángulo que este plano forma con el plano vertical que pasa por los polos geográficos reales (eje de rotación de la tierra) se le llama declinación magnética.

**Mhz (MEGHERTZ):** Un millón de Hertz (ciclos por segundo).

**MICROONDAS (MICROWAVES):** Ondas electromagnéticas de menos de 1 centímetro de longitud. La gama de frecuencias que abarca desde aproximadamente 500 Mhz hasta 30 Ghz.

**MIRA DE ALINEACIÓN, ALINEACIÓN ÓPTICA (BORESIGHT):** La dirección óptica a lo largo del eje de una antena transmisora o receptora.

**MODEM, MODULADOR/DEMULADOR:** Denominación aplicada normalmente a un dispositivo convertidor de datos digitales a tonos de audio (y viceversa) para la transmisión sobre un canal analógico.

**MODULACIÓN (MODULATION):** Procedimiento por el cual se agrega un mensaje a una onda portadora. Esta operación se puede efectuar mediante variación (modulación) de la amplitud (AM) o modulación de la frecuencia (FM).

**MODULADOR:** Dispositivo electrónico que efectúa el proceso de modulación; algunos receptores de satélites domésticos incorporan un remodulador en AM, generalmente en UHF para proporcionar un canal standard CCIR para el televisor.

**MONITOR DE VIDEO (VIDEO MONITOR):** Un televisor que acepta señales de base sin modular. Se emplea para la reproducción de emisiones.

**MONTAJE Az/El:** Mecanismo de soporte y orientación de antenas parabólicas en dos planos, horizontal o azimuth y vertical o elevación.

**MONTAJE POLAR:** Mecanismo de soporte y orientación de antena por desplazamiento sobre un único eje (plano) que permite el seguimiento de la órbita geostacionaria. Un montaje polar clásico tiene su eje paralelo al de la tierra. Las estaciones TVRO utilizan una versión modificada que incorpora una corrección (offset) de declinación.

**MULTIPLEXADO:** Combinación de dos o más señales independientes sobre un único canal de transmisión.

**NISC:** Sigla de National Television Standards Committee, que fija las normas para las transmisiones de televisión en

Norteamérica.

**NORTE GEODÉSICO (GEODETIC NORTH):** Es el extremo superior del eje de rotación de la tierra. Se llama también norte real. No coincide con el polo norte magnético que señalan las brújulas.

**OFFSET (ANTENA):** Antena cuyo reflector es una sección de paraboloide provocando un modo de alimentación cuyo foco se sitúa fuera del campo de apertura. utilizable para diámetros menores a 120 cms.

**OMT (ORTHOAGONAL MODE TRANSDUCER):** conjunto guía ondas que separa o combina dos señales polarizadas ortogonalmente.

**ONDAS ESTACIONARIAS:** Línea de transmisión terminada, impropriadamente tiene energía reflejada por la carga, energía que interactúa con la señal directa y establece nodos y antinodos.

**ONDA REFLEJADA:** Señal en una línea de transmisión o guía de onda que no es absorbida por la carga, retornará a la fuente como una onda reflejada.

**ÓRBITA GEOSTACIONARIA (GEOSTATIONARY ORBIT):** Que gira alrededor de la tierra con su misma velocidad de rotación, y que por consiguiente parece estar quieto en el espacio. Véase Órbita o Cinturón de Clarke.

**ORTOGONAL:** Cualidad de separación angular en el espacio de 90°. Por ejemplo, polarización horizontal/vertical y polarización circular a derechas y a izquierdas.

**OSCILADOR LOCAL (LOCAL OSCILATOR):** Dispositivo que se emplea para suministrar una sola frecuencia estable a un convertidor ascendente. La señal del oscilador local se combina con la onda portadora para cambiar su frecuencia.

**PAL:** Abreviatura de Phase Alternate Line (Alternación de Fase por Línea). Sistema Europeo de televisión en colores que difiere del formato Norteamericano NTSC (National Television System Committee).

**PANTALLAS ARTIFICIALES (SCREENING):** El uso de materiales metálicos para proteger la antena de la entrada de interferencias terrestres (TI) no deseadas.

**PARÁBOLA (PARÁBOLA):** Forma geométrica que tiene la propiedad de reflejar en un punto focal todas las señales paralelas a su eje.

**PARABOLOIDE:** Parábola de revolución. Forma clásica de un reflector de antena.

**PATRÓN DE RADIACIÓN:** Medida de la energía radiada en cada

dirección.

**PCM (PULSE CODE MODULATION):** Conocido también como MIC (modulación de impulsos codificados). Sistema de modulación digital difundido en muchos tipos de transmisión.

**PELTIER (EFECTO):** Fenómeno físico de refrigeración termoeléctrica que se aplica a algunos LNA's criogénicos.

**PÉRDIDAS POR TRAYECTORIA (PATH LOSS):** Se conoce también como pérdidas por espacio. Es la atenuación que sufre una señal cuando viaja a través del espacio.

**PERIGEO (PERIGEE):** Punto de la órbita de un astro, un proyectil o un satélite en que éste se encuentra más cercano de la tierra.

**PÉTALO (PETAL):** Es el nombre que se le da a cada segmento de malla metálica que forma la superficie cóncava de ciertos platos esféricos o parabólicos de un sistema de antena para recibir TV por satélite. El pétalo se coloca de una cercha a la siguiente cuando se está armando el esqueleto del plato.

**PPD (POWER FLUX DENSITY):** Densidad de flujo referida a la intensidad de campo.

**PIRE (POTENCIA ISOTRÓPICA DE RADIACIÓN EFECTIVA O IIRP):** Potencia de salida de RF como resultado de la potencia de salida de la etapa de potencia del transponder del satélite más la ganancia de la antena emisora.

**PISADA (FOOTPRINT):** La zona geográfica hacia la cual dirige su señal la antena de enlace descendente de un satélite. La medida de la intensidad de la pisada es EIRP (potencia isotrópica radiada efectiva).

**PLATAFORMA (PAD):** Base de concreto para el montaje de un poste de soporte y una antena parabólica.

**PLATO (DISH):** Expresión con que se designa a una antena parabólica de microondas o término popular con el que se designa en latinoamérica a los reflectores de microondas para las antenas receptoras de televisión por satélite. También por su forma, en España se les bautizó "paellas", utensilio para servir la paella, un plato de la comida típica española. Algunas veces tomamos incorrectamente como antena al plato parabólico o esférico, cuando realmente es un mero reflector de las señales recibidas.

**PLATO ESFÉRICO (SPHERICAL DISH):** Es un plato de antena para microondas, con la particularidad de que su superficie de reflexión es un segmento de esfera.

**PLL (PHASE LOCKED LOOP), BUCLE DE ENGANCHE DE FASE:** Técnicas utilizadas en circuitos moduladores y demoduladores no

convencionales.

**POLARIZACIÓN (POLARIZATION):** Única característica de las ondas electromagnéticas. En las transmisiones vía satélite se emplean cuatro sentidos de polarización: horizontal, vertical, circular a la derecha y circular a la izquierda.

**POLARIZACIÓN CIRCULAR (CIRCULAR POLARIZATION):** Ondas electromagnéticas cuyo campo eléctrico gira de manera uniforme a lo largo del trayecto de las señales. Las transmisiones efectuadas por Intelsat y otros satélites internacionales se usan ondas polarizadas en forma circular, no horizontal o vertical.

**POLARIZACIÓN CRUZADA (CROSS POLARIZATION):** Término con que se describen las señales de polarización contraria a la que se está transmitiendo. La discriminación de polarización cruzada significa la capacidad que tiene un alimentador para detectar señales de una polaridad y rechaza las de polaridad opuesta.

**POLARIZADOR:** Sistema móvil (rotor) que acciona la unidad externa, el captador o la lámina de polarización de la guía de onda para seleccionar una u otra polarizaciones.

**PONDERACIÓN:** Curva o gráfico que expresa una corrección en la medida de la relación señal/ruido S/R en base a criterios de ancho de banda y de adaptación a aspectos sensitivos.

**PORTADORA, ONDA PORTADORA (CARRIER):** Una sola señal de radiofrecuencia que es modulada para conducir información.

**PRESÍNFASIS:** Método de optimización de la relación S/N en un sistema de transmisión, en este caso FM, por la que se incrementa la desviación en las altas frecuencias de la señal en banda base (con respecto a las bajas), siguiendo unas normas definidas BG o CCIR.

**PSK (PHASE SHIFT KEYING):** Un método de modulación digital.

**PUNTO FOCAL (FOCAL POINT):** Es el punto en el cual se concentran o cruzan la mayor parte de las señales reflejadas por un espejo esférico o parabólico. En el caso del reflector parabólico, dichas señales se reciben o se transmiten en forma de haces paralelos al eje de simetría.

**RADIOFRECUENCIA (RADIO FREQUENCY):** La banda de frecuencias de 10 KHz. a 100 KHz. del espectro electromagnético usado en las comunicaciones por el hombre.

**RECEPTOR DE SATÉLITE (SATELITE RECEIVER):** Equipo electrónico instalado bajo techo de una estación terrestre que se encarga de la conversión descendente, procesamiento y preparación de las señales procedentes del satélite para su presentación visual y audible.

**REFLECTOR:** Elemento en una antena de multielementos, que actúa para reflejar una señal al elemento conductor.

**REFLECTOR CONFORMADO:** Técnicas para el control de la sección de un haz, la iluminación de apertura, ruido, nivel de lóbulos secundarios y la mejora del rendimiento de antena, con variaciones de la forma de la antena de las configuraciones parabólicas, hiperbólica, etc. Los haces conformados pueden ser producidos de esta forma o con iluminación múltiple.

**REMODULACIÓN (REMULATION):** En un receptor para televisión por satélite, remodulación es el proceso de modular las señales recuperadas (demoduladas) de la banda base.

**RETARDO DE GRUPO:** Parámetro de distorsión de señal por el que algunas componentes del espectro de frecuencia en un canal determinado sufren un retardo temporal distinto entre ellas.

**REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIA (FREQUENCY REUSE):** En televisión por satélite, es un método para que dos canales diferentes de televisión puedan ser transmitidos simultáneamente por el mismo transponder, polarizando verticalmente a uno de ellos y horizontalmente al otro. Otro método para evitar la interferencia mutua al utilizar un mismo rango de frecuencias por dos señales diferentes, consiste en separar los satélites en el espacio unos 4 grados uno del otro (como si estuviesen en extremos de diámetros contiguos de la órbita común). De esa manera, cuando el plato de antena se enfoca hacia un satélite no alcanza a recibir las señales del siguiente, aunque sean de la misma frecuencia.

**RF:** Radiofrecuencia.

**RGB (RED, GREEN, BLUE. ROJO, VERDE, AZUL.):** Los tres colores primarios de los que se reconstruye la información de color en un receptor de televisión.

**RHCP (RIGHT HAND CIRCULAR POLARIZATION):** Polarización circular a derechas (dextrógira).

**RUIDO (NOISE):** Señal no deseada que interfiere la recepción de la señal de información deseada. Generalmente el ruido se expresa en grados Kelvin o en decibeles.

**RUIDO DE TIERRA (GROUND NOISE):** Señales de microondas perturbadoras generalmente por el calor de la tierra y detectadas por la antena parabólica.

**RUIDO TÉRMICO (THERMAL NOISE):** Señales eléctricas aleatorias causadas por agitación molecular. Se conocen comúnmente como ruido.

**RX:** Recibir o receptor.

**SATÉLITE DE BAJA POTENCIA:** Satélite con una potencia en sus

transponders por debajo de los 30 W.

**SATÉLITE DE MEDIANA POTENCIA:** Satélite con una potencia en sus transponders entre 30 y 100 W.

**SATURACIÓN (1):** Punto de trabajo de un amplificador no lineal cuando el nivel de entrada se sitúa para lograr la máxima potencia de salida.

**SATURACIÓN (2):** Parámetro que expresa la intensidad de color en una señal de video.

**SAW, FILTRO (SURFACE ACOUSTIC WAVE FILTER):** Dispositivo electrónico que permite una brusca transmisión entre regiones de frecuencias permitidas y atenuadas.

**SCPC (SINGLE CARRIER PER CHANNEL):** Modo de operación de un transponder. Sistema de transmisión vía satélite en que se emplea una portadora separada para cada canal, a diferencia del método de multiplexaje por división de frecuencia en que se combinan varios canales en una sola portadora.

**SCRAMBLING:** Técnicas de supresión de impulso de sincronismo en la transmisión de señales de televisión.

**SECAM (SEQUENCE A COULEUR A MEMOIRE):** Norma de color diseñada en Francia.

**SEÑAL COMPUESTA:** Término general referido a video compuesto o a banda base compuesta.

**SERVOOSCILACIONES DE BÚSQUEDA (SERVO HUNTING):** Una búsqueda oscilatoria de la sonda del alimentador provocada generalmente por el uso de cables de control del calibre equivocado.

**SEÑAL DE LUMINANCIA (LUMINANCE SIGNAL):** Es la porción correspondiente a la información monocromática en una señal de televisión en colores. Se le conoce también como señal de brillo.

**SEPARADOR (SPLITTER):** Dispositivo que toma una señal y la divide en dos o más señales idénticas pero de menor potencia.

**SESGO (SKEW):** Término usado para describir los ajustes necesarios para sintonizar finamente la polaridad del alimentador al apuntar a un satélite diferente.

**SINTONIZACIÓN POR DETENCIÓN (DETENT TUNING):** Sintonía de un canal de satélite con selección de una resistencia prefijada.

**SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CASSEGRAIN (CASSEGRAIN FEED SYSTEM):** Sistema de alimentación de antena que consiste de un reflector primario, la antena parabólica y un reflector secundario que reorienta las microondas hacia un amplificador de bajo ruido por vía de un guíafondas.

**SLOT, RANURA O HENDIDURA:** Es la tarjeta principal de una computadora, es el nombre dado a la terminal de conexión para conectar tarjetas de expansión de funciones (video, impresora, mouse, memoria, control de unidades de disco, etc.). En comunicaciones por microondas, es la posición longitudinal de un satélite en la órbita geosincrónica.

**SMATV (SATELLITE MASTER ANTENNA TELEVISION):** Instalación de antena colectiva con canales recibidos vía satélite.

**S/N (SIGNAL-TO-NOISE-RATIO), RELACIÓN DE SEÑAL A RUIDO:** Razón entre la potencia de una señal y la potencia de ruido en un ancho de banda especificado. Esta relación generalmente se expresa en decibeles. También es llamado figura de ruido (noise figure). Para obtener un buen factor de mérito en una estación receptora de TV por satélite, sin aumentar excesivamente sus costos, debemos primero escoger el conjunto de antena y LNA adecuado para cada caso específico.

**SOBREMULACIÓN:** Modulación sobre 100%, la cual resulta en la generación de frecuencias espurias.

**SOPORTE (MOUNT):** Estructura que sostiene la antena de una estación terrestre, las variedades más comunes son los soportes polares y los del tipo Az-El (azimut-elevación).

**SOPORTE POLAR (POLAR MOUNT):** Soporte de antena que con el movimiento de un solo eje efectúa el rastreo de todos los satélites ubicados en el arco geosincrónico. El eje de rotación del plato debe apuntar hacia la estrella Polaris (aproximadamente a la polar), Zona hacia la que señala el polo norte real.

**SPARKLIES:** Demodulación genérica para el ruido impulsivo visible en pantalla en forma de puntos blancos o negros, para valores de C/N similares o inferiores al umbral del receptor de satélite.

**SPILLOVER:** Zona de rebosamiento (en muchos casos no deseada) de la cobertura de un satélite en la que es posible captar bajo ciertas condiciones, las señales.

**S/S (SOUND-SYNCS):** Sistema de multiplexado audio/video, por el que se sitúa uno o más canales de audio y datos sobre el impulso de sincronismo de una señal banda base video.

**SUBPORTADORA:** Onda portadora de información, que modula a su vez a una portadora principal de un sistema de comunicaciones; las subportadoras se utilizan comúnmente para la información de color, el audio en TV, canales independientes de sonido y datos, etc.

**SUBPORTADORA DE AUDIO (AUDIO SUBCARRIER):** La onda portadora que transmite información de audio entre 5 y 8.5 Mhz. en una transmisión vía satélite.

**SUBPORTADORA DE COLOR (COLOR SUBCARRIER):** Es una portadora que hace parte de la banda-base de video y que sirve para llevar la información del color. En el sistema NTSC su frecuencia corresponde aproximadamente a 3.58 Mhz, y es modulada en cuadratura con la información de color.

**SUBREFLECTOR HIPERBÓLICO (HYPERBOLOIDAL SUBREFLECTOR):** En una antena para comunicaciones por microondas, del tipo cassegrain, es el reflector secundario que se pone encima del reflector principal. Su superficie de reflexión es convexa, con forma generada por la rotación de una curva hipérbola sobre su eje. Se coloca en el punto focal de un plato parabólico para aumentar su ganancia. Es espejo intermedio entre el espacio y el alimentador.

**SUPERHETERODINO:** Un receptor que mezcla una RF variable de entrada con una correspondiente señal de oscilador local para proporcionar una frecuencia fija de IF.

**TDM:** Multiplex por división en el tiempo. Técnica de transmisión digital.

**TELETXT:** Radiodifusión de páginas de texto sobre un canal de televisión, en forma digital, sobre el período de borrado de línea de una señal de televisión.

**TEMPERATURA DE RUIDO (NOISE TEMPERATURE):** Medida de la magnitud de ruido térmico presente en un sistema o dispositivo. Mientras más baja sea la temperatura de ruido, mejor es la calidad del sistema o dispositivo.

**TI (TERRESTRIAL INTERFERENCE), INTERFERENCIA TERRESTRE:** Señales de comunicación generadas en la tierra en la gama de frecuencia de microondas que interfieren con las transmisiones vía satélite.

**TONO PILOTO:** Frecuencia de referencia transmitida como parte de un sistema SCPC o una señal de control banda base en un sistema de compresión-expansión (companding).

**TOP (TWT: TRAVELLING WAVE TUBE):** Tubo de onda progresiva. Etapa de potencia de microondas.

**TRÁFICO:** El conjunto de señales de telecomunicaciones que procesa un canal de transmisión, básicamente referido a telefonía y datos.

**TRAMPA (TRAP):** Dispositivo electrónico que atenúa una banda de frecuencias seleccionadas de una señal.

**TRANSDUCTOR:** Dispositivo usado para convertir un parámetro no eléctrico a corriente o voltaje equivalente.

**TRANSFORMADOR DE UN CUARTO DE ONDA:** Línea de transmisión de

longitud  $\lambda/4$  seleccionada para acoplar la fuente y la impedancia de carga.

**TRANSMISOR-RESPONDEDOR (TRANSPONDER):** Un repetidor, receptor y transmisor de microondas, que se emplea en un satélite para amplificar y cambiar la frecuencia de un canal de comunicación de enlace ascendente.

**TRANSPONDER:** El conjunto de equipos que conforman un repetidor de canal sobre un satélite.

**TTC (TRACKING & TELEMETRY, COMMAND):** Referido a las estaciones o señales de telemando, teledida y seguimiento de satélites.

**TTC&M:** Una estación de control terrestre para satélites.

**TURO (TELEVISION RECEIVE ONLY), ANTENA ÚNICAMENTE RECEPTORA DE TELEVISIÓN:** Estación terrestre diseñada solo para recibir y no transmitir comunicaciones vía satélite.

**TX:** Transmitir o transmisor.

**UNF:** Banda de frecuencias que ocupa desde 300 Mhz hasta 3 Ghz. La radiodifusión de televisión terrena se extiende de 470 a 860 Mhz.

**UMBRAL (THRESHOLD):** La entrada mínima de señal con relación al ruido para que un vidorreceptor pueda presentar una imagen aceptable. En un sistema FM, es el valor de C/N por el que éste y la S/N de la señal demodulada dejan de seguir una relación lineal.

**UMBRAL (EXTENSIÓN DE):** Técnicas para reducir el valor de C/N en el que se presenta el efecto umbral.

**UNIDAD INTERNA:** Término referido al receptor de satélite (sintonizador/demodulador).

**UNSCRAMBLING:** Restaurar una señal de televisión a un sistema que cumpla las normas internacionales NTSC, PAL, SECAM, etc., de forma que la programación pueda ser vista solo por quienes han pagado una cuota por el servicio.

**UT (TIEMPO UNIVERSAL):** Equivalente a hora GMT (hora de Greenwich).

**VARIACIÓN MAGNÉTICA (MAGNETIC VARIATION):** La diferencia entre el norte geográfico y la lectura norte de la brújula.

**VENTANA DE RECEPCIÓN (RECEPTION WINDOW):** Nombre que recibe un rectángulo imaginario puesto al frente de un plato de antena, el cual define los movimientos del plato para la recepción de las señales de un satélite.

**VIDEO COMPUESTO:** Señal completa de video incluyendo sincronismos, e información de luminancia y croma (con teletexto en su caso). No incluye audio o subportadoras de datos.

**VIDEOTEK:** Un sistema de distribución de información de texto, desde un ordenador central a terminales remotos.

**VTO (VOLTAGE TUNED OSCILLATOR), OSCILADOR SINTONISABLE POR TENSIÓN:** Circuito electrónico que se usa en los receptores de satélites para generar una frecuencia destinada a la selección de canales.

**VSWR (VOLTAGE STANDING WAVE RATIO), RAZÓN DE ONDAS ESTACIONARIAS DE TENSIÓN:** Una medida del porcentaje de la potencia que es reflejada con respecto a la potencia total que llega a un dispositivo.

**WIND LOAD SURVIVAL, RESISTENCIA A LA CARGA DEL VIENTO:** Es la cantidad de presión del viento tolerada por un plato de antena para recibir TV por satélite.

**X, Y:** Los dos planos de polarización en el sistema EUTELSAT, nominalmente horizontal y vertical.

**YUV:** Conjunto de las señales de luminancia y diferencias de color B-Y (U) y R-Y (V), respectivamente, en el video compuesto.