

# La Luna un poco más cerca

## Primera parte



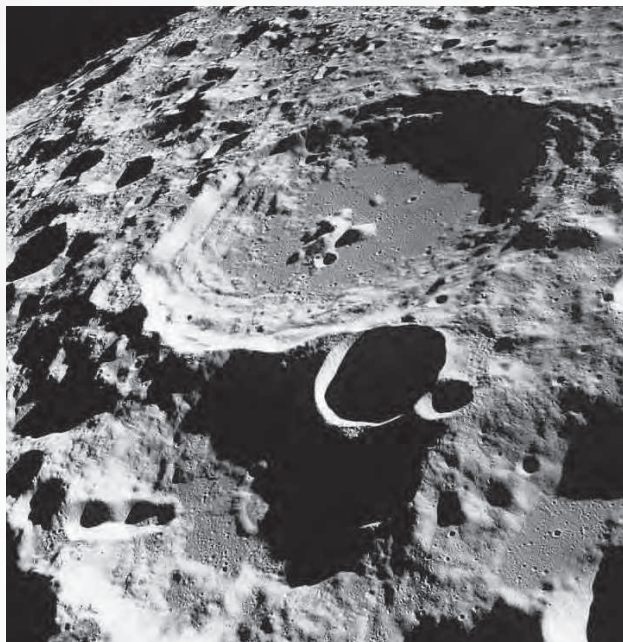
**Juan Antonio Fernández Montaña**  
**EA4CYQ**

Ya en el año 2000 empecé con los Satélites de Radioaficionado, donde he estado muy activo, y os conté mi experiencia en varios artículos publicados en esta revista entre los años 2003 y 2007. Estas publicaciones están vigentes hoy en día y las podéis encontrar recopiladas en la web de nuestro compañero Rodolfo, EA4CAX, <http://www.ea4cax.com>

Por curiosidad, los primeros contactos rebotando en la Luna se llevaron a cabo por militares en la segunda guerra mundial, aunque el primer contacto entre radioaficionados no tuvo éxito hasta 1960.

En abril de 2010, el Premio Nobel de Física Joe Taylor K1JT, quien desarrolló el protocolo de comunicación para señales débiles denominado WSJT, se puso de acuerdo con WP3R y WA3FET para hacer rebote lunar utilizando el telescopio de Arecibo (Puerto Rico) en 432 MHz. En la QST de agosto de 2010 hay un extenso artículo sobre este evento.

“Vele aile”, que diría un Calabazón, con mis humildes antenas de satélite y 80 W tuve la oportunidad de ser la única estación EA que hizo el contacto. Os podéis imaginar los botes que pegaba por mi casa, esto supone no volver a mirar la Luna de la misma forma de aquí en adelante, creo



que me empezaron a salir pelos por todo el cuerpo los días de luna llena.

Los avatares de la vida y un cambio de vivienda de un piso a una edificación unifamiliar me hicieron pensar en poder tener una estación de EME, así que a leer como un descosido para aprender y aprender. Sobre todo para convencer a mi esposa de que aquello no iba a ser una casa debajo de una antena. Ahora que escribo este artículo cumplo un año con mis nuevas antenas de 144 MHz y he conseguido 360 nuevas estaciones repartidas por todo el mundo.

Mi intención es abriros una nueva ventana, transmitir esta experiencia e intentar resumir todo lo que he aprendido. Este artículo no está escrito pensando en el puñado de no más de 20 estaciones activas en EME en España, sino en el resto de vosotros.

Cuando hayáis leído estos dos artículos que he preparado, os daréis cuenta de por qué se dice que EME es el mayor reto de un radioaficionado, y lo es porque está en el límite de lo posible. Si fuera un poco más difícil no estaría a nuestro alcance, si fuera un poco más fácil todo el mundo lo haría, es la frontera de la radioafición.

## Qué debemos saber de la Luna



Superficie rugosa de la Luna

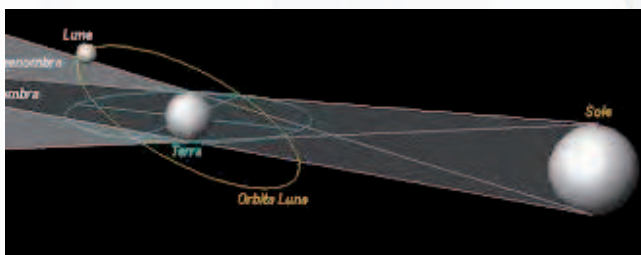
Para un radioaficionado, la Luna es un repetidor pasivo, o sea una pantalla, un reflector donde rebotar nuestra RF. Permitirme hacer las siguientes afirmaciones:

► Para que dos estaciones puedan hacer un contacto vía EME, ambas deben estar viendo la Luna. Se dice que las dos estaciones tienen una ventana común o que están en la huella de la Luna, o lo que es lo mismo, la Luna es capaz de ver las dos estaciones simultáneamente. Aunque haya nubes o sea de día, la Luna está ahí, todavía hay gente que piensa que la Luna solo sale de noche. El récord de distancia lo tiene CT1HZE con sus antípodas ZL1IU, ambos veían la Luna con menos de 1° de elevación.

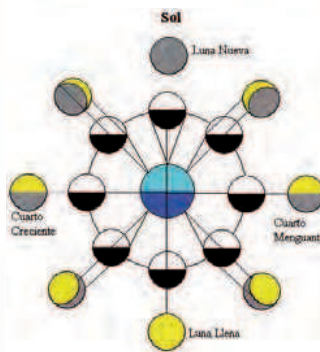
► Para poder hacer un contacto vía EME hay que hacerlo en frecuencias de 50 MHz o superiores, por debajo de 50 MHz es posible solo en algunas condiciones de la ionosfera. La RF de menos de 50 MHz, generalmente con mayor o menor atenuación, es rebotada por la ionosfera hacia la Tierra.

► La Luna describe una órbita elíptica alrededor de la Tierra, por lo tanto la distancia entre la Luna y la Tierra no es constante, varía entre 360.000 Km y 405.000 Km.

► El Sol, la Tierra y la Luna, que tienen órbitas elípticas, no se encuentran todos en el mismo plano. No os voy a liar con números, solo debemos saber que la órbita de Luna con respecto al ecuador terrestre tiene una inclinación de 28,5°. Atendiendo a este dato, en cada ubicación las siguientes cifras variarán, aunque poco dentro de España. Dentro del ciclo de 28 días, en mi Locator IM78cx, la Luna aparece por el Este (entre 70° y 120°), desaparece por el Oeste (entre 240° y 293°), y la máxima altura que



Relación entre las órbitas de la Tierra y la Luna



## Fases de la Luna, el Sol se considera muy lejos

► Como consecuencia de que la Luna es esférica, no es metálica, tiene montañas y valles, etc., solo refleja a la Tierra el 7 % de la RF que impacta en ella.

► La RF, como la luz, se desplaza a 300.000 Km/seg., por lo tanto nuestra señal tarda en ir y volver entre 2,4 y 2,7 segundos, según la Luna esté en el perigeo o apogeo de su órbita elíptica, con una media de 2,56 segundos. O sea, podemos transmitir una señal y cuando soltamos el PTT podremos escuchar nuestra propia señal a los 2,5 segundos (nuestro propio eco).

► Las fases ópticas de la Luna (llena, nueva, cuarto menguante y cuarto creciente) no afectan a la RF. Pero en la luna nueva, el ruido proveniente del Sol sí nos puede estropear la jornada. Ver en la figura de las fases lunares que en la luna nueva, la Luna está entre el Sol y la Tierra, por lo tanto estamos en línea con el Sol.

Hasta aquí tenéis algunos datos para memorizar y presumir ante los amigos. Pero no os confiéis, solo acabamos de empezar...

## Muchos más problemas que superar

Dicen los psicólogos que los problemas no son nada más que una oportunidad para demostrarnos nuestra capacidad de superación. Son tantos y tan interrelacionados entre ellos que simplemente los voy a enumerar sin ninguna intención de ponderar. Vamos allá:

### 1. Pérdidas del camino

Aquí el refranero no pensaba en nosotros: "Lo importante no es llegar, sino el camino". Aquí los 2,5 segundos de camino son tortuosos y complicados. Para relativizar un poco, hagámonos una idea de que en HF, rebotando en la ionosfera, nos ponemos contentos cuando superamos los 7.000 Km y hacemos un contacto con América o Asia, y ya se nos ve la sonrisa cuando llegamos a Australia, Japón, el Pacífico o nuestras antípodas, que están a poco más de 19.000 Km. Qué son 19.000 Km comparados con los 810.000 Km en EME. Tenemos que recorrer más de 42 veces lo que recorreremos en HF.

Si tenemos en cuenta la suma total de las pérdidas del camino, las del espacio más las de la atmósfera, que varían según el estado de la ionosfera, sin entrar en fórmulas, la atenuación media en dB versus la frecuencia queda resumida en la siguiente tabla:

| Frecuencia (MHz) | Atenuación en el camino (dB) |
|------------------|------------------------------|
| 50               | -242,9                       |
| 144              | -252,1                       |
| 222              | -255,8                       |
| 432              | -261,8                       |
| 902              | -268,0                       |
| 1.296            | -271,2                       |
| 2.304            | -276,2                       |
| 3.456            | -279,7                       |
| 5.760            | -284,1                       |
| 10.368           | -289,2                       |
| 24.048           | -293,5                       |

No os asustéis, al final veremos que estos impresionantes números se pueden salvar.

## 2. Doppler

Los que trabajáis satélites ya lo tenéis dominado, para el resto os explico. Existe un fenómeno físico denominado doppler, mediante el cual si algo que se está moviendo con respecto a nosotros emite una portadora en una frecuencia, nosotros no recibiremos esa portadora en esa misma frecuencia, sino en otra cercana. El efecto es el siguiente:

- Cuanto mayor es la velocidad entre el emisor y el receptor, mayor es el efecto doppler.
- Si el emisor se acerca a nosotros, lo recibiremos en una frecuencia superior.
- Si el emisor se aleja de nosotros, lo recibiremos en una frecuencia inferior.
- A mayor frecuencia, el efecto doppler es mayor.

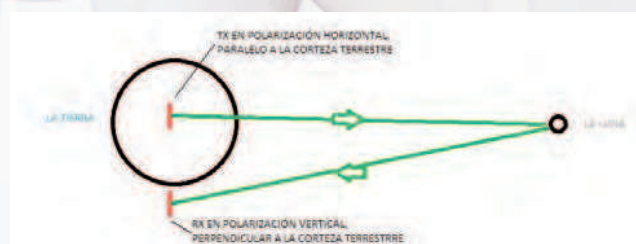
Teniendo en cuenta la rotación de la Luna sobre sí misma, la rotación de la Tierra sobre sí misma y la rotación de la Luna con respecto a la Tierra, salen unas cifras del siguiente orden:

| Frecuencia (MHz) | Doppler (KHz) |
|------------------|---------------|
| - 144            | 0,44          |
| - 1.296          | 4             |
| - 10.000         | 30            |

A este efecto hay que sumar una distorsión en la señal que se produce en un “ensanchamiento” de la portadora de 0,2 Hz en 144 MHz y de 15 Hz en 10 GHz, como consecuencia de que la señal rebota simultáneamente en el ecuador de la Luna y en sus polos, así como en las diferentes montañas y valles. Este efecto se define como “libration” y no siempre es igual de notable. Podéis ver en alguna de las fotos cómo es la superficie de la Luna.

## 3. Rotación espacial

Sin considerar otras rotaciones que comentaremos más adelante, se ha establecido que la polarización horizontal es paralela a la corteza terrestre. Visto desde la Luna, como la Tierra es redonda, dos estaciones en dos puntos diferentes de la Tierra es muy difícil que tengan la misma polaridad, una con respecto a otra. Hasta el punto de que dos señales que tienen un desfase de 90° poseen una atenuación de una con respecto a otra de más de 20 dB; esto es una barrera infranqueable. Ya veremos cómo la superamos.



Rotación espacial de la polaridad, provocada por la situación relativa entre dos estaciones

## 4. Efecto Faraday

La ionosfera es muy cambiante según esté iluminada por el Sol o por los efectos de las tormentas solares, esto nos suena mucho a HF, ¿verdad? Aquí tampoco nos libramos de ella: por una parte produce una pequeña atenuación, pero lo realmente importante es que cambia aleatoriamente la polaridad de la señal que la atraviesa.

A lo largo de un día, este efecto puede hacer rotar una señal muchas veces en 144 MHz, a veces cada algunos minutos y otras veces cada hora. Pero en 432 MHz puede tardar desde 30 minutos hasta un día completo en hacer rotar una señal. Además, este efecto es más acusado durante el día y especialmente al aparecer y desaparecer la Luna.

Seamos claros: no es predecible la polaridad de la señal que recibimos, son tantas las variables que da lo mismo la polaridad en la que pongamos las antenas, solo recibiremos al correspondiente cuando el “Sr. Faraday” nos lo permita.

Otra vez metiéndonos miedo, no os preocupéis que tenemos solución para todo. Cuanto mayor es el reto mayor será la alegría de superarlo.

## 5. El ruido espacial

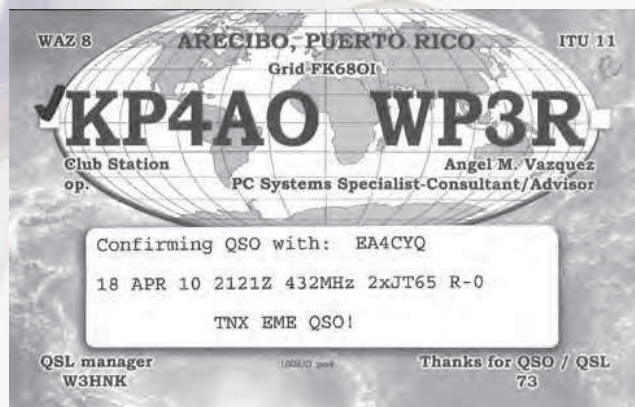
¡Si en el espacio no hay nada! Hasta este momento, éramos felices con esta afirmación; otra vez el refranero nos dice: “La ignorancia hace la felicidad”. Resulta que donde hay moléculas, al calentarse, rozan unas con otras y producen “ruido” en muchas frecuencias, incluso hasta en las nuestras. Por lo tanto, todos los cuerpos celestes y la propia atmósfera están produciendo ruido.

La mayor fuente de ruido espacial la produce el Sol (allí sí que hay temperatura y moléculas), por lo tanto cuando la Luna está en línea con el Sol, en la luna nueva, lo cual ocurre 3 o 4 días cada 28, es mejor no hacer EME.

En el espacio hay otras muchas más estrellas, pero están muy lejos. Aunque desde la Tierra vemos una zona donde se concentran y la llamamos Vía Láctea. Pues bien, cuando la Luna se alinea con ella, otra vez más ruido. Este ruido se mide mediante un índice que se llama “degradación”, y que puede oscilar a lo largo de 28 días entre -1,8 dB y -14 dB, siendo la cifra más positiva, las mejores condiciones.



Observatorio de Arecibo KP4AO



QSL de KP4AO

## 6. El ruido terrestre

El menos importante, que no despreciable, es el producido por la propia Tierra al calentarse, por lo tanto es más acusado en la época estival y durante el día.

Sin duda, nuestro mayor obstáculo para hacer EME es el ruido generado por la actividad humana, no por nuestro cuerpo sino por la industria, la electrónica, etc. Este ruido es muy cercano, muchas veces generado en nuestra propia casa (una fuente conmutada, una bombilla de leds), en casa del vecino, al otro lado de la calle por una cámara de seguridad, o el teléfono de nuestro cuñado cuando nos viene a ver, porque tiene un oscilador local cuyo armónico coincide con la frecuencia en la que estamos trabajando.

En algunas ocasiones es un ruido generado a propósito para perturbar el espectro, como son los inhibidores utilizados por los cuerpos de seguridad del Estado.

Ahora que conocemos al enemigo, que es el primer paso para ganar la batalla, veremos cómo se las han ingeniado los radioaficionados para aprovechar la Luna como un repetidor pasivo, pero esto será en el próximo artículo.●

# La Luna un poco más cerca

## Segunda parte

**Juan Antonio Fernández Montaña**  
**EA4CYQ**

Siento haberos dejado un poco desanimados en el artículo anterior, pues solo os he mostrado los problemas que debemos superar para hacer EME; intento relacionarlos:

- Pérdidas en el camino, recordemos en 144 MHz son 252,1 dB.
- Efecto doppler, que nos desplaza la frecuencia en la cual recibimos la señal que se ha emitido.
- Libration, que nos distorsiona la señal al ser rebotada en la superficie rugosa de la Luna, que además es esférica.
- Rotación espacial sumado al efecto Faraday, que nos cambia aleatoriamente la polarización de la señal.
- Ruido espacial y ruido terrestre, bajo los cuales se esconden las señales que recibimos.

En este segundo artículo, intentaré desarrollar las soluciones que los radioaficionados han adoptado para superar este inmenso reto.

### Las pérdidas del camino

Está claro que esto solo se puede superar con ganancia en las antenas, minimizando las pérdidas hasta el receptor y con vatios del amplificador. Pero ¿cuál es el límite?

Cuando se empezó en EME, el límite de decodificación de las señales recibidas estaba en la capacidad de discernir la señal entre el ruido por el oído humano. El método más eficaz era la CW, posteriormente se aplicaban filtros en el audio para poder sacar los puntos y las rayas, pero ahí estaba la frontera. En estas condiciones las mínimas antenas y potencia para que una estación pueda escuchar su propio eco, en condiciones más o menos aceptables, son:

| Banda (MHz) | Antena | Ganancia (dBi) | Apertura lóbulo Principal (°) | Potencia (W) |
|-------------|--------|----------------|-------------------------------|--------------|
| 50          | 4x12 m | 19,7           | 18,8                          | 1.200        |
| 144         | 4x6 m  | 21,0           | 15,4                          | 500          |
| 432         | 4x6 m  | 25,0           | 10,5                          | 250          |
| 1.296       | 3 m    | 29,5           | 5,5                           | 160          |
| 2.304       | 3 m    | 34,5           | 3,1                           | 60           |
| 5.760       | 2 m    | 39,2           | 1,8                           | 60           |
| 10.368      | 2 m    | 44,3           | 1,0                           | 25           |

Incluido 1.296 MHz en adelante, la antena se refiere al diámetro de parabólicas.

Esta tabla publicada en el Handbook nos va a servir de base para hacer muchas interpretaciones, que intentaré aclarar.

Hoy en día, aparte de la CW, se utiliza un protocolo de comunicación mediante PC que se llama WSJT, diseñado por nuestro compañero Premio Nobel de Física Joe Taylor, K1JT. La conexión de la emisora con el PC es mediante tarjeta de sonido, igual que PSK31, OPERA, etc.



**Polarización lineal de EA4CYQ**

WSJT ha revolucionado el mundo de EME haciéndolo accesible a instalaciones realmente pequeñas, pues permite decodificar señales 6-7 dB por debajo de lo audible por el oído humano. Alguien os dirá que incluso llega hasta 10 dB o más, pero las condiciones han de ser excepcionales y yo intento transmitir una realidad.

Traducido a la vida real, en 144 MHz y en CW hacen falta 4x6 m/500 W para poder escucharse entre dos estaciones iguales o, lo que es lo mismo, escuchar tu eco. Pero con WSJT, una estación de 4x6 m/500 W será capaz de hacer contactos con estaciones 6 dB más chicas, o sea, con estaciones 4x6 m/125 W.

Maticemos, 4x6 m es equivalente a 2x12 m, al final lo que cuenta es la longitud del boom total, ya lo dividamos en 2 antenas o en 4. Teóricamente 2x12 m funcionará algo mejor que 4x6 m, pues al tener menos enfasamientos tendremos menos pérdidas.

Otra matización, alguien me podría decir: pues 6 dB equivalen a reducir 4x6 m a 1x6 m (recordemos que cada 3 dB es equivalente a duplicar/dividir potencia o longitud de boom), transmitiendo ambas con la misma potencia. ¡Correcto! Teóricamente sí, pero en realidad no, me explico: una antena de 4x6 m tiene un ángulo de radiación en el lóbulo principal mucho menor que una antena de 1x6 m, y como la Luna representa solo 0,5°, resulta que las antenas de 4x6 m/125 W (lóbulo principal 16°) inciden con bastante más RF en la Luna que una antena de 1x6 m/500 W (lóbulo principal 35°), aunque teóricamente hablemos de los mismos dB.

En mi experiencia, tengo 4x5 m/750 W, trabajo con cierta comodidad estaciones similares a la mía y superiores, en condiciones buenas tengo echas muchas estaciones de 2x4 m/1 kW, que es lo que se suele utilizar en las expediciones (típica 2x9 elementos de M2), pero también he hecho muchas estaciones de 1x10 m/1 kW (típica Tonna de 17 elementos). Ya en condiciones muy extremas que se salen de la realidad he trabajado alguna estación de 12 elementos, e incluso he decodificado estaciones

de 8 elementos aprovechando “GG”, pero esto son excepciones.

Para tener algo más de ganancia, algunas estaciones aprovechan el “Ground Gain” o “GG”, esto es que en ciertos ángulos de elevación cercanos a la horizontal, se produce una ganancia adicional al aprovechar la reflexión del suelo. Esto depende del terreno circundante y de la situación de nuestras antenas. ON4KHG tiene confeccionado un estudio y muy relevante información de sus logros, al conseguir con 12 elementos y 300 W, 297 estaciones diferentes.

## Ruido espacial

El lóbulo principal de radiación de nuestra típica antena de 4x6m está sobre 16°, esto se define como la apertura en grados

nos mecánicos (que en estos momentos no son de consideración) y otros eléctricos:

*Parámetros eléctricos:*

- |                                                                                |                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1. Ganancia                                                                    | 6. SWR                                          |
| 2. Relación entre la ganancia al frente y a la espalda                         | 7. Ancho de banda                               |
| 3. Ángulo de radiación del lóbulo principal con respecto al suelo (horizontal) | 8. Impedancia                                   |
| 4. Ángulo de radiación del lóbulo principal horizontal                         | 9. Potencia que soportan                        |
| 5. Ángulo de radiación del lóbulo principal vertical                           | 10. Temperatura de la antena                    |
|                                                                                | 11. Temperatura debido a la resistencia interna |
|                                                                                | 11. Longitud eléctrica del boom                 |

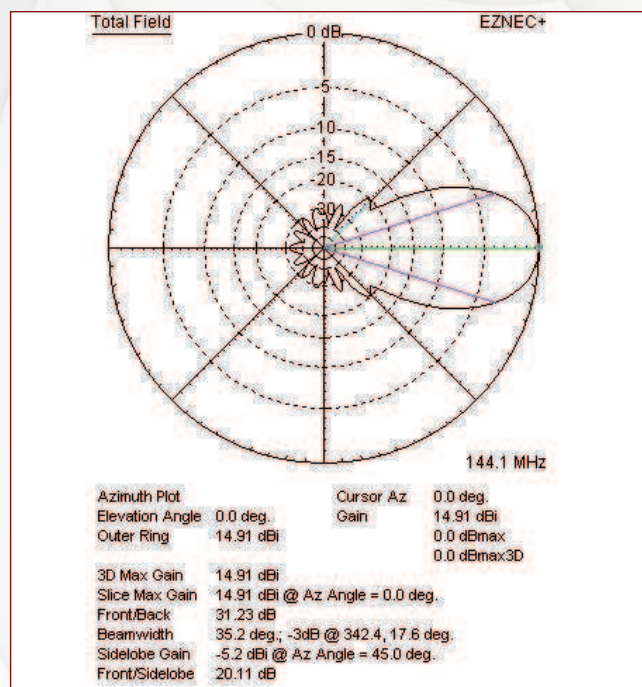
Hoy en día hay programas de cálculo de antenas que tienen en cuenta todos estos parámetros, y se puede dar prioridad a aquellos que nos interesen:

- Al ancho de banda para poder abarcar los 2 MHz de los 2 m.
- La relación frente-espada, para poder eliminar el ruido y las estaciones que tengo detrás.
- Un ángulo de radiación bajo para poder hacer DX rebotando en la ionosfera.
- Etc.

Solo esto daría para varios artículos, muy interesantes, pero nos concentraremos en aquellos parámetros que afectan al ruido.

## Ganancia (G)

Para un diseño y una frecuencia dada, la máxima ganancia se define como la que tiene el lóbulo principal. En relación con la ganancia, está el ángulo que forma el lóbulo entre dos puntos en los cuales su ganancia cae 3 dB. Este nos da una idea de lo afilado del lóbulo, que nos permitirá concentrar más energía hacia donde queremos oír.



QUAGY 10 elementos de YU7XL, diagrama de radiación horizontal GT=-8.88

## Temperatura (T)

La temperatura es un dato que nos dan los programas de análisis, y está directamente relacionado con la resistencia de los elementos que componen la antena y eliminación de lóbulos laterales y traseros, concentrando la energía en el lóbulo principal.

TO RADIO **EA4CYQ** **2m EME int #837**  
CONFIRMING OUR QSO

| DAY | MONTH | YEAR | JST(UTC) | MHz  | RST  | 2WAY         |
|-----|-------|------|----------|------|------|--------------|
| 26  | OCT   | 2013 | 0028     | 14.4 | "RO" | JT6SB<br>EME |

IC-7400. 3CX1500A7 (500W) 4xCC17B2 (H&V-Pol)  
RIG FT-1021. JRL-3000F (1kW) ANT Dipole, Yagi

☒ PSE ☐ QSL ☐ TMRK

OP. JR3REX SEIICHI TSUBOI  
QTH. AKASHI CITY  
Mail address. 408-133, Senzo3, Itami Hyogo, 654-0898, JAPAN

Juan. Many thanks for nice QSO and new GRID!  
6-26dB/H-pol. TX-cw45. using RPA: Rotary Polarity Arraj.  
IC-7400's Lo(32MHz) is locked to GPS.  
CU AGN. 73's! de JR3REX/Seiichi

## QSL de HB0PA2CHR

en los cuales la ganancia de la antena cae 3 dB con respecto a la máxima ganancia, que se produce a 0°.

La Luna, vista desde la Tierra, representa solo 0.5°. Esto quiere decir que recibiremos las señales rebotadas en la Luna y todo el Ruido Espacial que hay detrás. Solo podemos luchar instalando antenas con menor ángulo de radiación del lóbulo principal o mediante filtros. Normalmente se elige para trabajar EME los días de menor degradación.

## Ruido terrestre

El ruido terrestre generado por la temperatura de todo lo que nos rodea no lo podemos evitar, habrá que esperar a días más fríos, la noche o algún filtro que nos ayude.

Pero el ruido generado por la actividad humana sí que es un problema. Cuando, después de viajar la señal de nuestro corresponsal 2,5 seg. a la velocidad de la luz, no la podemos ver en nuestra pantalla porque la bombilla de led de nuestro vecino nos lo impide por la pequeña FA conmutada que tiene instalada, ¡qué catástrofe!

Lo ideal, en primer lugar, es que este ruido no exista, por lo tanto tenemos que perseguir y buscar por todos los alrededores hasta que demos con el problema e intentar negociar. Como veis, hacer EME dentro de un casco urbano es prácticamente imposible, incluso si estás un poco alejado cuando orientas las antenas hacia las poblaciones se ve el incremento de ruido.

Lo ideal, en segundo lugar, es no recibirlo. Ya os veo, algunos os estáis empezando a reír, a ver por dónde voy a salir. Lo que en una estación recibe es la antena, si hay algo donde los radioaficionados han investigado es precisamente en este campo, con el único objetivo de recibir lo que se pretende y desechar el resto.

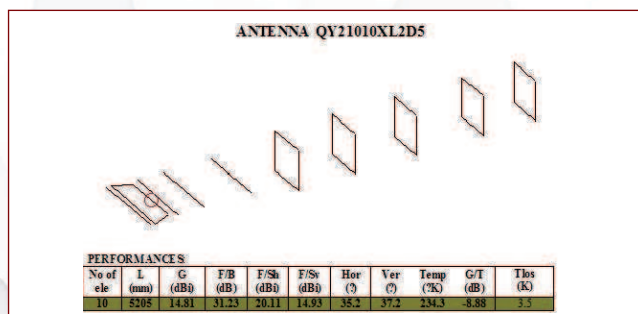
Hasta ahora he hablado solo de antenas por su longitud y ganancia, la podemos expresar en metros o en longitudes de onda ( $wl$ ,  $n\lambda$ ). Lo que sí tenemos claro es que dentro de una cantidad de longitudes de onda no se pueden hacer milagros, entonces ¿por qué hay tantas antenas diferentes? La respuesta está en que una antena no tiene un parámetro único, tiene algu-

Si atáis cabos, el peor ruido es el terrestre. Esto quiere decir que si tengo varios lóbulos laterales tanto en acimut como en elevación, cuando dirija mi antena hacia la Luna estaré recibiendo a través de estos lóbulos el ruido terrestre (sí, el de la cámara de vigilancia de la acera de enfrente).

Entonces, ¿por qué no se diseñan las antenas con la mínima temperatura y la máxima ganancia? Pues por la sencilla razón de que todos los parámetros eléctricos, absolutamente todos, están relacionados y si ponderamos alguno sacrificamos otros. En este sentido hay muchos radioaficionados que

conseguir una temperatura baja hay que sacrificar algo la ganancia del lóbulo principal, así como aumentar su ángulo, pero a cambio habremos “filtrado” el ruido terrestre circundante.

Podéis ver los diagramas de radiación de dos antenas, una la WY209 de WIMO de 9 elementos con un diseño un poco más antiguo que nos proporciona una  $G = 14,64$  dBi y una  $T = 275,2$  °K, resultando una  $G/T = -9,76$ . Otro diseño novedoso de YU7XL es una Quagy de 10 elementos, con una  $G = 14,81$  dBi y  $T = 234,3$  °K, resultando una  $G/T = -8,8$ . Daos cuenta de que,



#### QUAGY YU7XL

han dedicado muchos años con un esfuerzo ímprobo a mejorar diseños, en la red podéis encontrar a G0KSC, K1FO, YU7EF, YU7XL, DK7ZB, EA7JX, etc.

A raíz del análisis de tantos parámetros se definió, en relación con el ruido, un parámetro que en la actualidad está marcando las diferencias entre los diseños,  $G/T$ . Se define como la capacidad de recepción de una antena, a cifra más positiva de  $G/T$ , mejor se defenderá la antena en recepción con relación al



#### RPOL sobre el eje de las antenas de JR3REX

en longitudes próximas de boom, la diferencia de cifras nunca supera 1 dB, pero estamos hablando de señales que se decodifican por debajo del ruido varios dB.

Una vez que el ruido ya ha entrado en la antena tenemos que confiar en los filtros que el fabricante ha instalado en nuestro transceptor.

| TYPE OF ANTENNA   | L<br>λ | GAIN<br>(dBd) | E<br>(M) | H<br>(M) | Ga<br>(dBd) | Tlos<br>(K) | Ta<br>(K) | < H Plane > |                |                | Z<br>(ohms) | VSWR<br>Bandwidth | G/T<br>(dB) | Feed<br>System | KF2YN<br>Convergence<br>Correction req. |
|-------------------|--------|---------------|----------|----------|-------------|-------------|-----------|-------------|----------------|----------------|-------------|-------------------|-------------|----------------|-----------------------------------------|
|                   |        |               |          |          |             |             |           | F/R<br>(dB) | 1st SL<br>(dB) | 2nd SL<br>(dB) |             |                   |             |                |                                         |
| +KF2YN Boxkite4   | 0,43   | 11,10         | 3,50     | 2,00     | 16,80       | 3,9         | 225,7     | 23,4        | 22,0           | none           | 50,4        | 1.12:1            | -4,59       | Dipole         | Yes                                     |
| +Eantenna 144LFA4 | 0,59   | 7,91          | 2,68     | 1,74     | 13,99       | 2,0         | 250,7     | 17,7        | none           | none           | 49,4        | 1.21:1            | -7,85       | LFA Loop       | Yes                                     |
| +Eantenna 144LFA5 | 0,87   | 8,94          | 2,44     | 1,99     | 14,94       | 3,2         | 237,1     | 18,9        | 18,3           | none           | 53,4        | 1.09:1            | -6,66       | LFA Loop       | Yes                                     |
| G4CQM 6           | 1,00   | 9,46          | 2,60     | 2,17     | 15,44       | 7,9         | 249,7     | 18,9        | 17,1           | none           | 56,7        | 1.83:1            | -6,38       | Dipole         | No                                      |
| +KF2YN Boxkite 6  | 1,04   | 12,47         | 3,90     | 3,00     | 18,25       | 4,6         | 263,1     | 26,5        | 22,9           | 24,8           | 49,9        | 1.20:1            | -3,80       | Dipole         | Yes                                     |
| Vine 6 FD         | 1,10   | 9,69          | 2,64     | 2,21     | 15,67       | 8,2         | 238,4     | 24,1        | 18,4           | none           | 48,3        | 1.18:1            | -5,95       | Folded Dipole  | Yes                                     |
| G0KSC 6 LFA       | 1,13   | 9,69          | 2,60     | 2,19     | 15,64       | 4,0         | 236,9     | 24,4        | 19,8           | none           | 49,5        | 1.03:1            | -5,96       | LFA Loop       | Yes                                     |
| DD0VF 6           | 1,16   | 9,73          | 2,63     | 2,22     | 15,71       | 5,5         | 240,1     | 23,7        | 16,4           | none           | 27,2        | 1.07:1            | -5,94       | Dipole         | No                                      |
| *DD0VF 6          | 1,16   | 9,73          | 2,30     | 2,30     | 15,58       | 5,5         | 245,1     | 23,7        | 16,4           | none           | 27,2        | 1.07:1            | -6,16       | Dipole         | No                                      |
| M2 2M7            | 1,28   | 9,94          | 2,65     | 2,26     | 15,76       | 3,7         | 245,0     | 18,4        | 16,1           | none           | 204,9       | 1.14:1            | -5,98       | T Match        | Yes                                     |
| *M2 2M7           | 1,28   | 9,94          | 2,21     | 2,03     | 15,17       | 3,7         | 239,9     | 18,4        | 16,1           | none           | 204,9       | 1.14:1            | -6,48       | T Match        | Yes                                     |
| +KF2YN Boxkite 7  | 1,32   | 13,34         | 4,17     | 3,40     | 19,30       | 5,2         | 245,5     | 26,8        | 23,6           | 24,5           | 52,7        | 1.06:1            | -2,40       | Dipole         | Yes                                     |
| +YU7XL 8 Hybrid   | 1,34   | 10,49         | 2,79     | 2,50     | 16,40       | 3,2         | 251,6     | 19,8        | 17,1           | none           | 199,9       | 1.13:1            | -5,46       | Horiz Dipole   | Yes                                     |
| *YU7XL 8 Hybrid   | 1,34   | 10,49         | 3,00     | 2,43     | 16,43       | 3,5         | 247,7     | 19,8        | 17,1           | none           | 199,9       | 1.13:1            | -5,36       | Horiz Dipole   | Yes                                     |
| +G0KSC 7LFA       | 1,39   | 10,60         | 2,84     | 2,49     | 16,51       | 3,7         | 249,4     | 20,4        | 16,1           | none           | 48,0        | 1.19:1            | -5,31       | LFA Loop       | Yes                                     |
| *G0KSC 7 LFA      | 1,39   | 10,60         | 2,60     | 2,20     | 16,19       | 3,7         | 233,6     | 20,4        | 16,1           | none           | 48,0        | 1.19:1            | -5,35       | LFA Loop       | Yes                                     |
| +Eantenna 144LFA7 | 1,39   | 10,58         | 2,84     | 2,49     | 16,50       | 4,3         | 246,5     | 22,5        | 15,2           | none           | 48,6        | 1.15:1            | -5,26       | LFA Loop       | Yes                                     |
| +DG7YBN 7         | 1,44   | 10,59         | 2,88     | 2,47     | 16,55       | 4,5         | 242,7     | 23,2        | 17,4           | none           | 47,2        | 1.70:1            | -5,15       | Bent Dipole    | No                                      |
| Vine 7 FD         | 1,45   | 10,56         | 2,83     | 2,46     | 16,47       | 8,2         | 238,6     | 22,8        | 17,9           | none           | 47,9        | 1.14:1            | -5,16       | Folded Dipole  | No                                      |
| +InnoV 7 FD       | 1,46   | 10,85         | 2,97     | 2,62     | 16,82       | 3,8         | 252,1     | 22,4        | 14,8           | none           | 47,7        | 1.26:1            | -5,05       | Folded Dipole  | No                                      |
| *InnoV 7 FD       | 1,46   | 10,85         | 2,96     | 2,61     | 16,81       | 3,8         | 249,4     | 22,4        | 14,8           | none           | 47,7        | 1.26:1            | -5,01       | Folded Dipole  | No                                      |
| G4CQM 7           | 1,50   | 10,76         | 2,89     | 2,53     | 16,69       | 7,9         | 239,9     | 23,5        | 17,9           | none           | 50,7        | 2.31:1            | -4,96       | Dipole         | No                                      |
| +CT1FFU 7         | 1,54   | 10,82         | 2,87     | 2,50     | 16,70       | 2,8         | 237,7     | 20,3        | 18,4           | 20,4           | 28,0        | 1.02:1            | -4,96       |                |                                         |
| DK7ZB 7           | 1,57   | 11,11         | 3,16     | 2,84     | 17,13       | 5,8         | 272,6     | 16,9        | 11,9           | 16,9           | 28,4        | 1.64:1            | -5,07       | Dipole         | No                                      |

#### VE7BQH comparativa de antenas

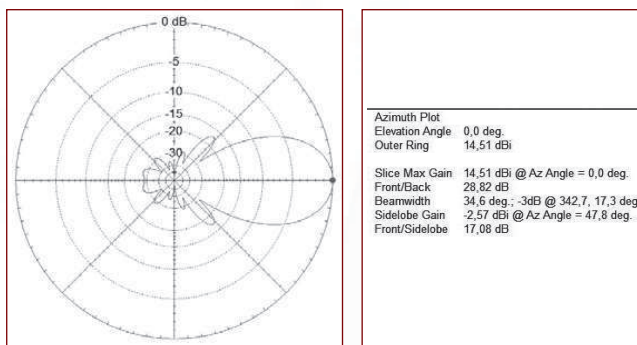
ruido circundante. Me voy a permitir poner una única fórmula, y es la que define  $G/T$ , de no hacerlo me diréis que no sé dividir:

$$G/T = (G_a + 2.15) - (10 \cdot \log T_a)$$

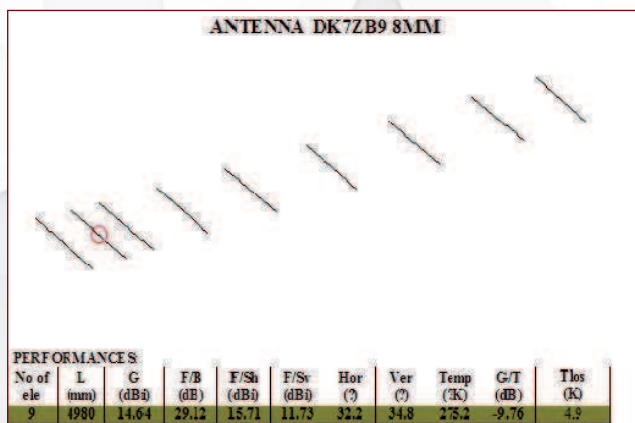
- $G_a$  = Máxima ganancia del lóbulo principal en dBd
- $T_a$  = Temperatura total de la antena en Grados Kelvin, tiene en cuenta todos los lóbulos y la resistencia interna de la antena.

En estos momentos está asumido por toda la comunidad de radioaficionados que las tablas de Lionel VE7BQH, que podéis encontrar en cualquier buscador de internet, es la mejor comparativa de diseño de antenas de 50/144/432 MHz, tanto experimentales como comerciales. Solo os puedo decir que para





WY209 9 elementos de WIMO, diagrama de radiación horizontal, GT=-9.76



WY209 de WIMO



XPOL de HB0PA2CHR

Si nuestro receptor es un SDR, todavía tenemos otra herramienta y es instalar en la cadena audio, antes de entrar al programa de decodificación, un filtro mediante software abierto y experimental muy difundido entre la comunidad de lunáticos, que se llama LINRAD. Al ser un software experimental no es fácil de configurar, pero os puedo asegurar que tiene un NB brillante.

## Efecto doppler

Este efecto que es realmente importante trabajando satélites, donde tenemos que buscar la bajada de 435 MHz en +/-10 kHz, no es tan importante en EME, porque la Luna se mueve con respecto a la Tierra mucho más despacio que un satélite de órbita baja. Bueno, no es muy importante en 144 MHz, que solo es 0,44 KHz, pero sí lo es de 1.296 MHz para arriba, donde hablamos de varios KHz.

Los programas de decodificación de WSJT y otros extraordinarios programas de predicción, como el Moonsked, nos van a informar de cuántos Hz o KHz nos tenemos que desplazar para corregir este efecto. Pensad que las señales no son audibles, hay que buscarlas en la pantalla del ordenador.

En 1296 MHz para arriba al efecto doppler se suma la exactitud de los osciladores, algo realmente complicado en 10 GHz, donde muchas veces hay que ir contrastando constantemente con una baliza conocida o un oscilador patrón sincronizado por GPS, para saber nuestra frecuencia exacta.

## Rotación espacial y efecto Faraday

Ya en el artículo anterior dejamos claro que no es posible saber con qué polaridad nos va a llegar una señal que atraviesa la atmósfera, ya sea procedente de un satélite o de la Luna.

Pero además en EME tenemos que añadir en algunas ocasiones la llamada “propagación unidireccional”, esto es, que si yo transmito con la misma polaridad con la que recibo una señal, no tengo garantías de que le llegue a mi correspondiente con la misma polaridad que él me transmitió, ¡¡la repanocha!! Vamos a ver qué opciones tenemos:

### 1. Esperar

Así es, como la polaridad va cambiando, podemos esperar, a veces unos minutos, a veces horas, a veces días, y daremos con el momento propicio en el que el contacto es posible. Algunos me diréis: “¡Qué barbaridad!”. A mí no me lo parece, hay algunos que se llevan horas y horas escuchando los 6 m y tampoco oyen nada.

### 2. Girar nuestra antena en su eje

En satélites estamos acostumbrados con nuestra antena de mano (IOio, CJU, ARROW, ELK, etc.) ir girando hasta encontrar la polaridad correcta y voilà un señalón. Claro está que girar 4



XPOL de Maxi EA5CV

antenas enfadas no es tan fácil, en la QSL de JR3REX podéis ver cómo se las ha ingeniado mecánicamente. En bandas de 432 para arriba se suelen montar las yagis sujetas por el reflector, girando su base. Como el conjunto de 16x6 elementos de SV1B-TR.

### 3. Instalar polarización circular

Si todos los que hacen EME trabajaran con polarización circular, se minimizaría este efecto, pero como la mayoría trabaja con polarización lineal, cuando las condiciones estuvieran “perfectas”, estaríamos perdiendo ¡¡¡3 dB!!!, casi es preferible tener una polarización lineal y esperar.

En las bandas en las cuales se trabaja con parabólica (de 1,2 GHz para arriba), donde la polaridad la conseguimos en el iluminador, mecánicamente es mucho más sencillo, si se utiliza de forma generalizada la polarización circular.

### 4. Elegir entre dos polarizaciones

Podemos construir nuestras yagis con las dos polarizaciones, no tienen que ser H y V, podemos instalarlas en X, a nivel de EME y satélites es lo mismo, pero para comunicaciones terrestres nos dará más juego H y V.

Mediante un conmutador podemos elegir recibir con una polarización u otra, y por supuesto, emitir con una polarización u otra. Es sorprendente cuando un corresponsal te cambia la polarización como de repente empiezas a ver una señal perfectamente decodificable, y sin embargo antes no había nada. Podéis ver la foto de la instalación de Maxi EA5CV.

Hubo una época, sobre todo en el ejército, donde se difundió mucho un sistema que se denominaba “diversity”, e incluso algún receptor como el IC PCR-2500 lo traía instalado. No es utilizable en EME, pues era solo útil en FM, y es que constaba de dos receptores, cada uno conectado a una polaridad diferente y el equipo conmutaba la salida de audio de un receptor a otro según el que presentara más señal.

#### 5. Adaptive Polarization Receiver

Como toda la información sobre este novedoso sistema está en inglés, su traducción todavía nos suena extraña: “receptor de polarización adaptable”. En estos momentos no existe ningún fabricante comercial que fabrique SDR o equipos convencionales de 144 MHz o frecuencias superiores que tenga dos receptores idénticos y en fase, o sea, con el mismo oscilador local. En HF los famosos SDR FLEX-xxxxx no están en fase y en convencionales el único que los tiene en fase es el Elecraft K3, con el que se pueden utilizar transverters para las frecuencias altas.

El único equipo que cumple estas características está fabricado por Alex HB9DRI y se llama IQ+, por ahora se fabrica solo monobanda y en breve podrá incluso transmitir.

Este novedoso sistema, con una antena de dos polaridades, puede recibir igual de bien cualquier señal en cualquier polaridad, e incluso te informa de la polaridad con la que te está lle-

gando. La realidad ha demostrado que este sistema es capaz de recibir el 80 % más de estaciones que con una única polaridad.

Para transmitir tendremos que elegir hacerlo con una única polaridad, H o V. Algunos transmiten en circular.

Para que os hagáis una idea de su efectividad, Atletico Team, formado por PE1L, PA3CEE y DL2NUD, en su reciente expedición de mayo de 2014 a Senegal como 6W/PE1L, con 2 yagis de solo 8 elementos (4,5 m de boom), ambas con polarización H y V, conectadas a un IQ+ y con un amplificador de 1 kW, ha conseguido hacer 455 estaciones diferentes en menos de 3 semanas, estableciendo un nuevo récord mundial de una expedición portable en EME.

#### Resumiendo

EME es difícil, sí por supuesto, seguramente el mayor reto que nos podamos plantear, pero os he querido transmitir que es posible. Hoy en día, aprovechando el protocolo para señales débiles WSJT, leyendo mucho, con dos yagis discretas y muchas ganas de enfrentarte a algo diferente, puedes hacer contactos todos los días del año, con todo el mundo. Sin depender del ciclo solar, la ionosfera o a que pase un satélite. La Luna está ahí todos los días, unas 12 horas.

Y os puedo asegurar que oír o ver en la pantalla de tu PC una señal proveniente de la Luna, de una estación portable con dos antenas de menos 5 m de longitud desde cualquier parte del mundo, como recientemente KH8/ZL1RS, es difícilmente comparable a otros retos que he alcanzado, como hacer contactos en fonía (FM) con 3 tripulaciones diferentes de la ISS.

Espero veros en mi pantalla y que sintáis la LUNA UN POCO MÁS CERCA.●

# La Luna un poco más cerca (III)



Juan Antonio Fernández Montaña  
EA4CYQ

Este artículo pretende dar continuación a los ya publicados en esta revista en octubre y noviembre de 2014.

En esta tercera entrega pretendo describir todas piezas del puzle, que una instalación de EME puede tener instalado entre el conector de la antena y el conector de nuestros equipos. Me voy a concentrar en el “hardware”, o sea en la forma de conectar los relés y qué tipos de relés podemos utilizar, para poder trabajar con altas potencias y un LNA, sin que nada se estropee (con permiso de Murphy).

Como en los artículos anteriores, me centraré en la banda de 144 MHz enfocado a EME, pero es perfectamente extrapolable a otras bandas más altas y, por supuesto, a una estación para comunicaciones terrestres optimizada.

## 1. LNA (Low Noise Amplifier)

Conocidos también como “Previos”, tienen mucha importancia y son siempre polémicos por la cantidad de características eléctricas que poseen, todas relevantes, así que trataré de ellos más profundamente en un próximo artículo. Por ahora lo único que quisiera dejar claro es que es un elemento muy sensible, y me voy a fijar en dos características:

- Se tiene asumido que para que no se estropee no debe llegarle a sus conectores de entrada y salida más de 1 milivatio, o sea, como mucho 0,001 W.
- Hay que evitar todos los transitorios posibles (espúreas, picos, estáticas), tanto en los conectores de antena como en el conector de alimentación.

No suelen estar preparados para estar a la intemperie, y, como ya veremos que tienen que estar lo más cerca posible de la antena, casi siempre hay que instalarlos dentro de cajas estancas.

Se pueden encontrar LNA con los relés incluidos en un conjunto, pero son pocos los fabricantes que tienen este producto, que soporte 1kW y que conmuten por detección de RF. Al final la opción más económica y duradera es comprar el LNA sin relés y utilizar relés externos y secuenciador para la conmutación.

La alimentación del LNA y los relés desde el cuarto de radio no se suele hacer a través del coaxial de RX o TX, aunque algunos LNA lo permitan. En EME, por las altas potencias y bajas pérdidas en las líneas de RX, siempre se alimentan por una línea aparte. Es importante utilizar para la alimentación de CC un cable coaxial, aunque sea un RG58, e intentar poner antes del LNA algunas ferritas. Toda precaución ante inducciones, transitorios y RF será bienvenida, en las líneas de alimentación de CC a dispositivos situados en la torre.

En la foto 1, podéis ver una caja de intemperie donde está instalado el relé de aislamiento de las líneas de RX y TX, así como el LNA con las ferritas para ambos dispositivos.

## 2. Amplificadores

Como hemos visto en los artículos anteriores, parte de las pérdidas en ir y volver a la Luna se compensan con potencia por ambas partes, de no ser así se necesitarían antenas enormes, como 8 o 16 antenas enfasadas. Para poder trabajar con 2 o 4 antenas enfasadas necesitaremos al menos 350 W. La potencia estándar utilizada y que nos servirá de referencia es de 1 kW, aunque hay estaciones que utilizan hasta 2,5 kW; por encima de esta potencia, la descompensación entre el RX y el TX es tan grande que no tiene sentido su uso.

En amplificadores nos podemos encontrar 3 tecnologías:

**Amplificadores a válvulas:** estos han sido los únicos capaces de conseguir altas potencias durante muchos años, los más

conocidos utilizan: 2x4CX250B, GS31B, GS35B, 8877, GU-84B, 3CX1500, etc. Todavía se fabrican y están en uso, tanto comerciales como “home made”. Son fiables y robustos, siendo casi los únicos inconvenientes su peso, tamaño y usar fuentes de alimentación a tensiones elevadas, 1.000 V y superiores.

**Amplificadores MOSFET:** esta tecnología ya es de estado sólido (SSPA: Solid State Power Amplifier) y utiliza transistores de la serie MRF en paralelo hasta conseguir la potencia deseada,



Foto 1

suelen estar alimentados a 48 VCC. Estos amplificadores han sido siempre delicados en los ajustes (transistores pareados) y sensibles a sobreexcitaciones o alta SWR, por lo que necesitaban circuitos de protección apropiados. Todavía hay firmas comerciales que los fabrican, sacando nuevos modelos.

**Amplificadores LDMOS:** esta es la última tecnología dentro de los SSPA y todavía no ha sido completamente desarrollada; utiliza 48 VCC. Está abaratando la construcción de estos amplificadores, caracterizándose por que una pareja de LDMOS es capaz de conseguir 1 kW. Son muy robustos y cada vez se desarrollan mejores circuitos de protección (más rápidos). No tiene ninguno de los tres inconvenientes de las válvulas, por lo que todo son ventajas y, en contra de lo que piensan algunos, tienen una radiación limpia y son robustos. Solo hay que tener precaución con la F.A. conmutada que instalemos, pues es fácil que creen interferencias en la recepción.

Las tres tecnologías funcionan correctamente, siendo las válvulas y los LDMOS los más utilizados; todo dependerá de la oportunidad y recursos de cada uno.

Estos equipos suelen venir completos, con relés para la conmutación y bypass, así como la fuente de alimentación integrada. Aunque ya veremos en los diferentes esquemas de conexión que propongo que se pueden utilizar las unidades de potencia sin relés, lo cual abarata la instalación y obtenemos los mismos resultados. Lo único que perdemos es la opción de bypass del amplificador.

### 3. Cables coaxiales y conectores

En relación con las pérdidas de estos accesorios, lo comentaré en el siguiente artículo, aquí solo os quiero hacer referencia a la potencia que soportan y a sus consideraciones mecánicas.

**Conectores:** hay que dejar claro que los conectores tipo “PL” no tienen cabida en 144 MHz, cuando hablamos de una estación seria de alta potencia, aunque hoy en día se fabrican con una estanqueidad y fiabilidad de conexión similares a los “N”. Para la parte de RX son perfectamente válidos los conectores más pequeños, que no tienen que soportar potencia, y además tienen bajas pérdidas, como los conectores “SMA”, “BNC”, etc.

Pero en la rama de TX, sobre todo entre el amplificador y las antenas, el conector “N” es el rey, por estanqueidad, robustez, potencia, fiabilidad, etc. Solo comentaros que tenéis que comprobar sus características, pues he encontrado primeras marcas para cables serios como ½” que no soportan 1 kW. Así que hay que ver siempre los data-sheet del fabricante, tanto sus características como las instrucciones de montaje, pues cada fabricante tiene sus medidas para un correcto ensamblaje.

También comentar que hay que evitar todo tipo de transiciones, sobre todo las acodadas, porque se han constatado un gran número de fallos y grandes pérdidas incluso en recepción. Sin embargo, los conectores acodados son perfectamente utilizables.

**Cable coaxial:** en estas bandas nos tenemos que olvidar de las líneas paralelas utilizadas en HF para llegar de las antenas a nuestros

### 4. Splitter de potencia

Si vamos a enfasar varias antenas, nos veremos obligados a utilizar un splitter que soporte la potencia de nuestro amplificador. En el caso de enfasar solo dos antenas, que suele ser lo más utilizado en las expediciones, nos lo podemos ahorrar y hacer el enfase con dos cables de 75 ohmios de bajas pérdidas en múltiplos pares eléctricos y unirlos con una transición tipo “T”.

Lo habitual es utilizar el clásico splitter de potencia, los hay cortos (con los conectores de antena en un extremo y el de salida en el otro), y largos (con 2 conectores de antena a cada lado y el de salida central). La elección viene condicionada por una cuestión mecánica en el montaje, para reducir la longitud de los coaxiales entre el splitter y las antenas.

Este tipo de splitter se puede encontrar en muchas casas comerciales, y al ser una cuestión mecánica es fácil de construir con esquemas que podemos encontrar en internet. Hay incluso programas de cálculo: según la impedancia que queremos adaptar podremos elegir los diámetros o secciones de los tubos que utilizar, así como sus longitudes.

Si vamos a trabajar con potencias superiores a 1 kW, es importante considerar que el conector de salida, que es el que soporta toda la potencia, sea de 7/8” en lugar de “N”.

La elección vendrá condicionada por nuestras preferencias mecánicas, pues los hay más robustos y con mejores acabados, ya que las pérdidas no difieren mucho.

| Typical Performance Data |                                 |      |                                |                   |                              |           |           |           |
|--------------------------|---------------------------------|------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Frequency<br>(MHz)       | Total Loss <sup>1</sup><br>(dB) |      | Amplitude<br>Unbalance<br>(dB) | Isolation<br>(dB) | Phase<br>Unbalance<br>(deg.) | VSWR<br>S | VSWR<br>1 | VSWR<br>2 |
|                          | S-1                             | S-2  |                                |                   |                              |           |           |           |
| 2.00                     | 3.30                            | 3.12 | 0.18                           | 27.33             | 0.75                         | 1.03      | 1.22      | 1.16      |
| 5.00                     | 3.25                            | 3.11 | 0.14                           | 31.03             | 0.34                         | 1.02      | 1.15      | 1.12      |
| 14.00                    | 3.24                            | 3.11 | 0.13                           | 32.84             | 0.11                         | 1.02      | 1.14      | 1.11      |
| 32.00                    | 3.25                            | 3.11 | 0.13                           | 32.75             | 0.02                         | 1.02      | 1.14      | 1.10      |
| 50.00                    | 3.25                            | 3.13 | 0.13                           | 32.34             | 0.01                         | 1.02      | 1.13      | 1.10      |
| 140.00                   | 3.26                            | 3.15 | 0.13                           | 30.09             | 0.17                         | 1.03      | 1.12      | 1.10      |
| 320.00                   | 3.32                            | 3.21 | 0.12                           | 28.11             | 0.34                         | 1.05      | 1.10      | 1.09      |
| 410.00                   | 3.36                            | 3.25 | 0.11                           | 24.85             | 0.39                         | 1.06      | 1.08      | 1.08      |
| 500.00                   | 3.39                            | 3.29 | 0.10                           | 23.47             | 0.48                         | 1.07      | 1.06      | 1.08      |
| 740.00                   | 3.49                            | 3.43 | 0.06                           | 21.36             | 0.43                         | 1.08      | 1.06      | 1.09      |
| 900.00                   | 3.57                            | 3.53 | 0.04                           | 20.62             | 0.32                         | 1.09      | 1.11      | 1.11      |
| 950.00                   | 3.62                            | 3.61 | 0.01                           | 20.51             | 0.29                         | 1.09      | 1.12      | 1.12      |
| 1000.00                  | 3.65                            | 3.62 | 0.03                           | 20.38             | 0.27                         | 1.09      | 1.14      | 1.13      |
| 1100.00                  | 3.75                            | 3.74 | 0.01                           | 20.29             | 0.07                         | 1.09      | 1.18      | 1.15      |
| 1200.00                  | 3.86                            | 3.88 | 0.02                           | 20.33             | 0.02                         | 1.08      | 1.22      | 1.18      |

<sup>1</sup> Total Loss = Insertion Loss + 3dB splitter loss.

Tabla 1

equipos. En cuanto a pérdidas, que trataré en el siguiente artículo, hay que echar dinero y elegir siempre el mejor cable que nos podamos permitir.

Entre las antenas y el LNA, que es la parte común de RX y TX, cada 0,1 dB es oro, aquí no podemos escatimar, como ya os demostré.

En la rama de RX después del previo, cualquier coaxial con bajas pérdidas nos valdrá, aunque es importante elegir cables con “doble malla” para conseguir un mejor aislamiento, mínimo un RG214 (es similar al RG213, pero con doble malla).

En la rama de TX, sobre todo desde el amplificador a la antena, hay que evitar cables como el H2000, que andan muy justos en 144 MHz con 1 kW, el cable más ligero que podemos utilizar es el ECOFLEX 10, LMR400 o similares fabricados en España como el LAZSA 2.7-2.7 3048, que soportan 1,5 kW en 144 MHz. Lo ideal por robustez mecánica es utilizar cables de ½” hasta 1 kW y 7/8” si vas a trabajar con potencias superiores o tienes longitudes considerables. Para atravesar el rotor, aunque se puede hacer con ½”, no es aconsejable, pues hay que hacer una espiral de al menos dos vueltas y aun así sufre mucho mecánicamente. Se suele utilizar Ecoflex 15 o similar.

Comentaros también que hay algunos operadores que intentan evitar los conectores allá donde se pueda, para evitar sus pérdidas y puntos calientes. De esta forma, suelen soldar directamente el cable coaxial al elemento excitado. Mi opinión personal es que la única forma de garantizar una transición de impedancia correcta es mediante conectores, que además te permiten, en un momento dado, poder desconectar para hacer comprobaciones, sustituciones, etc. sin tener que llevar un soldador de cierta potencia a lo alto de la torre.

### 5. Splitter de RX

En una instalación de EME se suele aprovechar el propio receptor que tiene el transmisor, el cual se conecta a una instancia del WSJT. Si nuestro receptor tiene salida de F.I. en 10 MHz, podremos instalar un SDR y conectarlo a una instancia del MAP65. MAP65 es un software que nos permite decodificar de forma simultánea todas las estaciones de EME, que somos capaces de recibir dentro del espectro asignado para este tipo de comunicaciones. En estas condiciones no nos hace falta el splitter de RX.

Pero en el caso de que necesitemos conectar un receptor clásico (con una instancia de WSJT) y un SDR (con una instancia de MAP65), entonces necesitaremos un splitter de RX.

Normalmente se procede a la modificación de nuestro transceptor para separar la RX de la TX en la banda que vamos a trabajar. Suele ser una modificación sencilla que podemos encontrar en internet, y con esto ya tenemos nuestro receptor clásico. En cuando al SDR, hay muchos en el mercado, pero quizás el más difundido en EME por su bajo coste, gran margen de frecuencias, filtros específicos y grandes prestaciones, es el FCDPP (Funcube Dongle Pro Plus).

Un splitter de RX, con una entrada y dos salidas, siempre presenta unas pérdidas de >3 dB para cada una de las salidas. En el caso de ser de 3 salidas, presentará unas pérdidas de >6 dB para cada una de las salidas. Los más utilizados son los de 2 salidas. Seguro que alguno está pensando que es una contradicción mirar cada 0,1 dB y ahora perder >3 dB de una atacada. Ya demostraré en el siguiente artículo que las pérdidas de RX después del LNA no son realmente significativas dentro de unos límites que marcaré.

Aparte de las pérdidas, hay otros datos relevantes de los splitters, uno de ellos es el aislamiento entre los puertos, que no es muy crítico, y otro el ancho de banda para el cual están diseñados, hay cientos de modelos. Algunos splitters de RX soportan cierta potencia (2 W, 4 W, etc.); para nuestra aplicación, que es pura de RX, este dato no es significativo.

Por último indicaros que los splitter pasivos más utilizados suelen ser de minicircuits, puesto que están muy difundidos y es fácil encontrarlos de segunda mano. Yo utilizo los modelos ZFSC-2-1 (5 a 500 MHz) y el ZX10-2-12+ (2 a 1.200 MHz). En la tabla 1 podéis ver las características de un splitter de RX, en este caso del ZX10-2-12+, en el cual he remarcado la línea relacionada con la banda de 140 MHz.

## 6. Filtros de RF o cavidades

Esta pieza del hardware no es realmente imprescindible si vuestra estación está en un lugar libre de contaminación de RF... hi, hi, hi. ¿Quién vive en medio de una selva africana o del amazonas? Estamos condenados a vivir en un mundo cada vez más contaminado de RF, así que tarde o temprano un filtro nos vendrá bien.

Como os comentaré en el siguiente artículo, nos vemos obligados a utilizar un LNA por dos razones fundamentales: para eliminar las pérdidas del cable de bajada y para mejorar el NF de nuestro receptor, que suele estar sobre 3 en los receptores comerciales. Pero, como desventaja, tendremos que nuestro LNA amplifica todo lo que está en su pasabanda, y por desgracia no es posible poner dentro de la caja de un LNA un filtro estrecho de 144 MHz.

Casi todos los LNA intentan poner algún filtro a la entrada de antena, aunque sea mínimo, pero este también influye en la figura de NF final.

La solución es instalar un filtro lo más estrecho posible a la salida del LNA, donde ya veremos que las pérdidas no son tan críticas. Yo tengo instalado una cavidad resonante de un repetidor de VHF ajustada a 144.200 MHz, la podéis ver en la foto 2. Aun así introduce unas pérdidas de unos 2 dB. También le instalé unos relés de bypass para comprobar su efectividad.



Foto 2

Si alguno me preguntáis si es efectiva, os tengo que decir que en EME cada detalle que sume hay que tenerlo en cuenta. Aunque sume 0,05 dB, es importante en la capacidad de decodificar una señal que ya nos llega 10 dB por debajo del ruido.



Foto 3

## 7. Protector de RF a la salida del LNA

Si la instalación está bien hecha y tenemos separadas las líneas de RX y TX, este elemento no será necesario. Pero si no las tenemos separadas y trabajamos con grandes potencias, ante un fallo del secuenciador o del relé que hay antes del LNA, pudiera ser que inyectemos al LNA RF. Si esto ocurre, seguramente el LNA eche humo.

Para poder cubrir este fallo algunos proveedores disponen de un protector de RF, como el que podéis ver en la foto 3. En este

# SECUENCIADOR

## TRANSICIÓN DE RX A TX



## TRANSICIÓN DE TX A RX



Tabla 2

caso es un circuito pasivo de muy pocas pérdidas de inserción, sobre 0,1 dB y que absorberá 30 W en FM o 50 W en SSB. El equipo verá una ROE muy alta y se protegerá. Además, este dispositivo permite el paso al DC de alimentación a través de él, en el caso de que alimentemos nuestro previo a través del coaxial, cosa que no suele hacerse en las instalaciones serias de EME.

## 8. Secuenciador

Es un elemento imprescindible cuando se trabaja con altas potencias. Es una placa electrónica con los siguientes conectores:

- Entrada de alimentación (generalmente 12 V).
- Entrada de PTT (-) o masa (es la que activa la secuencia en ambos sentidos).
- 3 o 4 salidas de contactos de relés, libres de potencial.

Lo normal es que tenga 3 salidas (PTT Emisora, PTT Ampli, (+) LNA), algunos tienen una cuarta salida para el manejo de transverters.



Foto 4

Lo más importante es que no puede haber nada que ponga en transmisión al equipo que no sea la salida de "PTT Emisora" del secuenciador. Si la propia emisora tiene un botón en el frontal que la pone en transmisión, hay que anularlo. Por lo tanto, todos los interruptores, pedales, salidas digitales de PC, interfaces, micrófonos, etc. que tengan como misión poner en transmisión el conjunto tienen que ir conectados a la entrada de "PTT" del secuenciador.

Su nombre explica su funcionamiento: los relés de salida cambiarán de estado trabajo/reposo o viceversa secuencialmente, uno detrás de otro. Además, entre los cambios de estados de los relés de salida siempre habrá una temporización, que suele ser entre 100 y 300 milisegundos. Esto permitirá que los relés de RF tengan el suficiente tiempo para su propio cambio de estado.

En la tabla 2, se puede ver cómo actúa el secuenciador en el cam-



Foto 5

bio de estados, pues en la transición es en donde está su función. Por lo tanto, se representan el estado actual y el estado final, cómo cambian los valores de sus salidas y en qué secuencia lo hacen. Lo he representado con una temporización entre salidas de 100 milisegundos, pero este tiempo suele ser programable.

Es muy importante que en el diseño, ante una falta de la alimentación, nada quede energizado, aunque el PTT esté puesto a masa. También es importante que, en TX, el relé del LNA esté desenergizado, pues si se diseña energizado, ante un fallo del relé, podría entrarle RF.

Hay diferentes fabricantes, esquemas, etc. Los más antiguos normalmente se basaban en constantes de tiempo marcadas por condensadores, los más seguros suelen ser aquellos en que los propios relés tienen unos contactos que hasta que no se hacen no dan paso a la siguiente salida en la secuencia. Pero hay infinidad de diseños con constantes de tiempo marcadas por el conocido NE555, o por relojes internos de los tan laureados PIC.

Todos han de tener en cuenta siempre un diseño inmune a la RF, con choque del tipo L200 y condensadores apropiados en todas las entradas. Hay que tener en cuenta que si falla, nos jugamos el LNA, el amplificador, o en el menor de los casos los contactos de los relés de RF.

## 9. Puesta a tierra

Aunque en los esquemas, por simplicidad, siempre se suele obviar, el tema de las puestas a tierra (PAT) es uno de los más importantes de una instalación y no quería pasar por alto sin hacer algún comentario.

Permitidme intentar explicaros cómo veo yo un rayo. Un rayo es una radiación de mucha energía y en un espectro de RF (ancho de banda) muy grande. Cuando cae cerca, es como si nos hubieran instalado una antena de muchos kW de potencia pero que emite en un ancho de banda enorme, durante un instante. Lo que se produce es un campo electromagnético de grandes magnitudes que intenta inducirse en todas las partes metálicas que encuentra a su paso. En un radio de unos 300 m se pueden inducir cientos e incluso miles de voltios.

Una vez entendido cómo funciona, la única forma de protegerse ante un rayo cercano es tener todas las partes metálicas de nuestro sistema radiante conectadas entre sí con un cable de cobre, de al menos 50 mm<sup>2</sup> y bajar con este cable hasta la mejor PAT que podamos conseguir. En una vivienda unifamiliar, si está bien hecha, tendrá un anillo de cobre de 50 mm<sup>2</sup> con picas alrededor de la casa y unida a toda la estructura. Es importante cuando hagáis una casa tener en cuenta este detalle.

Es muy interesante que los cables coaxiales, antes de entrar al cuarto de radio, también estén conectados a la misma tierra, como se puede ver en la foto 4. Y si se puede añadir algún descargador como en la foto 5, pues mejor. Así están diseñadas las antenas de telefonía y aguantan estoicamente. Yo tengo algunos detalles adicionales, como trenzas de cobre bypassando los rotores y rodamientos, para que un posible rayo no los atraviese y me entre por los cables de control o deteriore las partes móviles.

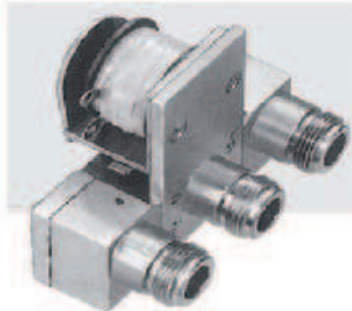
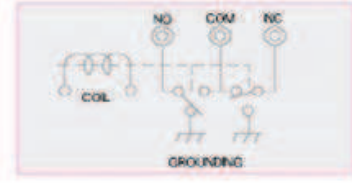
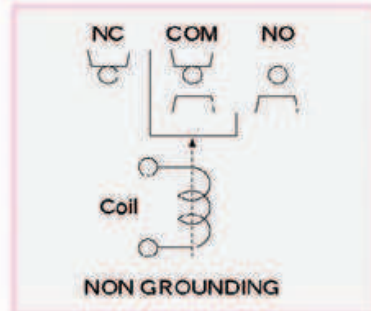
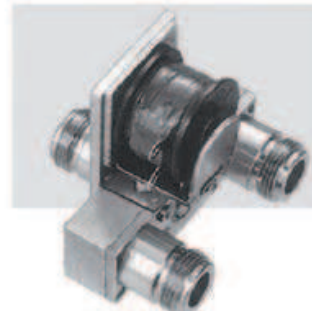
En junio de 2015 cayeron 5 rayos seguidos a 100 m de mis antenas (tengo el vídeo, por si a alguien le interesa). A mi vecino, pared por medio, que tiene un solo mástil y una antena de TV, le reventaron 3 televisores, TDT, radiorelojes, etc. A mí no se me averió nada. El vecino todavía no se explica cómo con el sistema radiante que tengo instalado no me saliera la casa ardiendo. Solo me dispararon los diferenciales de algunas líneas. ¿Suerte?, digo yo que algo influiría la PAT. Espero que nunca me caiga un rayo directo, pero si lo hace ahí sí que espero que la suerte me acompañe.

## 10. Relés de RF

Esta es una parte importante de nuestra estación de EME, que nos permitirá hacer la transición RX/TX y viceversa, sin que nada se deteriore.

En un relé de RF, de entre todas sus características, hay cuatro en las que tenemos que concentrar más atención:

- Potencia que soporta.

**CX-600****CZX-3500****CX-520-D****Foto 6**

- Aislamiento entre conectores.
- Pérdidas de inserción.
- Tiempo de conmutación.

Para entender mejor estos parámetros, en la tabla 3 están los datos reales de los 3 relés comerciales más utilizados, son del fabricante Tohtsu. Entendiendo sus características, las podremos extrapolar a cualquier otro relé de RF que encontréis en el mercado. He elegido 3 relés conmutados de 12 V, con conectores N en todos los puertos y sus características relacionadas con la banda de 150 MHz; estas varían según la frecuencia. El CX-520D pone a masa el conector que queda abierto. Los otros dos son conmutadores normales. Podéis ver los esquemas en la foto 6.

El tiempo de conmutación, en los tres relés, es de 20 msg en el caso más desfavorable, que suele ser en la energización, al tener que vencer el muelle. El paso de energizado a reposo suele ser inferior, del orden de 15 msg.

Las pérdidas de inserción también son similares, entre 0,1 dB y 0,1 5dB. Por lo tanto, en este caso, no será una característica crítica en su elección.

En cuanto a la potencia que soportan sus contactos en posición de cerrado, sí es un dato relevante en un sistema de alta potencia: dos de ellos soportan 1.000 W y el tercero 300 W. Aunque parezca obvio tengo que advertir que los relés de RF no están diseñados para abrir o cerrar sus contactos “en caliente”, o sea con potencia aplicada en ellos. La conmutación se ha de hacer “en frío”; de no ser así sus contactos se dañarán, perdiendo sus características.

**TABLA 3**

| RELÉ     | POTENCIA | PÉRDIDAS | AISLAMIENTO | TIEMPO DE CONMUT. |
|----------|----------|----------|-------------|-------------------|
| CX-520D  | 300W     | 0.15dB   | 60dB        | 20ms              |
| CX-600N  | 1000W    | 0.1dB    | 48dB        | 20ms              |
| CZX-3500 | 1000W    | 0.1dB    | 65dB        | 20ms              |

**Tabla 3**

En referencia al aislamiento, nos tenemos que detener un poco más para entender la cifra que nos muestra. Aunque a veces nos cuesta asimilar, el dB siempre es una relación entre dos magnitudes.

Nuestro compañero EA3GCV, en un artículo publicado en mayo de 2015 en esta revista, me allanó mucho la forma de interpretar los dB. De la tabla de EA3GCV he extraído tres valores típicos:

- 65 dB: equivalen a una relación de potencia de 3.162.277,66
- 60 dB: equivalen a una relación de potencia de 1.000.000
- 57 dB: equivalen a una relación de potencia de 501.187,23
- 48 dB: equivalen a una relación de potencia de 63.095,73

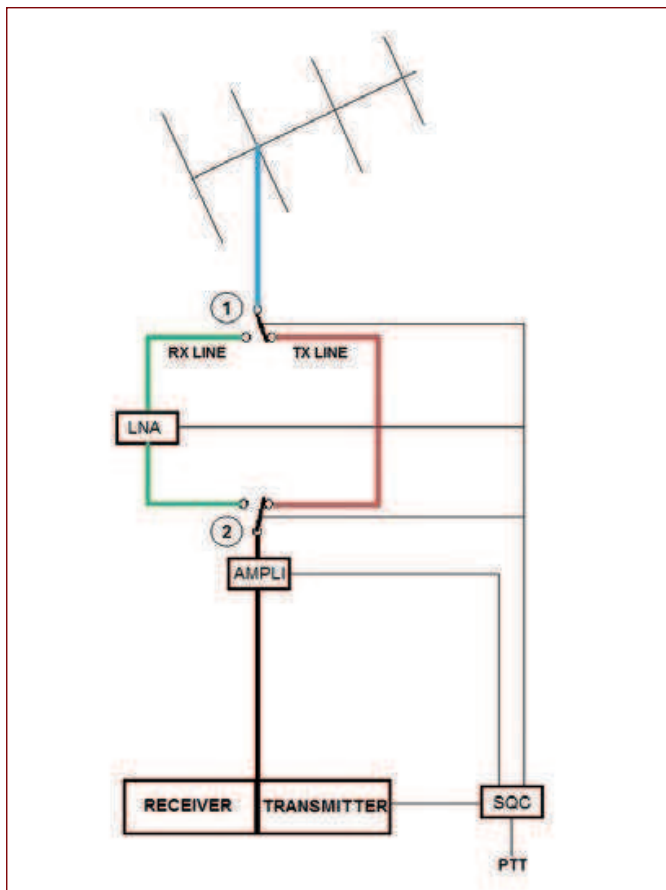
Cuando un relé se utiliza para separar la línea de RX de la línea de TX, o si se utiliza para proteger un LNA, como veremos en esquemas posteriores, el aislamiento es un dato relevante. Está asumido que un LNA soportará 1 mW en sus conectores sin quemarse, lo cual nos va a condicionar la elección del relé, como razono a continuación.

Si en un relé conmutador, en un conector tengo 1.000 W y el relé tiene un aislamiento de 60 dB, en el otro conector aparecerá 1.000.000 de veces menos potencia, o sea, en el otro puerto aparecerá  $1.000/1.000.000 = 0,001$  W, o lo que es lo mismo 1 mW. Por lo tanto, este relé lo podré utilizar para aislar mi LNA si utilizo 1.000 W y no se deteriorará, porque le llegará como mucho 1 mW. Este es el caso del relé CZX-3500, que tiene un aislamiento todavía superior, de 65 dB, o sea  $0,001$  W x 3.162.277,66 = 3162,27 W

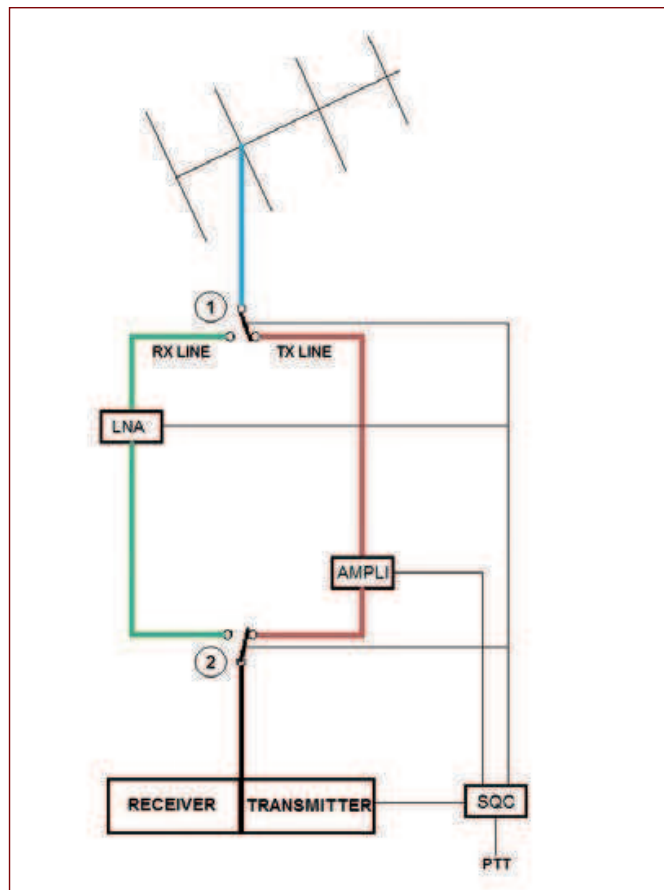
Fijaos en que el CX-520D tiene un aislamiento de 60 dB, y nos podría valer para esta función, pero cuidado, el fabricante nos dice que solo soporta 300 W. Por lo tanto, no lo podremos instalar a la salida del amplificador, a no ser que este sea solo de 300 W.

El CX-600, con un aislamiento de tan solo de 48 dB, nos protegerá nuestro LNA solo cuando en el otro conector se encuentre con  $0,001$  W x 63.095,73 = 63 W. Sin embargo, este relé soporta en sus contactos cerrados una potencia de 1.000 W. Este relé no lo debemos utilizar para aislamiento de un LNA, a no ser que trabajemos con potencias muy reducidas, a la entrada del amplificador.

Esto ahora nos parece un poco lioso, pero con los esquemas que os muestro a continuación entenderéis dónde podemos encajar estas valiosas piezas, teniendo en cuenta las características que



Esquema 1



Esquema 2

hemos descrito.

Quisiera comentar también que un relé de RF, como cualquier otro, es mecánicamente una bobina que hace la función de electroimán, atrayendo su núcleo cuando está energizada. Cuando una bobina que está energizada se desenergiza, se produce en bornes de ella una tensión de polarización opuesta a la que la alimentaba, con la intención de que la corriente que la atraviesa no desaparezca. Este efecto lo vemos en la realidad cuando en los contactos del interruptor que la abre se produce un pequeño arco o chispa. Este transitorio es muy importante, tanto que puede llegar a dañar u ocasionar el mal funcionamiento de la electrónica cercana, como el LNA, secuenciador, interferencias en los circuitos de audio, etc.

Para disminuir este efecto es importante que siempre conectemos un diodo en los mismos bornes de la bobina, polarizado inversamente con respecto a la tensión de alimentación (se denomina “diodo volante”). Cualquier diodo rectificador de baja intensidad será válido. El fundamento es que la tensión de polarización inversa que aparece en los bornes de la bobina, cuando llega a la tensión umbral del diodo (que suele estar entre 0,4 V y 0,6 V), se cortocircuita a través de este, desapareciendo el arco o chispa en los contactos del interruptor, pulsador o relé que lo alimenta, evitando daños mayores en la electrónica circundante.

## 11. Esquemas de conexión entre la antena y los equipos

Ahora es cuando tenemos que montar el puzzle, con todos los elementos que he descrito anteriormente. Como ya explicaré en un artículo posterior, el LNA debe ir lo más próximo a las antenas. Si es una sola antena, a ser posible, en el mismo elemento excitado. Y si son 2 o 4 antenas enfasadas, lo más próximo posible al splitter del enfase.

También comentar que el (+) de salida del secuenciador que alimenta al LNA, tiene que alimentar simultáneamente (en paralelo) a los relés que aíslan el LNA en sus dos extremos.

Todos los esquemas están representados en reposo, o sea, sin alimentación en el secuenciador y relés. En este estado el conjunto queda con el LNA aislado en posición de TX. Este detalle

es importante, pues si a cualquier relé se le avería la bobina o el cable de alimentación, nunca quedará conectado hacia el LNA, y el LNA no se quemará.

Voy a dividir los esquemas de conexión en 3 tipos:

### 11.1. RECEPTOR Y TRANSMISOR NO SEPARADOS

Esta es la casuística más común, es nuestra emisora tal y como viene de fábrica, es la más cómoda pero no la más segura, como comentaré en el apartado 11.2.

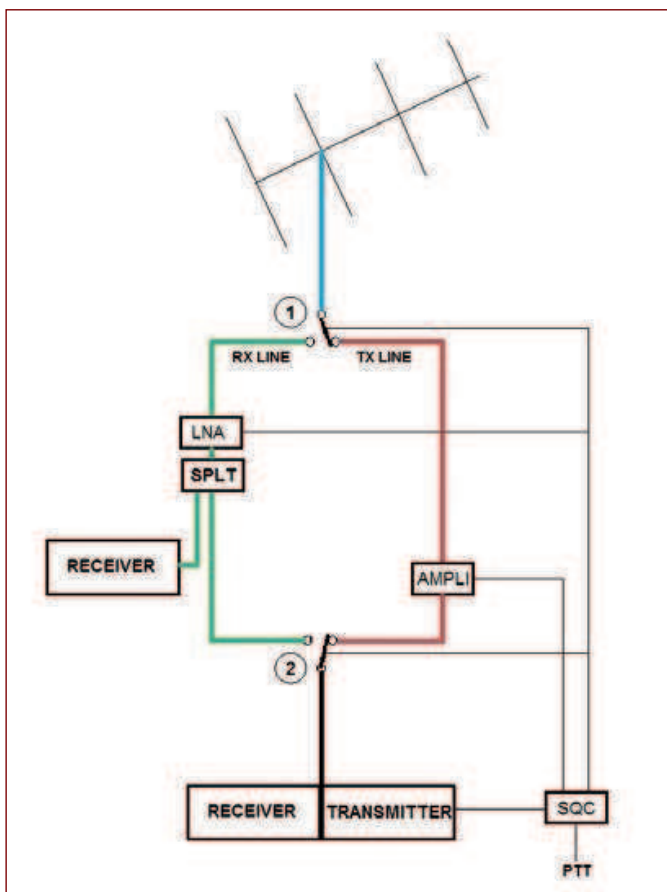
- **Esquema 1:** es el montaje más sencillo, cuando nuestro LNA ya viene con sus propios relés. El fabricante ya nos habrá advertido de que el VOX interno soportará una potencia y que con secuenciador soportará otra superior. Como aquí hablamos de altas potencias, tendremos que conectar el secuenciador.

Si lo que tenemos es un LNA sin relés y se los queremos instalar nosotros mismos, entonces tenemos que escoger ambos relés con el aislamiento suficiente para la potencia de trabajo. Los dos relés soportan el total de la potencia. Si instalo dos CX-600N, aunque sus contactos soportan 1.000 W, solo nos protegerá si nuestro amplificador es menor de 62 W. El CX-520D, aunque nos aísla hasta 1.000 W, sus contactos solo soportan 300 W, si esta es la potencia de nuestro AMPLI, será una buena elección. Pero si nuestro AMPLI es de 1.000 W, no nos queda otra opción que utilizar una pareja de CZX-3500.

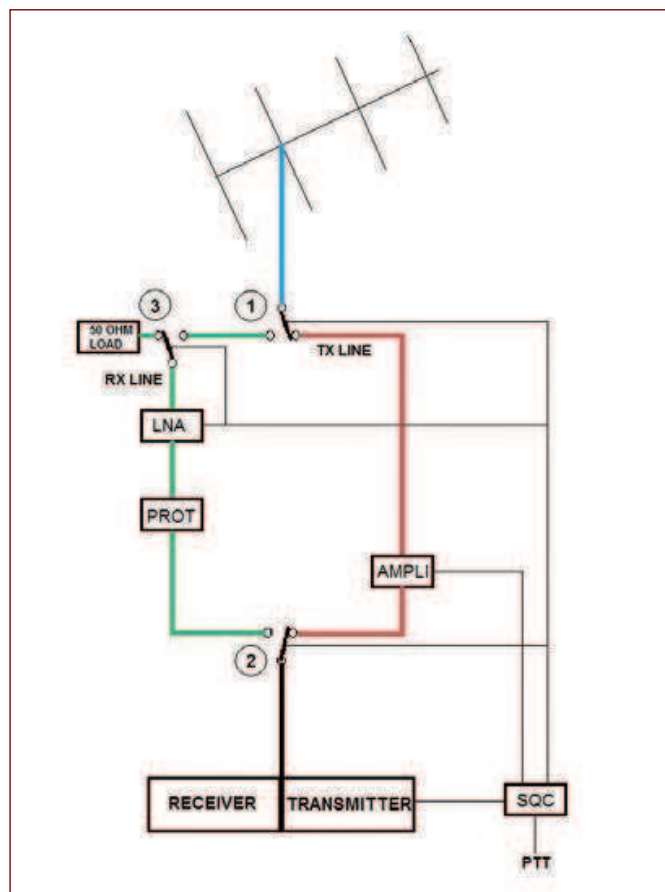
**Esquema 2:** en este caso nuestro LNA es sin relés. Si hacemos la instalación de este esquema, el relé 1 soporta la plena potencia del amplificador (CZX-3500). El relé 2 solo soporta y tiene que aislar la potencia que aplicamos a la entrada del amplificador (CX-520D). El único inconveniente es que tenemos que traer un segundo coaxial desde el LNA hasta la entrada del AMPLI; este coaxial es solo para RX, ya comentaré qué características debe tener.

**Esquema 3:** en el caso de que pretendamos instalar un receptor SDR, para poder decodificar simultáneamente todas las estaciones que seamos capaces de recibir en JT65, nos valdrá la configuración de relés del esquema anterior, pero tenemos que instalar un splitter de recepción en la línea de RX.

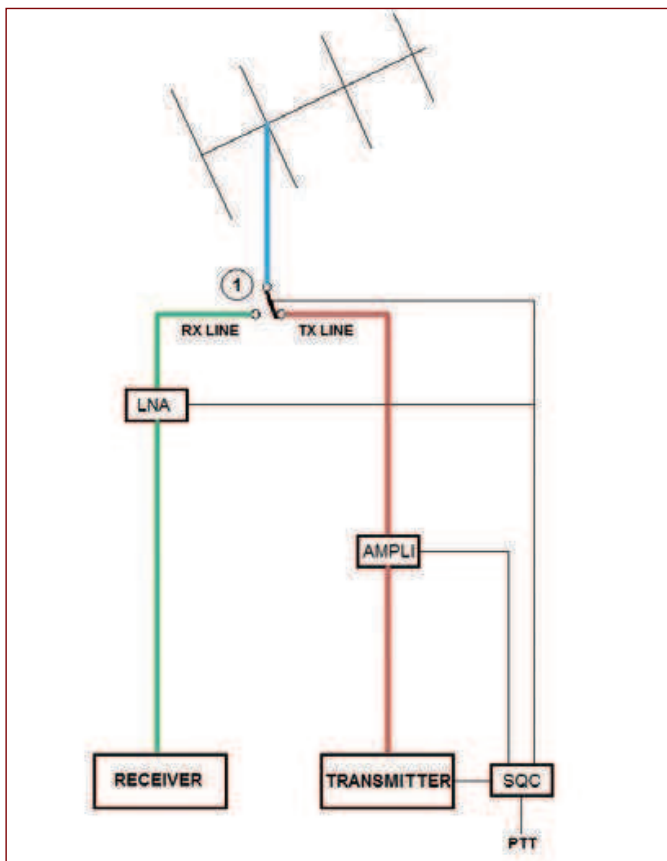
**Esquema 3A:** esta opción permite trabajar con grandes potencias o en el caso de que pretendamos sobreproteger el LNA. En



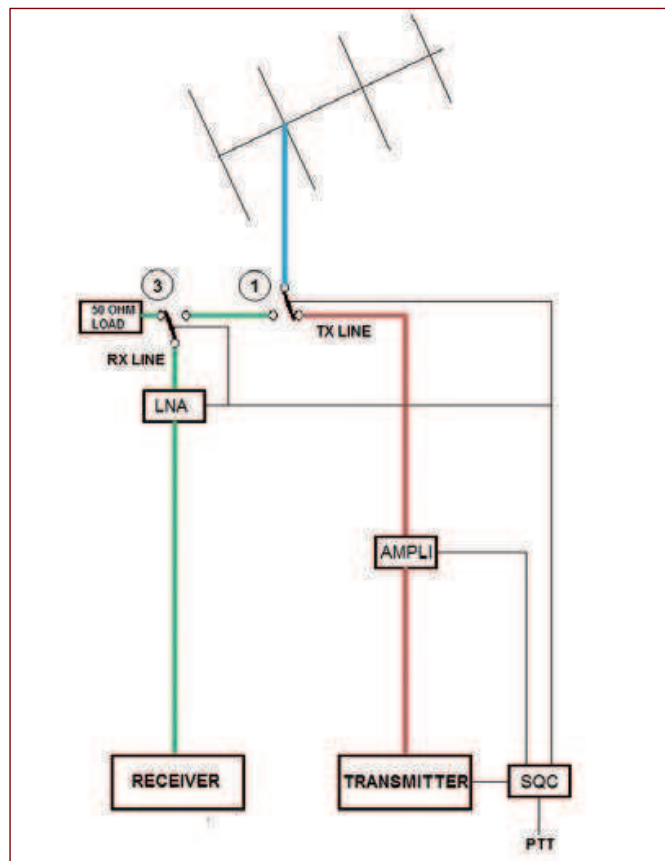
Esquema 3



Esquema 3A



Esquema 4



Esquema 5

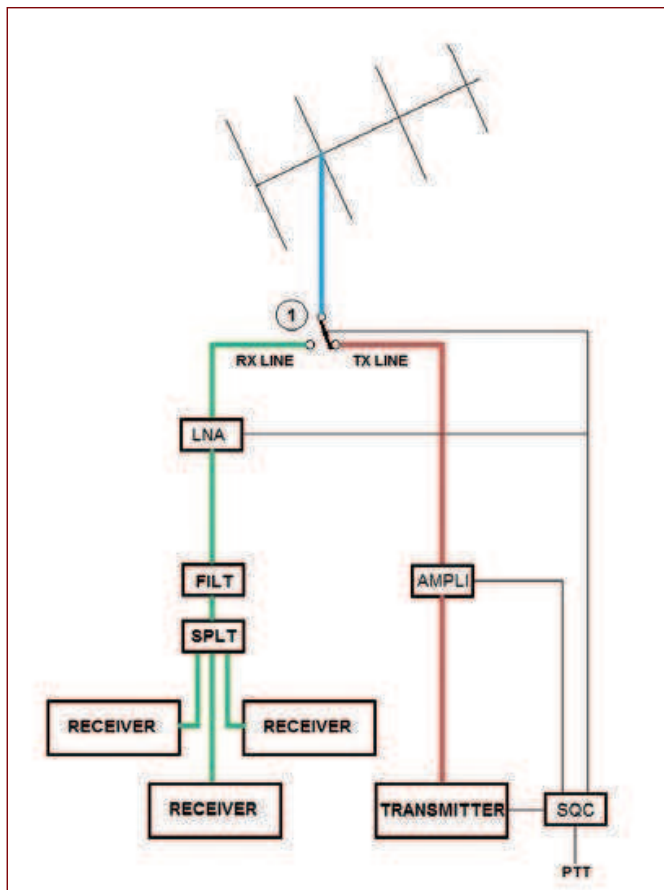
la entrada de la antena, donde tenemos toda la potencia del AMPLI, se instala un segundo relé que lleva al LNA sobre una carga de 50 ohm; como al LNA se le quita la alimentación, también se puede llevar a un corto con masa. En este caso hay que sumar el aislamiento de los dos relés, y este segundo relé no soporta prácticamente ninguna potencia.

Lo mismo se podía hacer a la salida del LNA, pero en este caso he optado por instalar una protección que absorbe cierta po-

tencia, en caso de que falle el relé instalado entre el equipo y el LNA.

## 11.2. RECEPTOR Y TRANSMISOR SEPARADOS

Esta es la opción más usada entre los que trabajamos EME, pues garantiza que no le va a llegar RF al LNA por su salida, y a la vez que se reducen pérdidas desde el LNA al receptor, al eliminar un relé. Además, se abarata la instalación.



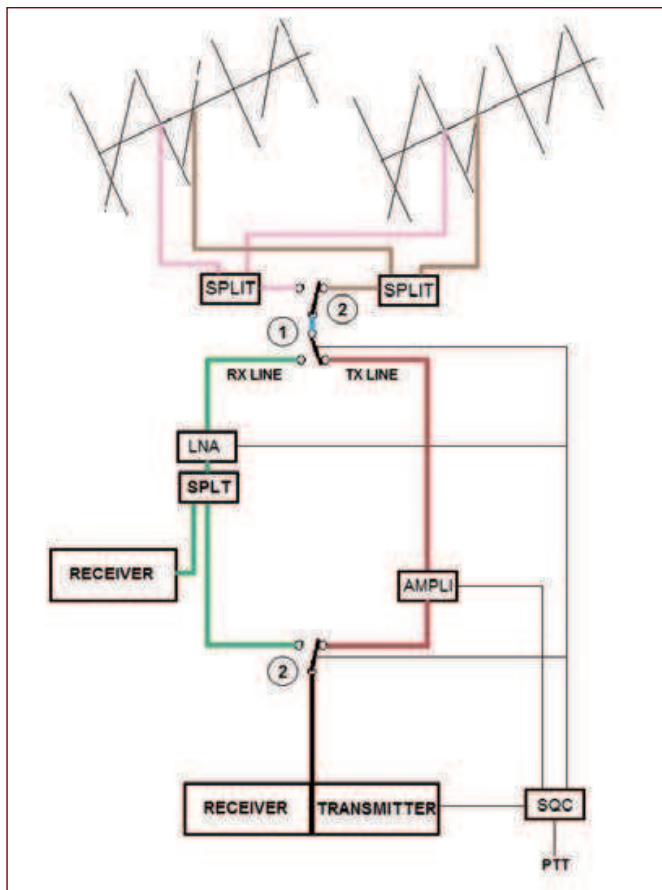
Esquema 6

Este receptor separado puede ser el del propio transceptor que estamos usando, al que le hemos hecho una modificación separando el RX y el TX, instalando un segundo conector de RX detrás del equipo. Esta modificación no suele ser complicada y existe para la mayoría de los equipos más o menos serios de SSB. Hay algunas estaciones que prefieren no hacer esta modificación e instalan cualquier transceptor que utilizan solo como receptor, quitándole el micrófono y bloqueando cualquier posibilidad de transmisión. Por último, algunos optan por instalar un SDR.

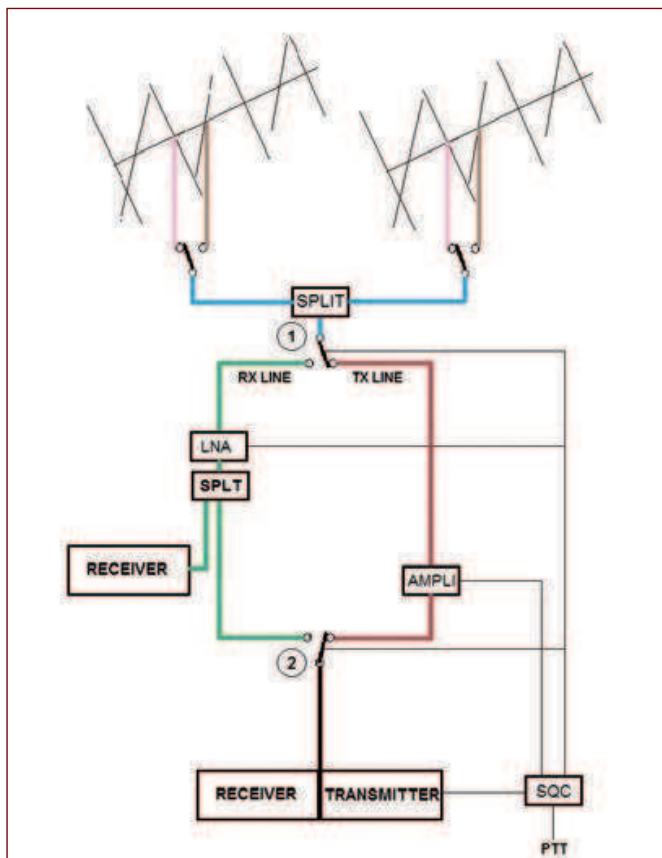
El único relé que separa la RX y TX debe soportar toda la potencia y tener suficiente aislamiento, por lo tanto en todos los casos será el CZX-3500.

**Esquema 4:** como podéis ver, es la opción más simple y eficiente de todas las que hemos visto, eliminando relés y por lo tanto problemas añadidos.

■ Podríamos instalar **dos receptores normales**, lo suyo es que al menos sean **SDR**. Conozco alguna estación que ha instalados 2 unidades del FCDPP, de esta forma **recibiremos simultáneamente las dos polaridades**, pero el programa **no nos informará del ángulo** con el que recibimos la señal.



Esquema 7



Esquema 8

**Esquema 5:** es igual a la opción anterior, pero a esta se le ha añadido un segundo relé detrás del relé principal de aislamiento de las líneas de RX y TX, para poder trabajar con potencias más grandes.

**Esquema 6:** este es el esquema que tengo actualmente en mi instalación de EME; como veis he añadido un filtro entre el LNA y el splitter. El filtro es una cavidad resonante de un repetidor de VHF ajustado a 145.200 MHz (foto 2), que me evita interferencias

tanto de la FM (88-108 MHz), como de las comerciales por encima de 146 MHz.

Detrás del splitter tengo instalados 3 receptores, un IC-PCR1000, la TS-790E y un SDR, el FCDPP. Cada receptor clásico lo tengo sobre una instancia de JT65 y el SDR sobre una instancia de MAP65. Mi experiencia me ha demostrado que, según el tipo de ruido, unas veces espacial, otras veces local o simplemente por temperatura, en ocasiones se comporta mejor un receptor que otro. Y cuando estamos hablando de sacar una decodificación por debajo del ruido, al final es conseguir el contacto o no conseguirlo. Alguno me podrá criticar, pero no cambio esta estructura por las grandes satisfacciones que me ha proporcionado.

### 11.3. SISTEMA XPOL

No quería dejar pasar la ocasión de mostrar los esquemas de conexión, en caso de que algún afortunado pueda instalar antenas de doble polaridad, conocidas como XPOL. Tratándose de comunicaciones espaciales da muchas satisfacciones, al poder eliminar el fading producido por el efecto Faraday y no tener que esperar para conseguir un contacto.

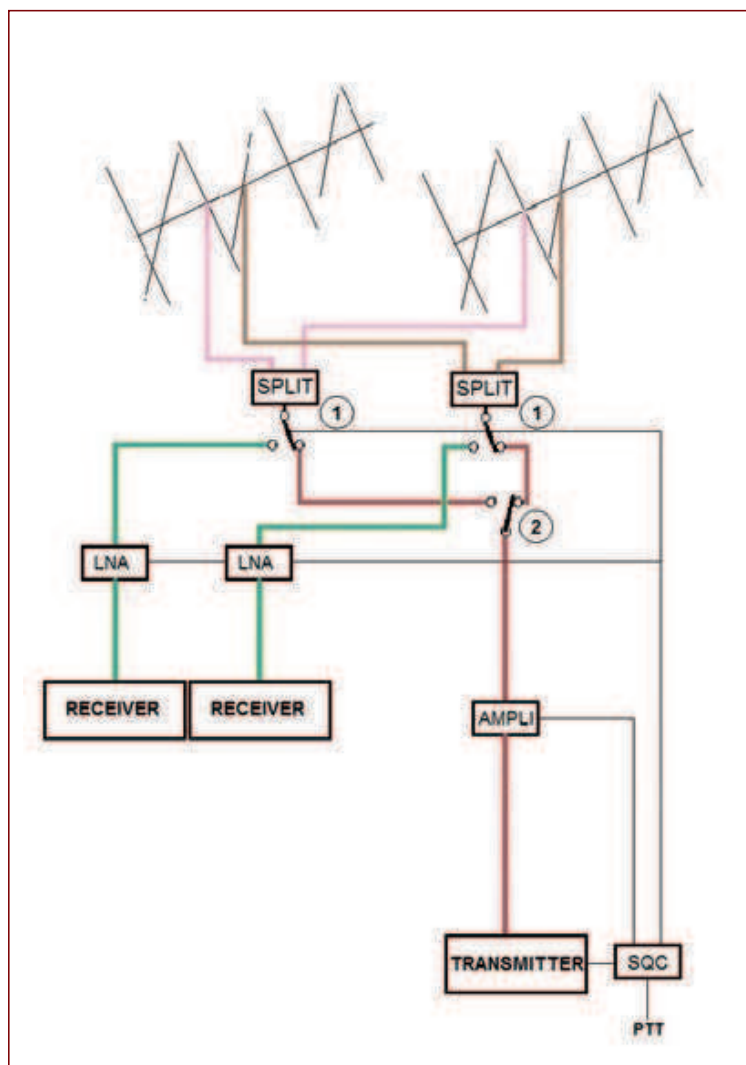
**Esquema 9:** el montaje realmente efectivo de las XPOL es con dos receptores simultáneos en fase, tipo IQ+, lo que permite mediante el MAP65 recibir cualquier polarización en vivo, incluso saber con qué grados reales están llegando las señales a nuestras antenas. Esta es la última tecnología existente hoy en día, para RX en una estación de EME.

Si no tenemos un IQ+, podríamos instalar dos receptores normales, lo suyo es que al menos sean SDR. Conozco alguna estación que ha instalado 2 unidades del FCDPP, de esta forma recibiremos simultáneamente las dos polaridades, pero el programa no nos informará del ángulo con el que recibimos la señal.

Como podéis ver en el esquema, todo se complica: he representado dos antenas para que se vea la necesidad de dos splitters de potencia, uno por cada polaridad.

Cada splitter de potencia tiene un relé de alto aislamiento tipo CZX3500 para separar las líneas de RX y TX. Cada línea de RX va a un LNA, que han de ser idénticos y de gran ganancia, pues el IQ+ necesita a su entrada sobre 25 dB para un correcto funcionamiento. La línea de TX va a un relé de alta potencia y bajo aislamiento tipo CX-600, mediante el cual se selecciona la polaridad con la que se pretende transmitir, que no siempre coincide con la que se recibe (en EME nada es fácil). Alguna estación de EME ha sustituido este último relé por un enfase que permite transmitir con polaridad circular, como ventaja es que Faraday no nos afectará y la pérdida de 3 dB con las estaciones de polaridad lineal se puede compensar con potencia del AMPLI.

**Esquema 7:** en el caso de que no podamos disponer de un receptor IQ+, dos relés de alto aislamiento y dos LNA, también podremos disfrutar de la doble polaridad pero no simultáneamente. Podremos recibir un periodo con una polaridad y el siguiente con la contraria, de esta forma sabremos en cuál nos llega la mejor señal; esto lo haremos con el relé 2, que será de alta potencia y bajo aislamiento, tipo CX-600. De igual forma, mediante este relé, elegiremos la polaridad de transmisión que nos convenga.



**Esquema 9**

A la salida de este relé instalaremos un relé de alto aislamiento, tipo CZX-3500, para separar las líneas de RX y TX, así utilizaremos nuestra estación como hemos visto en los esquemas 1, 2, 3 y 3A.

**Esquema 8:** este esquema es una variante del esquema anterior, en el cual incluimos un splitter de potencia menos y un relé de alta potencia más. No tendremos ninguna ventaja ni desventaja adicional, se trata de que nos guste más mecánicamente un montaje u otro.

En este caso, el relé se instala, lo más cerca posible de los excitados de cada polaridad, en el propio boom de cada antena, un relé de alta potencia y bajo aislamiento, tipo CX-600. Mediante este relé elegiremos en ambas antenas la polaridad que nos interese y llevamos la señal a un único splitter, de aquí podremos elegir cualquier esquema del 1 al 6 que hemos comentado anteriormente.

He intentado hacer los esquemas lo más sencillos posibles en su exposición, con colores y pocos añadidos, para que podáis elegir el que más os interese en vuestra instalación.

Es mi deseo haber sido capaz de cumplir los objetivos que me marqué al inicio del artículo y que aquellos que tengan en mente instalar algún día una estación de EME en 144 MHz, sientan “la Luna un poco más cerca”. ●