



Construcción de una antena doble banda VHF/UHF de polarización cruzada para trabajar con satelites de radioaficionados o para operaciones de SOTA y POTA

Por: Miguel Dario XE2UD tomando como ejemplo la Arrow II modelo [146/437-10](#) con mis propias modificaciones

Como les mencione en mi artículo anterior donde se revisa la construcción de un rotor automático AZ-EL para trabajar con satelites de radioaficionado

<https://crecj.org/wp-admin/post.php?post=4446&action=edit>

Para lograr operar satelites requerimos contar con una buena antena.



Este elemento **BASICO** en cualquier actividad de radioaficionados tiene especial relevancia en la operación satelital, ya que por las características de los satelites debemos tomar en cuenta varias factores...

Requerimientos para una antena de satelites

1. Direccionalidad

Necesitamos que nuestras señales lleguen y se reciban desde los satelites con la mejor calidad posible, preferentemente usando una antena direccional aunque es posible lograrlo con otros tipos de antenas, ya que debemos "enfocar" toda nuestra atención en un punto en movimiento en el cielo en un momento determinado

2. Sensibilidad en recepción y eficiencia en transmisión

Como mencionamos en el punto anterior nuestras antenas deben proporcionar la mejor sensibilidad en recepción, así como la mejor transferencia de energía desde nuestro radio ya que los satelites operan a muy bajas potencias

3. Polarización

Como la operación de satelites requiere usar usualmente 2 bandas diferentes, la instalación de sus equipos de radio se configura en polarización "cruzada" para minimizar la interferencia mutua entre ellos

4. Potencias de transmisión

Como ya lo mencionamos, los satelites siempre trabajan a bajas potencias y son muy sensibles a las señales terrestres, por lo que nuestras antenas deberán optimizar ese tipo de señales tanto

en Rx como en Tx (**NO USAR potencia alta** para intentar lograr un comunicado ya que podríamos “bloquear” temporalmente su funcionamiento por sus sistemas de auto protección)

5. **Peso y tamaño**

Como las antenas direccionales generalmente son más grandes que una antena “simple”, esto implica un mayor peso y dificultad para operarlas, ya sea manualmente o por medio de un sistema automático de localización, por lo tanto nuestras antenas satelitales deben minimizar estos factores y entre más direccionalidad queramos más peso y tamaño tendrán, por lo que hay que encontrar el **balance adecuado** para nuestra estación, sobre todo si acostumbramos operar **POTA y SOTA** o lugares lejanos donde hay que cargar todo el equipo necesario. Este factor puede no ser TAN relevante si nuestra operación será realizada desde estaciones fijas donde podemos tener más espacio para instalar nuestra antena y podemos usar accesorios más robustos

6. **Facilidad de transporte**

Si operamos una estación móvil o portable es muy importante considerar que al desplazarnos al lugar de operación seleccionado la antena debe poder ser “desmantelada” (*al menos parcialmente*) para facilitar el transporte, ya que una antena completamente fija puede ocasionar problemas de espacio e incluso puede dañarse durante el movimiento. También hay que considerar la facilidad con la que una antena puede ser armada sin requerir herramientas especiales y el tiempo que lleva armarla y desarmarla

Con todo esto en cuenta y de acuerdo a la operación que vamos realizar (fija/portable) podemos escoger el tipo de antena, si la antena va a ser comprada de acuerdo a especificaciones o fabricada por nosotros mismos.

Primero analicemos los principios de una **antena direccional para satelites:**

Las antenas de satélite requieren usualmente ser “doble banda” (*a menos que escojamos operar con antenas separadas*)

En cuáles bandas? Pues eso depende de los satelites a trabajar, hay combinaciones posibles de VHF/UHF/HF y habrá que usar la adecuada combinación para los transponders que vayamos a usar

Las antenas de satelites deben poder ser instaladas con “polarización cruzada” o si usamos 2 antenas, estas deberán ser instaladas en esa configuración por las mismas razones expuestas anteriormente

Existen varios tipos de antenas direccionales, pero las más utilizadas son todas las variantes de Yagi que tienen algo en común, **están construidas bajo los siguientes conceptos básicos**:

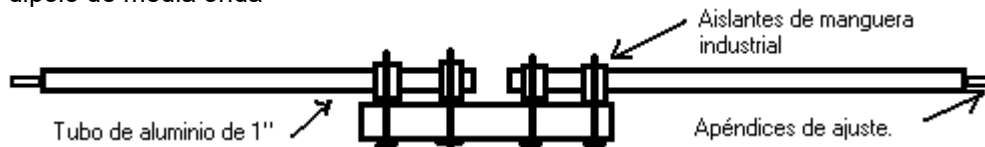
1. Tienen un elemento “**alimentador**” que transfiere y recibe la RF desde y hacia nuestro radio (hay varios tipos) pero básicamente son antenas **simples** que utilizan el efecto “counterpoise” como en las antenas dipolo para alimentar al resto de los elementos de la antena Yagi sin requerir un plano de tierra y proporcionándoles polaridad
2. Tienen un elemento “**reflector**” en la parte trasera que proporciona cierto grado de inmunidad a las señales provenientes desde “atrás” de la antena y refuerzan la dirección de la energía hacia “adelante” al estar colocados a una distancia NO resonante con el elemento alimentador
3. Tienen uno o más elementos “**directivos**” (en varias configuraciones disponibles) que como su nombre lo indica le proporcionan a la antena su direccionalidad haciéndola resonar en varias escalas para modificar la ganancia relativa de la antena y haciendo que el lóbulo principal sea más o menos estrecho lo que le proporciona su alta direccionalidad y ganancia relativa

Considerando estas variables existen muchos tipos de antenas Yagi diferenciándose por el tipo de “alimentador” que usan y la configuración y número de elementos “directivos” (configuración logarítmica, en co-fase, etc.)

A continuación algunos ejemplos de “alimentadores**” utilizados en la construcción de antenas tipo Yagi:**

- **Alimentación con antena ¼ de onda**

Es el tipo más básico de alimentador y consiste simplemente en una antena ¼ de onda configurada para trabajar en fase con su “counterpoise” o reflector exactamente igual que en un dipolo de media onda

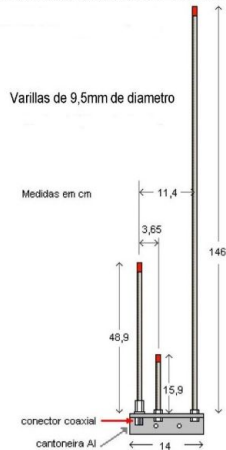


En esta imagen se muestra un alimentador (antena) de este tipo, también conocido como “dipolo rígido” y en la imagen se indica tubo de aluminio de 1 pulgada ya que es para HF, pero en VHF/UHF se usan tubos mucho más delgados o incluso alambre en su construcción, y los aislantes en VHF/UHF pueden ser tubos termo contractiles o estar montados en plástico o mica

- **Alimentación con “J”**

Otro tipo de alimentador posible es una antena tipo “J” (utilizando “counterpoise”) pero su principal desventaja es que como este tipo de antenas son realmente dipolos resonantes por diseño dificultan el cálculo y ubicación de los demás componentes de la Yagi, pero haciendo los cálculos adecuados es teóricamente posible usarlos con mejor desempeño que las antenas de ¼ de onda

Antena OSJ Doble Banda VHF/UHF



Dos de los elementos o varillas, la más alta y la más baja, están conectadas a tierra a través de un soporte de aluminio que se puede conectar directamente al mástil. Este soporte sirve como un conductor entre las dos varillas y la malla del cable coaxial



Aquí se muestra una antena tipo “J” **doble banda VHF/UHF** que para poder funcionar en nuestra Yagi para satélites como alimentador requiere **separar** los elementos VHF y UHF ya que recuerden que necesitamos operar bandas con **polarización cruzada**, por lo que realmente tendríamos que fabricar 2 antenas “J” **monobanda** independientes. La fotografía muestra la antena “J” **doble banda** que fabrique para mi estación basada en el diseño mostrado

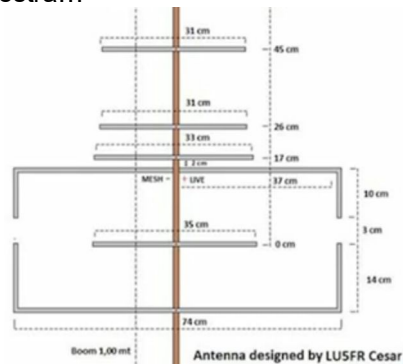
- **Alimentación con “dipolo cerrado”**

Otra posibilidad de alimentador es utilizar un “loop” o antena de bucle cerrado fabricado con alambre o tubo de cobre delgado, la cual **NO** requiere “counterpoise” al **NO** requerir en su diseño de un plano de tierra, lo cual hace su fabricación más sencilla y fácil de acoplar con los demás elementos de la Yagi



- **Alimentación con “Moxon”**

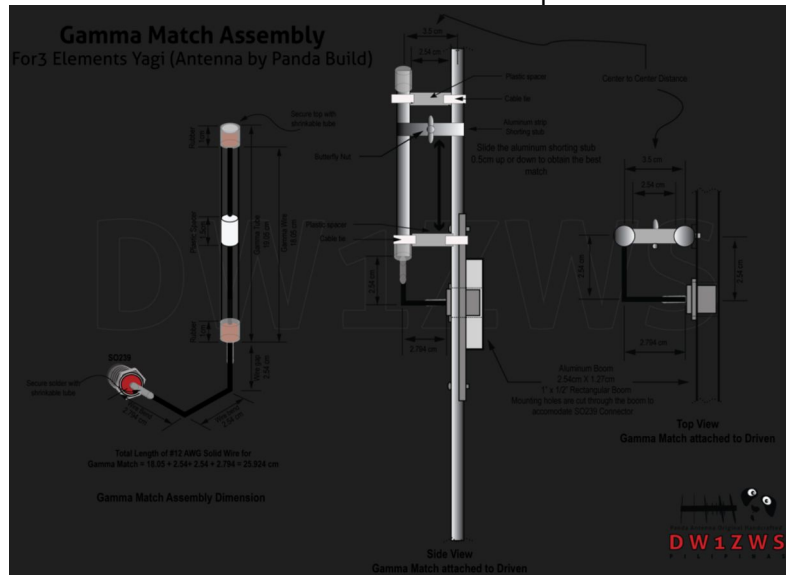
Existe una alimentación muy interesante que usa antenas tipo Moxon, ya que permiten teóricamente combinar y aumentar significativamente la ganancia relativa de la antena sin usar demasiados elementos directivos, pero por alguna razón este diseño es muy poco conocido sin embargo existen y aquí una muestra...



Aquí puedo observar que en el diseño de nuestro colega Cesar LU5FR aparentemente NO utiliza elemento “reflector”, y esto puede deberse a que las Moxon tienen cierta “unidireccionalidad”, y definitivamente vale la pena investigar sobre el tema

- **Alimentación con “Gamma Match”**

La opción más popular para alimentar antenas Yagi es usar “Gamma match” (*junto a los “dipolo cerrado”*) es evidente ver la cantidad de diseños de fábrica que utilizan este método



Los gamma match son una familia de antenas que utilizan adaptación capacitiva en conjunto con resonancia en paralelo con los otros elementos, lo que las hace ideales para la construcción de antenas Yagi como alimentadores tanto en HF como en VHF/UHF, los gamma match pueden ser usados como antenas independientes de un solo elemento con su counterpoise, pero en este caso veremos su uso en las antenas para satélite revisando algunas antenas hechas por otros radioaficionados

Ejemplos de antenas hechas por radioaficionados:

Una parte importante del hobby es la construcción de nuestras propias antenas y aquí tenemos algunos ingeniosos ejemplos de Yagi para satélites

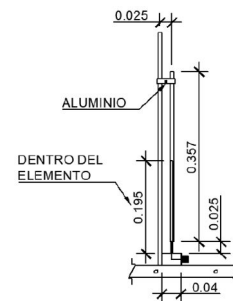
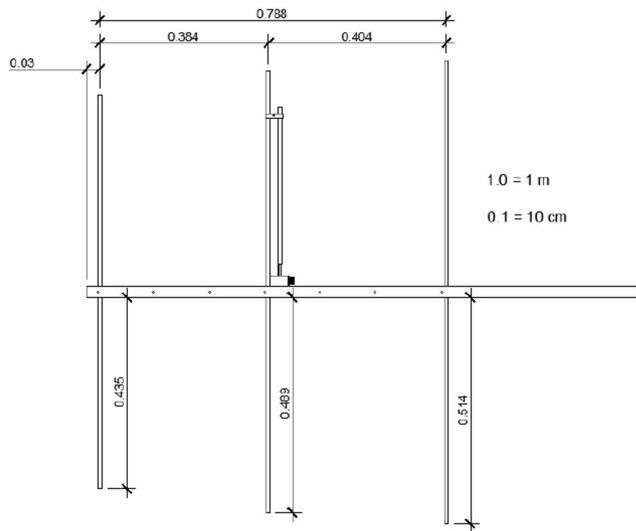


Pero definitivamente mi preferida por cumplir con **TODAS** las características de operación satelital fue la realizada por **TI3IES Ignacio Granados**

Detalles de su construcción:

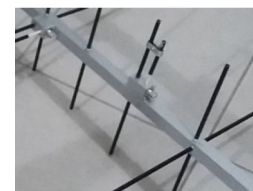
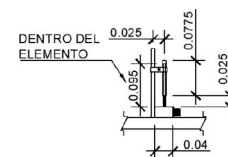
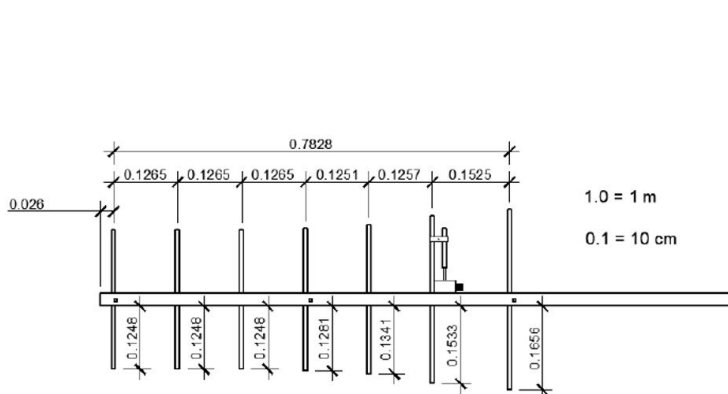
	<p>Ignacio tomo como base la popular antena para satelites LEO (Low Elevation Orbit) Arrow II Modelo 146/437-10 de 10 elementos (3 para VHF y 7 para UHF) con límite de potencia 10 watts para usarse originalmente con portátiles de forma manual, y la construyo modificando algunos detalles usando su propia experiencia y pruebas</p>
--	---

Sección VHF



Gamma Match VHF

Sección UHF

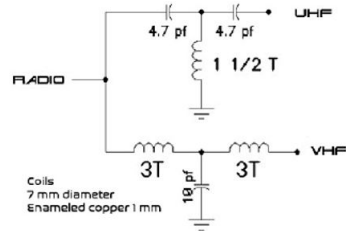


Gamma Match UHF

Uso para la construcción de radiadores hechos a base de fibra de carbono obtenidos de flechas deportivas y para las bases del gamma match y el boom utilizo perfil de aluminio cuadrado



Este “divisor de bandas” (mini duplexer) que construyo para usarse **únicamente** con radios portátiles, trabaja bien con menos de 10 watts y la SWR se ajusta mediante el espaciado de las vueltas de las bobinas



Selección de mi antena...

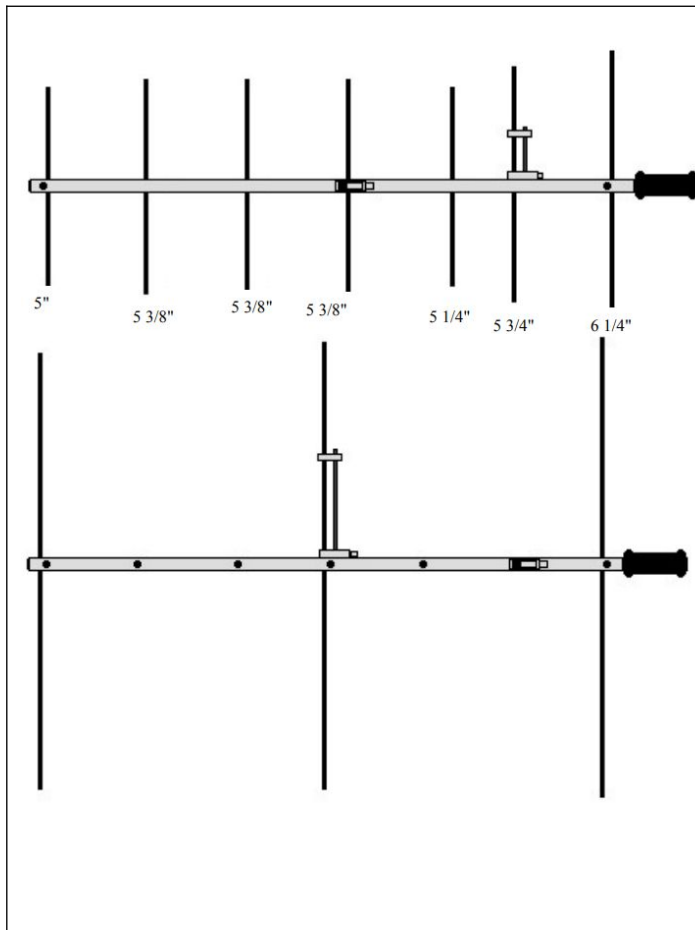
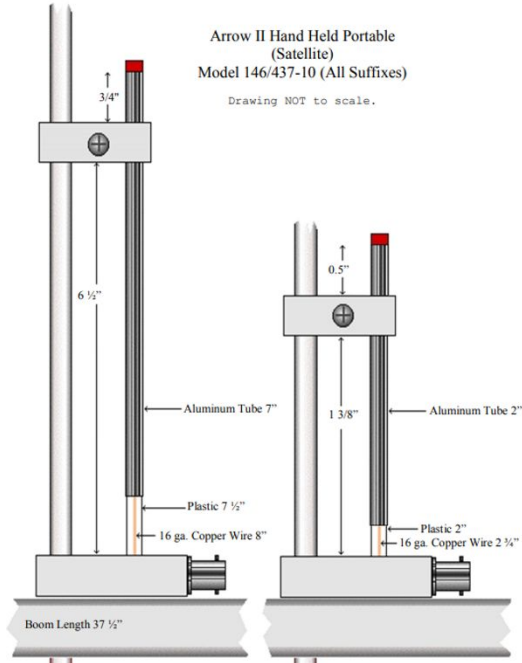
Pude haber hecho directamente mi antena con el diseño anterior, pero curioso como soy decidí revisar primero el diseño original de fábrica del mismo modelo **Arrow II Modelo 146/437-10** y compararlos. Afortunadamente Cesar XE2GRC amigo y colega local cuenta con esa misma antena y me permitió comparar también los diagramas de fábrica con el modelo físico real.

Diseño original de fábrica



Este modelo de es el mismo utilizado por SARCNET para dotar de estaciones satelitales a las escuelas de Australia (lo cual es ya una excelente referencia). Su costo no es alto y es muy valorada por la gran mayoría de los radioaficionados a los satelites (y *POTA* y *SOTA también*).

Según el sitio web de **Arrow Antennas** este modelo tiene las siguientes medidas tomadas de su manual de instalación:



Espaciado de los elementos

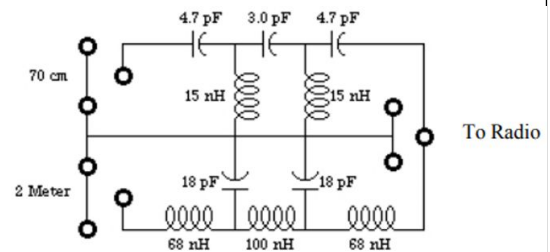
(medidos desde la punta de la antena hasta el centro de los elementos radiantes):

UHF	0.82"	8.07"	14.5"	20.08"	24.7"	26.62"	31.82"
VHF	1.25"	15.25"	31.25"				

Y las medidas de los radiantes según la lista de materiales son:

Part #	Model 146/437-10 (All Suffixes) Parts List
14643710	Boom - with End Caps and Foam Handle (37 1/2")
146437BP	2 piece Boom - with End Caps and Foam Handle (37 1/2")
440D3	5" 5 th Director Element Pair - with End Caps, Inserts, & Stud
440D2	5 3/8" 4 th Director Element Pair - with End Caps, Inserts, & Stud
440D2	5 3/8" 3 rd Director Element Pair - with End Caps, Inserts, & Stud
440D2	5 3/8" 2 nd Director Element Pair - with End Caps, Inserts, & 2 1/4" Stud
440D1	5 1/4" 1 st Director Element Pair - with End Caps, Inserts, & 2 1/4" Stud
440DE	5 3/4" 437 Driven Element pair - with Gamma Match, End Caps, Inserts & Stud
440RE	6 1/4" 437 Reflector Element pair - with End Caps, Inserts & 2 1/4" stud
146 19.250	146 Driven Element Pair - with End Caps Inserts, & 2 1/4" Stud (19 1/4")
146 17.125	Director Element Pair - with End Caps, Inserts, & 2 1/4" Stud (17 1/8")
146 20.250	Reflector Element Pair - with End Caps, Inserts, & 2 1/4" Stud (20 1/4")

Y el duplexer de ese modelo para ser usado con radios de máximo 10 watts es



Mis modificaciones



Al igual que Ignacio T13IES yo también utilice flechas de fibra de carbono **de desecho** (*afortunadamente mi hija es arquera y me dono algunas rotas*) usándolas para los elementos VHF con cable eléctrico forrado AWG 14 en el interior con excepción del alimentador que fue construido con tubos de aluminio reciclados de una vieja antena aérea de TV para poder dar rigidez y facilitar la construcción de los gamma match que también fueron hechos con el mismo material



Para los elementos de UHF utilice popotes rígidos de plástico para manualidades, también insertando cable 14 AWG y al igual que en VHF tanto el alimentador como los gamma match fueron hechos de tubo de aluminio reciclado y como aislante interior de los gamma match utilice tubo termo contráctil en capas hasta lograr el espesor exacto entre el tubo y el radiante de cada gamma match

Para el boom utilice una regleta plástica cuadrada para cables UTP que coincidió con las medidas del boom de aluminio original ya que las antenas Yagi **no requieren** continuidad eléctrica para funcionar, y por eso varias antenas caseras usan madera para tal fin

Al usar estos materiales se **minimizo** el peso total de la antena resultando menor incluso al modificado por Ignacio y obviamente mucho más barato y fácil de trabajar, ya que yo no dispongo de herramientas de maquinado y también agrego la ventaja que los elementos radiantes tienen cierto grado de flexibilidad lo que los hace menos propensos a quebrarse con el uso, almacenamiento y transporte

Otra modificación que realice para eliminar la restricción de máxima potencia permitida con el duplexer incluido en el modelo de fábrica y poder usar esta antena con un solo radio (móvil en mi caso), sustituí el duplexer propuesto en las dos opciones anteriores y coloque un mini duplexer UHF/VHF usado que estaba guardando polvo en una de mis cajas de accesorios



Resultados

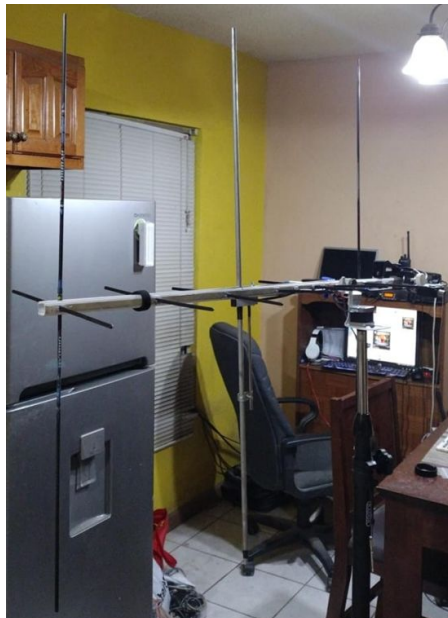
Debido a que fui cuidadoso en la medida y construcción de cada componente y a que hice doble verificación en la construcción de los gamma match comparando las medidas propuestas con sitios de diseño, y contra mis expectativas de que es común que el diseño teórico no coincida con los resultados físicos en la realidad, mi sorpresa fue que durante las primeras pruebas y ajustes para SWR en el caso de UHF solo tuve que hacer un par de ligeros desplazamientos (milimétricos por cierto), para dejar funcionando esa banda centrada en 437.5 Mhz con un SWR de 1:1.07 y en el caso de VHF al primer intento la SWR resulto de 1:1.03 centrada en 145.0 Mhz lo cual me dejo sorprendido en verdad. Por lo tanto selle de inmediato con pegamento de cian acrilato los ajustes de gamma match para evitar desplazamientos accidentales y sobre todo teniendo en cuenta los excelentes resultados de las mediciones

Realice unas pruebas rápidas intentando accesar varios repetidores locales con un portátil a la mínima potencia posible (1 watt aproximadamente) y tuve éxito en todos los casos en ambas bandas

Con respecto a la direccionalidad, durante las pruebas pude comprobar que el lóbulo de radiación frontal está presente y funcionando simplemente "apuntando" en otras direcciones y teniendo como resultado el desvanecimiento de las señales tal y como lo esperaba



Este es el resultado: mi antena personalizada, basada en la Arrow II de 10 elementos con polarización cruzada y verdaderamente liviana, además de estar construida casi en su totalidad con materiales reciclados, por lo cual el único costo fue el tiempo invertido en el diseño y construcción utilizando herramientas manuales



Vista de mi antena instalada sobre el rotor automático en su tripie y lista para trabajar satelites en modo manual con portátil, o montada en el sistema de seguimiento automático con radio móvil

Espero que les haya gustado esta presentación de una más de mis antenas experimentales y que si le sirve a alguno para intentar replicarla pues el objetivo está cumplido

Hasta una próxima oportunidad en cualquier banda y en cualquier modo...

73 de Miguel Dario XE2UD (ex XE1UD)