

Proyecto de antena Loop Magnética (ML) Versión II.

Formato cuadrado para la banda de 40m a 20m. Febrero-Marzo de 2023.

Daniel Pablo Solowiej - LU1DYI



Índice:

➤ Prefacio y detalles básicos del proyecto. _____	Pág.2
➤ Contexto de antenas circulares en calculadoras on-line. _____	Pág.3
➤ Entrada al cálculo definitivo. _____	Pág.5
➤ La construcción. _____	Pág.9
➤ Contactos-soportes para el capacitor. _____	Pág.10
➤ Ensamblado de capacitor y conjunto principal. _____	Pág.11
➤ Gamma Match. _____	Pág.12
➤ Primer prueba de campo. _____	Pág.16
➤ Sistema de ajuste – motor pap. _____	Pág.17
➤ Llave conmutadora. _____	Pág.19
➤ Comando de tensión. _____	Pág.21
➤ Gabinete de control. _____	Pág.24
➤ Video de funcionamiento del control pap. _____	Pág.26
➤ La recta final, protecciones de intemperie. _____	Pág.27
➤ Palabras finales. _____	Pág.30

Prefacio:

Luego de haber probado exhaustivamente mi primer antena ML durante un año de diversos certificados, y comprendido en un nivel preliminar todos sus detalles, decidí diseñar y construir una segunda versión, esta vez cuadrada, de mayor sección de conductor, pero ocupando el mismo espacio tridimensional.

Hablamos de un espacio cúbico de aproximadamente 1,20m de lado a 3m de altura.

Mi interés es optimizar un poco el rendimiento de la primera, experimentando esta vez un formato cuadrado. pero dentro de límites de ancho de banda manejables por el controlador remoto que pienso implementar.

No voy a abarcar aquí la enorme diferencia de una antena de este tipo con antenas tradicionales, ni discutir su “competitividad”. El tema es muy extenso, con gran cantidad de detalles que se pasan siempre por alto en las conversaciones superficiales de gente no entendida en lo absoluto. (yo recién empiezo a entender un poquito nada más, pero me alcanza para ver los papelones ajenos)

Tampoco voy a recomendarla como buena o considerarla mala.

Para recomendar una antena considero que hay que estudiar a fondo el contexto particular de un qth y su medio circundante. Eso lleva bastante tiempo y dedicación, como para hablar sin ver, calcular ni pensar.

Por eso considero que las recomendaciones o respuestas rápidas “universales” (ya bastante repetidas como para mencionarlas aquí), cuando están fuera de ese contexto de estudio profundo, son simplemente credenciales que atestiguan la indubitable incompetencia de quien habla y su falta de compromiso con quien consulta.

Por último solo diré, que sobre las ML, hay muchísima bibliografía y videos en internet, con excelente, mediocre y también pésimo material, quedando en quién esté interesado de verdad, la responsabilidad de discernir y estudiar para llegar a referencias confiables, invirtiendo su tiempo y dedicación personal.

(En otras palabras, si copia lo que hago y le va mal, cúlpese a sí mismo.)

Detalles básicos:

Para este proyecto usaré perfil de aluminio comercial de 20 mm X 30 mm X 1,5 mm de sección.

Lo que nos da una cobertura lineal de piel de aproximadamente 10 cm, ésto es el equivalente a un conductor de sección circular de entre 35 y 36 mm, es decir entre 1 ¼” y 1 ½” de diámetro.

Para los cálculos tomaré 36 mm, para inducir la peor situación de ancho de banda.

El capacitor variable será de tipo al vacío (en mi caso dispongo de uno de 15Kv para este proyecto con un rango suficiente de capacitancia [250-10 pF]), el sistema de ajuste se hará con un motor pap con reducción acoplada, y su controlador con una conmutadora de bobinas de libre giro manual cableada.

El acople será con el sistema de Gamma Match, el que me ha hecho más feliz que las distintas configuraciones de loop de Faraday. A los fines de los primeros cálculos lo consideraré de 1cm de sección.

Para los cálculos tomaré una altura de 3 metros, aunque en la realidad se instalaría a una altura mixta por lo que los lóbulos de radiación, Ga dBi, y ángulo serán distintos, al margen que la realidad siempre es distinta a la teoría.

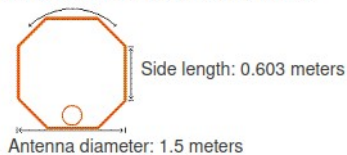
Previo al cálculo definitivo realicé algunos otros en calculadoras on-line de antenas circulares (solo para ampliar el contexto de referencia), considerando parámetros similares a los descriptos, cuyos resultados presento a continuación.

Cálculo de una antena Loop Magnética Circular de área y perímetro similares, según la calculadora de www.66pacific.com

Antenna efficiency: 51% (-2.9 dB below 100%)
Antenna bandwidth: 4.41 kHz
Tuning Capacitance: 116 pF

Capacitor voltage: 5,588 volts RMS
Resonant circulating current: 28.8 A
Radiation resistance: 0.031 ohms
Loss Resistance: 0.030 ohms
Inductance: 4.35 microhenrys
Inductive Reactance: 194 ohms
Quality Factor (Q): 1,611
Distributed capacity: 13 pF

Antenna "circumference": 4.82 meters



Comments:

The specified conductor length of 4.82 meters is not ideal.

Conductor length should be between 5.12 and 10.2 meters at the specified frequency of 7.1 MHz.

For highest efficiency, the conductor length for a small transmitting loop antenna should be greater than 1/8 wavelength (greater than about 5.12 meters at the specified frequency of 7.1 MHz).

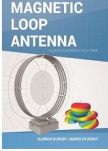
To avoid self-resonance, the conductor length for a small transmitting loop antenna should be less than 1/4 wavelength (less than about 10.2 meters at the specified frequency of 7.1 MHz).

Input Values:

Length of conductor: 4.82 meters
Diameter of conductor: 3.6 centimeters
Frequency: 7.1 MHz
Transmitter power: 100 watts

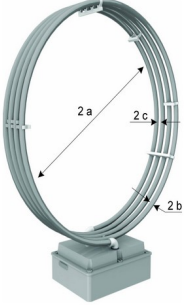


Cálculo de una antena Loop Magnética Circular de área y perímetro similares, según la calculadora del Departamento de telecomunicaciones de la Universidad Técnica de Ostrava (República Checa)



>Welcome to an interactive assistant web page that is useful for the design of the magnetic loop antenna. Formulas and calculation methods follow the book "Magnetic loop antenna: slightly different each time." by Oldřich Burger OK2ER and Marek Dvorský OK2KQM [1]. For the original formulas, see [2].

[1] BURGER, Oldřich a Marek DVORSKÝ. Magnetic loop antenna: slightly different each time. Release 1. Ostrava: EDUCA TV o.p.s., 2015, 167 pages. ISBN 978-80-260-8259-0.
[2] BALANIS, Constantine A. Antenna theory: analysis and design. 3rd ed. Hoboken, NJ: John Wiley, c2005, xvii, 1117 p. ISBN 047166782x.



Please fill in the following input fields:

Number of turns N: MHz

Operating frequency f: MHz

Diameter of the loop 2b: mm

Diameter of the main loop 2a: cm

Transmitting power P: W

Spacing between turns 2c:

Conductivity σ : $\times 10^7$ S/m

Calculate

The calculated values:

Wavelength: $\lambda = \frac{c_0}{f} = 42.2 \text{ m}$

The length of one turn: $U = 2a\pi = 4.8 \text{ m}$

The overall length (for more-turn variant): $U_N = N \cdot U$

Radiation resistance: $R_r = 20\pi^2 N^2 \left(\frac{U}{\lambda}\right)^4 = 33.1 \text{ m}\Omega$

Loss resistance: $R_l = \frac{a}{b} \sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma}} = 38.0 \text{ m}\Omega$

Surface loop resistance: $R_s = \sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma}}$

The resistivity formed skin-effect: $R_0 = \frac{NR_s}{2\pi b}$

Ratio c/b :

Loss resistance more-turn loop: $R_l = NR_s \frac{a}{b} \left(\frac{R_p}{R_0} + 1\right)$

Skin depth penetration: $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = 31.9 \text{ }\mu\text{m}$

Theoretical efficiency: $\eta = \frac{R_r}{R_r + R_l} \cdot 100 \% = 46.6 \%$

One-turn loop inductance: $L_a = \mu_0 a \left[\ln \frac{8a}{b} - 2\right] = 3.7 \text{ }\mu\text{H}$

Multi-turn loop inductance: $L_N = LN^2$

Internal inductance: $L_i = \frac{a \cdot N}{\omega b} \sqrt{\frac{\omega\mu_0}{2\sigma}} = 852.6 \text{ pH}$

Total inductance: $L = L_a + L_i = 3.7 \text{ }\mu\text{H}$

Total reactance: $X = \omega L = 164.2 \text{ }\Omega$

Tuning capacitor: $C = \frac{1}{\omega} \frac{X}{R^2 + X^2} = 136.5 \text{ pF}$

LC circuit quality $Q = \frac{X}{R} = 2307.4$

Maximal voltage to which must be the capacitor dimensioned:

$U_p = \sqrt{PXQ} = 6.2 \text{ kV}$

High frequency circular current: $I = \frac{U_p}{X} = 37.5 \text{ A}$

The current density (at the surface of the conductor): $J = \frac{I}{S} = 10.4 \text{ A/mm}^2$

A/mm²

Theoretical bandwidth: $\beta = \frac{f}{Q} = 3.1 \text{ kHz}$

Zvolte jednu hodnotu poměru R_p/R_0 z tabulky:

Spacing c/b	Number of Turns N						
	2	3	4	5	6	7	8
1.00	0.338						
1.05	0.316	0.748	1.231				
1.10	0.299	0.643	0.996	1.347	1.689	2.020	2.340
1.15	0.284	0.580	0.868	1.142	1.400	1.693	1.872
1.20	0.268	0.531	0.777	1.002	1.210	1.401	1.577
1.25	0.254	0.491	0.704	0.896	1.068	1.224	1.365
1.30	0.240	0.455	0.644	0.809	0.956	1.086	1.203
1.40	0.214	0.395	0.546	0.674	0.784	0.880	0.965
1.50	0.191	0.346	0.470	0.572	0.658	0.732	0.796
1.60	0.173	0.305	0.408	0.492	0.561	0.620	0.670
1.70	0.155	0.270	0.353	0.428	0.485	0.532	0.573
1.80	0.141	0.241	0.316	0.375	0.423	0.462	0.495
1.90	0.128	0.216	0.281	0.332	0.372	0.405	0.433
2.00	0.116	0.195	0.252	0.295	0.330	0.358	0.392
2.20	0.098	0.161	0.205	0.239	0.265	0.286	0.304
2.40	0.082	0.135	0.170	0.197	0.217	0.234	0.247
2.50	0.077	0.124	0.156	0.180	0.198	0.213	0.225
2.60	0.071	0.114	0.144	0.165	0.182	0.195	0.206
2.80	0.061	0.098	0.123	0.141	0.154	0.165	0.174
3.00	0.054	0.085	0.106	0.121	0.133	0.142	0.150
3.50	0.040	0.062	0.077	0.087	0.095	0.101	0.106
4.00	0.031	0.043	0.058	0.066	0.072	0.076	0.080

Entrada al cálculo definitivo

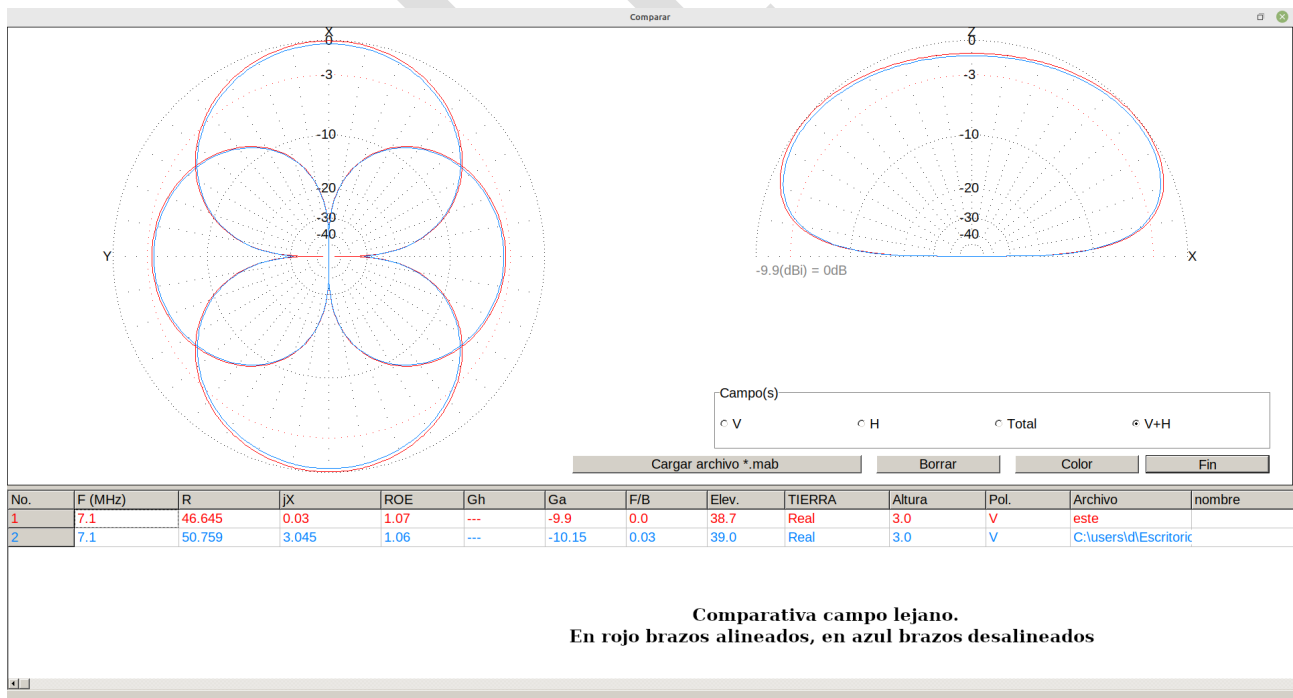
Elegí el programa MMANA-GAL_Basic para el desarrollo, y esbocé una antena de dimensión levemente superior que mas tarde ajusté al límite máximo de 1.22m.

Al márgen de querer obtener los resultados de rendimiento y ángulo de radiación que uno necesita (entre otros), mi primer interés era como afectaría los resultados, el hecho de conectar el capacitor entre dos brazos alineados (caso de mi primer antena circular) o no alineados (perdiendo algo de superficie).

Para explicarlo es más efectivo ver las siguientes dos imágenes:

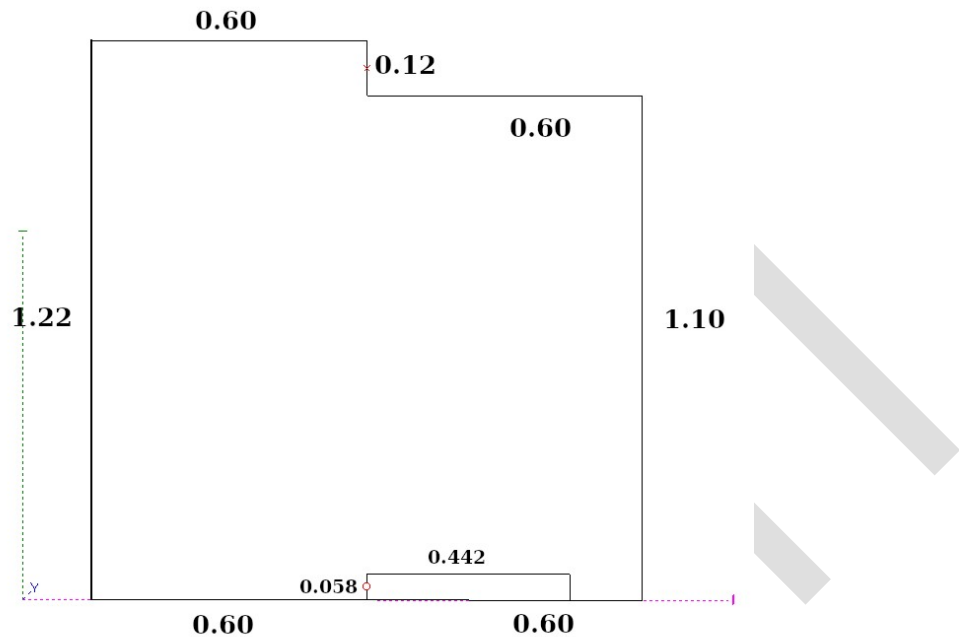


Como resultado se ve una leve caída de ganancia (rendimiento) en el caso del modelo de brazos desalineados y también un leve incremento en el ángulo de radiación.



Viendo esto opté por el diseño de brazos desalineados siguiendo esta configuración:

Medidas externas en metros

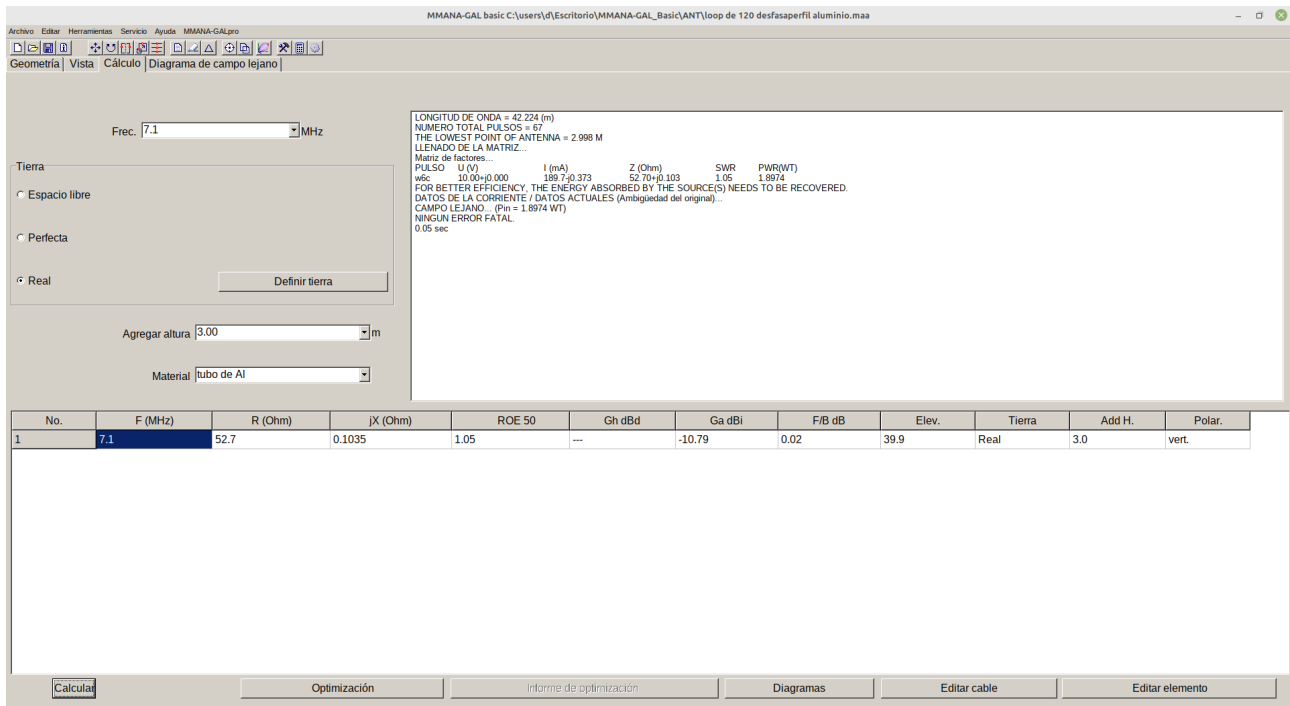


(A consideración y ajuste futuro las medidas definitivas del gamma match por supuesto.)

Recuérdese que estas antenas no se “clavan en una frecuencia central” como suele hacerse con un dipolo común para una banda, sino que tienen un ajuste dinámico de varias bandas de ancho, por lo que elegir “la frecuencia central” no es realmente importante en esta etapa (en mi opinión), sino testear que el rango de capacitancia del capacitor, cubra el rango de frecuencias de interés, recordando que habrá inevitablemente una capacitancia “parásita” que elevará su mínima. En todo caso para mejor claridad mental, prefiero decir que tendremos rangos de frecuencias (bandas) en las que la antena tendrá distinta eficiencia y lóbulos.

Como ejemplo, mi primer antena ML (la circular), cubre sin inconvenientes desde la banda de 20m hasta algo más que la banda de 40m, y con ésta ocurrirá algo similar. Es común poder trabajar varias bandas con mínima roe sin intermediar ninguna clase de ajuste de impedancias entre la antena y el transceptor, una vez ajustado correctamente el gamma match (o lo que se use para acoplar, sea loop de Faraday, transformador toroidal, etc).

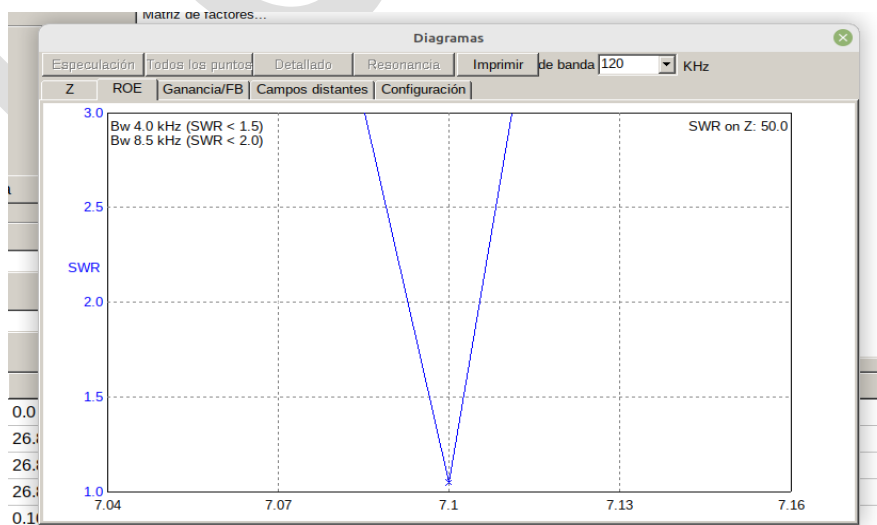
Luego de varios ajustes del gamma match y la capacitancia, llegue a estos resultados para una frecuencia elegida al azar de 7.1 MHz.



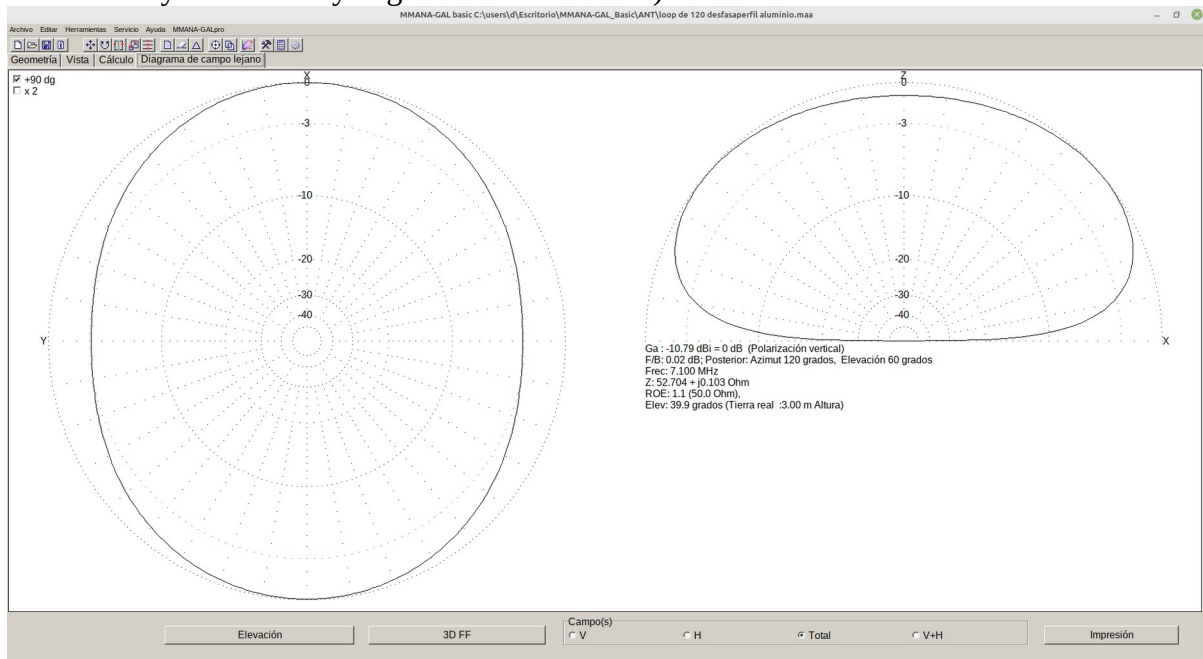
Bastante grato y cerca de lo que esperaba, teniendo en cuenta que la ganancia dBi siempre debe considerarse válida a la altura ideal para cada antena y que el mayor porcentaje de los dipolos jamás se instala a su altura ideal ni en una disposición ideal respecto a los objetos cercanos. Suele decirse que la altura ideal para una antena de este tipo (ML) está entre 1 y 3 veces su diámetro. Dependerá del contexto del qth. Hecha como la haré no es una antena liviana.

Me gustaría un ángulo de radiación algo mas bajo, sí, pero pondría en compromiso otros aspectos. Elevando la antena se logra un ángulo inferior y mas Ga dBi.

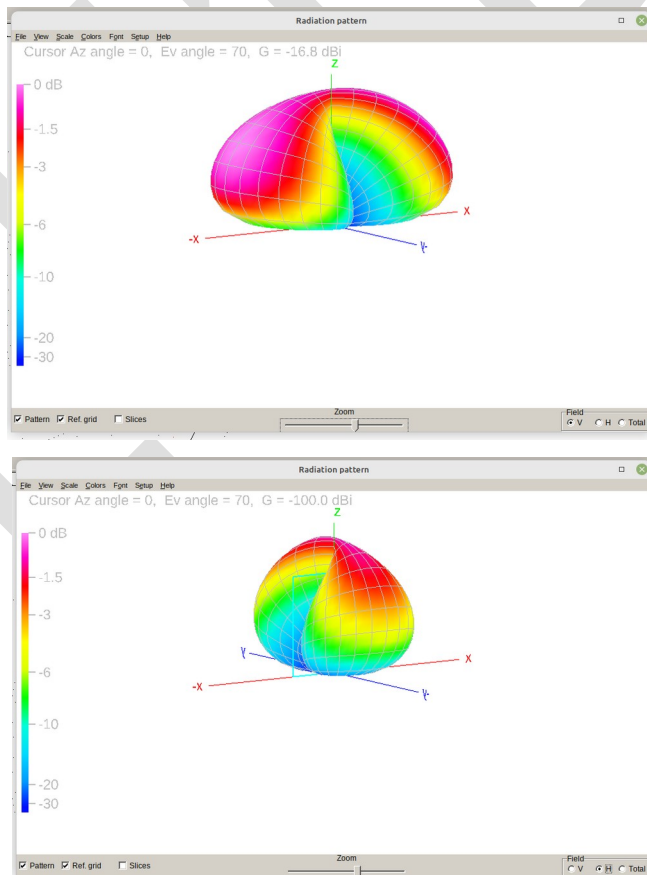
En la imagen siguiente puede verse el afilado ancho de banda de este diseño, con el que tendrá que lidiar el sistema de ajuste. Un estimado teórico de 4 kHz.

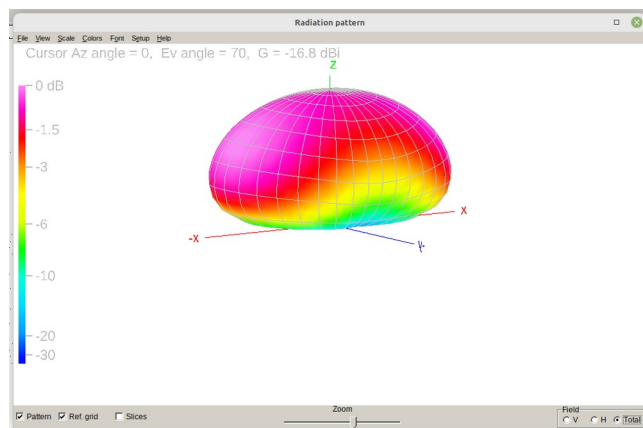


Aquí los diagramas de campo lejano en plano, a la altura virtual de 3 metros (recuérdese que mi altura es mixta y los lóbulos y ángulo serán diferentes):



Los diagramas en 3d, vertical, horizontal y completo respectivamente:





La construcción:

Mi antena circular es un aro de cobre soldado a planchas de cobre, las que se conectan al capacitor por medios mecánicos, manteniéndose los centímetros de piel lineales hasta el contacto directo con el capacitor (no usa cables ni cintas que reduzcan esa piel).

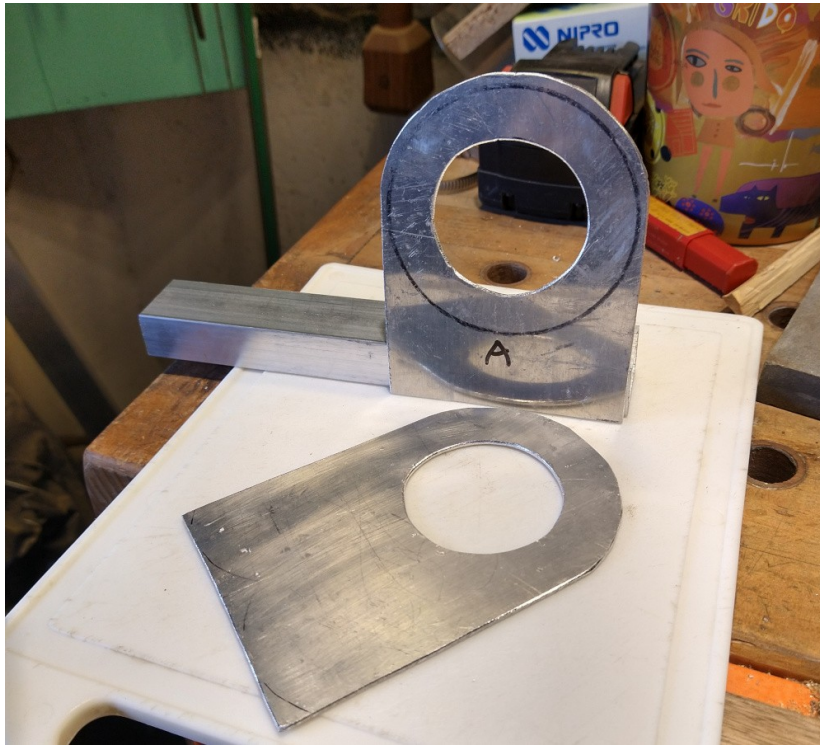
En esta nueva versión optaré por considerar las repetidas observaciones que ha hecho John Portune (W6NBC - <http://w6nbc.com/>) en un incontable número de presentaciones de radioclubes que se encuentran en internet, respecto a la “obligada” soldadura para minimizar la resistencia de las antenas ML, en oposición a la conductividad por acople mecánico redundando en una pérdida no tan significativa en lo que a dB se refiere.

Por tanto esta vez, probaré el acople mecánico de los tramos de perfil de aluminio, asegurándome de su limpieza y protección posterior, intentando mantener la medida de la piel. [Hablando del tema, me ha dado excelentes resultados la pintura acrílica elástica para impermeabilizar techos en mi otra antena.]

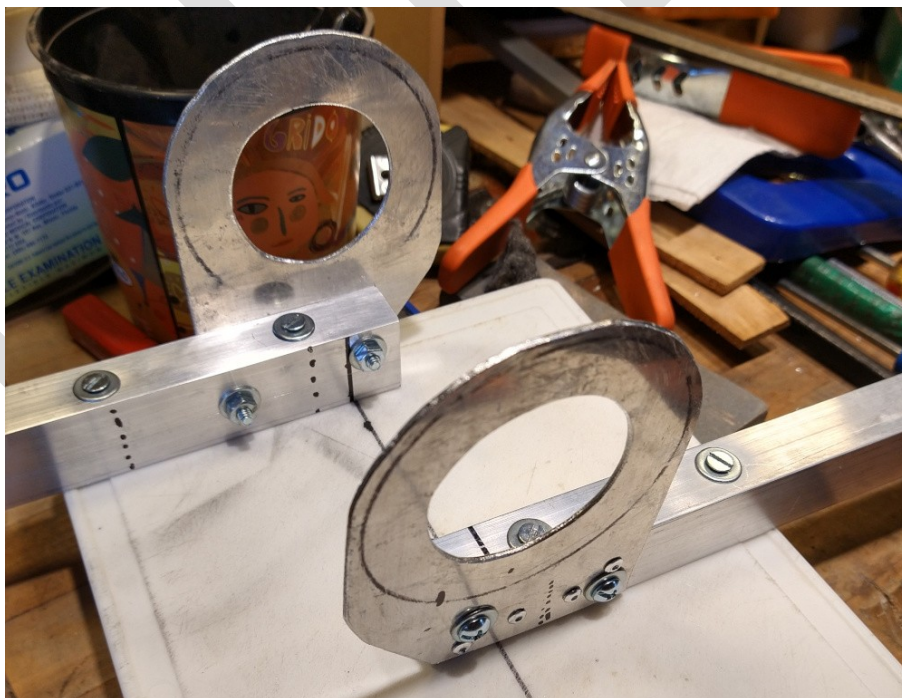
La fuerza estructural de las uniones, previamente pulidas y desengrasadas, esta hecha con tornillos, a los que se suman algunos remaches para aumentar el contacto. Dicho conjunto se protegerá contra la oxidación (El aluminio además de ensuciarse, se oxida, [sí], busque el término “alúmina”).



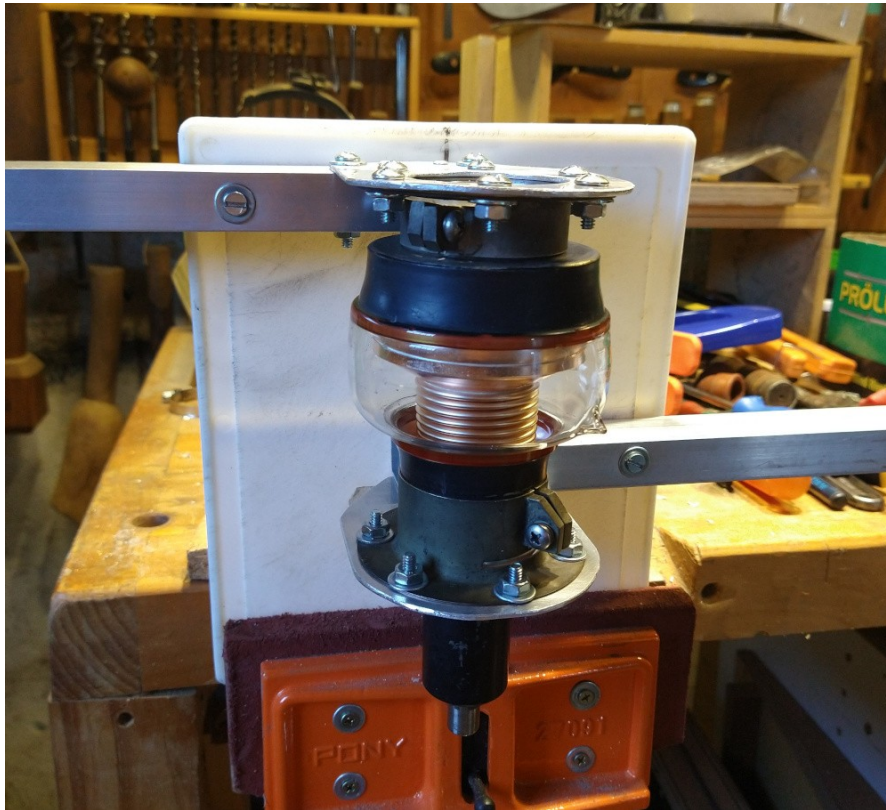
Corte de los contactos de soporte para el capacitor.



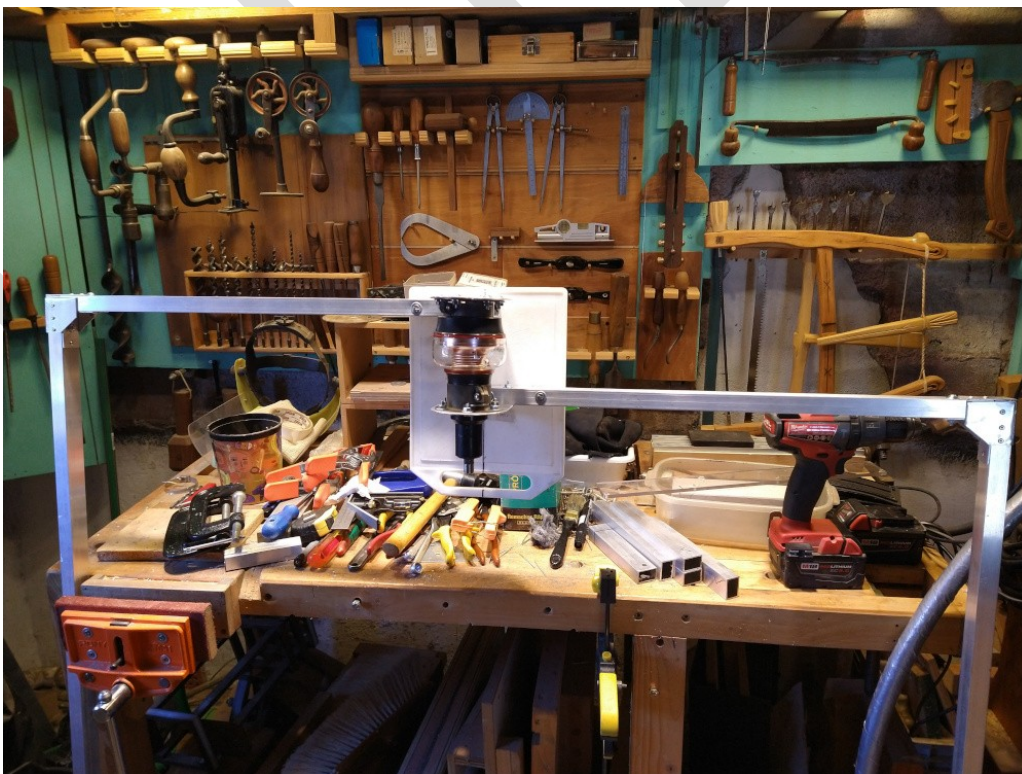
Ensamblado de los contactos de soporte y de los tramos superiores a una tabla plástica reciclada de la cocina.



Montaje del capacitor:



Ahora el ensamblado del conjunto principal, hasta este momento pesa 3.78 Kg.



Gamma Match:

He probado en la simulación virtual distintos diámetros de conductor para este gamma. Como dije anteriormente, a los fines de los primeros cálculos tome 1 cm de sección, pero ahora revisaré este tema según los materiales de los que dispongo.

Voy a probar el uso de un perfil cuadrado ranurado que tiene bastante rigidez estructural, y que por años tengo abandonado en un rincón de mi pequeño taller.



Debe tenerse en cuenta que no es un caño cuadrado cerrado, por lo que su piel debe calcularse sumando todos y cada uno de sus lados (externos e internos).

Dicha piel en milímetros es de aproximadamente $(10 \times 3) + (8 \times 3) + (3 \times 2) + (1,5 \times 4) = 66$ mm

Esto es equivalente a un conductor de 21 mm de diámetro ($3,1416 \times 21$ mm = 65,97 mm)

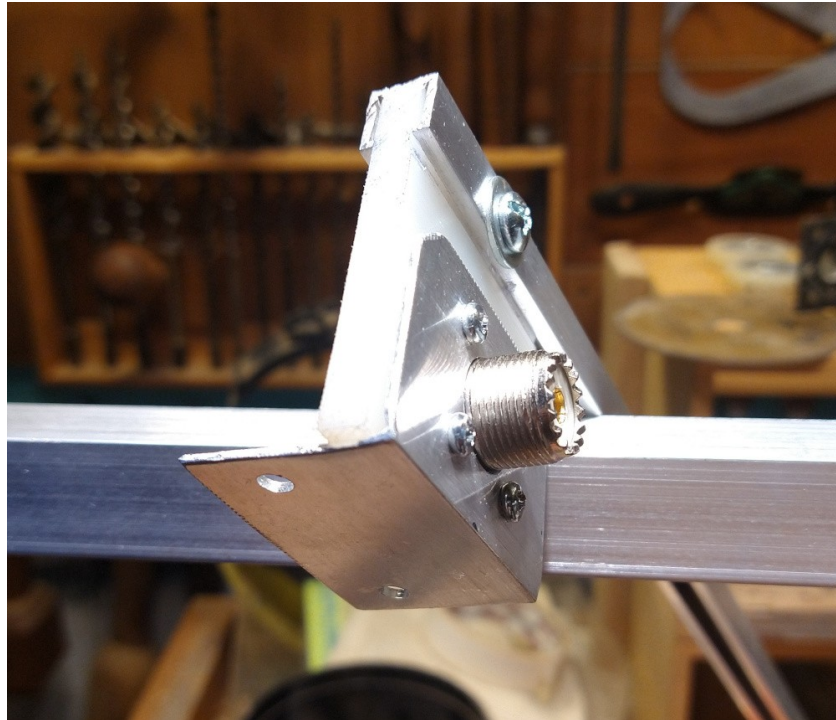
Entonces para la nueva simulación tomé un radio de 10,5 mm (contra los 5 mm iniciales).

El resultado arrojó un leve incremento (segundos decimales) en roe y Ga dBi por lo que lo consideraré despreciable.

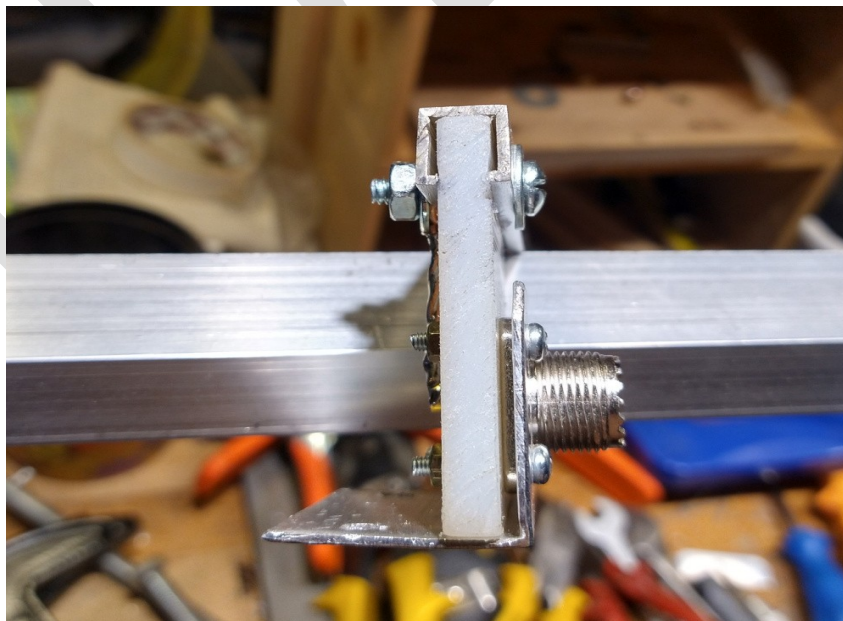
Usted dirá para que me compliqué la vida con éste, y otros cálculos del diámetro del gamma match, ...bien, porque sabiendo que las alteraciones pueden considerarse despreciables (pero existen y se manifiestan) tengo ahora la libertad de mezclar planchuelas con el perfil y no preocuparme por la medida de la piel resultante en este proyecto en particular, dado que estará en los parámetros esperados. Por otro lado sumé un montón de conocimiento que sino no lo tendría y el día que decida jugar con estos parámetros sabré exactamente que tengo que hacer y que no. Usted dirá por que, viendo que los demás nunca hablan de esto y usan indistintamente diferentes diámetros/secciones para los gamma match no lo hice como ellos de entrada, ...bien, debería leer de nuevo el prefacio de este documento porque hay mas de una respuesta a eso allí.

Pulido y limpieza previa del perfil de aluminio, me puse a buscar como realizar el soporte del gamma y dar ingreso a un conector so232 (el hembra de los pl259).

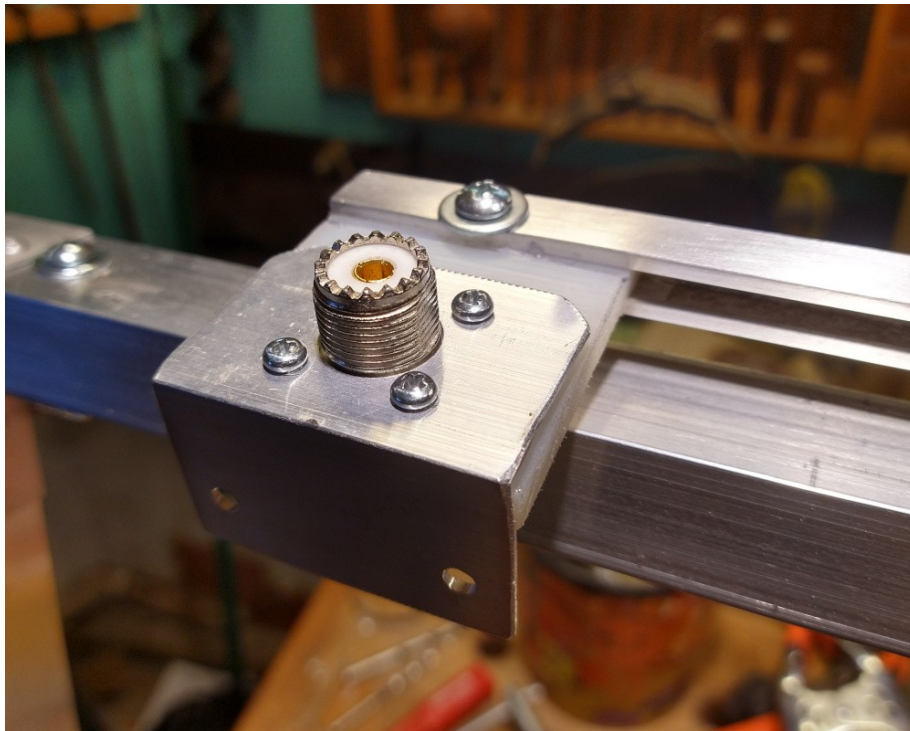
Encontré entre los trastos una plancha de nylon a reciclar, que recortada y mecanizada encastró muy bien en el perfil. Con un solo tornillo la aseguré para que no se deslice y a su vez dicho tornillo oficia de empalme para el conductor central del so232:



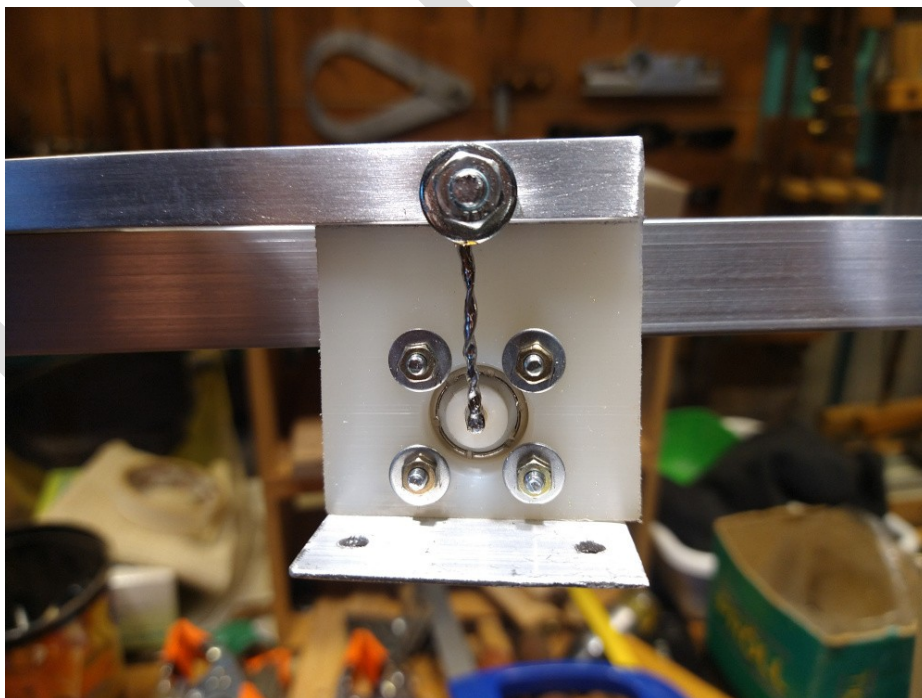
El conector so232 se fijó a un ángulo de aluminio por detrás, quedando entre el nylon y el ángulo, asegurado por cuatro tornillos. Dicho ángulo se atornillará en el centro del brazo inferior de la antena. Aquí se ve en detalle el sándwich completo:



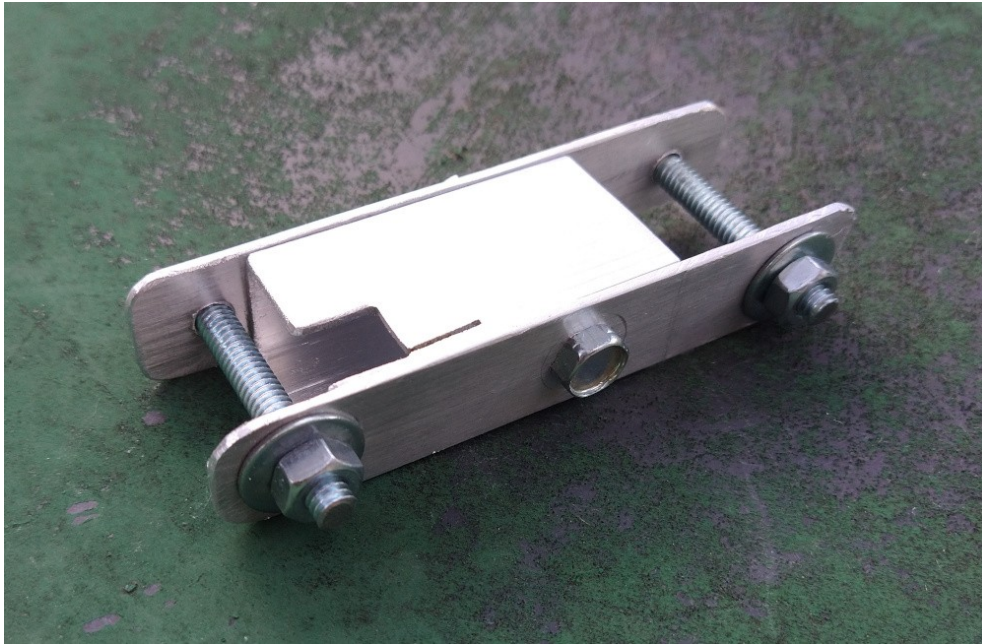
Una vista frontal del montaje:



Y por detrás el empalme realizado con el conductor central de un coaxial trenzado, estañado y luego soldado:



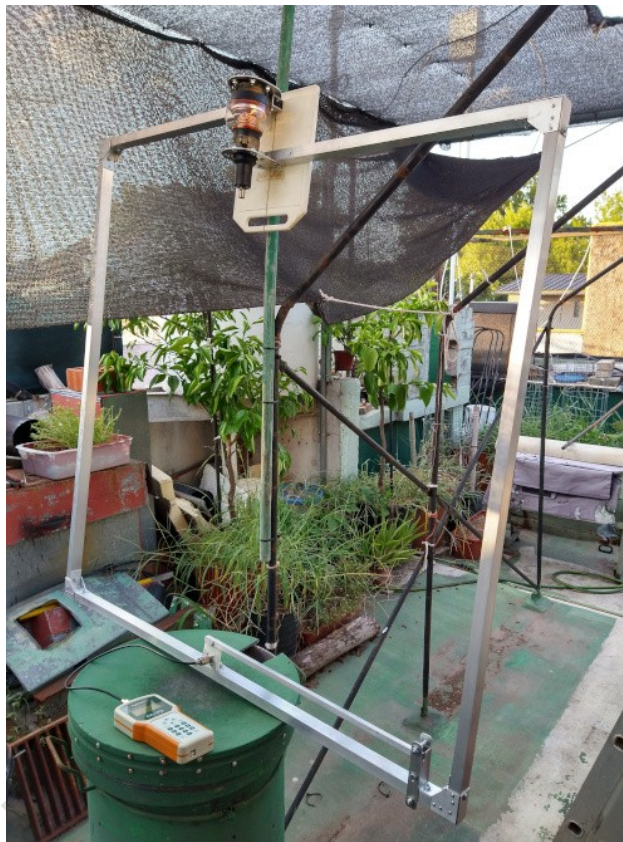
Ahora la construcción de la parte móvil del gamma, simplemente un trozo del mismo perfil del aro, dos planchuelas y tres tornillos:



El gamma match terminado, sus medidas externas quedaron en unos 57 mm x 530 mm aproximadamente:



Por fin llegó la hora de la primer prueba de campo para ver si las cosas van bien, acaso puede haber un lugar mejor que éste para esa prueba ? A unos 80 cm del piso, rodeada de caños, alambres y chapas de hierro ?



Y el gamma match funciona, aún en esas circunstancias pude lograr este ajuste de roe, 1,08:1. Vista del resultado en mi amadísimo “Rig Expert”, de orgullosa fabricación ucraniana, un modelo antiguo pero muy funcional y cómodo.



Sistema de ajuste (o “sintonía” si se quiere):

En mi ML anterior (circular) uso un motor cc con engranajes controlado por botonera (un servomotor de modelismo modificado), el conjunto funciona muy bien y es el que usé siempre.

Aquí usaré un motor de pasos (pap) con una reducción de engranaje, todo recuperado de impresoras antiguas, el cual será comandado en forma remota por cable, energizando cada bobina a voluntad y a mano. En otras palabras implica la posibilidad de mover o no, un solo paso del motor a la vez, por acción de la mano, en cualquier dirección. Esto significa comparado con el famoso método “a botonera”, control total humano directo, lo que aquí bautizaré como “precisión intuitiva”, porque la mano sentirá cuando ejecutemos “un paso”, y podrá ser revertido en dirección opuesta o detenerse según necesitemos. Por otra parte la simplicidad extrema de la idea, sin electrónica mediante, me resulta demasiado atractiva como para dejarla pasar.

Los créditos de esta simple pero efectiva idea corresponden a *P.C.Gupta (VU2PPP - <http://vu2ppp.com/>)*, con algunas adaptaciones personales para mi caso específico que me parecen útiles. Si a futuro necesito mayor velocidad (para cambio de bandas por ejemplo), simplemente adjuntaré un driver de uso alternativo para hacer girar el motor de forma “no manual” y listo, no es un problema en lo absoluto.

El motor pap que me interesa es del tipo unipolar, aunque la idea puede implementarse con motores pap bipolares, pero usando otro método.

Los datos de mi motor son, según internet:

“
motor-unipolar stepper:55SPM25D7ZA aka C2164-60045 Panasonic Matsushita HP
This is the paper feed motor pulled from an HP printer.
Manufacturer page:Panasonic Matsushita
Specifications
Resistance (Ohms) 13
Wires 5
Condition pulled
Steps / Revolution 48
Made in Malaysia
weight 222 grams
Step Size (degrees) 7.5
Gear Diametrial pitch 50
”

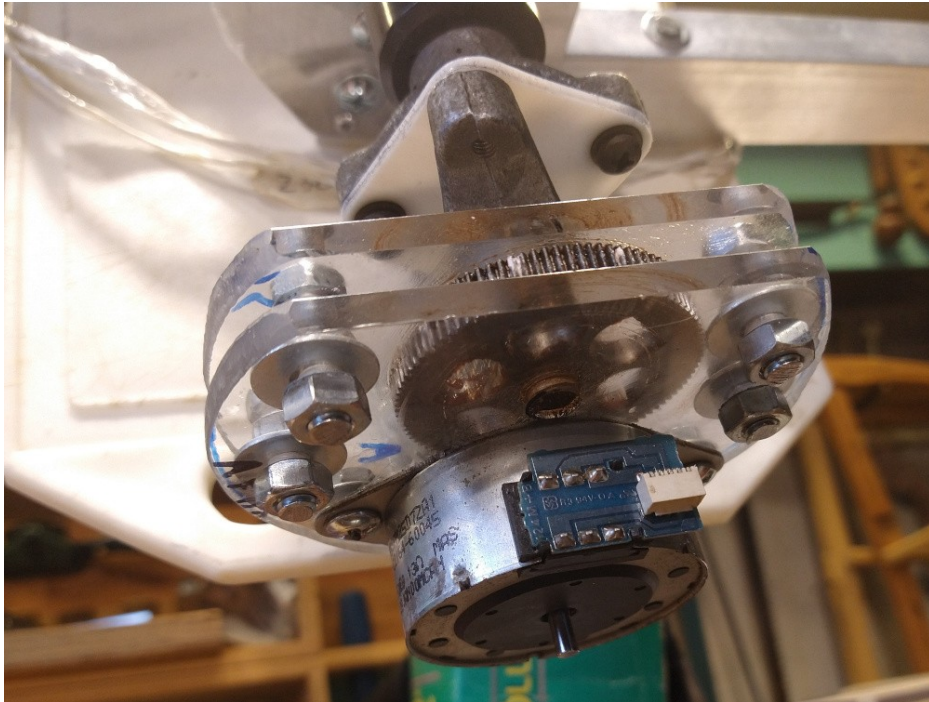
Como vemos tiene 48 pasos por cada vuelta, y 5 cables (1 es el común).

El engranaje original tiene 16 dientes al que le acoplaré otro engranaje, también reciclado de 96 dientes, lo que nos da una relación de transmisión reductora de 6:1 (espero sea suficiente, sino tendré que buscar otro método).

Prefiero hacer una caja reductora a trabajar con medios pasos (que igualmente serían pocos), porque deseo dejar sin tensión el motor luego de arribar a la sintonía deseada y el paso completo me asegura estabilidad física.

Originalmente pensaba usar un pap de 200 pasos (tipo el famoso Nema 17), pero la mayoría (nuevos) son bipolares por lo que cambiaría por completo el modo de control.

La estructura de la caja: un par de planchas de acrílico reciclado, tornillos y una simple escuadra comercial para fijarla en posición. Peso total actual de la antena: 4,52 Kg.



Primeras pruebas con un prototipo de control, parece que la reducción 6:1 es suficiente. El motor está marcado para 24 VDC, lo he probado con 5 a 6 VDC midiendo una corriente de 500 mA y con la reducción logra mover el capacitor sin perder pasos. Seguramente elevaré la tensión a unos 12V (por el tema de la caída de tensión del futuro cableado), pero esto es un tema secundario que lo veré al final de todo, según necesidad.

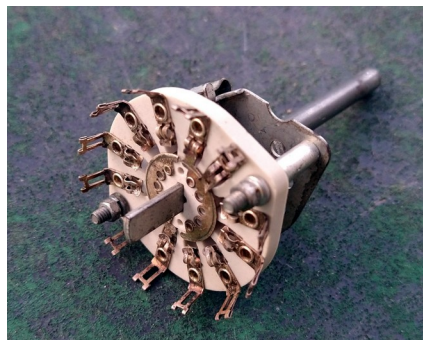


Llave conmutadora:

Como comentaba anteriormente, esta es una idea tomada de P.C.Gupta (VU2PPP) (<http://vu2ppp.com/>) con modificaciones de mi parte. Se trata de usar una llave conmutadora para ir energizando a voluntad cada bobinado del motor de modo que éste de un paso en una u otra dirección.

Habrà lectores que piensen en lo incomprensible de utilizar este sistema aparentemente arcaico, teniendo la posibilidad de utilizar un driver (Diy o comprado) con regulación de velocidad, o incluso un sistema de autoajuste de frecuencia leyendo los datos del transceptor, o por que no, también un banco de memoria de posiciones de frecuencias y conexión inalámbrica. Les respondo: todo es válido si está estudiado dentro del contexto real y personal, conozco esas posibilidades. Pero si llegué hasta aquí analizando tantas cosas y escribiendo tanto, sin duda tengo uno o varios motivos dentro de “mi contexto” que me inducen a hacer esta elección.

Ejemplo de una llave conmutadora (no es la que usé):



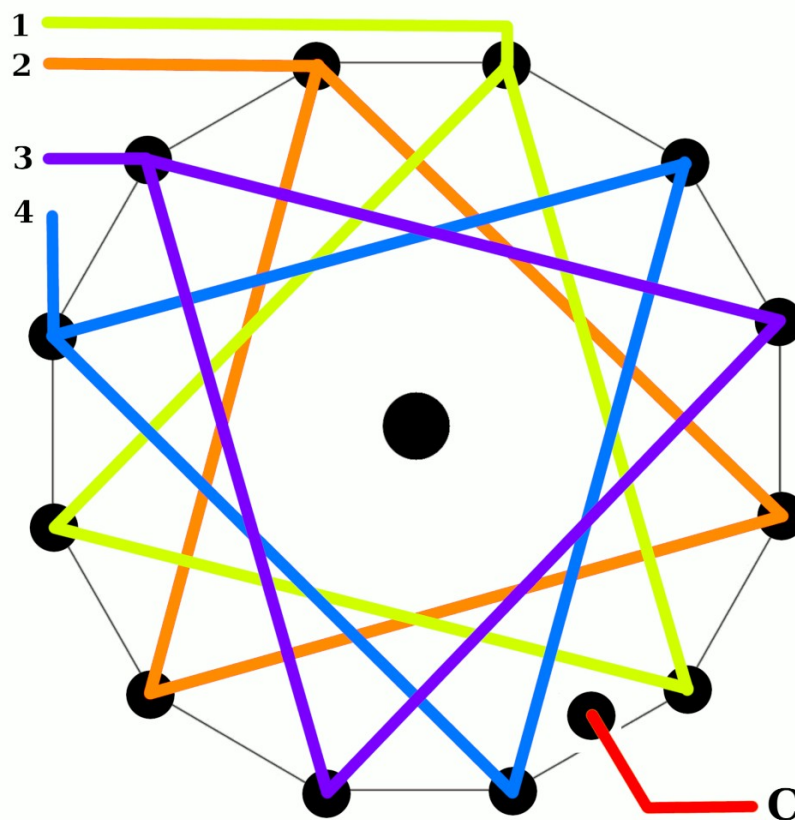
En el esquema de Gupta, cada posición de la llave que energiza una bobina es seguida (y precedida) por otra posición que libera al motor de tensión, por lo que al arribar a la posición deseada según roe (o según el método que se desee para considerar evaluar el ajuste ...[neón, medidor de campo, etc.]), se avanza o retrocede una posición la llave, de modo de quitar la energía. Este último movimiento de la llave obviamente no producirá movimiento alguno en el motor, pero en los motores pap esto es importante (la desconexión) porque sino ese bobinado comenzará a levantar temperatura rápidamente.

Considero la idea excelente y simple, pero preferiré que todas las posiciones de la llave conecten a un bobinado, de modo que cualquier movimiento que haga se refleje en un paso del motor. Corolario: deberé resolver de otro modo la conexión y desconexión de la tensión, que evite ser ignorado por mi olvido o distracción.

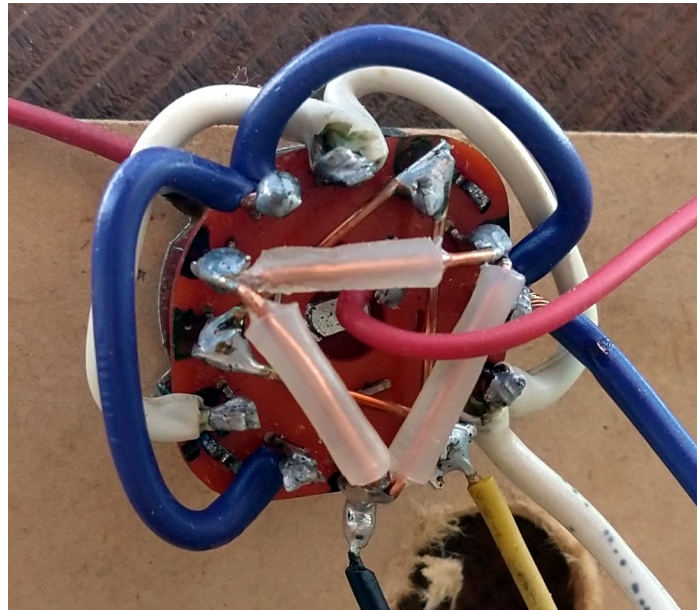
Existen desde hace mucho varios modelos de llaves conmutadoras. La que usaré conmuta un contacto en doce posiciones. Estas llaves tienen un tope interno que evita que giren más de una vuelta. Hay que usar el ingenio para encontrar el tope, desarmarlas, quitarlo, y volver a armarlas. Generalmente es una simple chapita que se corta fácilmente con un alicate.

He hecho una serie de conexiones en la llave de modo que cada posición esté puenteada con otras dos. Así, hay tres posiciones de la llave que corresponden a cada bobinado (cable) del motor. Como puede observarse, “3 posiciones” x “4 cables” = 12 posiciones (o contactos). Por separado, tendremos el contacto que es conmutado con esas 12 posiciones.

Este es el esquema con los cables del motor numerados y el contacto conmutado:



Y aquí una foto de la parte trasera de la llave cableada en prototipo de prueba:



Consejo:

En este momento es bueno asegurarse (para no entrar en confusión a futuro, al momento de operar el equipo), que la secuencia de conexiones tengan coherencia intuitiva.

Primero explicaré la situación con un ejemplo y se comprenderá mejor lo que digo:

En el futuro:

“ Si estoy con la antena ajustada en 7,120 MHz (estuve comunicando en esa frecuencia) y sintonizo el transceptor en 7,130 MHz, sería deseable que para ajustar la antena en la nueva frecuencia yo gire la llave conmutadora en sentido horario y no en sentido antihorario” (nuestro cerebro entraría en contradicción si fuera el caso opuesto verdad ?)

Bien, es buen momento para verificar que la secuencia de pasos generada por el movimiento en sentido horario de la llave, correspondan al aumento de la capacitancia del capacitor y el sentido antihorario a la disminución de la capacitancia. (recuérdese que tipo de capacitor estoy usando aquí).

Un error en esto puede corregirse después, cambiando la secuencia de los cables, pero es mucho más fácil hacerlo ahora, que todo está a la mano y es cómodo de revisar.

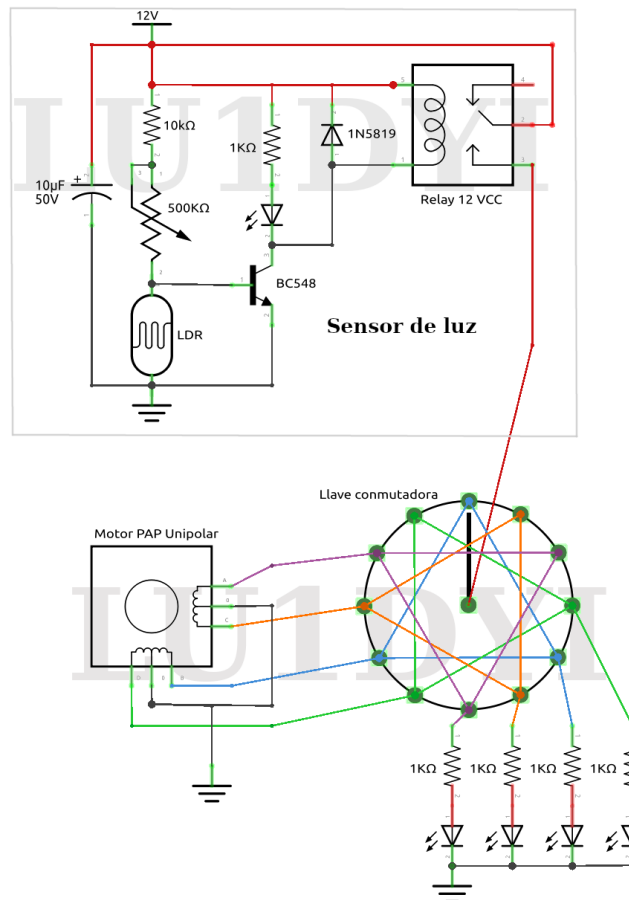
Comando de tensión:

Como comenté anteriormente, al modificar la idea original de VU2PPP, tendría que resolver de otro modo la conexión y desconexión de la tensión, algún mecanismo que evite ser ignorado por mi olvido o distracción.

Se me ocurrieron varias ideas sobre sensores de proximidad, touch, y barreras infrarrojas, que aunque funcionales complicaban las cosas en uno u otro sentido, y habiendo armado algunos prototipos de todo eso me quedé con un simple sensor de luz/oscuridad.

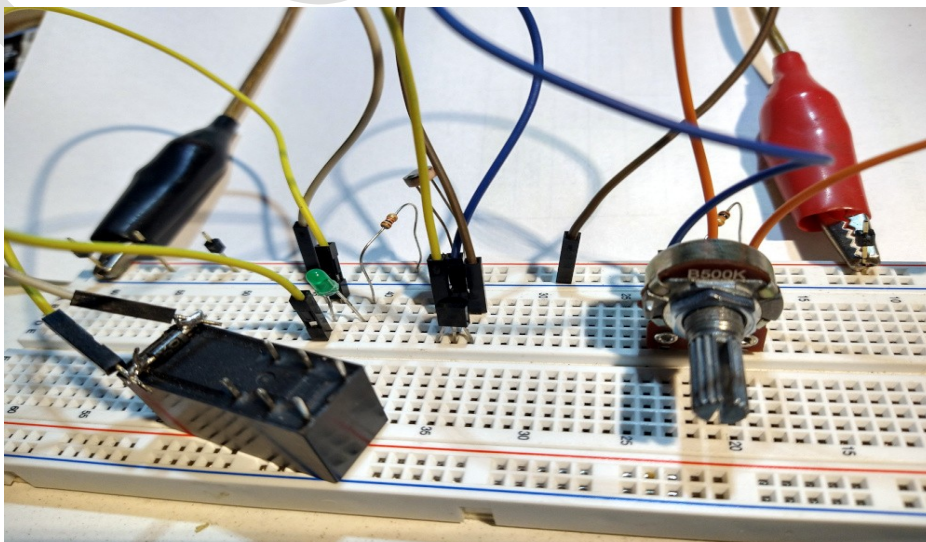
Dicho sensor es regulable en sensibilidad por lo que podrá ajustarse según las necesidades en la mesa del qth.

El siguiente es el esquemático de la idea, con los componentes que tengo en el taller. Por supuesto pueden usarse reemplazos y hacer distintos ajustes según se requiera, pero en las primeras horas de testeo parece ser funcional y estable.

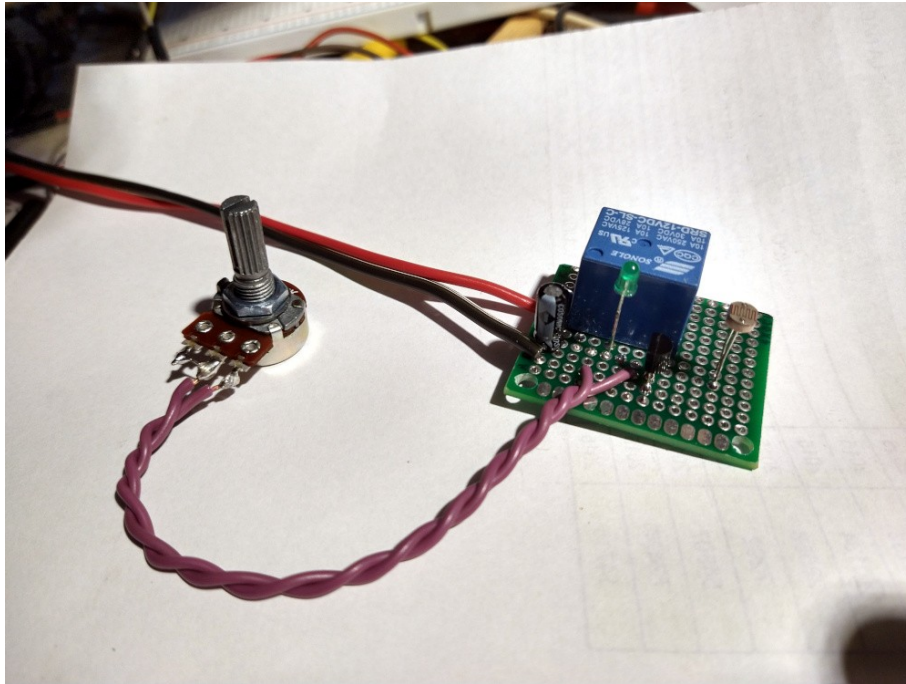


Los cuatro leds indicadores de paso que están en la parte inferior del esquemático, serán agregados más adelante cuando arme el gabinete. Por el momento algunas imágenes del armado del sensor.

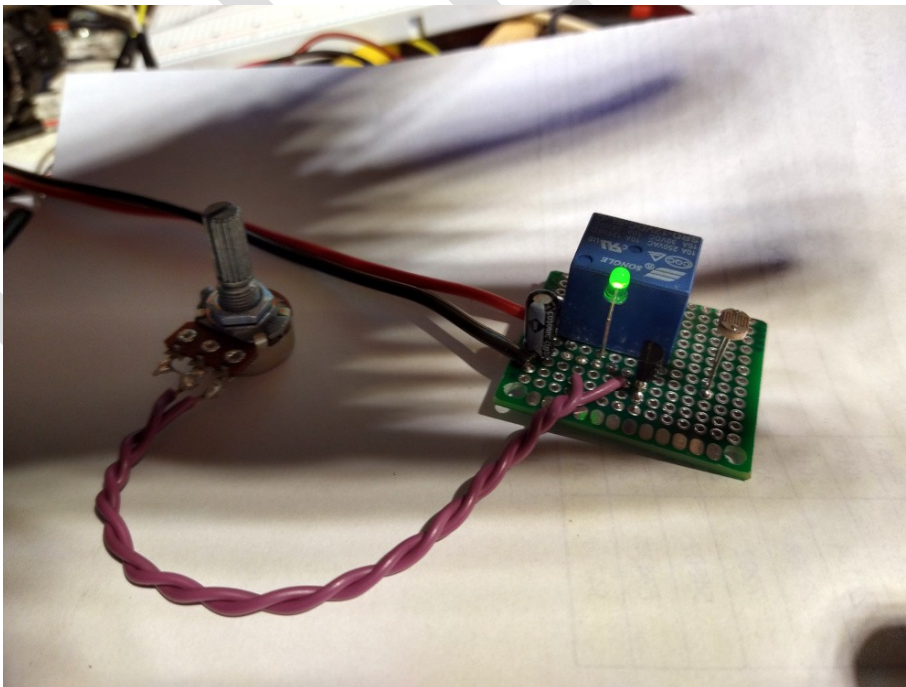
Prototipado:



El circuito montado en una plaqueta expuesto a la luz del escritorio (aunque por los pocos componentes que son, no se necesitaría una plaqueta, ésta me sirve para definir la altura de la LDR y del led, evitando dejar todo suelto para cuando arme el gabinete):



Activación de la tensión de salida al dar sombra con mi mano:



Armando el gabinete de control:

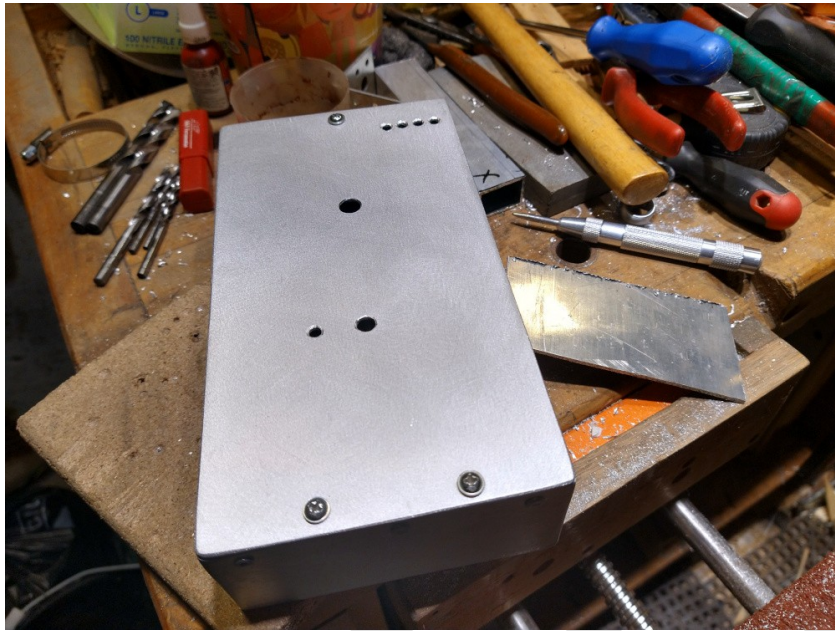
Y ya que tenía todo lleno de virutas, limaduras y sobrantes de aluminio, entonces armé un gabinete de aluminio



Listo para comenzar las perforaciones y posterior pulido:



Gabinete perforado y pulido, listo para comenzar el montaje de los componentes:



Detalle del pulido: A mi me gusta mucho este estilo de terminación satinada rugosa para el aluminio. Tiene un toque industrial característico de las piezas de fundición, sin serlo. Lo hago con lija al agua 150. Independientemente de la estética, tiene la ventaja de no evidenciar tanto las marcas posteriores por el uso, cosa que si ocurre con una superficie brillante. De cualquier modo si se desea alisarlo por completo y dejarlo brillante, solo es cuestión de ir elevando paulatinamente el número de lija (disminuyendo el grano) y terminar con una pasta de pulir.

Abajo una imagen comparando superficies (el antes y el después):



Montaje de los componentes en el nuevo gabinete:



Los conectores externos de esta controladora están en la parte trasera del gabinete (no se ven en la foto), y son un jack de alimentación, y un jack RJ45 para el cableado que irá hacia el motor.

Mi anterior antena usa un cable ftp para su controladora, método que será aplicable a éste caso, aceptando la caída de tensión esperada. Respecto a la sección de los conductores de estos cables (en un caso irreal y perfecto que jamás ocurrirá) podrá soportar sin inconvenientes los 840 mA que demanda un bobinado a 12V reales.

La perilla de la llave conmutadora es en verdad antigua. Le he agregado un disco de madera de nogal, recuerdo de las aventuras de papá construyendo alguna guitarra cuando yo era niño, para que él me acompañe. Este disco, además de una función estética y afectiva (de la que mucho y poco puedo hablar), me da una mejor referencia visual de lo que esté haciendo y tiene agregada una marca muy visible de posición, que intuyo, me servirá en la práctica.

Aquí un simple video de la prueba final de esta etapa, en el que muestro el funcionamiento del sistema.

<https://youtu.be/EiNgNzrqfIo>

La recta final:

Entro ahora en una etapa que me resulta extremadamente aburrida, pero necesaria en una ML que permanecerá de forma continua a la intemperie. Me refiero al gabinete de protección para el conjunto capacitor/motor. La lluvia es una cosa, ... pero el granizo ...

Y sí, esto agregará mas peso.

Ninguna protección es perfecta pero haré mi esfuerzo usando lo que tengo a mano.

Hace unos 26 años yo construía mi tercer horno eléctrico para 1270°C (para cerámica de media temperatura). Su cuadro de control estaba en un tablero que luego desarmé y guardé.

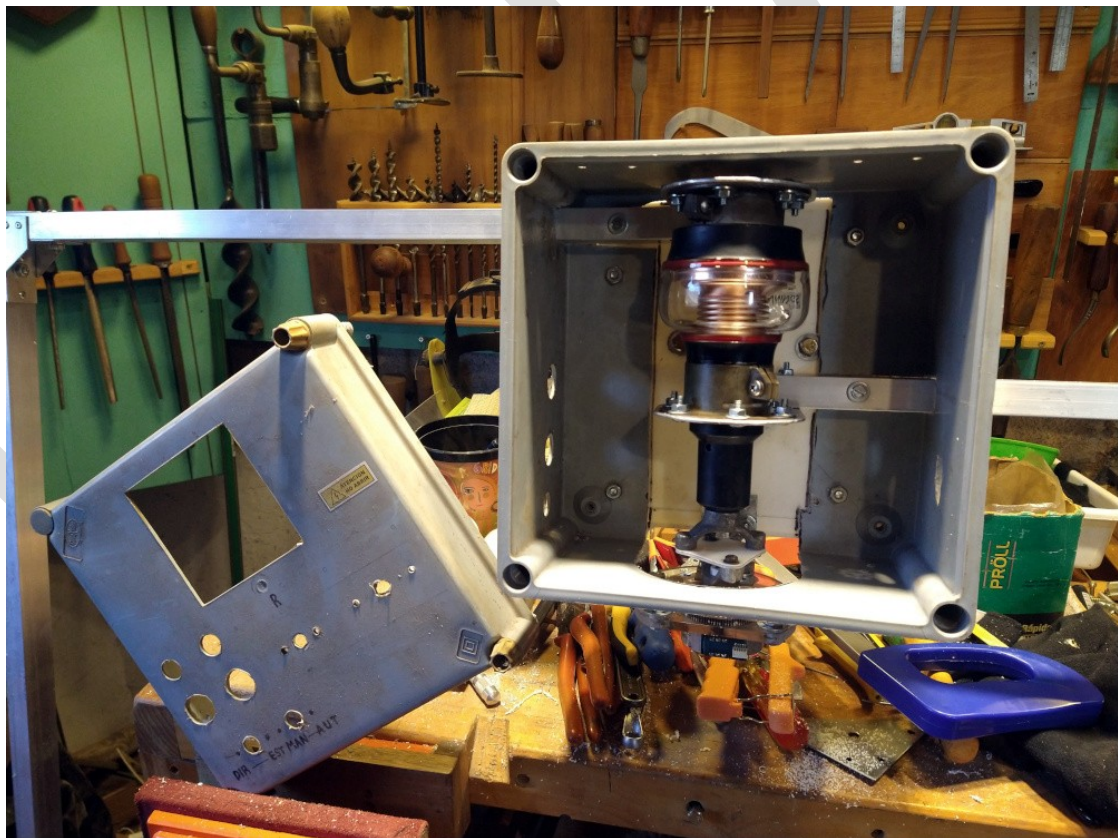
Y a pesar de los años, el plástico de ese tablero está en muy buenas condiciones (no se ha resecado y se mantiene maleable sin partirse). Las dimensiones me sirven.

En una versión anterior de este documento escribí: “No tiene sentido recuperar la tapa (puerta), en su ausencia usaré un trozo de policarbonato compacto sobrante de un techo.”

Cambié de opinión. Encontré una forma conveniente de reciclar la puerta original y la usaré.

Esta protección tiene varios detalles que deben tenerse en cuenta para poder ser desarmada en caso de necesidad de reparación o mantenimiento, los cuales son difíciles de explicar sin hacer muy extenso este escrito y son el motivo de no haber comenzado el montaje directamente dentro de un gabinete y sí haberlo hecho en la tabla plástica de cocina.

El gabinete recortado y presentado:



Las perforaciones superiores y laterales, no son un problema, serán selladas fácilmente.

He reciclado la puerta sellando sus orificios con el mismo método que usé para el gabinete en sí, y es el siguiente:

1-Encintado de uno de los lados.

2-Rellenado del orificio con silicona caliente (muy caliente para que se auto-nivele).

3-Enfriada la silicona, encintado del lado opuesto.

4-Una mano de pintura acrílica elástica para techos en el interior.

5-Una mano de pintura acrílica elástica para techos en el exterior seguida de velo de polipropileno y las manos de pintura sucesivas necesarias para sellar y unificar por completo el conjunto.

Este sistema me ha dado muy buenos resultados para casi todo lo que queda expuesto al sol y a la lluvia. De hecho mi otra antena ML (la circular) esta sellada con la misma técnica.

Como detalle de esa primer antena, toda la zona de ajuste del gamma-match (una vez calibrado), la recubrí con cinta de papel y luego la pinté con el recubrimiento acrílico mencionado. En ocasión posterior en que tuve que realizar una nueva calibración dado que cambié de ubicación esa antena, simplemente hice un corte en el papel, y éste salió fácilmente junto a la pintura. El metal estaba brillante como cuando la construí. Recalibrada, volví a cubrir la zona con el mismo método, y allí está dando servicio hace dos años sin alteraciones ni mantenimiento.

En proceso:



Cambio de burlete por uno nuevo:



Caja inferior de conexiones, contiene el jack RJ45 para el cable de control y orificio de drenaje por condensaciones:

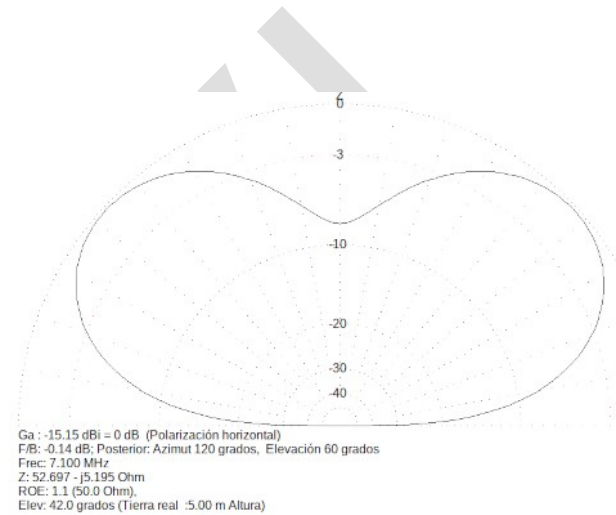
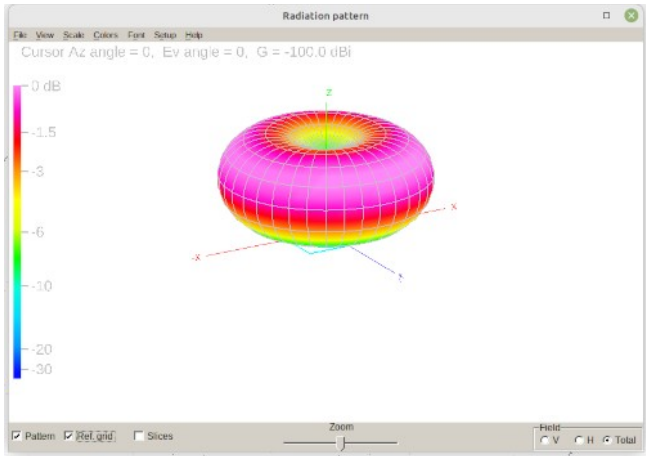


Palabras finales:

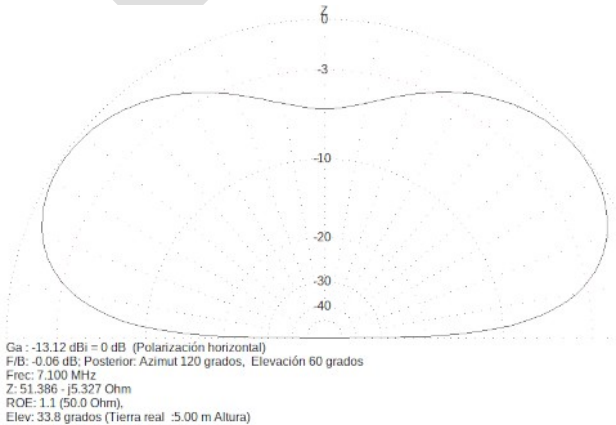
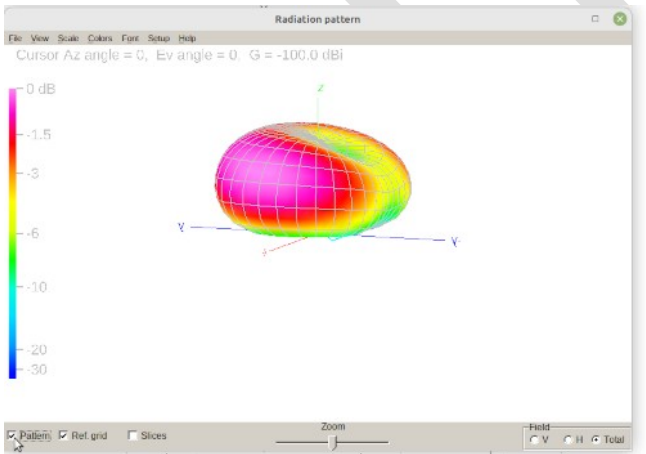
Este documento llega a su fin, dado que el montaje de la antena a un mástil o soporte lo haría excesivamente largo y esta vez deseo investigar varias posibilidades de construcción en función de patrones de irradiación.

Por ello y para complementar los diagramas de las páginas 8 y 9 (la antena en posición vertical), presento ahora los respectivos a la posición horizontal y a 45° (tipo slooper).

Posición horizontal:



Posición a 45°:



Con los mejores deseos, me despido,
73!

Documento terminado el 5/3/2023