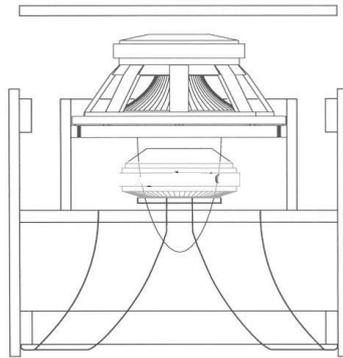


# MANUAL



## DE CONSTRUCCION DE CAJAS PARA BOCINAS

INDICE

**TIPOS DE MADERA**

.....3

**HERRAMIENTAS**

.....5

**TIPOS DE BOCINAS**

.....12

**GUIAS DE CORTE**

.....21

**GUIA DE ARMADO**

.....33

**ACABADOS**

.....92

# TIPOS DE MADERA



## MDF

También se le llama DM o tablero de fibra de densidad media.

Está fabricado a partir de elementos fibrosos básicos de madera prensados en seco. Se utiliza como aglutinante un adhesivo de resina sintética.

Presenta una estructura uniforme y homogénea y una textura fina que permite que sus dos caras y sus cantos tengan un acabado perfecto. Se trabaja prácticamente igual que la madera maciza, pudiéndose fresar y tallar incluso los cantos. La estabilidad dimensional, al contrario que la madera maciza, es óptima, pero su peso es muy elevado. Constituye una base excelente para las chapas de madera.

Es perfecto para lacar o pintar. También se puede barnizar. Se encola (con cola blanca) fácilmente y sin problemas. Es comercializado en grosores desde 2,5 mm a 4 cm o más. La medida del tablero es de 244 x 122 cm. Suele ser de color marrón medio-oscuro y es un tablero barato.

Recomendable para construir todo tipo de muebles (funcionales o artísticos) en los que el peso no suponga ningún problema. Son una base óptima para lacar. Excelente como tapas de mesas y bancos de trabajo. Se puede utilizar como lienzo para pintar, como base para maquetas, como trasera y fondo de cajones en muebles y como trasera de portafotos, posters y puzzles. También se usa para hacer formas, peanas, para tallar e incluso para hacer esculturas (pegando varios tableros para obtener un grosor adecuado). No es apto para exterior ni condiciones Húmedas.

PESO APROXIMADO DE LOS TABLEROS MDF (2,44 x 1.22 m) SEGÚN GROSOR:

- de 3 mm 7 Kg
- de 5 mm 12 Kg
- de 7 mm 16 Kg
- de 10 mm 23 Kg
- de 16 mm 36 Kg
- de 19 mm 43 Kg
- de 30 mm 66 Kg

## AGLOMERADO SIN CUBRIR

Es un tablero fabricado con pequeñas virutas de madera encoladas a presión y sin ningún acabado posterior.

Existen principalmente tres tipos de aglomerado según su fabricación: de una capa, de densidad graduada y de tres capas. En el de una capa las virutas son de tamaño semejante y están distribuidas de manera uniforme, resultando una superficie relativamente basta por lo que no admite bien ningún acabado.

El de densidad graduada tiene virutas muy finas en las superficies y más bastas en el núcleo siguiendo una transición uniforme. Su superficie es más suave y permite ciertos acabados. El de tres capas tiene el núcleo formado por virutas dispuestas entre dos capas exteriores de partículas muy finas de alta densidad y con alta proporción de resina, lo que da lugar a una superficie muy suave y apta para recibir la mayor parte de los acabados y recubrimientos.

Suele ser de color marrón claro moteado y sus cantos son más bastos que la superficie (aglomerado de tres capas). Como consecuencia, sus cantos no admiten bien el fresado ni el pintado. Sin embargo su superficie se puede pintar sin problema y admite perfectamente ser chapada o plastificada. Se comercializa en grosores de 10, 16 19 y 30mm. La medida normal es de 244 x 122 cm, pero algunos grosores se fabrican también en 366 x 183 cm.

Es el tablero más barato. Es recomendable para cualquier función en el que no quede visto (partes ocultas de mobiliario, tablero para encima del somier, cabeceros forrados, etc) o para mobiliario provisional o de almacén. Los niños lo utilizan también para secar hojas de árboles entre dos tableros. En construcción se utiliza el aglomerado sin cubrir en división de interiores, como base de cubiertas, enfoscados, montaje de stands, bases para suelos, etc. No se puede utilizar en condiciones de humedad (exteriores, cuartos de baño, etc) pues tiende a hincharse y no se recupera con el secado. Para estas condiciones existe el aglomerado hidrófugo que es un tipo de aglomerado al que se le añaden productos químicos que repelen la humedad.

PESO APROXIMADO DE LOS AGLOMERADOS DE BRICO-TODO (2,44 x 1.22 m) SEGÚN GROSOR: de 10 mm 20 Kg de 16 mm 30 Kg de 19 mm 35 Kg de 30 mm 50 kg

## PINO MACIZO

Normalmente el tablero macizo tanto de pino como de cualquier otra madera se fabrica alistonado, es decir, pegando listones a tope entre sí. Esto es necesario para obtener tableros anchos y de mayor estabilidad, así como para conseguir un mejor aprovechamiento del tronco. Un tablero macizo de una pieza aparte de no poder ser muy ancho tenderá a arquearse o alabearse a no ser que se obtenga cortándolo radialmente del tronco.

Existen muchas calidades de tablero macizo dependiendo de la madera utilizada y de los defectos que tenga.

El tablero alistonado de pino macizo es relativamente ligero y tiene mucha más resistencia en la dirección de sus fibras que en la transversal. Para que tenga buena estabilidad es necesario un correcto proceso de secado. Se puede fresar, tallar y su encolado (con cola blanca) no presenta problemas. Se fabrica en multitud de grosores (nosotros trabajamos de 18, 22 y 30mm) y no es un tablero muy barato debido principalmente al coste de la materia prima. La medida normal del tablero es de 240 x 120 cm. Es de color claro pardo-amarillento y se oscurece relativamente rápido con la exposición a la luz. Aunque viene lijado de fábrica, conviene lijar con lija suave y lana de acero previamente al acabado, para conseguir un resultado óptimo. Se puede teñir, barnizar, encerar, pintar y lacar.

Es recomendable para cualquier tipo de mueble de calidad, aunque se utiliza mucho más para mueble rústico donde el movimiento de la madera tiene menos importancia.

PESO APROXIMADO DE LOS TABLEROS ENTEROS (2,44 x 1,22 m) SEGÚN GROSOR:  
de 18 mm 27 Kg  
de 22 mm 33 Kg  
de 30 mm 45 Kg

## HERRAMIENTAS

### TORNILLOS

Te aconsejo que adquieras los tornillos para madera de cabeza plano de cruz, estos son más fáciles de utilizar,



Vas a ocupar de las siguientes medidas:

1 pulgada y  $\frac{1}{2}$  para MDF de 19mm  
1 pulgada para MDF de 16mm

Te aconsejo comprar 3 cientos de cada uno.  
Cada ciento esta en \$15.00 MN MX  
(no es gracioso que se nos acaben a medio diseño)

### ROSCAS TIPO NUEZ

Este tipo de roscas me van a servir para atornillar las bocinas, sin el temor que se desprendan, son muy utiles en todos los diseños, el precio es de \$ 1.00 MN MX



## TALADRO

Es la pieza fundamental, necesitaras, un buen taladro de buena marca, con amplio surtido de brocas para madera.



Como anexo te aconsejo que consigas puntas para el taladro, estas nos van a servir para atornillar los cientos de tornillos en la madera.



## SIERRA CALADORA

Esta me sirve para hacer cortes a la madera, es muy utilizada, utiliza una de buena marca, de preferencia con velocidades.



Observaciones : compra 2 o 3 seguetas de repuesto no valen caras, y es mejor prevenir que esperar.

## LIJADORA

Util para los acabados o los rebajados, hay de dos tipos la orbital o la de banda, la que encuentres es muy buena.



## LOS LENTES O GOOGLES

Utilizalos ya que a veces molesta o irrita un poco el aserrin



## LA MASCARILLA

Tambien fundamental al lijar o cortar madera.



## LA FRESADORA O EL ROUTER

Me sirve para realizar acabados a la madera o realizar ranuras para insercion de otras piezas





**FLEXOMETRO**



**SARGENTOS**





**BROCA PARA AVELLANADOS**

**PEGAMENTO**



## TIPOS DE BOCINAS

Los altavoces necesitan ir en cajas porque la membrana tiene dos lados, exterior e interior.

Cuando el exterior de la membrana crea una onda, el interior crea la misma onda, pero opuesta, es decir, en fase inversa.

Los graves extremos mueven una gran cantidad de aire. Cuando el exterior empuja, el interior "tira". Para tal cantidad de aire, con presiones elevadas, es fácil que la presión del lado exterior y la "depresión" del lado interior se encuentren, dando lugar a la cancelación del movimiento y la presión del aire. Esto se denomina **cortocircuito acústico**.

Esto se puede comprobar fácilmente. Si se saca el altavoz de graves de la caja y se deja en el suelo, al excitar el altavoz se comprueba que los graves desaparecen, además de obtener una calidad de sonido muy pobre.

Al meter el altavoz en una caja, se elimina este problema, pero se crea otro, aunque mucho menor.

La onda creada por la parte interior se refleja en el fondo de la caja, y se puede llegar a encontrar con la creada por la parte exterior, La membrana del altavoz es muy rígida y es prácticamente transparente al sonido. La suma de la onda en diferente fase crea una onda distorsionada, en mayor o menor grado, pero siempre diferente de la onda que queremos reproducir.

Fabricar cajas con formas no tan regulares como el ortoedro presenta problemas de fabricación. No es tan fácil montar una caja irregular como una regular. Precisamente las empresas de alta gama, B&W a la cabeza, ha captado mejor que nadie esta sutil y obvia restricción. Son muchas las marcas que fabrican cajas de alta gama con el frontal y la parte trasera no paralelas, pero B&W fabrica cajas con muchas curvas (la serie Nautilus). De esta manera, las ondas reflejadas tienen que realizar muchas reflexiones, sin crear ondas estacionarias y perdiendo potencia, antes de poder encontrarse de nuevo con el altavoz.

Si la mayoría de las cajas son ortoédricas o incluso cúbicas, ¿cómo es que funcionan?

Hay unas ciertas proporciones para las que las cajas tienen un mejor comportamiento y las ondas reflejadas tienen menor repercusión. Estas proporciones están basadas en el número áureo, un número muy curioso que aparece en multitud de fenómenos naturales.

Además, en el interior de la caja se colocan materiales que absorben la onda del interior (transforman la energía cinética en calor). Que nadie se preocupe por esto, no se va a quemar nada,... un altavoz con un rendimiento de 92 dB @ 1W y 1m tiene un 1% de eficacia. A 50WRMS producirían máximo 0,5W de calor. Una bombilla de luz fría de 7W, que produce unos 3-5W de calor se puede tocar con la mano y no está caliente en absoluto.

¿Y si las cajas son así de simples, por qué hay tantos tipos de cajas?

### Conocimientos previos:

$F_s$  es la frecuencia de resonancia de un altavoz sin caja. Es la frecuencia a la que se mueve el altavoz por sí sólo cuando le das un golpecito, por ejemplo.

La frecuencia de resonancia de un altavoz ( $F_s$ ) depende inversamente de la masa móvil y de la elasticidad de la suspensión. Cuanta más masa móvil y "rigidez" en la elasticidad, menor frecuencia de resonancia. Esto lo pueden modificar las cajas:

Una caja cerrada herméticamente supone un aumento de la "rigidez" de la suspensión (el aire actúa como un muelle) y la  $F_b$  aumenta.

Cuando el altavoz tiene una caja abierta, la masa de aire contenida en la caja actúa de lastre, y  $F_b$  baja.

$F_b$  es la frecuencia de sintonía, que es la frecuencia de resonancia del altavoz dentro de la caja.

## TIPOS DE CAJAS ACÚSTICAS.

### CAJA SELLADA

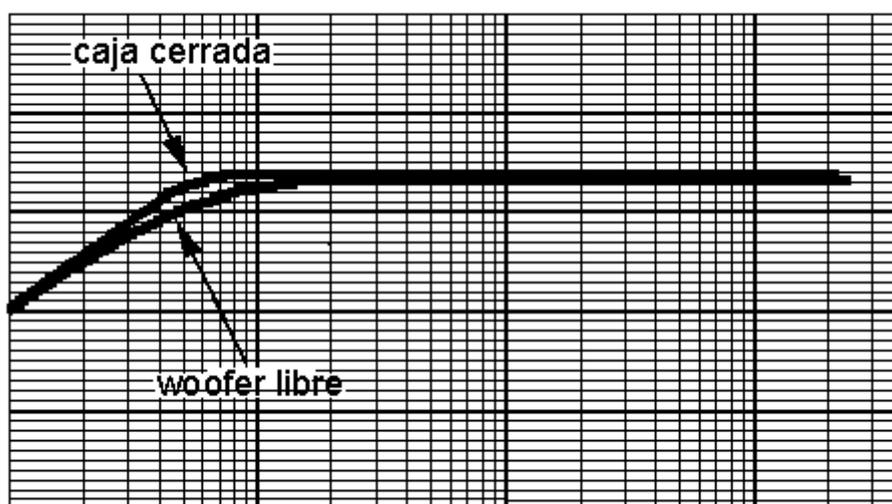
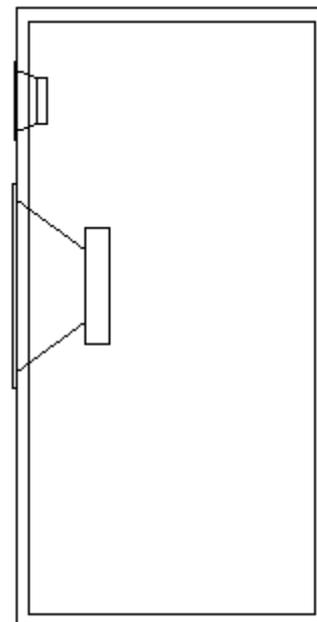
Es el tipo de caja más básico. Consiste en una caja llena de material absorbente. La calidad del sellado influye en la calidad final del sonido.

Es un volumen de aire cerrado, por lo que la  $F_b$  será siempre mayor que  $F_s$ . conviene utilizar altavoces con  $F_s$  baja.

Trata de eliminar completamente la onda producida por la parte interna del diafragma, mediante el material absorbente. Tiene una frecuencia de corte, y a partir de ahí, su respuesta se reduce con una pendiente de 12 dB/oct.

Tiene como ventaja que las cajas tienen un tamaño moderado, y que la pendiente de atenuación de la respuesta no es muy pronunciada. Además, la respuesta temporal es buena.

Como inconvenientes, que la frecuencia de corte no es muy baja, con un tamaño de caja normal. Además, el aire contenido en la caja, a gran SPL, actúa como un muelle y se crea gran distorsión a alto volumen.



## CAJA BASS-REFLEX

Es el tipo de caja más extendido, junto a la caja sellada. Consiste en una caja cerrada parcialmente llena de material absorbente, pero con un tubo (port) con salida al exterior.

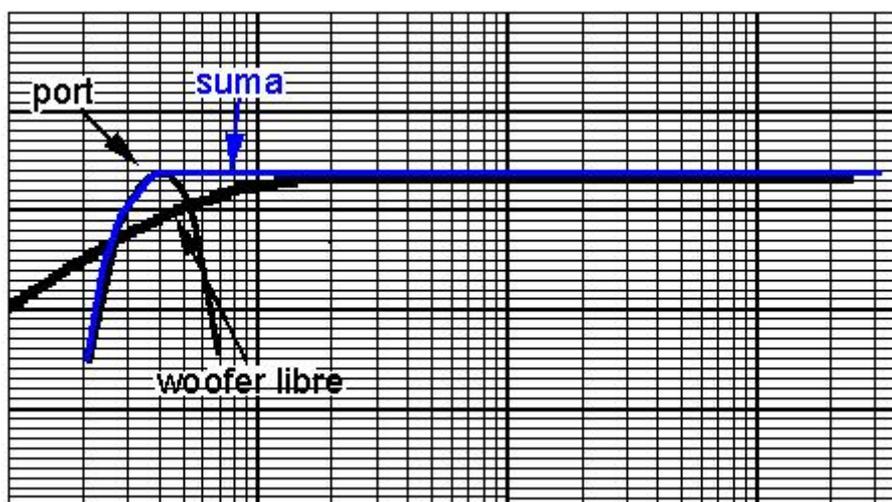
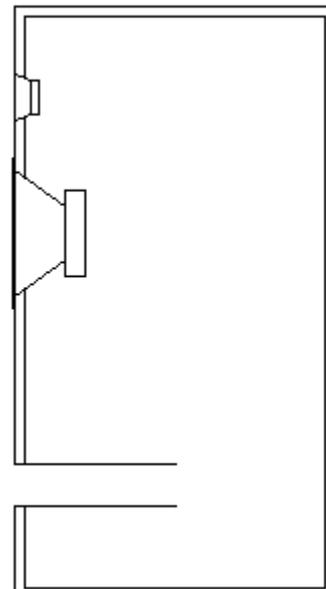
Este tubo tiene la función ofrecer ser una resistencia entre aire del interior y del exterior, y hacer que, por la elasticidad del aire y la resistencia al pasar a través del conducto, se contenga la salida y entrada de aire y que no se produzca cancelación sino reforzo de las bajas frecuencias.

Hay dos fenómenos: una caja abierta (masa) y una resistencia unida a un volumen de aire, que se aproxima a un volumen cerrado (elasticidad) por lo que  $F_b$  puede ser mayor o menor que  $F_s$ .

Tiene como característica principal su buen rendimiento en graves, causado por una frecuencia de corte menor que en las cajas selladas, pero tiene el problema que la pendiente de atenuación de su respuesta es muy alta: 18-24dB/Oct.

Las ventajas son su buen rendimiento y extensión en graves y su capacidad para manejar grandes SPL sin distorsión.

Los problemas son que la pendiente de atenuación es muy alta, y que cuando se trabaja por debajo de la frecuencia de corte de la caja, el aire contenido en el conducto ya no actúa como resistencia, y el altavoz es como si estuviese funcionando al aire libre. Esto puede causar que se sobrepase la excursión máxima del diafragma y que se rompa el woofer. La respuesta temporal no es demasiado buena.



## CAJA ELF

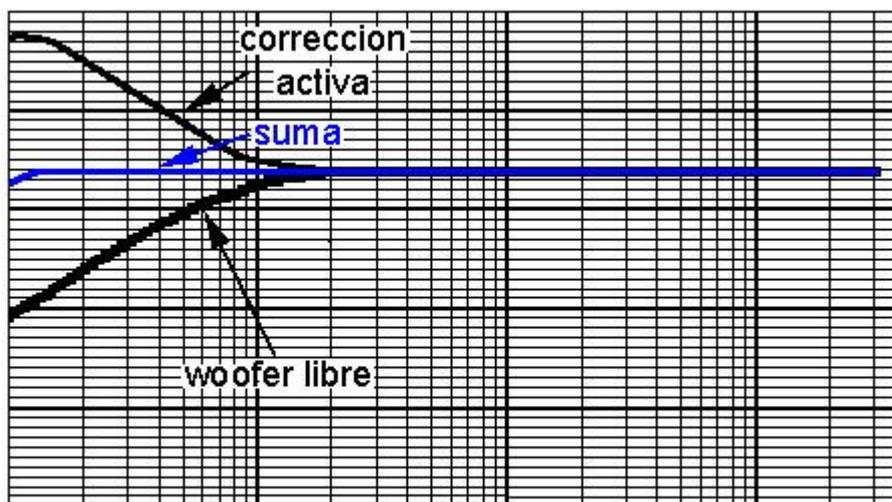
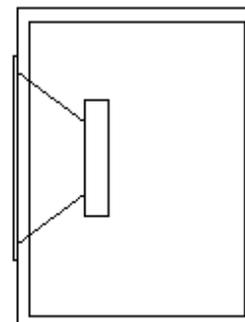
ELF es un acrónimo de Extended Low Frequency. Es un tipo de caja conocido desde hace tiempo, por lo menos en su principio de funcionamiento, pero no se ha empezado a usar hasta hace poco tiempo, con la aparición de los subwoofers activos para equipos de home cinema. Aún así no está muy extendida por sus serias restricciones, a pesar de tener una ventaja muy importante

Consiste en una caja sellada con un volumen mucho menor que el necesario. Esto hace que la respuesta decaiga a frecuencias muy altas, entre 100Hz y 150Hz, lo cual no es muy lógico para un subwoofer. Pero mediante una corrección activa esa respuesta se puede dejar plana hasta una determinada frecuencia.

Normalmente una caja se considera "usable" a partir de la frecuencia de sintonía ( $F_b$ ), pero en este tipo concreto de caja se usa desde  $F_b$  hacia frecuencias menores. Aquí el aire reduce la elasticidad, equivale a una suspensión más rígida y la frecuencia de sintonía de la caja aumenta, por eso en un altavoz con  $F_s=40\text{Hz}$  se puede hacer  $F_b=100\text{Hz}$ .

Las ventajas son que el tamaño es sumamente reducido. A falta de confirmar, el subwoofer de Bang&Olufsen es un ejemplo, un cubo de 25-30 cm de lado. Otra ventaja es que la eliminación de la onda producida por la parte trasera se produce por la propia elasticidad del aire. Por otra parte, la elasticidad del aire contenido y el alto desplazamiento de la membrana hacen que la distorsión sea alta.

Los inconvenientes son serios: al reducir el SPL a  $-12\text{dB/oct}$ , la corrección debe ser muy fuerte. Las limitaciones por potencia son muy importantes, pero no tanto como las limitaciones por desplazamiento de la membrana.



## LABERINTO ACÚSTICO

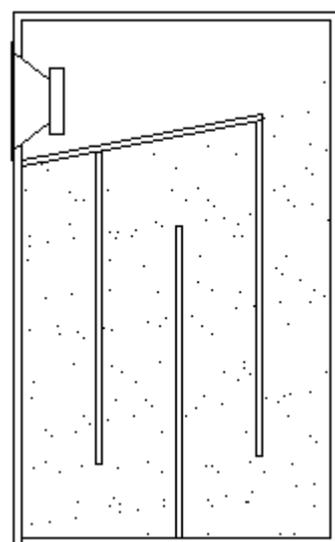
No existen muchos ejemplos comerciales de este tipo de caja. El más célebre es el Nautilus Prestige de B&W. Consiste en una "caja" muy larga llena de material absorbente que eliminan la onda producida por el interior del diafragma. Concretamente en ese modelo, por las propiedades de los tubos, cuando el diámetro es mayor que la longitud de onda, la onda se comporta como una onda plana que se desplaza guiada por el tubo, y no se crean ondas estacionarias, por lo que si el woofer está cortado a frecuencias suficientemente bajas, este tipo de "caja" está libre de coloración y de resonancia.

Acerca de la frecuencia de corte, en principio es una caja sellada mejorada, por lo que la respuesta debe caer con una pendiente de  $-12\text{dB/oct}$ , pero en el Nautilus decae con una pendiente de  $-6\text{dB/oct}$ , según dice B&W. La realidad es que debe comportarse como una caja cerrada con una  $Q$  menor que la de Bessel, 0,5, con lo cual alcanzará la respuesta de baffle infinito. Con una corrección activa se puede producir fácilmente respuesta plana hasta  $F_s$ . Es una caja cerrada, pero con un volumen de aire muy grande que no va a influir en la elasticidad, va a ser mucho mayor la del propio altavoz, por lo que  $F_s \sim F_b$

En un diseño general, a altos SPL puede ocurrir que no toda la onda se absorba, y parte se vea reflejada en el final del laberinto. Por eso la longitud del laberinto debe ser  $1/4$  de la longitud de onda de la  $F_s$  del woofer, para que si esto se produce, haya un refuerzo y no una cancelación.

Ventajas: Caja teóricamente libre de resonancias, aunque no existan muchos materiales adecuados para preservar sus características sin añadir resonancias y eliminar el sonido interior. La respuesta se puede extender hasta la misma frecuencia de resonancia del woofer, y además existe sólo un punto de emisión sonora, por lo que tiene menos interacción con la sala.

Inconvenientes. Son cajas grandes, y con muchos materiales absorbentes y estructuras en el interior.



## LINEA DE TRANSMISIÓN.

En mi opinión, el mejor tipo de caja existente, pero no se han encontrado los materiales adecuados que permitan "plegarla" y que no ocupe tanto, manteniendo todas sus características.

Esta caja también se basa en la propiedad de que en los tubos no hay resonancia, pero en este caso, la onda creada por la parte trasera si se usa para algo. Contribuye a reforzar las bajas frecuencias poniendo en fase a las ondas trasera y delantera del diafragma.

Tiene muchas ventajas: Caja teóricamente libre de ondas estacionarias, la pendiente de atenuación es de 6 dB/oct., puede manejar cómodamente grandes SPL, y no se llega a sobrepasar la excursión máxima de la membrana tan fácilmente como en las bass-reflex. Su respuesta temporal es muy buena y crea poca distorsión a alto SPL. La extensión en graves es muy buena.

Inconvenientes. El tamaño de las cajas es muy grande, y requieren mucha madera o MDF. Este es el motivo por el que prácticamente no son comercializadas.

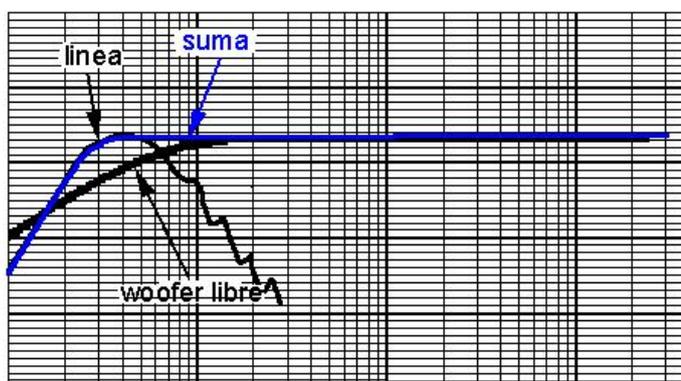
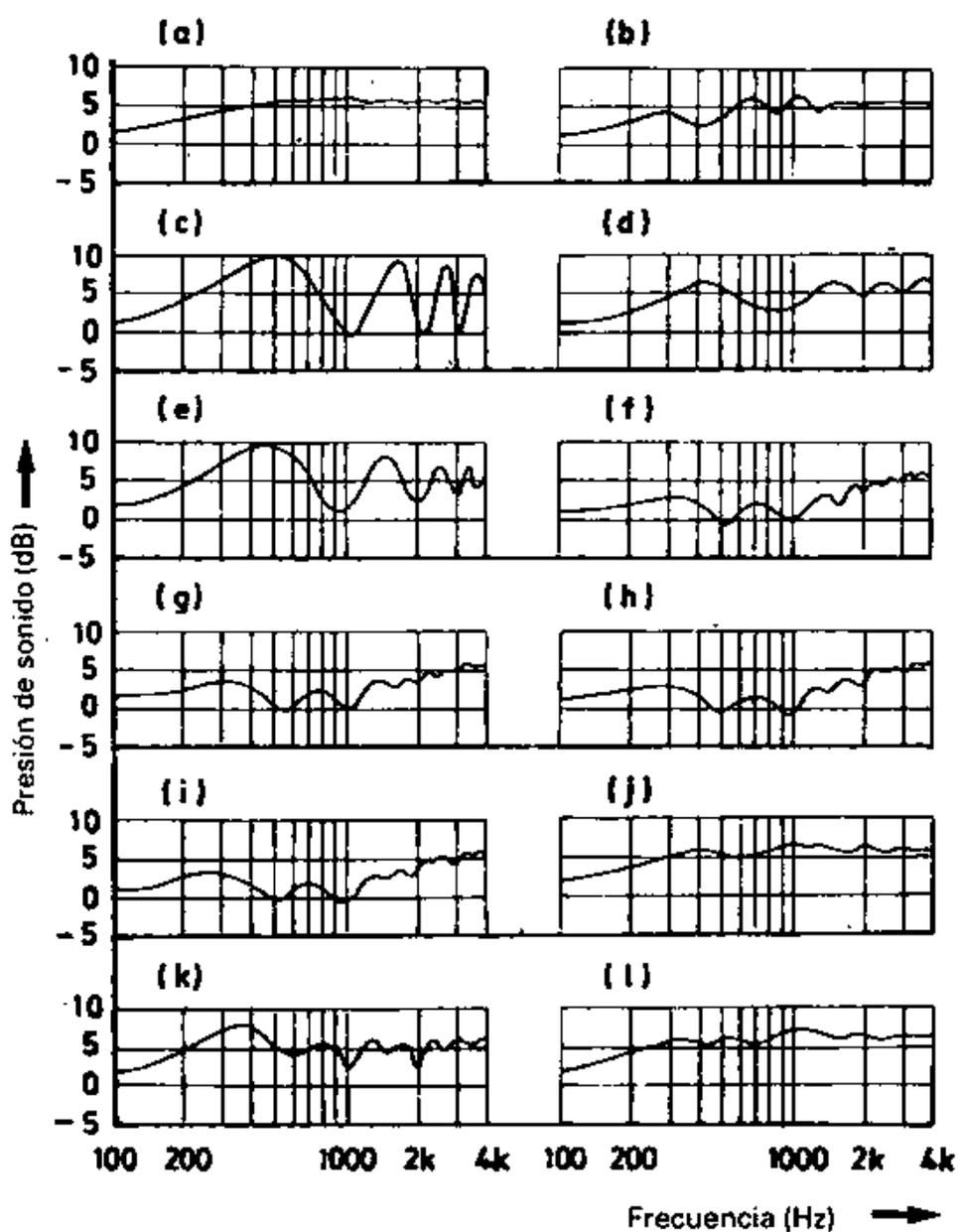
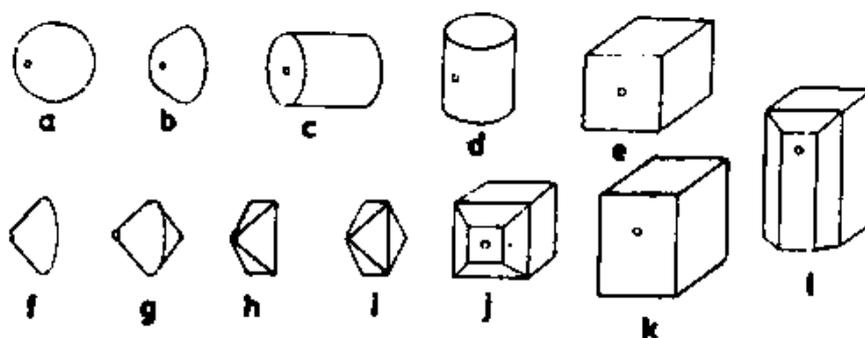


Imagen que mostraria la caja perfecta



## Tipos de Bocinas

Para la frecuencias altas tenemos 2 alternativas	
Drivers o motores	Tweeters
	
<p>Tienen una respuesta mucho mejor y no son tan chillones. Estos van acompañados de horns o trompetas, para direccionar el sonido</p> 	<p>Son mas pesados que los drivers, y se utilizan para frecuencias muy altas, comunmente conocido por ser chillones.</p>

Para las frecuencias medias tenemos desde 12" hasta 15".



Para bajos es recomendable las bocinas de 18" o inclusive las de 22"



La respuesta de las bocinas, depende del material con que están fabricados y del modelo en específico, cada uno de los fabricantes proporciona información necesaria para saber estos detalles, entre las mejores, están peavey, eighteen soun, bumper, fane, b&c, das

Existen además 2 tipos de bocinas, las pasivas, o las autoamplificadas, las últimas cuestan más caro debido a que traen un amplificador dentro de la misma y croosover para controlar su frecuencia.

## GUIAS DE CORTE

1. Consiga su madera cortada primero. Si tienes tu propia sierra de paneles entonces es fácil, si no entonces tendrás que conseguir que otra persona lo haga por ti. La mayoría de los depósitos de DIY o tiendas vendedoras de madera tienen sierras de paneles grandes y pueden hacer los cortes por un costo muy pequeño (\$ 1 peso ).



2. Es aconsejable, utilizar madera MDF, el grosor para medios o monitores es de 16mm y para bajos de 19mm
3. Para el próximo paso necesitarás una regla larga, un flexometro o metro, lápiz, y los planos para marcar sobre la madera.
4. Colocar la madera base ósea uno de los lados y trazar donde van ir Colocadas las demás piezas, esto me sirve para hacer los orificios correspondientes para introducir los tornillos.
5. Debes ser paciente y marcar con exactitud, donde cruzaran las líneas y respetar los ángulos.



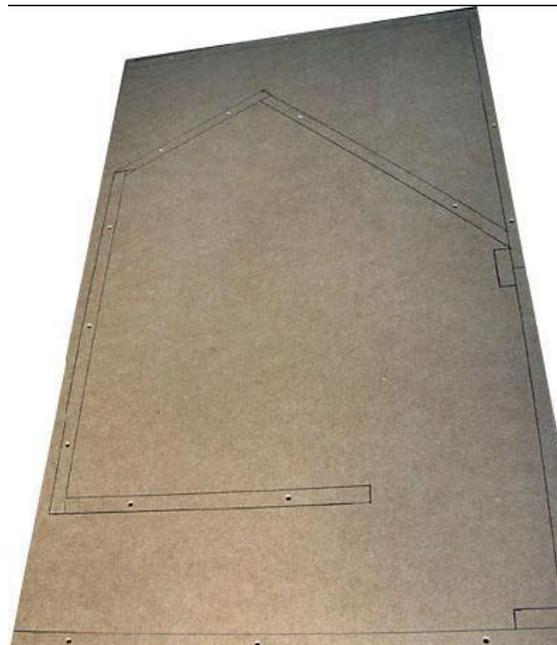
6. si es preciso utilice un nivel o regleta de nivel para saber si las líneas que Dibujo están bien trazadas



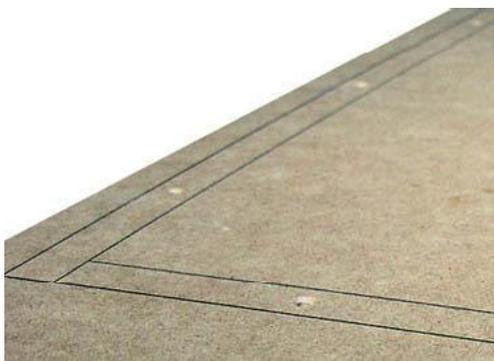
7. Para el siguiente paso utilizaremos un taladro con broca para madera de 3/8, ya que los tornillos a utilizar son tornillos para madera con cruz de 1 ½ " pulgada (son de color negro)

8. Para perforar se aconseja hacerlo cada 12 cm ya que los tornillos servirán para sostener la madera , para que esta pegue ya que utilizaremos resistol para unir las partes del ensamble y el tornillo sirve para ejercer la presión necesaria.

9. Pero no esta demás si deseas Utilizar mas tornillos (yo ocupo alrededor de 200 por bocina)



10. Necesitaras hacer los agujeros por ambos lados, pero por una de las caras tendrás que utilizar otra broca de punta para hacer un pequeño crater, esto para que cuando coloques el tornillo, quede invisible la cabeza del mismo y no al ras o a la superficie de la madera, es decir quedara sumido o enterrado.



Del lado del resistol



Por fuera donde se atornillara

11. La siguiente foto muestra como será la colocación y perforación para que la estética sea perfecta.



12. Ahora es tiempo de adjuntar el primer panel con las piezas. Usa un buen pegamento, por lo regular es pegamento es blanco para madera y lo compras donde venden la madera.

Mientras alguien sostiene la pieza a ensamblar, cambia la pieza al taladro por una punta de tornillo y por la parte que hiciste el brocal, inserta el tornillo y atorníllalo

Agarra bien la pieza que cuando se atornilla se mueve un poco de lugar, coloca los tornillos hasta el fondo sin sobrepasarte y deja secar unos 3 minutos el pegamento.



13. Haz lo mismo para las uniones entre las piezas y la base



14. La siguiente foto muestra la unión de varias piezas entre si con la pieza base



15. En ocasiones necesitaras algunos cortes te indicare algunos consejos para realizarlos.

Ropa: no utilices ropa holgada, de preferencia una camisa o camisola de manga larga

Anteojos y mascarilla, ya que el MDF es una madera que suelta mucho polvo y en grandes cantidades es perjudicial.

Los cortes trata de hacerlos exactos y derechos de lo contrario se puede sesgar la segueta y realizar un corte inexacto,



Este es un ejemplo del corte inexacto entre los piezas.

16. Cuando se realice un corte en ángulo, debes de ajustar la sierra caladora en un ángulo de 35°, o en la misma tienda donde compraste la madera te pueden hacer los cortes a determinado ángulo.



Si por algún error no empalman bien las piezas únalas y péguelas de la manera que conoces y con algún sobrante de pieza puedes agregarlo para que coincida su unión.

**TIPS:** con el aserrin del MDF y con resistol, puedes crear una pasta y aplicarla en las uniones imperfectas o por donde veas que se pasa la luz y no de de pasar, esta pasta es tan fuerte o mas que el propio MDF.

17. Ahora hay que realizar el corte del orificio de la bocina , hay que colocar la bocina boca abajo sobre la base donde se va a realizar el corte y marcar con un lápiz los orificios que tiene la bocina, para que queden marcados sobre la madera



18. Una vez marcado, vamos a calcular el tamaño que tiene el radio de la superficie donde sale el sonido, para ello te auxilias de una regla.



19. Debes de dibujar la circunferencia que delimitara el área del sonido



20. Una vez trazada la línea para cortar , iniciaremos con el corte, lo puedes hacer a través de 2 herramientas : la sierra caladora o el router.

Para la sierra caladora, primero realiza un orificio con el taladro y después ingresas la segueta y empiezas el corte.



Para el router hay que colocar una broca de corte y colocar el eje de movimiento, e iniciar el corte siguiendo la rotación sobre el eje



21. Después del corte perforaremos los orificios marcados de la bocina e Insertaremos tuercas para madera tipo grapa (nuez). Para que cuando atornillemos la bocina no se desprenda.



Asegurar bien la rosca para evitar desprendimientos.



22. Una vez ensamblado todas las piezas sobre la base, pasar la lijadora para tener todas las piezas a nivel, para cubrir con la tapa superior.



23. La tapa superior debe estar lista y perforada por ambos lados para que los tornillos puedan embonar



24. Colocar resistol en la parte superior de todas las piezas, antes de colocar la tapa superior.



25. Colocar la tapa superior y atornillar, para evitar ver los cabezales de los tornillos, podemos ocupar pasta para madera, esta hecha a base de agua, y podemos aplicar un poco.



Y todo listo para darle el acabado final

## GUIA DE ARMADO

A continuación de muestra el armado de 2 cajones, para iniciarse en la construcción.

### CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA DE UN SUBWOOFER.

¿Qué debe tener una caja para un subwoofer ?

Una caja de subwoofer debe ser dura y pesada, para evitar que vibre, radíe sonido al exterior, se deforme y por supuesto, que esté garantizada su propia integridad.

¿Qué es lo que no necesita tener una caja para un subwoofer ?

Hay una realidad física que nos dice que en condiciones en las que la onda no puede completar ni un solo ciclo no se puede producir una onda estacionaria. Un subwoofer debe estar cortado a 100 Hz máximo.

Esto corresponde con una longitud de onda de 3,4 metros, y una caja normalmente nunca tiene tanta distancia en su interior. Por lo tanto: No hace falta poner absorbentes en el interior. Eso si hubiese absorbentes que tuviesen una capacidad razonable para absorber ondas por debajo de 100 Hz.

### ALTAVOZ.

Un subwoofer debe mover mucho aire, y eso se puede hacer de dos maneras. 1) Empujando mucho aire de vez y 2) desplazando mucho el aire. Lo primero equivaldría a una gran superficie que moviéndose poco llega a abarcar mucho aire, lo segundo a una superficie más pequeña que se mueve mucho para desplazar más aire. Tal y como se construyen los altavoces electromagnéticos, todo indica que es mejor mover ese aire con un desplazamiento pequeño, es decir: se requiere un altavoz grande. Y si tiene un gran  $X_{max}$ , mejor.

El modelo elegido fue un JBL 1500 GTi, un subwoofer de 15", 600W RMS para caraudio que tiene características bastante interesantes, como que desplaza un litro de aire, ( $X_{max} * 2 * S_d$ ), doble entrehierro, doble spider, bobina de 4", y ventilación, mucha y muy eficiente ventilación. JBL es una marca un tanto paradójica, tiene en catálogo altavoces mediocres y también algunos de los mejores altavoces del planeta. Se han dedicado a desarrollar muchos productos de PA y a ellos se debe mayormente la evolución de los motores magnéticos.

### INTRODUCCIÓN

Si tuviese que volver a hacer la caja corregiría algunos aspectos de la construcción pero ninguno de los principios de diseño.

Elegí hacer una doble caja con un material poco cohesionado entre las dos para que la caja interior no radiase sonido al exterior. Lo ideal hubiese sido poner arena entre las dos cajas, pero los problemas son obvios. Decidí poner una capa de moqueta de polipropileno en su lugar.

Ya que habría una doble caja, utilicé DM de 16mm, un espesor que en un principio creí suficiente pero que me obligó a usar más refuerzos de los que hubiese querido. Recomiendo DM de 25mm como mínimo, y por supuesto, refuerzos. Aunque si hubiera algo mejor lo recomendaría: madera por ejemplo, a pesar de que hacer una caja de madera no es sencillo por la evolución que tiene este material con el tiempo, y su sensibilidad a la humedad, cemento o aluminio, aunque trabajar con estos dos últimos materiales no es nada sencillo.

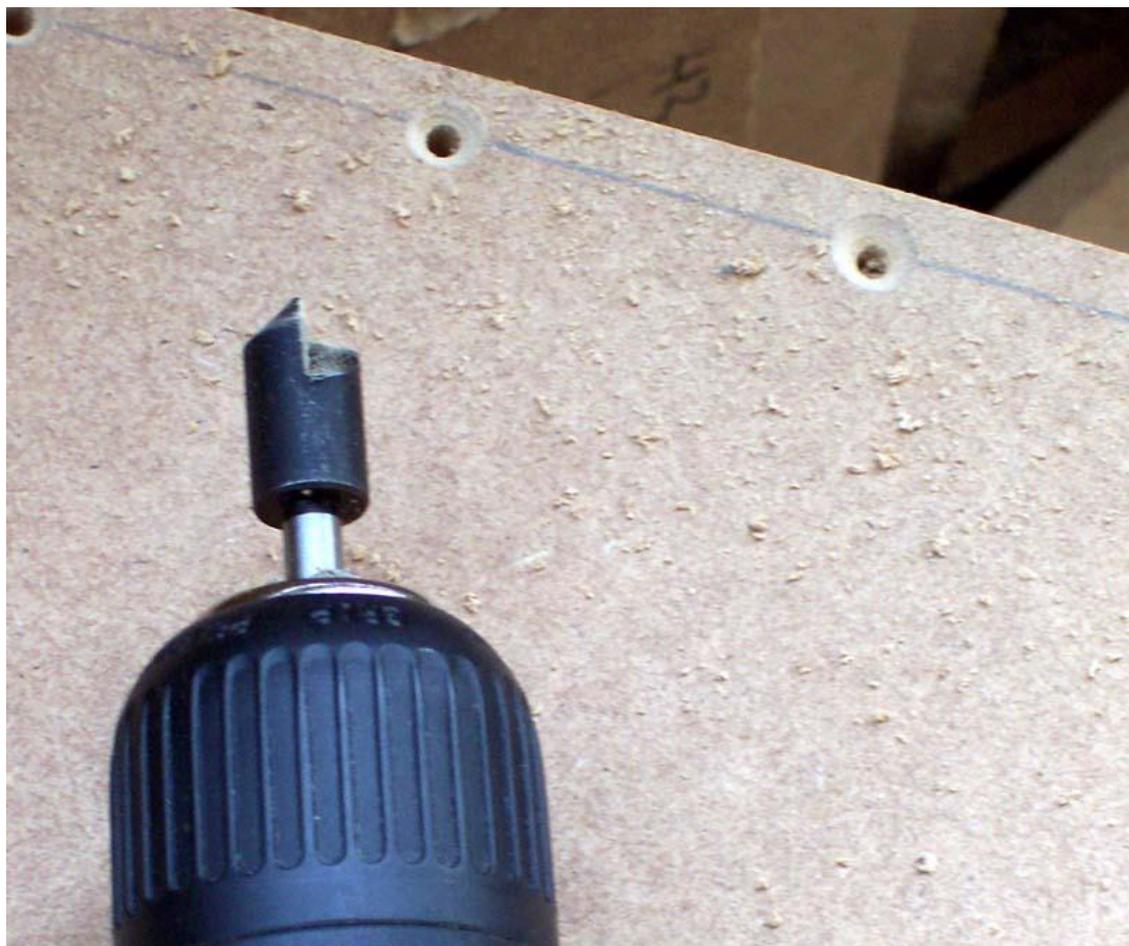
Elegí un volumen base de 100 litros, un cubo 46,4cm de lado interior y 49,6 exterior. De ahí habría que descontar el volumen que ocupasen el altavoz y los refuerzos, pero tampoco me molesté en calcularlo porque el filtro iba a llevar una corrección activa que iba a permitir ajustar esto a posteriori. Desde un principio estaba previsto utilizar una gran cantidad de refuerzos, pero a medida que se iban incluyendo en la caja fue necesario añadir más.

### LA CAJA

Una de las primeras dudas que asaltan a quien se construye unas cajas es la de si usar tornillos o usar cola de carpintero. Nunca he tenido problema en usar los dos. Y como se podrá observar a lo largo de la construcción de la caja, no tengo ningún problema en poner un gran número de ellos. En la foto, los primeros refuerzos y los agujeros de los tornillos de las tapas, cada 5 cm..



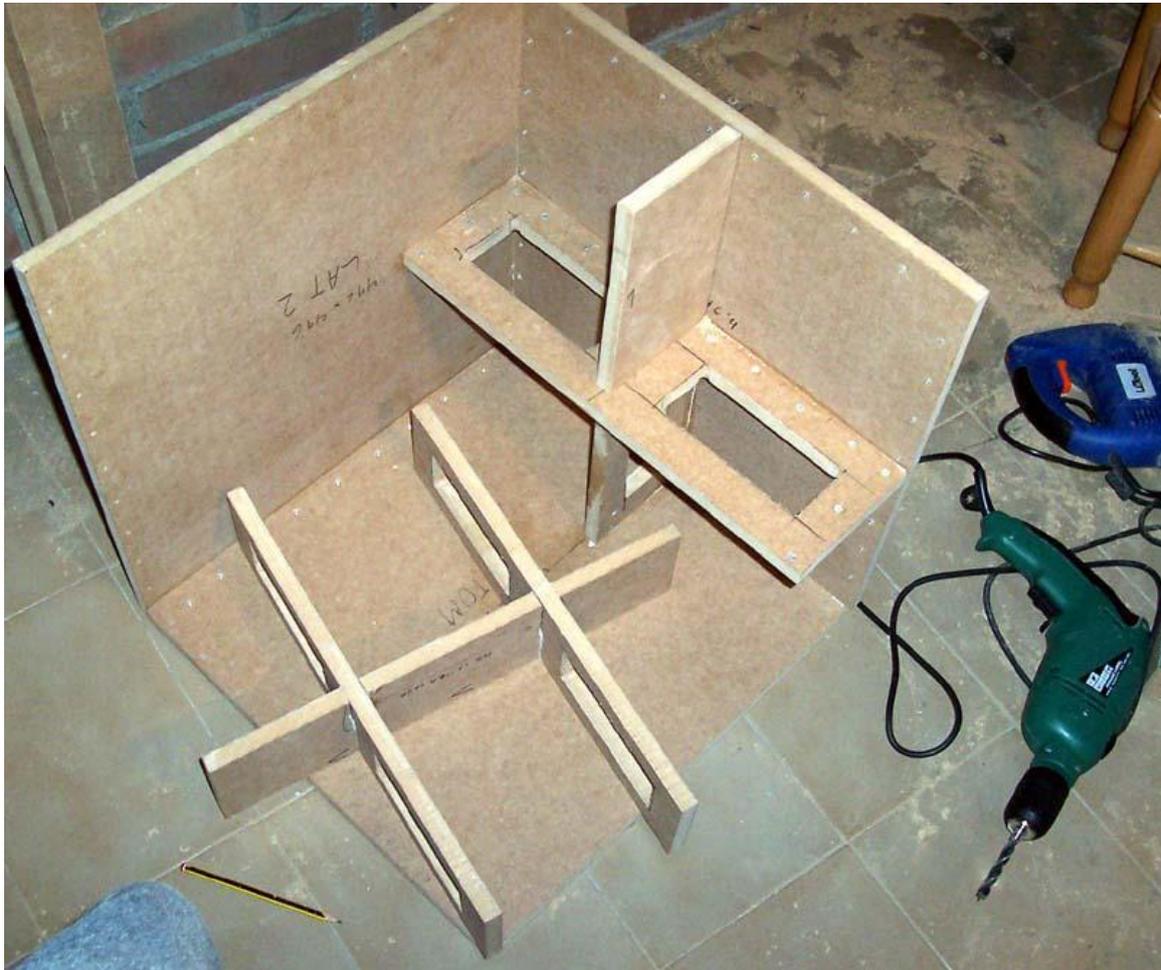
Es importante que los tornillos queden al ras, que no sobresalgan nada en absoluto, y para eso se puede usar una broca especial que hace los avellanados. En la tabla exterior los tornillos no deben hacer rosca, así es como realmente aprietan una contra la otra.



Partimos de una estructura con tres caras montadas, permite trabajar muy cómodamente, que es algo esencial para hacer un buen trabajo. Si se trabaja con dificultad llegan los errores, porque están ocultos o porque generan nervios y éstos generan olvidos.

La estructura de los refuerzos que había pensados era como los de la derecha. Con unas paredes de mayor grosor hubiesen sido suficientes, pero al tener sólo 16mm fue necesario añadir más, sin ellos el timbre de la caja al golpearla no da la impresión de solidez.

También recomendaría menos originalidad en la construcción y ceñirse a las estructuras matrix, facilitan la construcción.



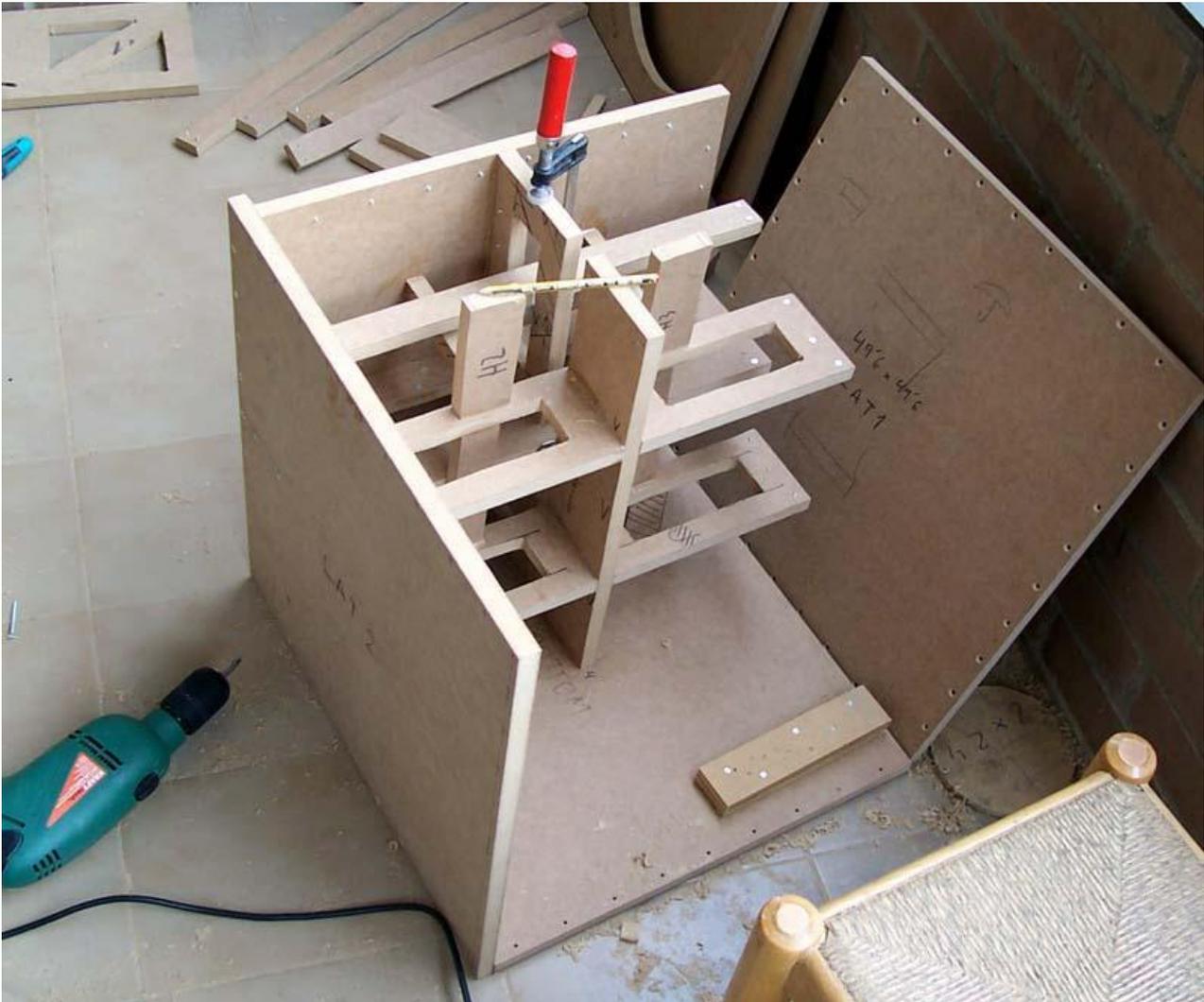
En la foto de la derecha se puede apreciar cómo fue necesario reforzar los bordes de los paneles para evitar que abriesen cuando se metían los tirafondos empleados para sujetar las tapas (4x45mm), a pesar de hacer previamente un agujero de 2.5mm.

Para ello hice agujeros de 1.5mm y metí un tirafondo de 2.5x19 entre cada par de agujeros gruesos, así hacían presión y el DM no se abría por por la mitad. Me tocó rellenar con cola y utilizar gatos.



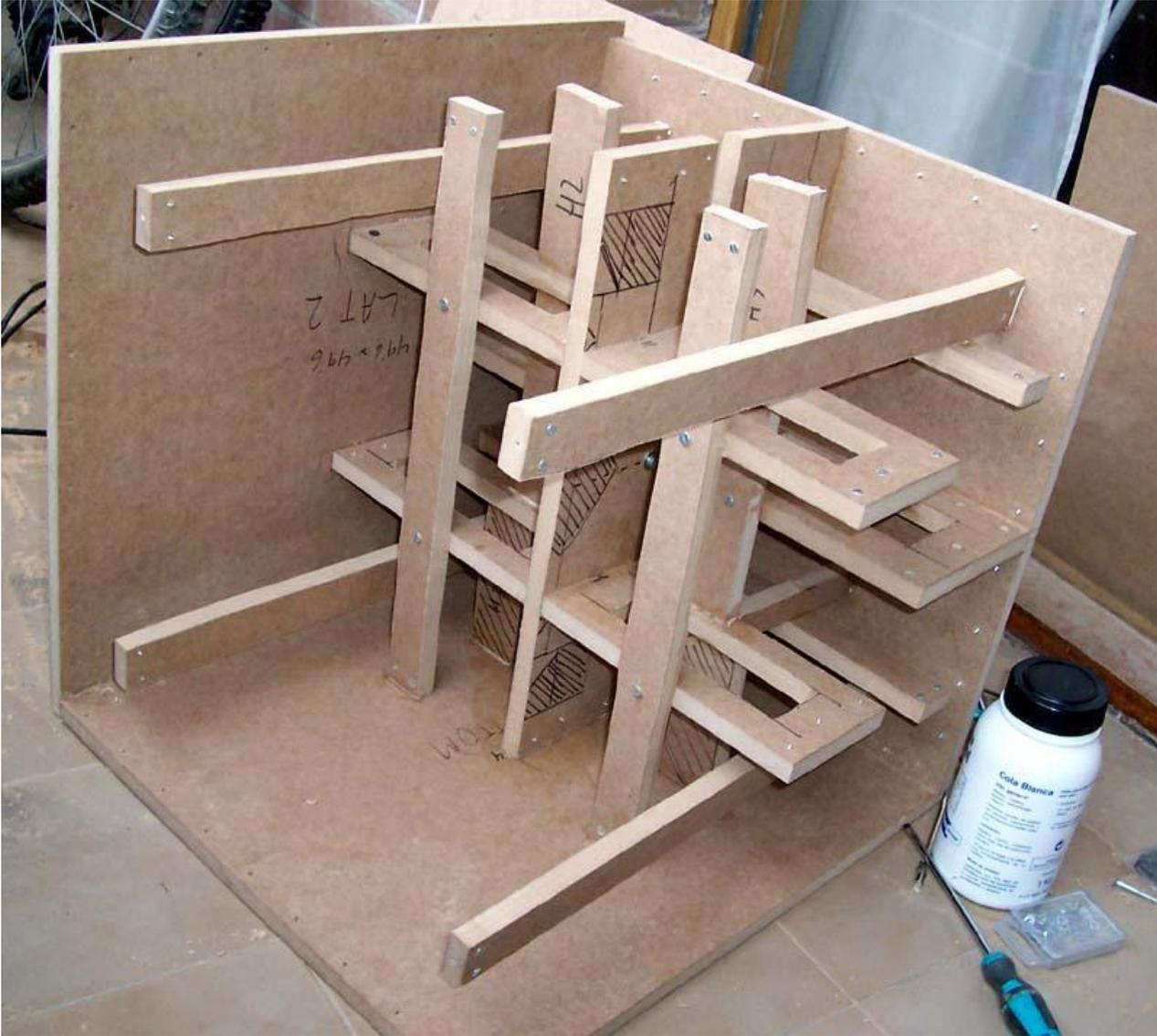
Una cosa clara es que cuando se trata de despegar dos trozos de DM encolados se partirá antes el DM que la cola, y se partirá por el medio de la tabla, quedarán dos iguales pero de menor espesor.

Todos los refuerzos están sujetos mediante tornillos. Los propios refuerzos están reforzados con tornillos para que no se abriesen con la presión que hacían los tirafondos al entrar.



La familia de los refuerzos va creciendo poco a poco. El método para ir eligiendo sobre la marcha dónde poner más refuerzos fué simplemente ver en los laterales la "densidad de apoyos" (nº de apoyos por área), y donde había un hueco libre se ponía algo.

También se trató de que los refuerzos se apoyasen entre sí, para dar una mayor solidez al conjunto.



Lógicamente los refuerzos deben funcionar en las tres dimensiones, de nada serviría el trabajo si se dejan dos caras sin reforzar.

Al cortar un tablero con medidas más o menos grandes es normal que sobre bastante, y que estos trozos no se puedan aprovechar. Una manera de darles uso es hacer listones con la longitud interior y usarlos de refuerzo.



Uno de los refuerzos previstos era para sujetar el motor magnético por detrás, así que saqué mis propias medidas y pensé en una estructura que haría un poco de todo, sujetar el imán como si fuese una parte más, pero a la vez que hiciese de refuerzo para la caja.

Los esquemas de JBL eran bastante pobres, sólo indicaban tres medidas (ancho exterior, ancho del agujero y profundidad de montaje) y costó un cierto tiempo y algunos intentos acertar.



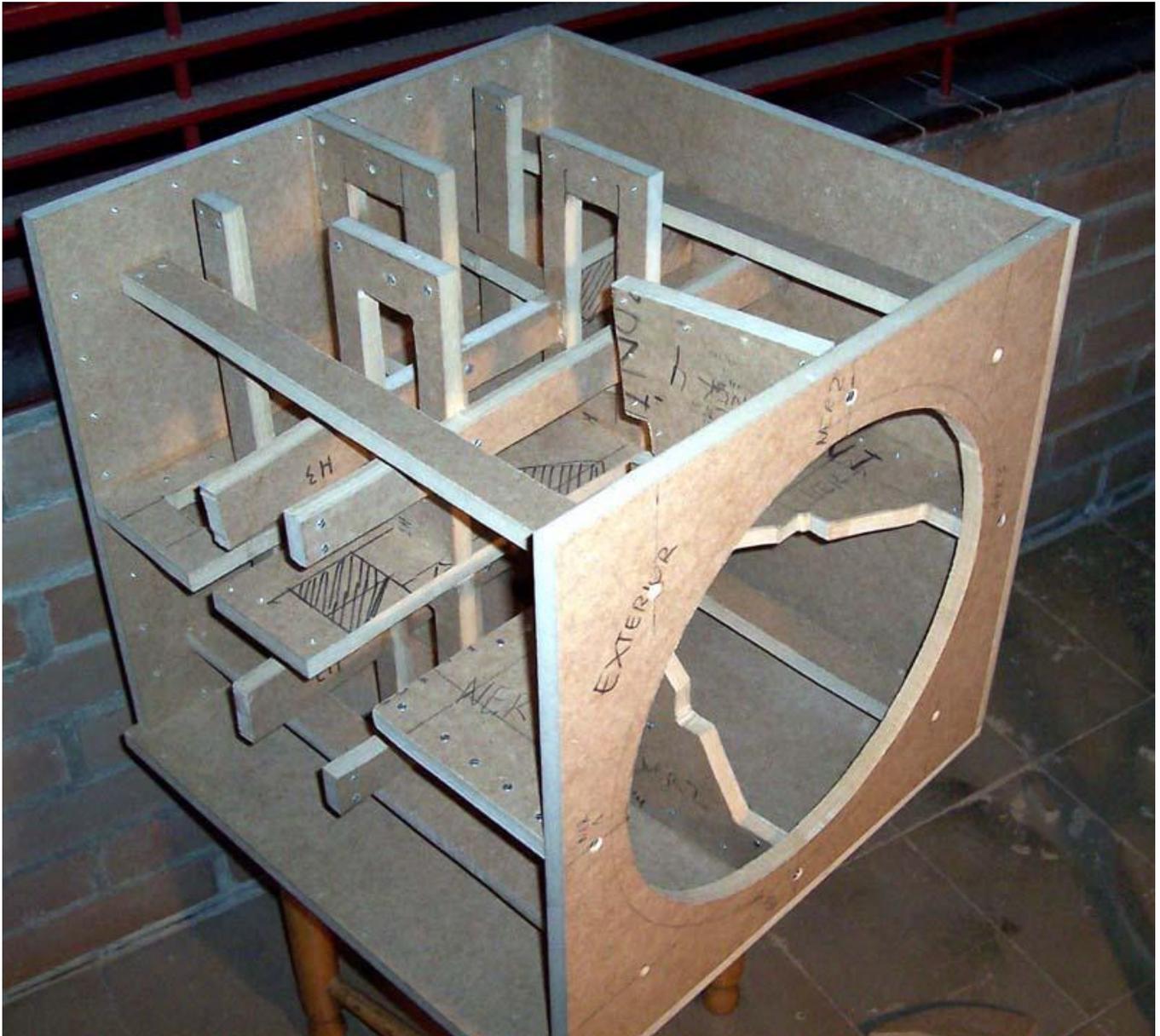
La estructura elegida para sujetar el motor se puede ver a la derecha. Era importante no tapar los agujeros de ventilación del motor, esto crearía compresión y es uno de los fenómenos más nocivos que puede haber en el audio.

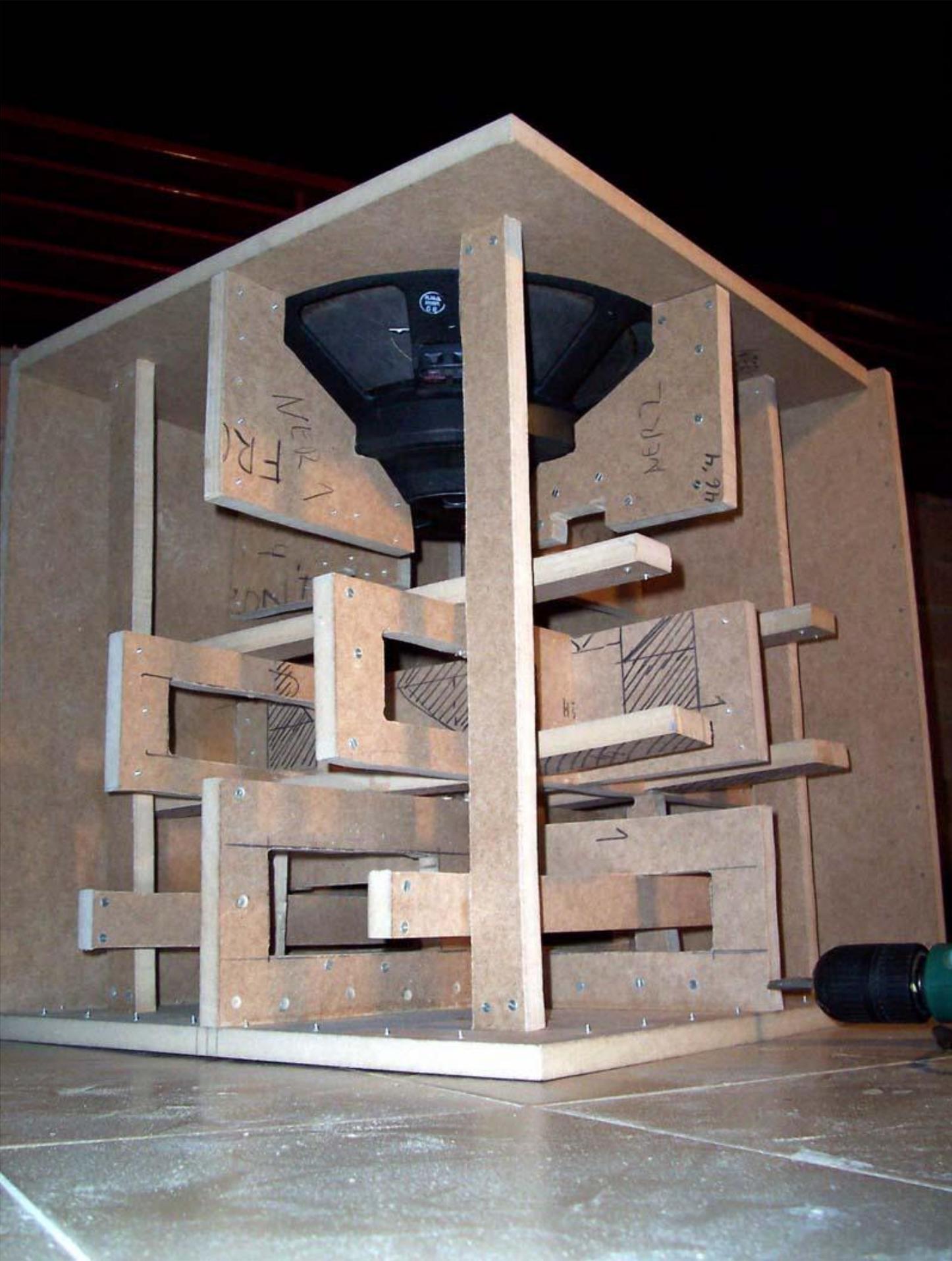
A esta estructura se la añadirían posteriormente otros refuerzos conectados entre sí



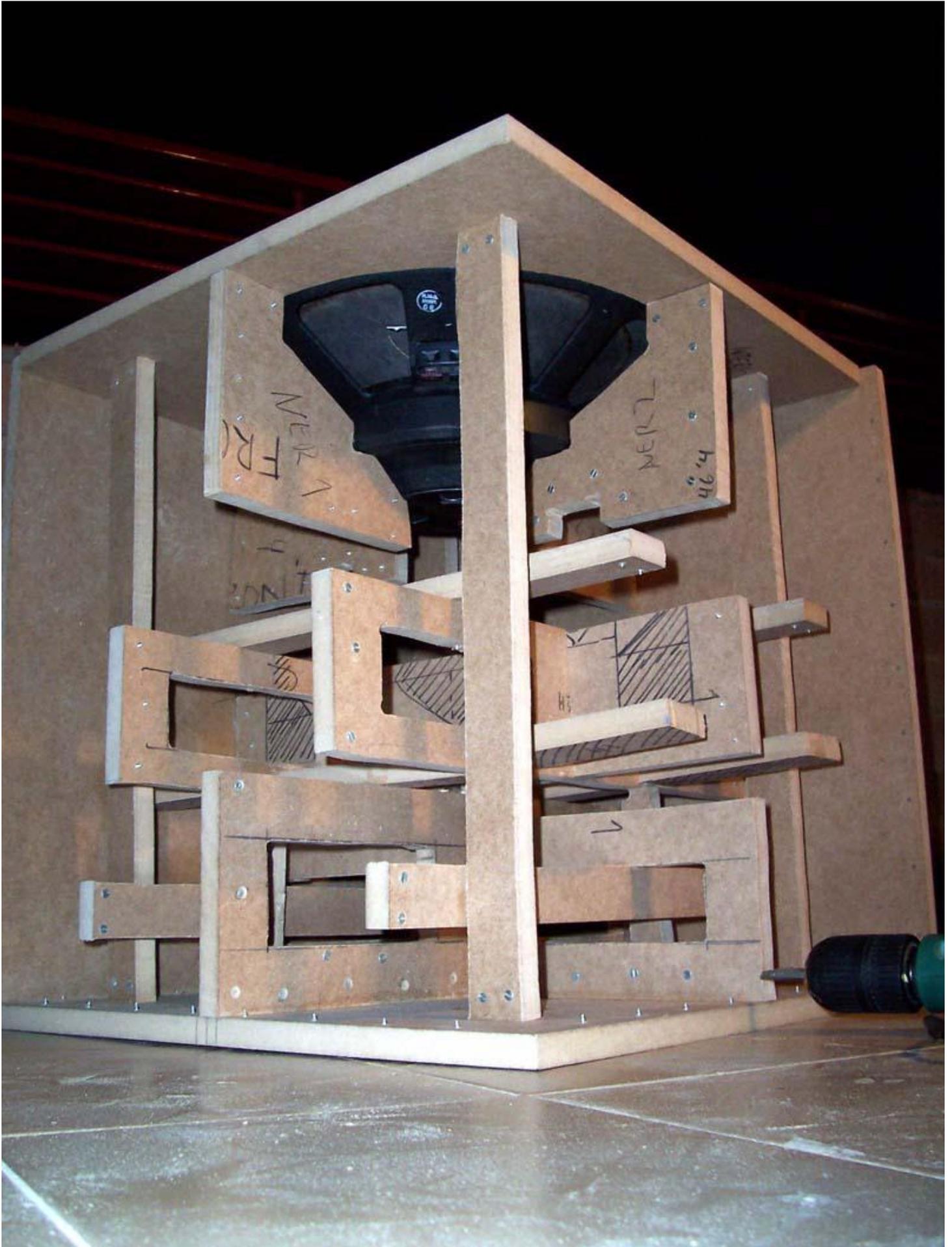
Aunque en este diseño no es muy importante la resonancia del chasis, en muchos altavoces está presente de manera más que evidente, y tratar sus efectos puede tener como consecuencia una respuesta diferente.

Los síntomas de la resonancia del chasis son un pico en la impedancia, y un aumento del SPL a partir de la frecuencia a la que se muestra ese pico. En la gráfica mostrada a continuación.





el bloque del frontal con los refuerzos, y cómo encaja en el resto de la caja.



Aquí se puede ver cómo la estructura ya está montada y cómo también crea una firme sujeción para el motor.

Si hay que hacer correcciones, una lima de madera puede ser suficiente, una amoladora también puede servir. Piedras esméril mejor no, se llenan los poros con serrín y se puede inutilizar la piedra.



Estaba previsto que el bloque tenía que hacerse fuera y luego encajar a la perfección en la caja.

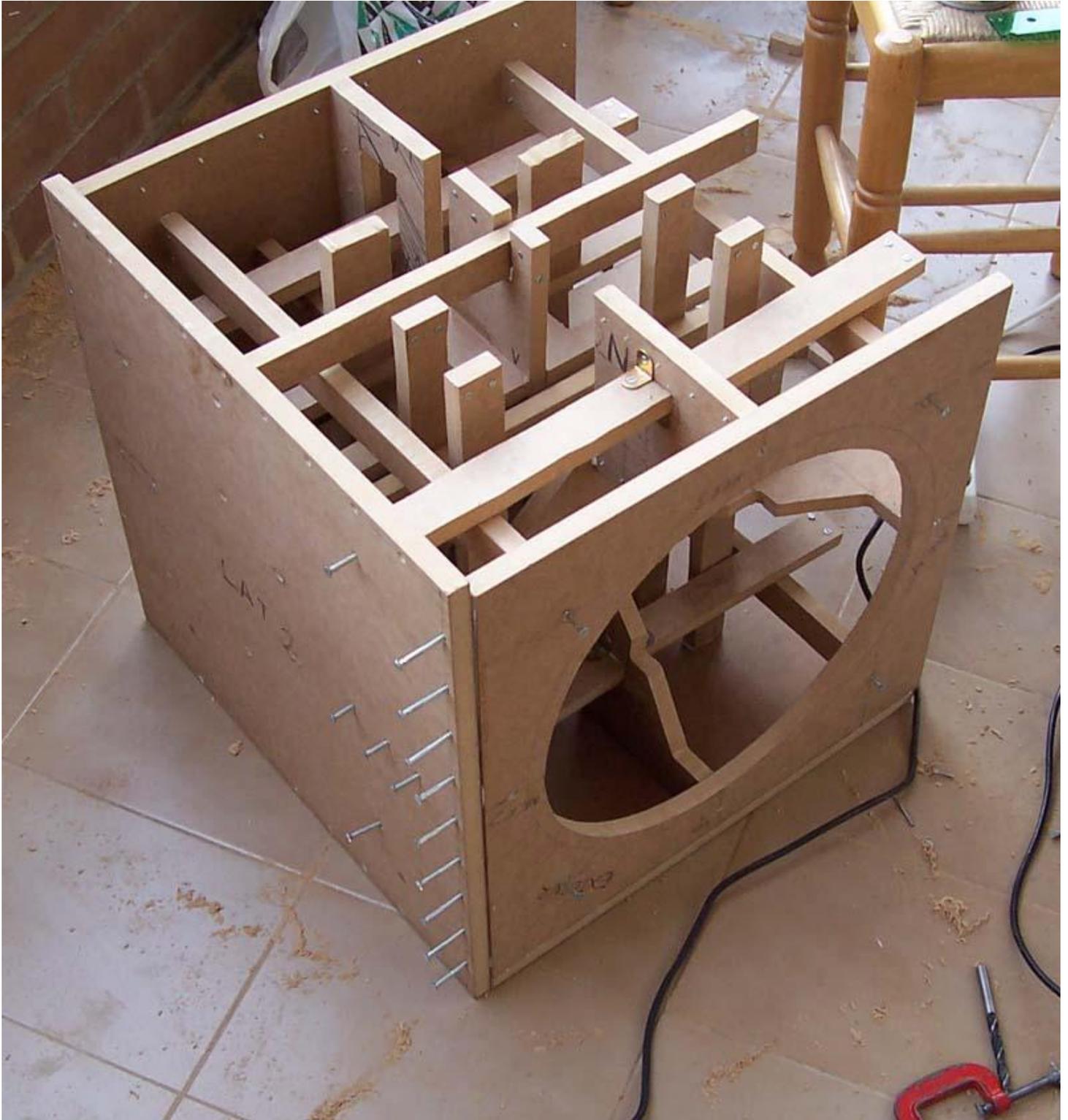
Era la única manera de comprobar que iban a sujetar de manera eficiente el altavoz, sin holguras y sin que no encaje, y sobre todo: de poder corregir cómodamente si no encajan a la primera.



Aquí a la derecha puede verse cómo no tuve ningún pudor en poner tornillos, aunque en éste lateral ya había muchos que ya estaban atornillados.

Una vez montado el frontal con su grupo de refuerzos ya se pudo empezar a poner el resto de los laterales.

La caja va tomando forma y volumen, y es en éste punto cuando uno se empieza a dar cuenta del tamaño real, pero la masa todavía no es tan alta como será. Por entonces el peso era grande, pero todavía se podía levantar. Con la segunda caja y el altavoz ya no es posible.



Uno de los tableros quedó cortado un poco más corto de lo debido, por lo que tuve que emplear pasta de cola con serrín para rellenar el hueco que iba a dejar. Estoy plenamente convencido de que esta pasta es más dura que el propio DM, así que no hay ningún problema en usarla en todas las partes que sea necesario.

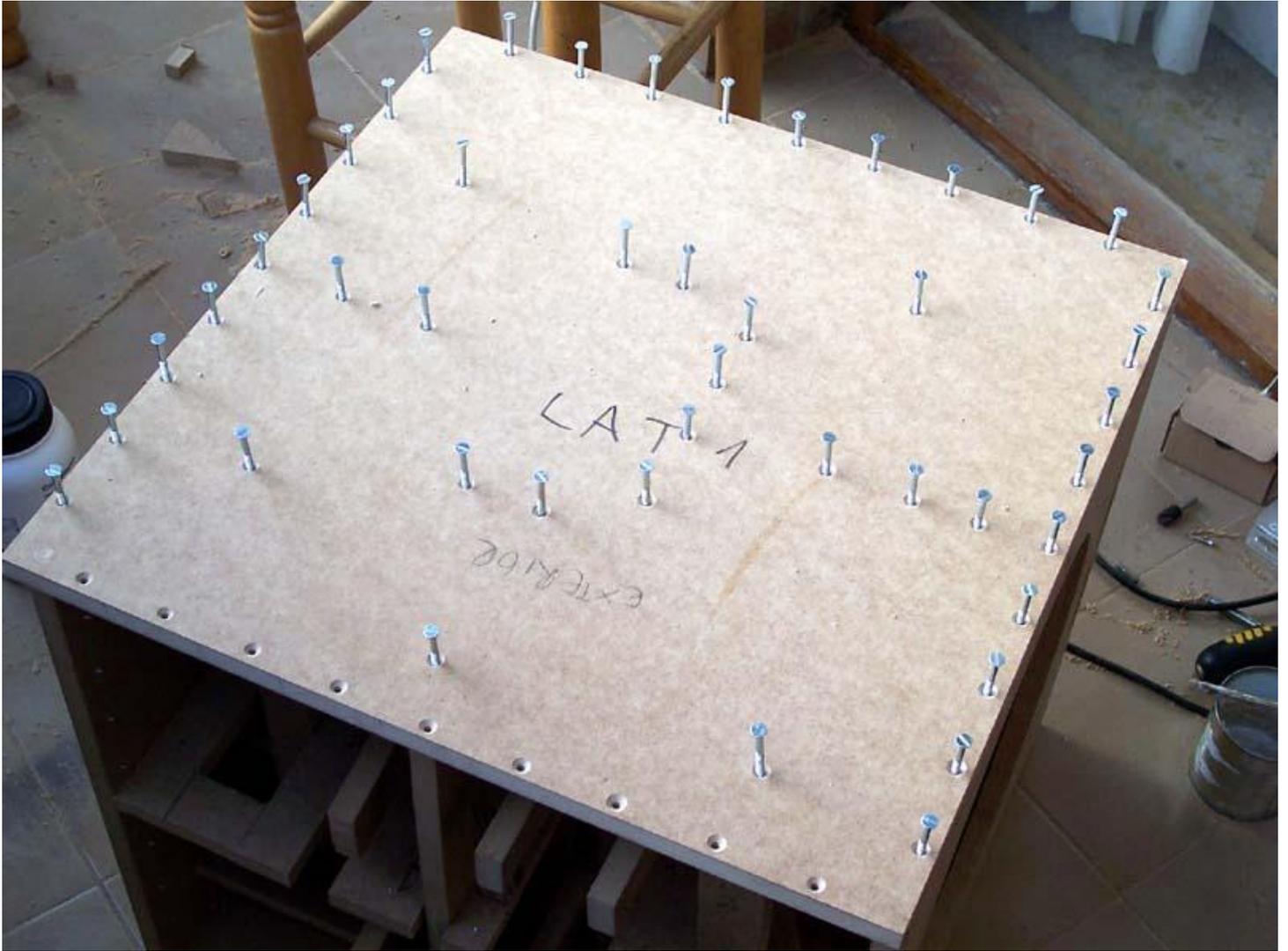
Al comprobar la dureza tras el secado se corrobora lo anterior.



Aquí se puede apreciar el número tan exagerado de tornillos. Sólo para la caja interior se utilizaron 320 tornillos de 4x45, y aproximadamente 400 tornillos de 2,5x19. Desde luego el taladro ayuda, apretar más de 700 tornillos en poco tiempo es causa casi segura de tendinitis.

No se deben apretar del todo los tornillos hasta que todos hallan entrado en su rosca. SI no se hace así es muy posible que alguno no encaje en el agujero y si tiene que hacer agujero partiendo de cero romperá el DM con total seguridad.





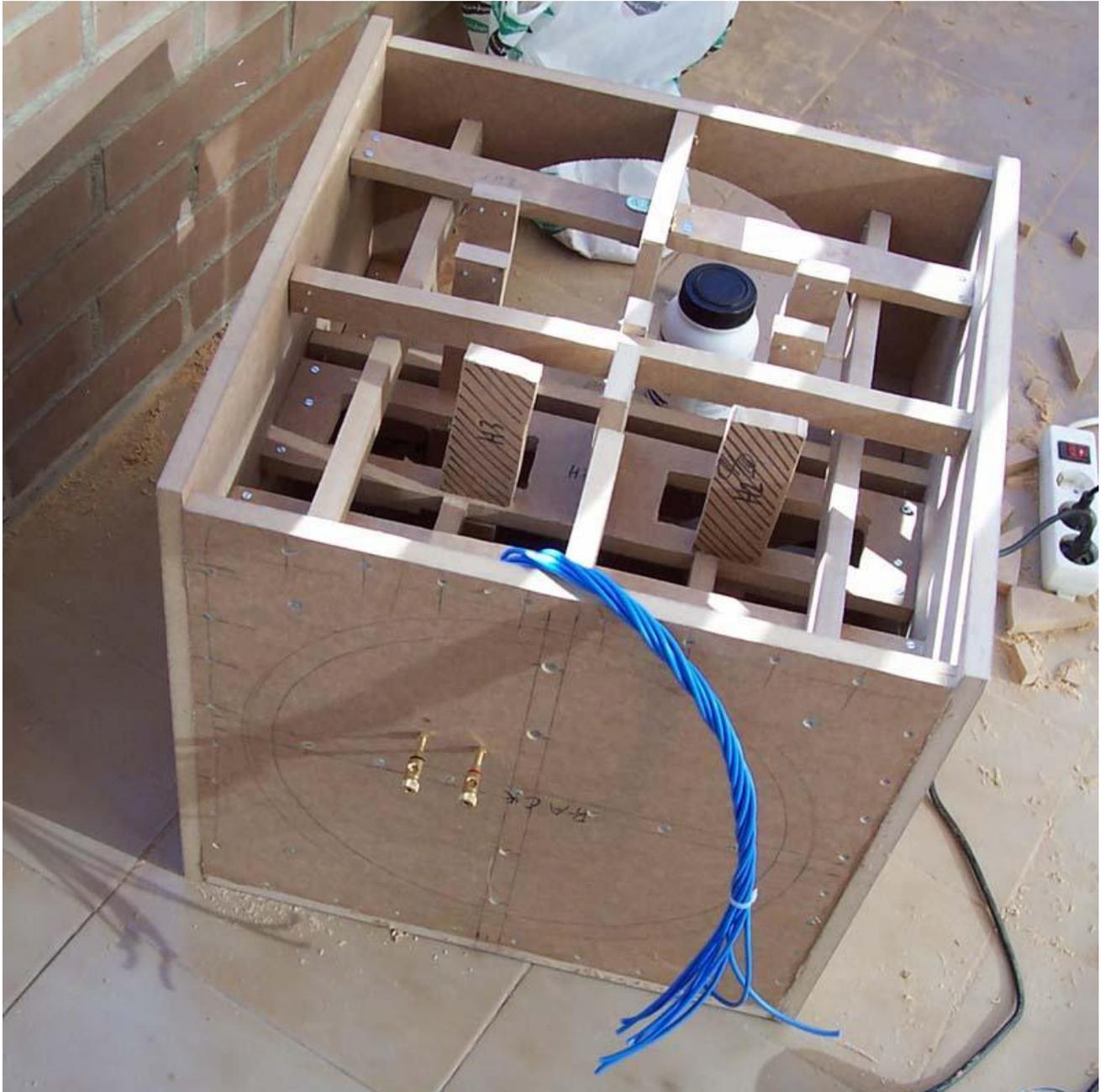
Sólo había trabajado con DM otra vez, y utilicé unas varillas roscadas hembra pegadas al interior del DM, pero aquí iban a soportar un altavoz de 7 kilos que iba a generar unas presiones muy elevadas. Una primera idea fué usar balancines para las lámparas, pero no fue posible.

Opté por hacer unas rocas en unas pletinas de metal y atornillar las pletinas a la caja. El resultado no pudo ser mejor, y con la ventaja de que si una rosca no encaja se puede meter directamente el taladro con baja velocidad y el macho de la rosca para hacerla justo en el lugar y dirección que convenga.



La caja ya empezaba a dar una idea de cómo de grande iba a ser.

Empleé dos conectores que tenía por casa. El cable se trata de un cable de red de 220V de  $2,5\text{mm}^2$ , cuyo aislante es una espuma muy densa pero no es PVC. Se trata de cuatro pares trenzados. Esto hace un área de  $10\text{mm}^2$ , lo que da una capacidad para soportar 100 Amperios. La resistencia ofrecida por el cable es ínfima.



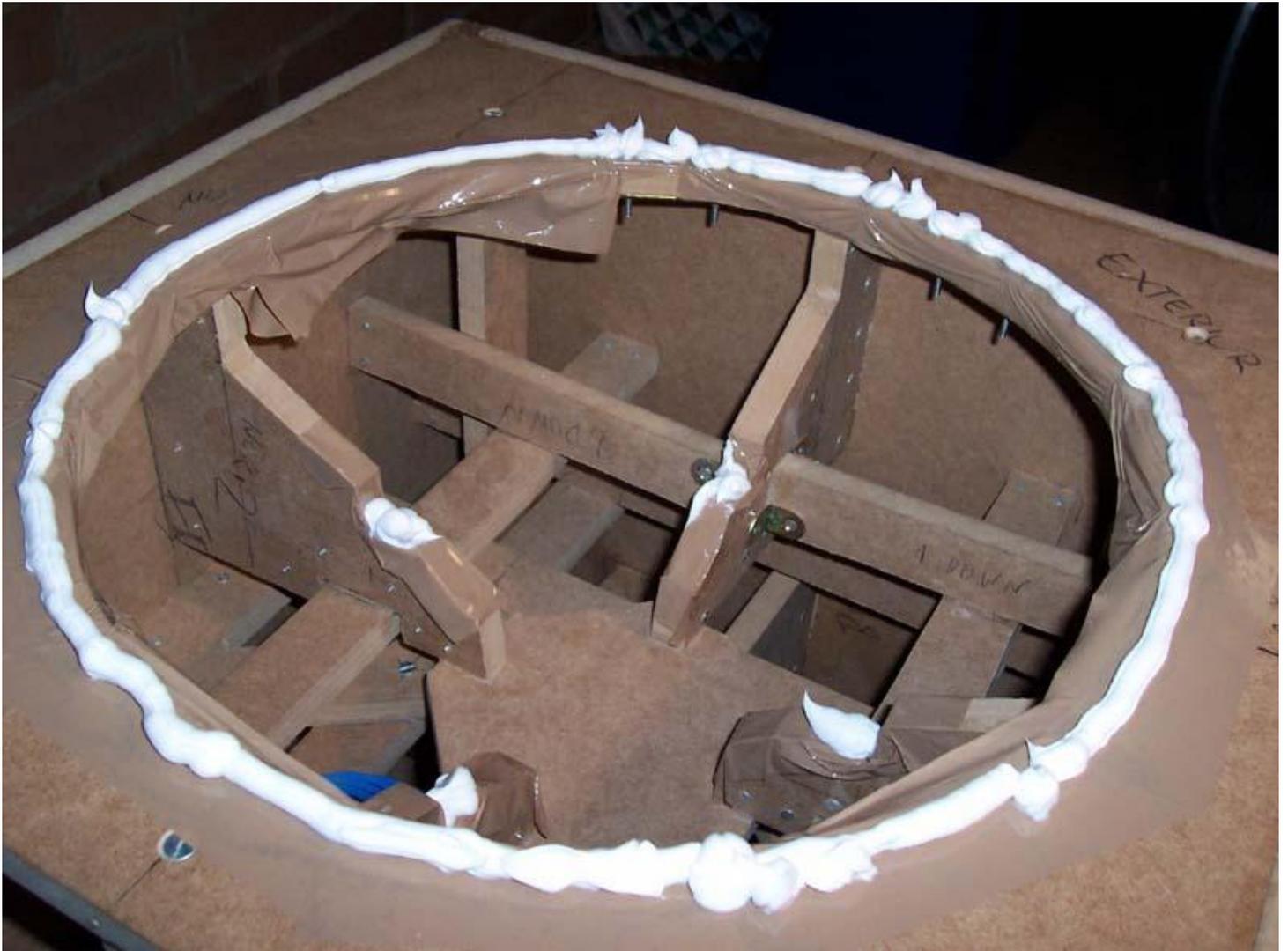
Una de las técnicas que mejor resultado me han dado es la de hacer una arandela de silicona entre el altavoz y la caja. En este caso habría que tener en cuenta también los apoyos del motor.

El proceso es el siguiente: se debe forrar la superficie que va a recibir silicona con cinta de embalar de polipropileno.



Es importante que sea de polipropileno porque la silicona no pega en él. Además se puede untar la superficie con una fina capa de cualquier aceite no volátil, esto facilitará que se despegue mejor.

Se debe cubrir con cinta cualquier sitio donde se vaya a poner silicona. Lo siguiente es poner silicona de forma abundante. Luego la aprisionaremos y cogerá la forma adecuada.



Y cogerá la forma adecuada con el molde adecuado, no hay nada mejor que utilizar el propio altavoz. La silicona quedará pegada al altavoz. También se puede hacer al revés, dejar la silicona pegada a la caja y forrar el altavoz, pero la silicona no pega bien en el DM, de hecho la porosidad del DM seca la silicona y absorbe todos sus aceites.

Se debe apretar el altavoz, pero no tanto como para que toque en el fondo.



Debemos recordar que esta arandela no sólo hará que no salga aire, también hará que no se transmitan vibraciones a la caja.

Conviene dar una mínima forma a la silicona antes de que seque. Es aconsejable guardar el pegote de silicona sobrante cerca de la caja (preferiblemente en un entorno ventilado) porque así tendremos una referencia de cómo se seca en ese entorno. Cuando el pegote esté seco podremos quitar el altavoz y la silicona sobrante.



Tarda mínimo un día, si es verano, lo preferible es dejarlo dos o tres.

Aquí podemos ver el resultado. La silicona deja una arandela perfecta que encajará en el frontal. No puede haber mejor molde, y es una buena idea dejar esta arandela pegada a una de las partes porque si se mueve un poco no encajará tan bien.



Una última mirada al interior de la caja. Me sobraban dos listones y decidí añadirlos en un último momento.

Ya se acerca el final de esta caja. Lo último antes de cerrar definitivamente, aparte de comprobar que todo está bien sujeto y que no nos dejamos ningún tarugo ni ninguna herramienta en el interior, es rellenar parcialmente con fibra de poliéster.



La fibra de poliéster no actúa aquí como material absorbente, ya que para frecuencias inferiores a 100 Hz las fibras del estilo de lana, fibra poliéster, fibra de vidrio tienen unos coeficientes de absorción prácticamente nulos, pero a efectos prácticos su contribución es semejante a aumentar el volumen. Estimo que con la cantidad que hay puede aumentar entre un 10 y un 15%.

Se rellenó la mitad posterior de la caja, y sin apretarla mucho.



Y llegó el momento de cerrar definitivamente la primera caja. Generosidad con la cola y con los tornillos.

Una vez comprobado que la caja cabía bien en el interior de la segunda caja superponiendo los tableros, se procedió a ensamblar dicha caja. Es una caja que no irá anclada en ningún punto a la caja interior, ésta irá "suspendida" dentro de ella. Para ello, como el fin es evitar la transmisión de vibraciones entre una y otra, empleamos un material poco coherente entre una y otra, eso será lo que "sujete" la caja interior. Lo ideal es arena, pero plantea problemas obvios, por lo que decidí usar moqueta. Aquí no hay playa.



Desde luego fue muy sencillo, en dos horas estaba ya montada, pero al comparar la solidez de la caja reforzada con la de la caja exterior se pudo apreciar de sobra la excelente y necesaria función de los refuerzos. En vez de poner un tornillo cada 5 cm como en la interior, los puse cada 10 cm.

No llevará ningún tipo de tratamiento.



Para los conectores, como en principio no se puede dejar ninguna parte sólida que haga contacto con la caja interior, se hicieron unos agujeros más grandes de lo debido para poder sacar por ahí los conectores al exterior.

Aquí el número de tornillos empleados fue mucho menor, unos 60 para toda la caja exterior. Esta caja no va a soportar las presiones interiores tan elevadas que va a soportar la caja interior. Tampoco requiere estar sellada, se comporta simplemente como una pantalla acústica que impedirá a la caja interior radiar sonido al exterior.



Comenzamos a forrar de moqueta la caja interior. Como en el [mo nit o r](#), usé moqueta de polipropileno pegada directamente a la caja con cola de contacto. Es imprescindible hacerlo en un lugar ventilado si no se quieren ver elefantes rosas o pitufos (los expertos coinciden en que son alucinaciones recurrentes), antes de la siesta y la terrible resaca que deja inhalar pegamento, aunque se haga de manera involuntaria.

Es una caja interior, por lo que el acabado no es en absoluto una preocupación.



Si es más importante que los trozos de moqueta de los laterales tapas superior e inferior se extiendan por la parte trasera de la caja, ya que entrará así en la caja exterior, con la parte trasera primero. Esto es así por los conectores, sobresalen y es la única manera de encajarlas.

A la derecha podemos ver las dos cajas. Llegados a este punto debo decir que el tamaño es más bien monstruoso, pero el que algo quiere algo le cuesta, no se puede pretender reproducir 20 Hz a un volumen razonable y THD por debajo del 10% con cualquier altavoz, y tampoco con cualquier caja. Por mi forma de ver las cosas, a nivel de resultados no existen los términos medios porque las soluciones a medias no son soluciones. ¿quiere buenos graves? no se quede a mitad.



Cuando después de mucho trabajo se ve una caja tan horrorosa como la foto de la derecha suele afectar a la moral, pero ya son bastantes cajas las que llevo en mi haber y asusta menos. Total, es una caja interior.

Debo desaconsejar completamente la cola de contacto transparente para trabajar con DM, se absorbe demasiado rápido y hay que dar una capa sólo como selladora. Aconsejo mejor la cola de contacto de toda la vida, la de color marrón claro-naranja



Ahora viene la tarea de terminar y dar el acabado a la caja exterior.

En un principio pensé en forrar toda la caja de cuero negro, pero luego pensé que podía quedar demasiado sado, así que pensé mejor en chapar la caja con hoja de roble y luego teñirlo de color caoba oscuro.

Hice unos recortes en el frontal para facilitar la extracción del altavoz en caso de que fuese necesario.



ambién pinté esta parte del frontal, para evitar que se quedasen partes "indiscretas" a la vista por los huecos que el frontal (lo añadiremos luego) no tape.



A la hora de chapar es importante que la superficie sea lo más lisa posible, y por esto es necesario rellenar los agujeros y desniveles con pasta de madera. Cuando se seca reduce el volumen bastante y es necesario o bien poner un buen pegote y luego lijar o bien hacer varias aplicaciones.



A pesar de la precisión del corte, a veces quedan pequeñas irregularidades que también es necesario allanar. No es necesario que quede perfecto, simplemente liso, se puede utilizar también el cepillo eléctrico, con cuidado de no hacer pasar las cuchillas por encima de los tornillos.



Para pegar es conveniente usar cola de contacto. Tiene el inconveniente de que una vez pegado ya no se puede ni mover ni despegar, pero es mucho mejor que utilizar cola blanca, ya que esta arquea la chapa de madera, hay que utilizar mucho peso para que quede bien pegada y tarda varias horas en secar.

Conviene empezar a pegar desde un punto hasta los demás, frotando todo con un trapo que no suelte pelusa y que no se enganche en las astillas. Cuatro manos pueden ser útiles.



Este es el cajón una vez chapado. Queda lijar con lija de grano muy fino para dar un acabado suave, eliminar las imperfecciones y los pelillos de la madera, así el tinte no se acumulará alrededor de ellos.

La última lijada es preferible hacerla a mano, y con una lija lo más gastada posible, así da un tacto muy suave a la madera, y facilitará el barnizado.



Para agilizar el secado del pegamento y hacer que la madera se moldee mejor, se puede utilizar una plancha.

Conviene hacer una prueba de temperatura con algún trozo sobrante, para evitar que queme la madera, pero se debe tener en cuenta que una temperatura muy baja hará que la madera no se adapte a la forma y que tarde más en secar.

Consejo para aumentar SAF: limpiar la plancha.



A la derecha se pueden observar los efectos del tinte. La primera capa siempre da un aspecto desolador, pero no hay que desanimarse, cuando se barniza y se lija el aspecto es mucho peor...

La obligada segunda capa de tinte siempre mejora el aspecto, aunque el resultado del tinte aplicado no me gustó. En posteriores cajas me plantearé usar una mezcla de anilinas, así se puede elegir el color y es infinitamente más barato.



Afortunadamente, tras dos manos y un lijado suave con la lana de acero más fina dí una capa de barniz con tinte color caoba.

Desde ese momento el color se ajustaba mucho más a lo que esperaba de la caoba. Aunque parezca asombroso, (el tinte era un tinte al agua, sin selladora ni nada) sólo fue necesario dar una mano de barniz.



Éste es el aspecto de subwoofer casi terminado, a falta de hacer un frontal.

Finalmente decidí hacer un frontal forrado de cuero acolchado. Demasiadas rectas, demasiado volumen. Cuando no se tiene delante es difícil imaginar su tamaño. Con un volumen tan exagerado me parecía interesante dar un aspecto voluptuoso, como las esculturas de Botero.



Para ello empleé un panel de 4mm de multicapa, cortado con las medidas adecuadas. Dejó que se superpusiera al chasis del altavoz.

De ésta manera sólo se verá la suspensión y el cono.



Tras cortar la pieza de cuero hice un corte circular con un cutter, y dejé varios cortes a espacios regulares para poder pegar el interior. Es cuero de casi 3mm de espesor y es bastante difícil de trabajar. Utilicé cola de contacto para pegarlo.



En el detalle se puede ver el tipo de corte realizado. No use tijeras, es más sencillo con el cutter, y se puede cortar sobre la misma pieza de multicapa sobrante.

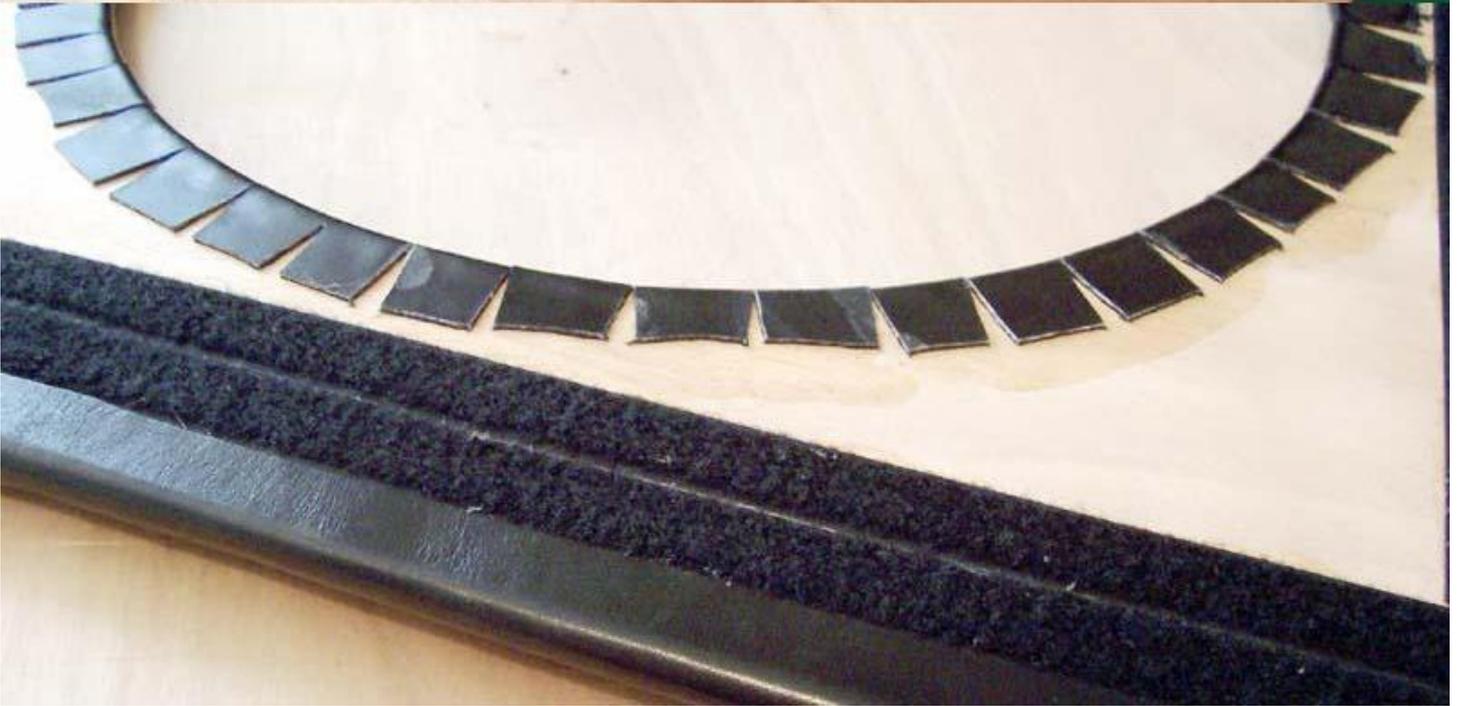


Una de las ideas iniciales era que se pudiese sacar el altavoz en caso de que fuese necesario, por lo que el frontal debía ser extraíble. Pensé en varios sistemas, y llegué a la conclusión de que el belcro era lo idóneo para poder retirar el frontal. Pensé en imanes y en otro tipo de tacos.



Rellenar no es sencillo y menos con un cuero tan grueso. Se usa fibra de poliéster, que es el uso original de este material, por eso lo venden los tapiceros.

Se debe hacer poco a poco, ir metiendo trozos pequeños de fibra y empujar hasta que quede firme, con una regla por ejemplo. El pegado de los laterales se debe hacer a medida que se va rellenando, y preferiblemente en trozos pequeños, si no es imposible acceder cómodamente a todos los rincones





# Conclusiones

## RESULTADOS A NIVEL DE SONIDO.

Las primeras impresiones sonoras son extrañas, no son lo que se espera de un subwoofer. No suena a subwoofer. El resumen es que se integra en la música y completa lo que falta en ella.

La primera muestra de su potencial fue con un disco de samples de EBU. El bombo. Nunca había oído un bombo así en un equipo. Quizás por no haber oído un equipo que llegase a los 20 Hz. La primera impresión fue de sorpresa, decir ¿de dónde salen todos esos detalles que antes no conocía?. Poco a poco, en piezas orquestales bien grabadas se van mostrando más y más detalles, más sonidos de fondo y el nuevo rango añadido hace que las percusiones den la sensación de estar en un recinto mucho más amplio del que estamos. Sin él, nuestra memoria auditiva nos muestra lo nocivo que es acostumbrarse a la reproducción en equipos y dejar de lado la escucha de instrumentos y sonidos reales, craso error. Lo que antes había sonado de manera impecable ahora suena a radio de bolsillo.

Desgraciadamente, en pocas grabaciones existe contenido musical por debajo de 40 Hz, recortar los graves es una técnica habitual de estudio y tiene como fin proteger a los altavoces de superar su excursión máxima o niveles de IMD inaceptables. Pero las hay, y es hora de descubrirlas. No tienen que ver con el estilo de la música, sino con la calidad de la grabación.

## CONSTRUCCION DE MONITOR PARA AUDIO

### PRINCIPIOS DE DISEÑO

El nombre "monitor" es ya de por sí una declaración de funcionalidad. No he empleado ni un sólo segundo en buscar un nombre bonito. Tampoco en tener sentido estético.

Las reducidas dimensiones se refieren a 15 litros aproximadamente. Esto se puede conseguir con drivers de 6.5 o 5", aunque los 6.5" son la opción más valorada por cuestiones de distorsión armónica, extensión en frecuencia y eficiencia. Esto a su vez permite utilizar un diseño de 2 vías. Con un 8" hubiese sido prácticamente imposible. Otro de los puntos fue el de reutilizar componentes que tenía en "stock". Al necesitar sólo un monitor, sólo se necesita un driver o un componente de cada. Y sin que el hecho de reutilizar llegase a condicionar en lo más mínimo los objetivos de diseño.

### SELECCIÓN DE UN WOOFER

Se requiere un woofer de 6.5" con una reproducción muy neutra y niveles de distorsión armónica bajos. Esto implica que el motor debe ser bueno y el diafragma no debe ser rígido, ya que en un diseño dos vías es difícil de evitar el pico de resonancia del diafragma, que colorea el sonido y rompe al gran neutralidad del resto del rango. Tratar de eliminar ese pico puede perjudicar otros objetivos como mantener baja la THD, ya que la primera tentación es bajar la frecuencia de corte y eso aumenta la THD del tweeter. Un polipropileno o un papel duro puede ser una opción. Otro requisito es que "quepa" en una caja de dimensiones reducidas.



## SELECCIÓN DEL TWEETER

La elección del tweeter vino condicionada por el "stock". El que más se ajustaba a los requisitos era un T2010 de Beyma que estaba fundido. Arreglarlo no fue difícil. Es un tweeter con cúpula de Supranyl de 3/4", lo que da una cierta mezcla de neutralidad y deficiencia, semejante a lo que puede ser una tela tratada dura aunque sin llegar a destacar en ninguno de los dos aspectos.



## DISEÑO DE LA CAJA

¿Cerrada o bass-reflex? La eterna pregunta... cerrada da una reproducción más fiel pero bass-reflex tiene una mayor extensión en graves, y ambos factores son muy importantes.

El volumen necesario para una bass-reflex óptima es mayor del que marcan los objetivos. La decisión final fue atenuar la contribución del port, pero hacer una caja bass-reflex. En la simulación se observa una chepa debido al menor volumen. Esto es lo que se tratará de eliminar.

Las proporciones de la caja son 0.8:1:1.25. 15 litros interiores con 30x25x20cm interior.

El grosor de la caja elegido fue de 2cm, un tamaño que dará suficiente neutralidad a la caja sin llegar al extremo de que el sonido sea apagado y sin cuerpo, lo que haría que los medios dominasen el sonido y enmascarasen el resto. El material empleado es un MDF de baja calidad, si existiera el LDF esto sería un ejemplo. Es muy fibroso y débil, lo que garantizará una alta autoabsorción.



Se emplean dos capas de 1cm pegadas entre si con cola de contacto y tornillos.

Como el MDF usado es muy poroso, se diluye la cola de contacto con acetona, para que así se pueda extender de manera eficiente con una espátula.



Hay grandes discusiones sobre los tornillos... hasta ahora no he encontrado ninguna evidencia de que un tornillo vibre a una frecuencia diferente de la caja a la que está atornillado, ni que su contribución en la coloración sea mayor que cualquier otra.

Queda pendiente la opción de añadir refuerzos en el interior para controlar el timbre. Con MDF estándar posiblemente no sean necesarios.

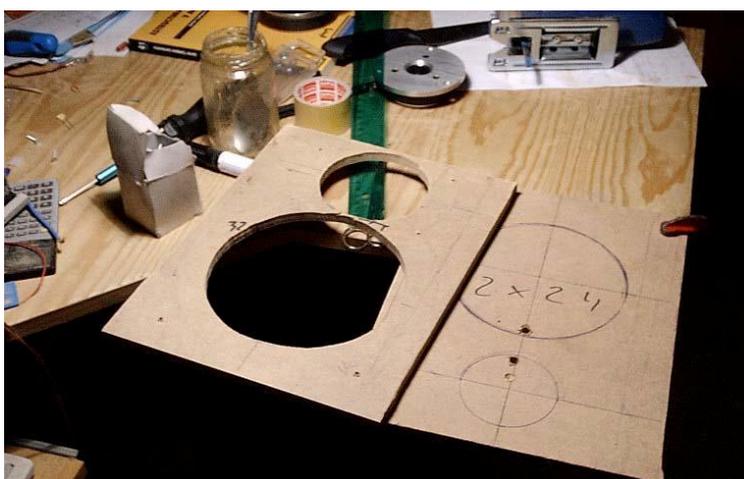
Todas las paredes quedan sólidamente unidas entre sí mediante el uso de tornillos y pasta de cola de contacto y serrín. En algunas piezas, debido a la tremenda debilidad del MDF utilizado se usaron tornillos tirafondos de gran longitud (8cm) para escayola, con un resultado muy bueno.



La tapa de atrás debía quedar fácil de desmontar ya que era lógico que se debían hacer pruebas y correcciones el el filtro, el material absorbente y el interior del recinto (refuerzos, etc...). La opción fue utilizar tubos que se usan para empalmar varillas roscadas. Se introducen en un agujero, se llena de cola de contacto y se le presiona con un tonillo tirafondos por el interior del MDF. Tienen rosca métrica y 20mm de profundidad, lo que da un tamaño perfecto.

Los drivers van enrasados porque luego se empleará un método antiestético pero eficaz para controlar y eliminar en ciertos casos la difracción. Se hace cortando ods agujeros de diferente tamaño en las capas de MDF. Los tornillos que sujetan los drivers son pasantes y apoyan sobre arandelas de goma o silicona, así se reduce la transmisión de vibraciones entre el driver y la caja.





Todas las esquinas van selladas con silicona. En el frontal se preparará una capa de silicona sobre la que se apoyan los drivers. La silicona cede, pero es más dura de lo que parece en este tipo de construcción. Por eso debe tener la forma del driver bajo el que va a encajar. Para esto, se forra la parte que no llevará la silicona pegada con cinta de embalar. Es de polipropileno y la silicona no pega sobre ella.



Para dar más facilidad a la hora de "despegar", conviene untarla con aceite o grasa. Luego se coloca el driver en su hueco, apretando para que coja su forma pero no tanto como lo apretarán los tornillos. Se deja secar durante dos días y luego se separa. Esto forma un molde perfecto. Los drivers encajan como un guante, quedan estancos y se reduce de manera drástica la transmisión de vibraciones. Entre todos los materiales empleados para esto, la silicona es con diferencia el mejor.

La tapa de atrás, que será desmontable también va sellada de esta misma manera.

El tubo del bass-reflex irá en la parte trasera. Aquí hay dos consideraciones. El tubo debería ir centrado respecto a la altura del woofer, así la radiación sonora sería perfectamente simétrica respecto de un plano horizontal. Pero si hacemos esto, saldrán frecuencias que no les corresponde por el tubo (medios) que "ensuciarán" el sonido). Por ese motivo y por evitar una carga espacial con la mesa (habitualmente estará apoyado en una mesa) se coloca en la parte de arriba.

Los drivers se colocan de manera que la distancia mínima entre el centro y el borde superior e inferior de la caja no sea igual que con los laterales. De esta forma se evitan problemas de difracción, que se acrecentarían con la regularidad de las distancias. También se colocan lo más cerca posible, con 0.5cm entre sus chasis.



El interior de la caja se forra de moqueta, y a la vez se sella el MDF con la cola de contacto utilizada para pegarlo. Se cubre absolutamente todo. La parte trasera lleva dos capas de moqueta.



Los drivers también se forran en la medida de lo posible con moqueta. Toda parte es susceptible de crear reflexiones, así que todas deberán llevar moqueta. Hay que tener cuidado de no tapar la ventilación del núcleo del woofer.



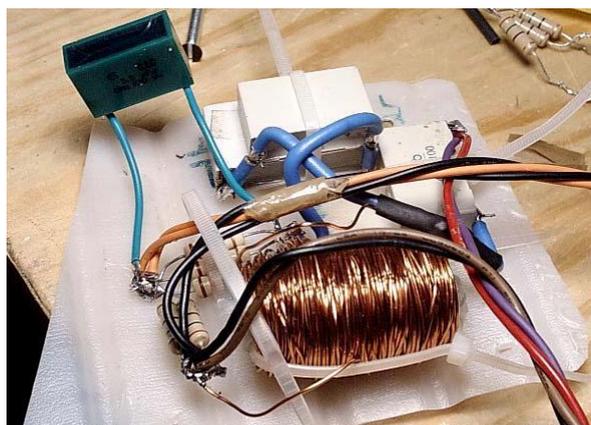
## EL FILTRO

El filtro que se requiere es un filtro duro. Los drivers están próximos al extremo de su rango, tanto inferior (tweeter) como superior (woofer)

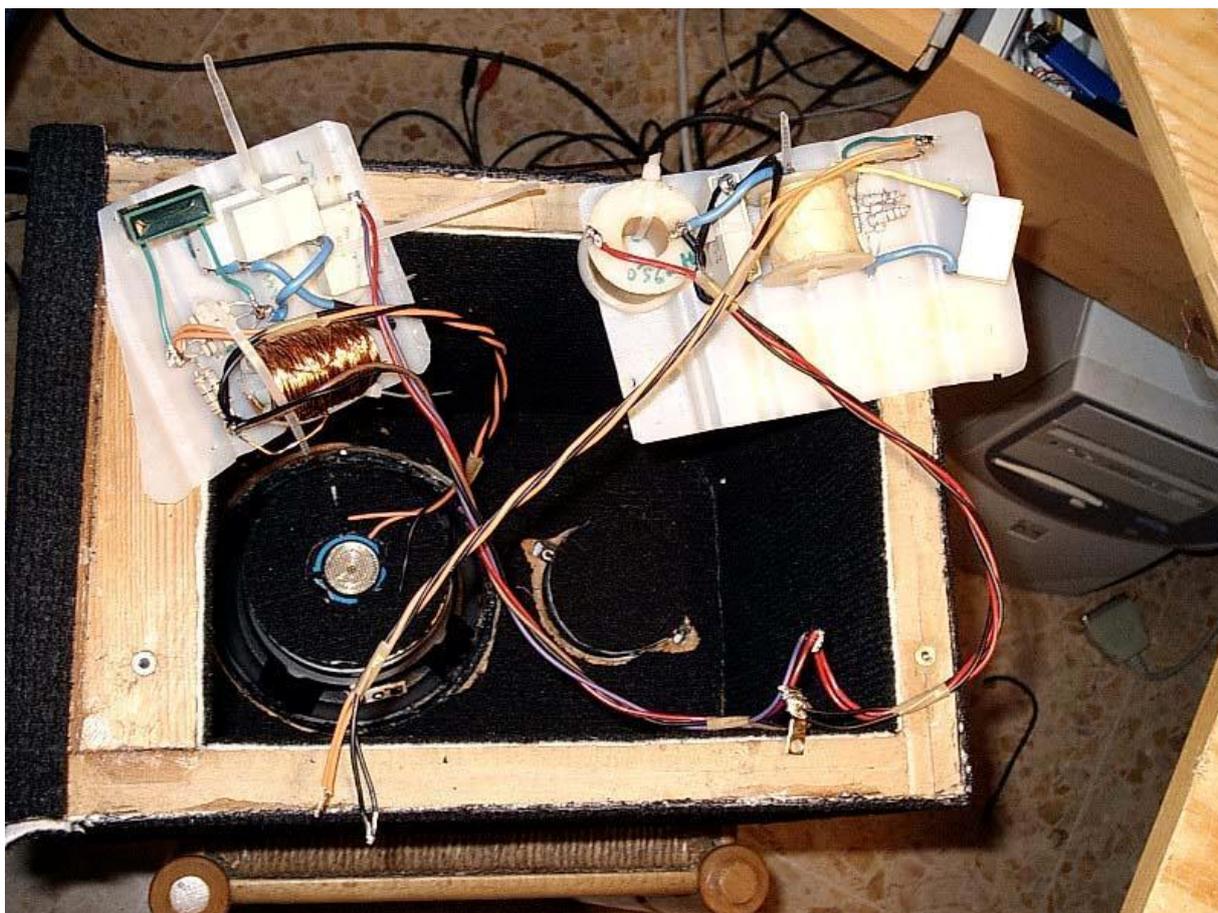
Se elige un filtro de 3er orden por es un filtro de gran dureza y a la vez mantiene la degradación de los componentes pasivos en niveles tolerables. Un filtro de 4º orden pasivo no conlleva grandes diferencias a oído, y el comportamiento del driver al final del rango es bueno por lo que se estima que 3er orden es suficiente.

La frecuencia de corte debe ser algo elevada al haber elegido un tweeter con diafragma pequeño. Se elige 2800Hz, lo que hace que el tweeter no reciba grandes interacciones con su  $Z$  y fase a  $F_s$  (los altos parámetros  $Q$  hacen que su comportamiento paso bajo tenga el punto de -3dB a menos de 1000 Hz ya que los polos están muy próximos a 1000Hz).

En esta primera versión del filtro se utilizan componentes como condensadores MKT en general y un MKP @100V (baja absorción dieléctrica y ESR) para la ecualización del tweeter. Las bobinas son de núcleo de aire pero en la versión definitiva se sustituirán algunas por otras de núcleo de ferrita, ya que por ejemplo en el tweeter su RDC es crítica, mejora el filtrado de baja frecuencia y eso reduce la IMD. A la derecha se ve el filtro del tweeter.



El material empleado para esa bobina será de grado N27 (una ferrita normal y corriente) que puede trabajar hasta 100kHz. Los valores requeridos son bajos, 0.6mH máximo y los fenómenos de saturación son difíciles de alcanzar en la bobina del tweeter. No así en la de 0.6mH del woofer, aunque si son (3 veces) más difíciles de alcanzar en la 2ª bobina del woofer, la de 0.2mH. Una solución sería poner de ferrita las de 0.2 y 0.3mH y dejar de aire la de 0.6mH.

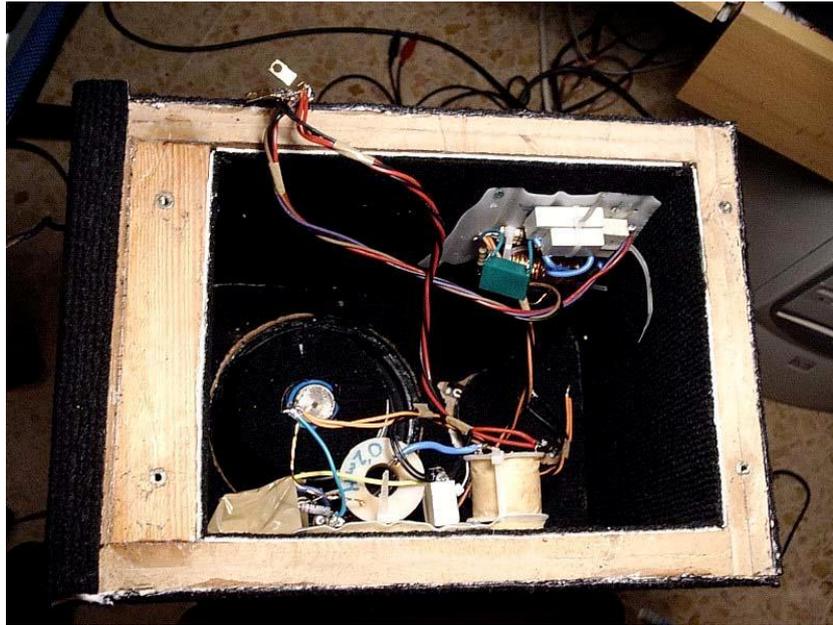


Las resistencias empleadas son de carbón de 2W, motivada por una elucubración acerca de la distorsión de cruce por cero creada por los microrectificadores Shottky que forman los óxidos en los metales (ver cables Van Den Hull). En cualquier caso no suena diferente de las de film metálico, y si suena mejor que una bobinada.

La distorsión armónica del tweeter a 3000Hz es de un 0,316%, con un tamaño grande en la barra de ferrita se puede conseguir que la distorsión de la bobina de ferrita sea baja. La distorsión del woofer es mucho menor. Pero otra parte, el hecho de que sea un filtro duro minimiza los efectos de esta distorsión, ya que ésta distorsión está presente sólo en la banda eliminada, lo que significa que un filtro de 1er orden con una bobina de ferrita no es una buena idea.

Como curiosidad, estas barritas y sus chasis de plástico distribuidas por Ariston son las que utiliza Beyma para hacer sus filtros.

Un tema muy importante con bobinas de núcleo de aire es ponerlas en perpendicular unas respecto de otras para que no se acoplen los campos magnéticos entre sí.



La colocación tiene su punto de importancia, el paso alto está en un lado y el paso bajo en el contrario.

Los cables utilizados son cable de cobre estañado forrado de teflón, de  $0.5\text{mm}^2$  de área y formando pares o cuartetos trenzados. Están sacado de un cable de telecomunicaciones. Lo más cortos posible.

Los conectores son conectores banana estándar. No se ha previsto bicableado ya que la distancia al amplificador será siempre inferior a 1 metro. En el interior todo va soldado excepto los contactos de atrás del conector banana, por si hay que separar la tapa trasera.

#### MATERIAL ABSORBENTE

El material absorbente utilizado en el interior es la moqueta y la fibra de poliéster. El modo y la cantidad consistieron en cubrir los laterales y tener especial interés en las esquinas y detrás del woofer. Se debe dejar un espacio libre para que el aire circule libremente desde el woofer hasta el port.



Pero la mayor novedad no está dentro sino fuera. La lucha contra la difracción y las pocas perspectivas estéticas me llevaron a forrar el monitor al completo con moqueta.

De esta forma las vibraciones de la caja no pasan al aire, y en el caso del frontal es donde realmente se evita la difracción. A la derecha se vé la manera de forrar con el menor número de cortes posible.



La gran absorción impide que se refleje sonido en el frontal, a pesar de que el reducido tamaño de la cúpula del T2010 hace que tenga una radiación sonora muy amplia. Se cubrió todo el frontal del T2010 con dos capas de moqueta, y se hicieron dos agujeros de prácticamente el mismo tamaño que la cúpula, para ayudar a la absorción del sonido radiado en todas las direcciones y que quede un ángulo menor.



Hay que pensar que normalmente estaré a poca dsitancia y que pretendo obtener información del altavoz, no recrear una escena que por otra parte no voy a poder recrear en estéreo, ya que sólo hay un monitor.



El objetido de neutralidad está cumplido de sobra, la elección de la frecuencia está muy acertada y en general no hay coloración. Por los graves hay alguna cosa que corregir. Recordamos que tenemos un pico en la respuesta del woofer que hemos decidido tener para que el comportamiento sea un término medio entre sellada (infinita) y bass-reflex. Con un trozo de fibra de poliéster rellenamos el tubo, que como indicaba nuestra simulación, silba a gran SPL. La fibra reduce la turbulencia el descontrol del paso del aire, Con la fibra se elimina este comportamiento. La chepa se reduce y la coloración también, llegando a confundirse con las resonancias creadas por la sala.

Al posicionar el monitor en uno de los 8 puntos áureos de la sala, y situarme en otro se advierte que no hay resonancias apreciables y ya no se tiene la sensación de que la caja "sólo produce una nota" como pasa en miles de subwoofers malos. El instrumento que más diferencias marca en la coloración alrededor de 100Hz (truco sucio promovido por las investigaciones en psicoacústica para tener la impresión de que hay más graves de los que en realidad hay), que es el bajo de acompañamiento demuestra cuando se perciben en el punto correcto los numerosos armónicos y cuándo una nota sobresale... y de manera obvia. Esta prueba queda superada pero queda todavía algún punto pendiente.

Cuesta hacerla chillar, y en esa situación está dominado por la THD por excesivo desplazamiento del tweeter. En música pop, preparada y predigerida para pantalls con poca extensión en graves se defienden de manera excelente, también en ciertas piezas de clásica con mucha cuerda y viento.

# ACABADOS

Existen 3 tipos diferentes de acabados aplicables a los cajones.

1. pintura texturizada: son múltiples capas de pintura que esta granulada, dando un acabado estético
2. Recubrimiento de fibra de vidrio: se utiliza para dar una mayor robustez a la madera y evitar el desgaste de la misma. Mas a delante anexamos el manual de la fibra de vidrio
3. Recubrimiento con fieltro: se pega el fieltro directamente a la madera, quedando la impresión de alfombrado.