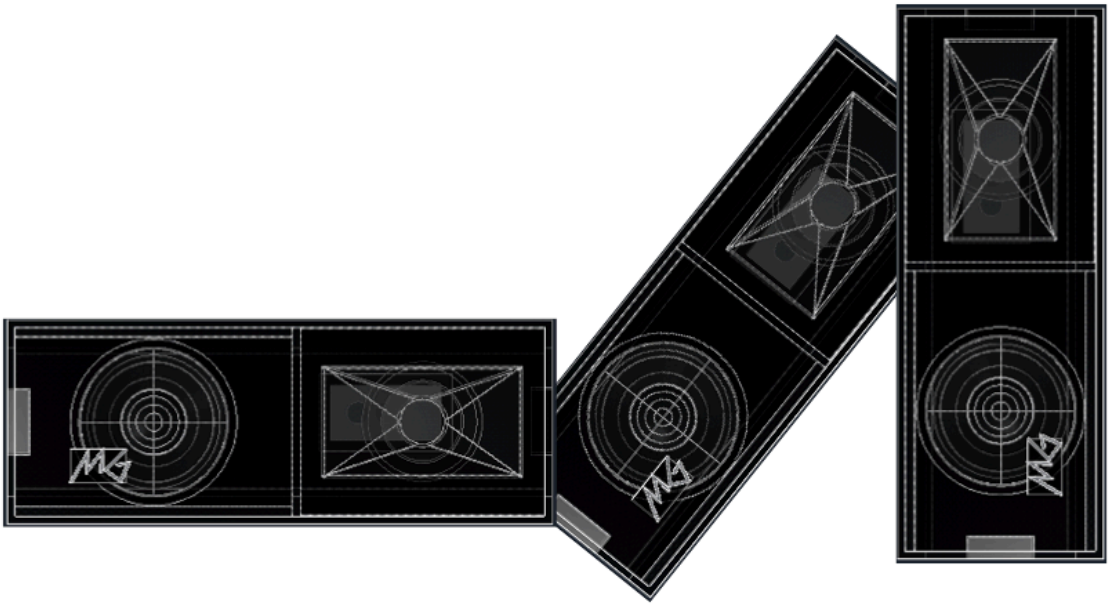
Recinto para altavoces

Integrantes:

- Gonzalo Cordovez
- Victor Martinez

Docente: Andrés I. Barrera
Fecha: 08 de Julio de 2011

Ingeniería en sonido



Índice

Introducción……..4

Fundamentos……...5

Desarrollo……...9

Conclusión……15

Apéndice……20

Introducción

En este informe se detalla el proceso de diseño y construcción del gabinete o caja acústica para un altavoz de 12” más un driver de 2”. Este detalle incluye el marco teórico del proceso más la experimentación y prueba por las distintas opciones de diseño, las que son gabinete cerrado y caja Bass Reflex.

Dentro de cada opción de cajas encontraremos a su vez las variables sobre el comportamiento del altavoz en frecuencias bajas que en definitiva definen como será el desempeño del gabinete en su conjunto. Esta es la elección de alineamiento lo que se especificará en el desarrollo del informe.

Fundamentos

Los fundamentos teóricos que nos permiten realizar el diseño de nuestro gabinete están sustentados por la teoría de 2 investigadores en el ámbito de la acústica, Richard Small y Neville Thiele, quienes en los 70's concluyeron y definieron una serie de parámetros presentes en los altavoces, datos fundamentales para el entendimiento de los altavoces y gabinetes en frecuencias bajas, que en definitiva son la guía adecuada para el diseño de estos últimos, esta información es conocida como los Parámetros Thiele-Small.

Si bien la teoría de Parámetros T-S es extensa, no se ahondará en eso en este informe ya que la finalidad de este no es esa, más se utilizarán directamente en las bases del diseño especificando en su momento cada uno de estos.

Conceptos de diseño

El primer concepto que sale a colación es el diseño de caja cerrada, esto es, un gabinete sin ningún tipo de salida de aire (Sonido), lo que implica que la irradiación sonora será exclusiva del altavoz, ahora es conveniente aclarar que dicha irradiación se ve afectada por el diseño del gabinete por ende el "sonido de la caja".

Si bien es necesario tener claro las analogías Acústica-mecano-eléctricas presentes en estos conceptos, se tomarán como sabidas o como "harina de otro costal", por lo que bajo este supuesto es posible definir.

- Frecuencia de Corte de la caja (F_c)
- Frecuencia cuando baja 3db (F_3)
- Frecuencia de resonancia del altavoz (F_s)
- Factor de pérdidas mecánicas, en caja cerrada (Qmc)
- Factor de pérdidas eléctricas, en caja cerrada (Qec)
- Factor de pérdidas totales, en caja cerrada (Qtc)

Caja Cerrada

Existen más parámetros T-S de relevancia que serán introducidos a medida que sea necesario.

Además de esta información es fundamental elegir el alineamiento, esto quiere decir, cual va a ser el comportamiento de la caja en su frecuencia de corte, la que esta definida según sus parámetros T-S, puede ser plana o no, dando como resultado la opción de 4 alineamientos de corte de frecuencia. Para el caso de caja cerrada:

1) Filtro genérico de 2º orden (-12db/oct)
2) Filtro Butterworth 2º orden (B2)
3) Filtro Bessel 2º orden (D2)
4) Filtro Chevychev 2º orden (C2)

Cada uno de estos alineamientos esta sujeto al parámetro Qtc del altavoz, y el uso de ellos permite con certeza entender cual será el comportamiento de la caja en la zona del corte de frecuencias (Bajas). Para el proceso de experimentación se especificará el porque se uso alguno en particular y como afectaría en la respuesta de frecuencias.

Es útil tener en cuenta que a raíz de que el recinto este cerrado, se producen problemas de eficiencia del altavoz debido al volumen comprimido en el interior, lo que en términos prácticos altera la respuesta en bajos de la caja, de hecho la disminuye.

Aún así es quizás la caja más fácil de diseñar y su sonido sigue siendo de muy buena calidad.

Las relaciones matemáticas que se utilizarán son las siguientes:

$$\frac{f_3}{f_C} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{Qtc^2} - 2\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{Qtc^2} - 2\right)^2 + 4}}{2}}$$

- Razón de Compliancias (Pantalla infinita y caja cerrada)

$$\alpha = \frac{Cas}{Cab}$$

Para cajas grandes $\alpha < 1$, caso contrario, cajas pequeñas α entre 1 y 10

- Relaciones de Parámetros T-S con "α"

$$\frac{f_C}{f_S} = \frac{Qec}{Qes} = \frac{Qtc}{Qts} = \sqrt{1+\alpha}$$

$$\frac{Qmc}{Qms} = \sqrt{1+\alpha}$$

(valida cuando la caja es sin relleno)

- Criterio de Small dado el tamaño

$$EBP = \frac{fs}{Qes}$$

Con EBP <50> Caja Cerrada y EBP= 100, para Bass Reflex

$$\alpha = \frac{Vas}{Vb}$$

Donde V_b es el volumen de la caja y Vas Parámetro T-S

Además de estos valores es necesario tomar en cuenta cual será la forma de la caja en cuanto a las proporciones y como va ubicado el altavoz en esta, esto ya que dentro del gabinete se producen ondas estacionarias que afectarán al sonido final, así como el efecto de difracción que ocurre en los bordes de esta. Bajo estas condiciones el revestimiento o relleno de la caja ayuda enormemente a que estos factores disminuyan en el resultado sonoro sin tener que tratarlos como un problema adicional.

Bass Reflex

Para el caso en que eligiéramos un gabinete con Bass Reflex, lo que implica un ducto que resuena en alguna frecuencia elegida para reforzar la respuesta en bajos (comúnmente bajo 100 Hz), necesitamos elegir otro tipo de filtros de corte, los que son:

1) Filtro Butterworth de 4º orden (B4)
2) Filtro Chevychev 4º orden (C4)
3) Filtro Sub-Chevychev 4º orden (SC4)
4) Filtro Butterworth casi 3º orden (QB3)

Además necesitamos la relación matemática:

$$h = \frac{f_B}{f_S},$$

donde h es la relación de sintonía entre la frecuencia de resonancia del altavoz y la frecuencia de resonancia del tubo bass réflex.

De la tabulación de Dickason es posible obtener el valor de h, α y F_3 tiendo el rango de volumen de la caja y el factor de pérdidas totales Qts del altavoz.

Dependiendo de la elección final del tipo de caja, en el caso de ser Bass Reflex se deben consideran las condiciones de dimensionamiento del tubo, que al momento de la elección se comprobarán.

Desarrollo

Los componentes elegidos para llevar acabo este proyecto son:

- L 12L750 del fabricante RCF
- N850 del fabricante RCF

Los parámetros T-S de estos drivers son los que se detallan a continuación:

L 12L750

Thiele - Small Parameters [4]			
Resonance frequency	Fs	62	Hz
DC resistance	Re	5.2	ohm
Mechanical factor	Qms	4.1	
Electrical factor	Qes	0.29	
Total factor	Qts	0.27	
BL Factor	BL	18.8	T · m
Effective Moving Mass	Mms	50	gr
Equivalent Cas air load	Vas	52	liters
Effettive piston area	Sd	0,053	m^2
Max. linear excursion (mathematical) [5]	Xmax	3.5	mm
Voice - coil inductance @ 1KHz	Le1K	1.25	mH
Half-space efficiency	Eff	4.12	%

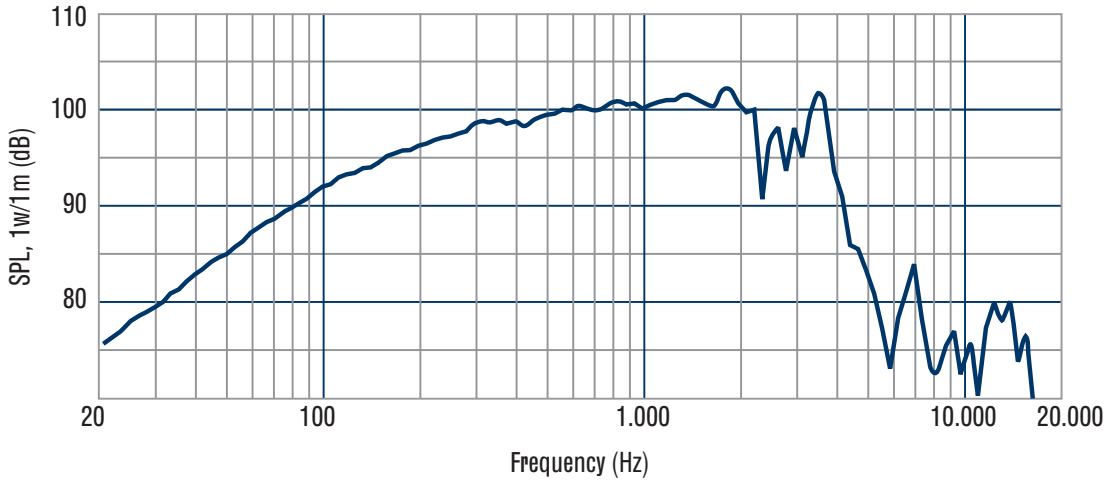
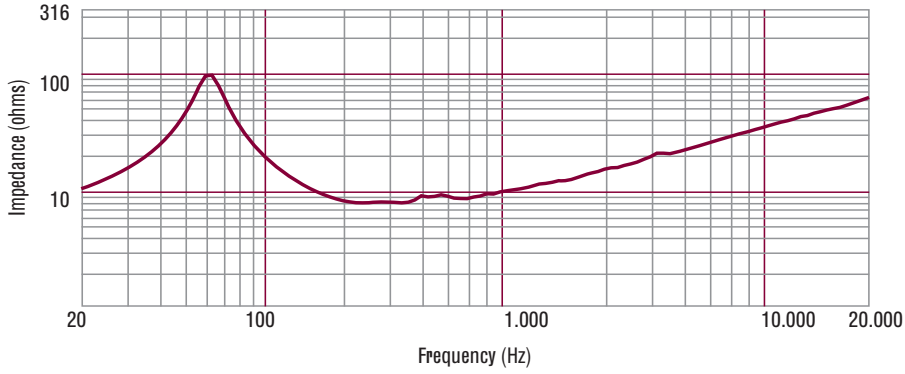


Fig.1 Gráfico de respuesta de frecuencia del altavoz L12L750



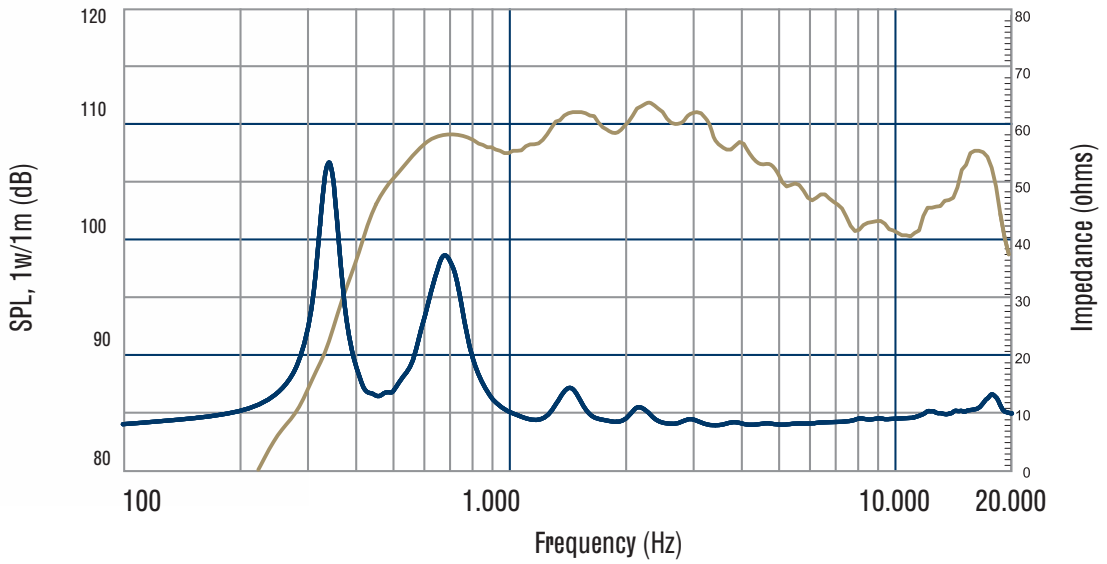
Impedance magnitude curve measured in free air.

Fig. 2 Gráfico Impedancia

N850

General Specifications

Exit Throat Diameter	50.8/ 2	mm/inch
Rated Impedance	8	ohm
Power handling capacity[1]		
continuous program above 1.2 kHz	180	Watt
AES above 1 kHz	90	Watt
Sensitivity 1 W, 1 M, on axis, on horn[2]	109	dB
Frequency Range[3]	500 - 20000	Hz
Diaphragm Material	Pure Titanium	
Suspension Material	Mylar	
Suspension Design	Radial	
Minimum Impedance	8.8 ohm at 3500 Hz	
Voice Coil Diameter	74.4/3.0	mm/inch
Voice Coil Material	Edgewound aluminum	
Voice Coil Former Design	Straight -Kapton	
Number of layers	1 - Outside	
BL Factor	12	T · m
Flux Density	1.85	T
Phase Plug Design	3 slot	
Phase Plug Material	Composite	
Magnetics	Ceramic	
Voice Coil Demodulation	Copper ring	



Frequency response and electrical impedance curve of the compression driver mounted on 90°H x 40°V horn with input signal of 2.83 Volt.

Fig.3 Gráfico combinado de respuesta de frecuencia
e Impedancia de Driver

Propuesta Nº1

Recinto Bass Reflex según alineamiento QB3

H	**1,6105**
α	**3,409**
$f3/fs$	**1,9674**

$f3$	**122Hz**
fb	**100Hz**
Vb	**15,25L**
Vd	**1,855x10^-4**
a	**0,129886**
av	**0,043m**
dv	**0,136m**
Lv	**0,2025m**

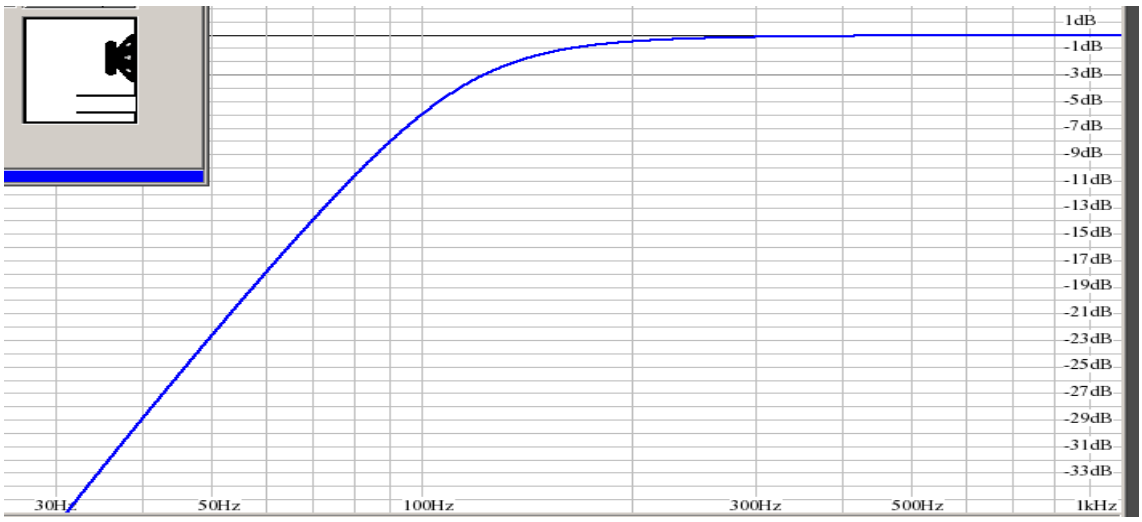


Fig.4Proyección de respuesta para filtro QB3

Este diseño fue realizado con la tablas de alineamiento, luego de grafico con winISD modificando los datos a conveniencia

Propuesta Nº2

Recinto Bass Reflex según winISd modificando el volumen a conveniencia.

$f3$	86,43Hz
fb	93,43Hz
Vb	30L
Vd	A,855x10^-4
av	0,043m
dv	0,1316m
Lv	0,0752m

Este diseño fue realizado completamente en winISD, en winISD, salvo el calculo del el calculo del ducto el cual se ducto el cual se saco a mano, saco a mano, luego se calculo luego se calculo su a su a equivalente para poder para poder diseñar el duco

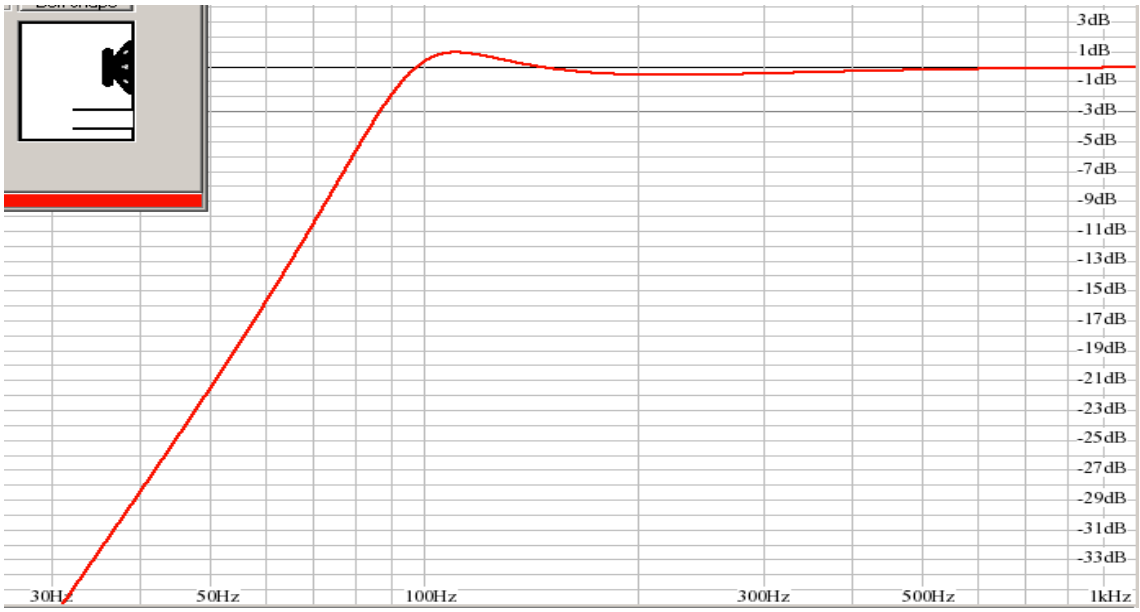


Fig. 5 Proyección de respuesta para filtro propuesto por Software WINISD

Los datos finales del calculo del duco se comentan en las conclusiones.
La idea de realizar un ducto rectangular es solo por apariencia.

Propuesta Nº3

Recinto Closed box con alineamiento D2

Qtc	0,577
α	3,5669
Vb	14,578
fc	132,5Hz
$f3$	168,7Hz

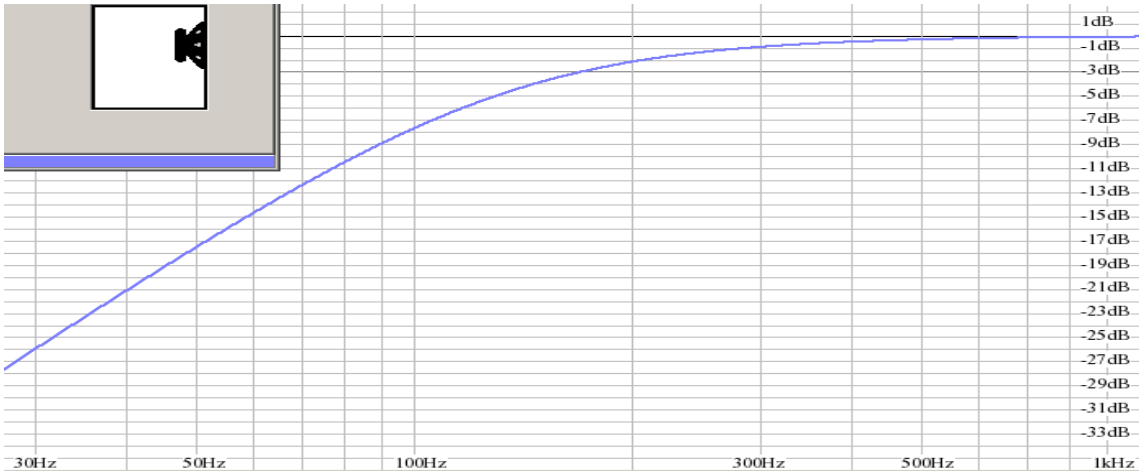


Fig. 6 Proyección de respuesta para filtro D2 8 (Caja cerrada)

Este diseño de caja cerrada, cumple con las restricciones de dimensionado, sin embargo, su respuesta no es del todo eficiente por lo que no se considera una buena alternativa

Propuesta Nº4

Recinto Closed Box 100% rellena con alineamiento C4

Qtc	0,8
Qmc	5
Qec	0,952
α	9,776
Vab	5,319
Vb	4,25

Este diseño de caja no es aplicable a este tipo de parlante, ya que usando un alineamiento, ente el cual el resultado sea una caja de gran tamaño, el resultado no es satisfactorio. La caja es demasiado pequeña

Conclusión

Si hacemos funcionar al aire libre, un componente este moverá el aire produciendo ondas sonoras por su parte delantera, pero también por la posterior. Ambas ondas serán idénticas en amplitud, pero estarán opuestas en fase.

O dicho de otra manera, el cono "empujará" al aire de la parte delantera, pero “absorberá” al de la trasera generando ondas de signo contrario, lo que producirá un “cortocircuito” acústico. Este fenómeno carece de importancia para las frecuencias altas puesto que son muy direccionales.

Pero las ondas sonoras de las frecuencias bajas se propagan en todas direcciones, por lo que las de la zona anterior del cono, “chocarán” con las de la parte trasera. Como son de signo contrario (desfasadas 180º), su efecto quedará anulado y el oído no las percibirá.

La solución pasa por “encerrar” la onda trasera del cono en el interior de una caja y de ahí el principio de la caja cerrada, pero cuyo rendimiento es muy bajo. En el diseño de cajas Bass Reflex.

Queda claro que el tipo de caja escogida es un Bass Reflex, que según los datos obtenido por los diseños propuestos, además de una idea previa del diseño del recinto, la propuesta escogida para llegar a consolidar es la número dos. Esta propuesta presenta un volumen de 30 litros, el primer paso será sumar a este volumen los volúmenes que ocuparan los componentes, el ducto y el material de relleno (lana de vidrio de 2,5cm de espesor). Lugo procederemos con el dimensionado.

Componente de medias y bajas frecuencias (L 12L750)

Volumen ocupado por el driver: 2,9litros

Volumen ocupado por el ducto: despreciable

Volumen ocupado por la lana de vidrio: despreciable

volumen de Vb: 30litros

volumen total: 32.9

Ahora procedemos a dimensionar el gabinete, considerando los siguientes factores:

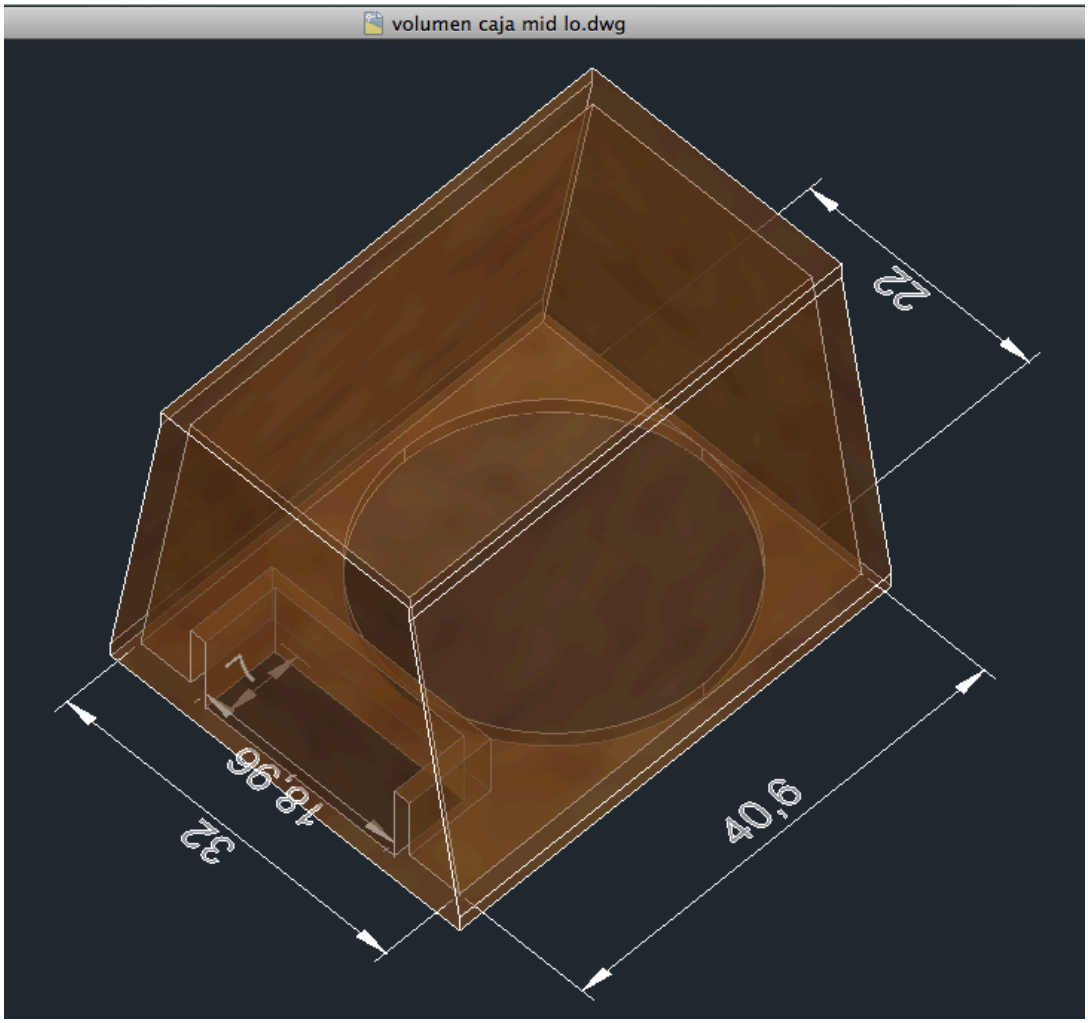
la madera a utilizar será un terciado de 15 milímetros de espesor la cual nos ofrece una buena rigidez.

El modelo de la caja será un paralelepípedo trapezoidal, el cual nos ayuda a evitar paralelismos interiores, el ángulo de inclinación de la paredes de la caja será de 10º.

En cuanto al relleno del gabinete, según Dickason (2008), ya que la inclusión de amortiguamiento interior de material absorbente acústico es tan efectiva en la eliminación de ondas estacionarias, las medidas acerca de la forma de la caja y de dimensiones son secundarias.

Producto del diseño del gabinete es necesario dividir el volumen interior en dos secciones, una para cada componente.

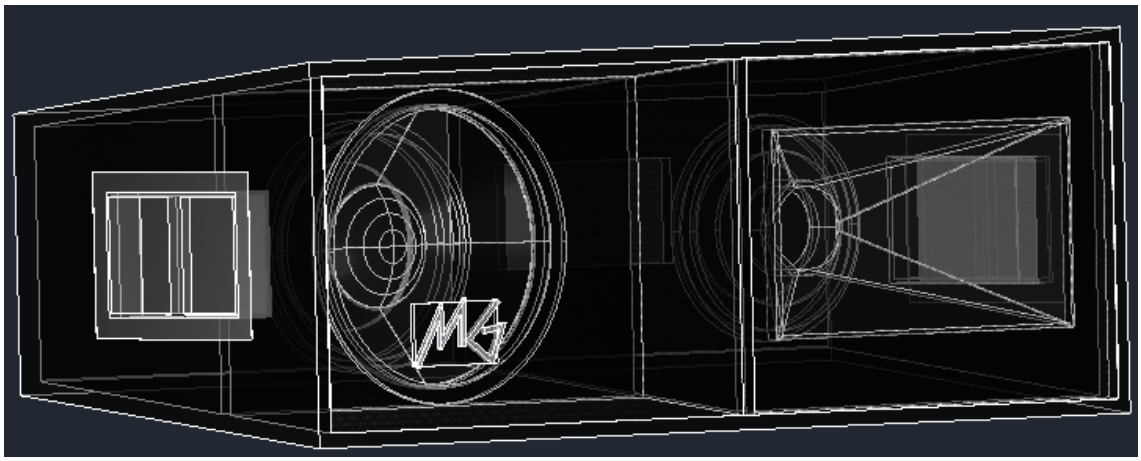
El diseño de la sección de medios-bajos será el siguiente con un volumen de 32,9 litros:



Las dimensiones indicadas se encuentran en centímetros y demuestran el volumen real (interno), la profundidad del gabinete como del ducto son de 30cm y 7.52cm respectivamente.

La sección de altas frecuencias se ensamblara a un guía de ondas de directividad constante. Con una cobertura de 90X40. Lo que permitirá un acople en arreglos tipo cluster de punto de origen, en su configuración vertical, o en formato lineal en su configuración horizontal.

El diseño del gabinete con sus componentes tendrá la siguiente apariencia: Cabe destacar que el componente de medios-bajos se encuentra desplazado 16,3 centímetros con el fin de hacer coincidir los centros magnéticos de ambos componentes para evitar diferencias de tiempo, además al ser configurado en arreglo, como la distancia entre los centros de los componentes de medias y bajas frecuencias en tan baja (42cm) estos se comportaran como una sola fuente hasta los 405Hz, frecuencia donde se produciría la primera cancelación que en el caso de estar configurada con mas de 4 cajas esta se traduciría en un lóbulo de -12dB. La caja generaría una cobertura cardiode la cual siria mas direccional conforme se agregan cajas y se les da altura siendo el factor K*a el que describe esta cualidad, donde K*a debe ser menor a dos, cuando "a" es el radio del altavoz y "K" es $\frac{2\pi f}{c}$ (f es el limite de la frecuencia para la que este factor es menor o igual a 2) en este caso la frecuencia es 711Hz .



Respuesta de frecuencia de los componentes en pantalla infinita y solapado en 2000Hz

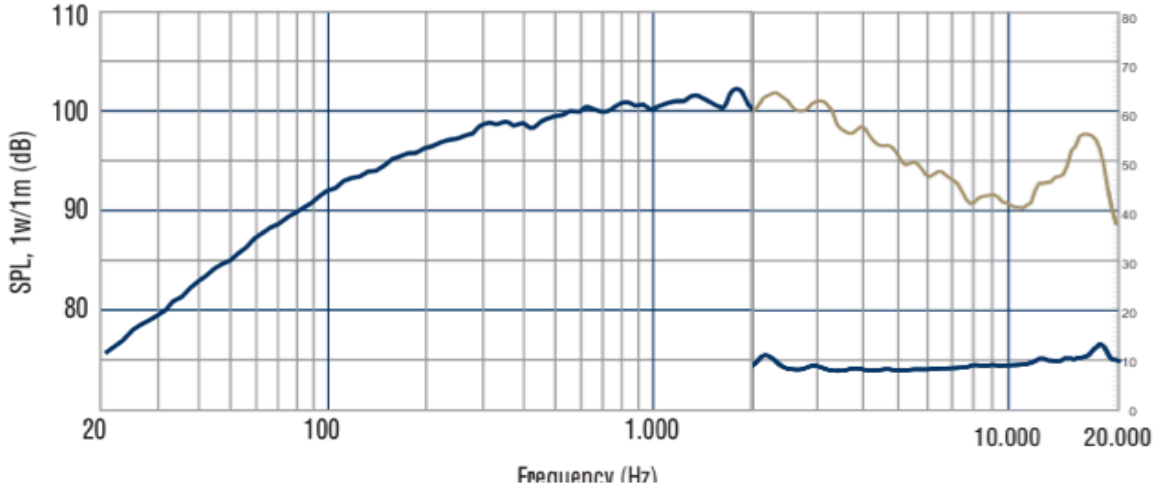
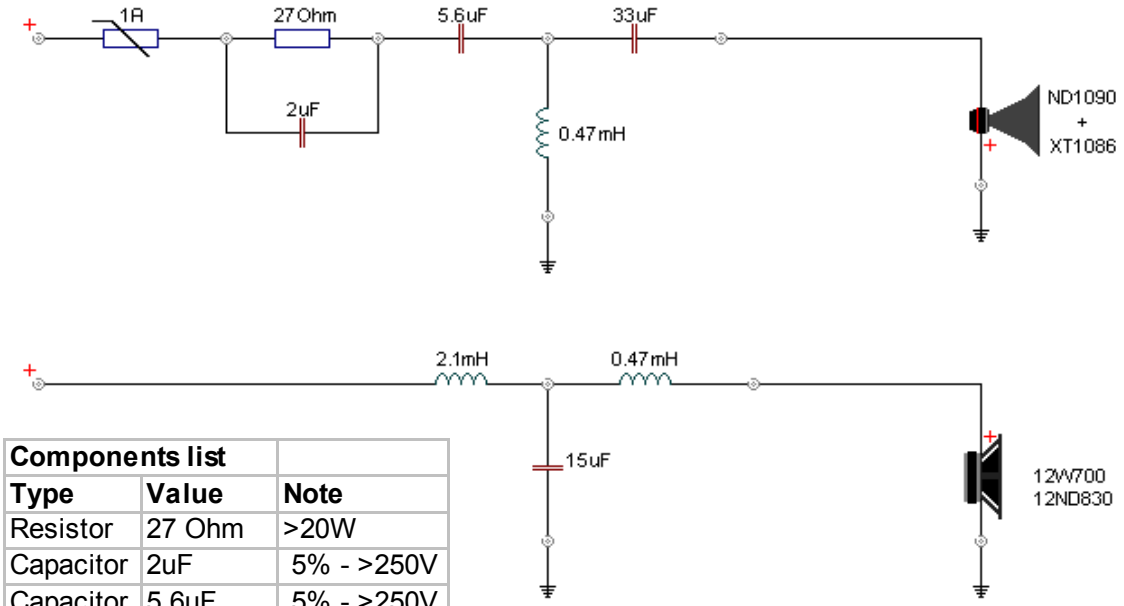


Fig. 7 Respuesta de Frecuencia de ambos componentes
Funcionando juntos

El echo de que los componentes funcionen juntos y no sufran daño al recibir solo una señal con todo el espectro de frecuencia se debe a que los componentes están protegidos por un circuito llamado crossover el cual divide la seña en dos enviando solo lo que cada componente debe reproducir. Este filtro en particular tiene las siguientes características: esta sintonizado en para un cruce en 1500Hz.



Components list		
Type	**Value**	**Note**
Resistor	27 Ohm	>20W
Capacitor	2uF	5% - >250V
Capacitor	5.6uF	5% - >250V
Inductor	0.47mH	<0.4 Ohm
Capacitor	33uF	5% - >250V
Inductor	2.1mH	<1.4 Ohm
Capacitor	15uF	5% - >250V
Inductor	0.47mH	<0.4 Ohm
PTC	1A	

Apéndice

Ecuaciones relacionadas:

Bass Reflex

$\mathfrak{f}3$	$fs * {}^{f3}/_{fs}$
$\mathfrak{f}b$	$fs * H$
$\mathcal{V}b$	$\frac{Vas}{\alpha}$
$\mathcal{V}d$	$Sd * Xmax$
a	$\sqrt{\frac{Sd}{\pi}}$
$a\mathcal{v}$	$\geq \frac{a}{3}$
$d\mathcal{v}$	$\geq \sqrt{fb * \mathcal{V}d}$
$\mathcal{L}\mathcal{v}$	$\frac{c^2}{4\pi} * \frac{av^2}{fb^2 * Vb}$

Closed Box vacía

Qtc	$\frac{Qmc * Qes}{Qmc + Qes}$
α	$\left(\frac{Qtc}{Qts}\right)^2 - 1$
$\mathcal{V}b$	$\frac{Vas}{\alpha}$
$\mathfrak{f}c$	$fs\sqrt{\alpha + 1}$
$\mathfrak{f}3$	$fc\sqrt{\frac{\left({}^{1}/_{Qtc^2} - 2\right) + \sqrt{\left({}^{1}/_{Qtc^2} - 2\right)^2 + 4}}{2}}$

Closed box 100% rellena

Qec	$\frac{Qtc * Qmc}{Qmc - Qtc}$
α	$\left(\frac{Qec}{Qes}\right)^2 - 1$
$\mathcal{V}ab$	$\frac{Vas}{\alpha}$
$\mathcal{V}b$	$\frac{Vab}{1{,}25}$