

Guía básica de uso de subwoofers  
en aplicaciones de sonido en vivo:  
**15 conceptos que todo  
integrador debería conocer**

The AVIXA logo consists of the word "AVIXA" in a bold, white, sans-serif font. The text is centered within a red, five-pointed star shape that has a white outline and a slight gradient. The star is positioned in the bottom left corner of the page, overlapping the yellow and teal background elements.

**AVIXA**



# 15 conceptos que todo integrador debería conocer

*Esta guía mínima está basada en la conferencia "Arreglos de subwoofers, ideas generales" presentado por Michael "Mija" Krieg y Juan Camilo Salazar, especialistas de Soluciones de Audio de la empresa Robert Bosch, durante el Congreso AVIXA.*

En algunas latitudes existe una fascinación por las frecuencias graves, sea por cuestión cultural o porque los ritmos musicales así lo ameritan. En Latinoamérica amamos "los bajos" y eso da pie al uso extensivo y generalizado de subwoofers en eventos pequeños, medianos y grandes. Para hacerlo bien, los ingenieros de sistemas, los personajes que se encargan del diseño e implementación de un sistema de audio dentro de un recinto, deben recurrir a su conocimiento, experiencia, programas de predicción y al tiempo, porque alinear subwoofers requiere paciencia.

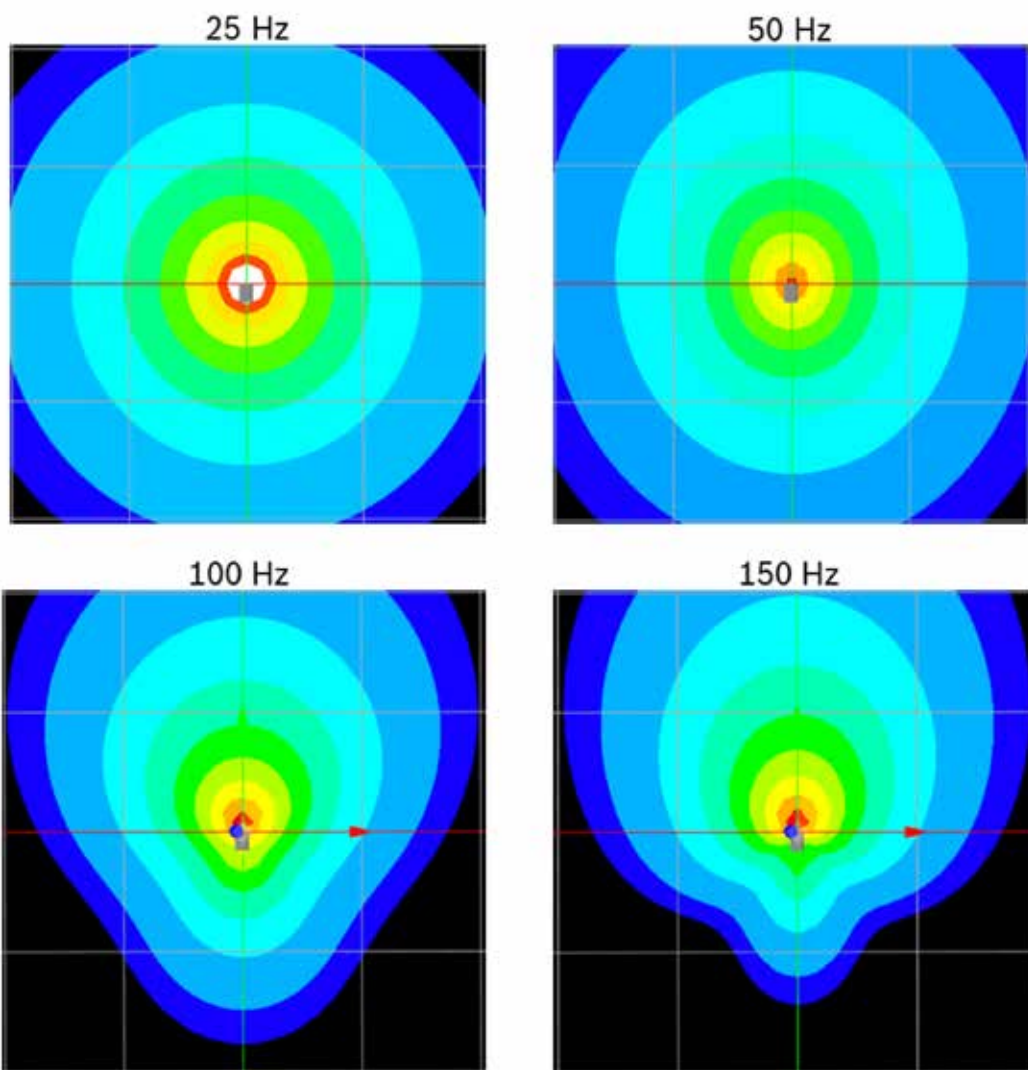
A partir de la conferencia de **Michael "Mija" Krieg y Juan Camilo Salazar**, en un reciente Congreso AVIXA, hemos recopilado **15 ideas** que sirven como guía mínima en el uso de subwoofers para aplicaciones de sonido en vivo:

**1** - Los subwoofers, en general, operan desde 20 y hasta 160 Hz. Como sabes, estas son las frecuencias más bajas que puede captar el oído humano, y además son aquellas cuya vibración también podemos percibir en el cuerpo.


**2** - Para entender el comportamiento de los subwoofers debemos tener en mente dos conceptos teóricos: la longitud de onda y el período. La longitud de onda, representada con la letra griega lambda ( $\lambda$ ), se refiere a la distancia recorrida, expresada en metros, por una onda al desenvolver un ciclo completo de determinada frecuencia. El período se refiere al tiempo, expresado en milisegundos, que le toma a determinada frecuencia completar un ciclo. Por ejemplo, para 20 Hz tenemos una longitud de onda de 17 metros y un período de 50 ms, mientras que para una frecuencia mayor como 160 Hz el período es de 6.25 ms y la longitud de onda 2.12 metros.

**3** - Casi todo lo que tiene que ver con el comportamiento acústico de una fuente o un arreglo de altavoces es relativo a la longitud de onda. Una caja o un arreglo es “grande” si sus dimensiones representan más de una longitud de onda de la frecuencia a estudiar. Un arreglo es “pequeño” si sus dimensiones son inferiores a media longitud de onda. En las fuentes sonoras, la direccionalidad es inversamente proporcional a la dimensión de la fuente. Si una fuente es pequeña su cobertura es amplia, es decir, tiene poca directividad; si la fuente es grande, su cobertura es estrecha, o más directiva. Recuerda que “pequeño” y “grande” se miden en términos de longitud de onda, no en pies o metros.

**4** - Por su proporción respecto a las dimensiones de un subwoofer, las bajas frecuencias tienden a ser omnidireccionales. Un solo subwoofer es esencialmente omnidireccional en el rango de frecuencia más bajo, por ejemplo, debajo de los 30 Hz. Esto significa que deberías escuchar, y sentir, el mismo sonido en todas las direcciones del altavoz. Pero entre más aumenta la frecuencia más direccional se vuelve, esto se vuelve más evidente a partir de los 80 Hz. En las frecuencias más altas que reproduce un subwoofer encontraremos mayor energía al frente del sub y mayor atenuación en la parte posterior.

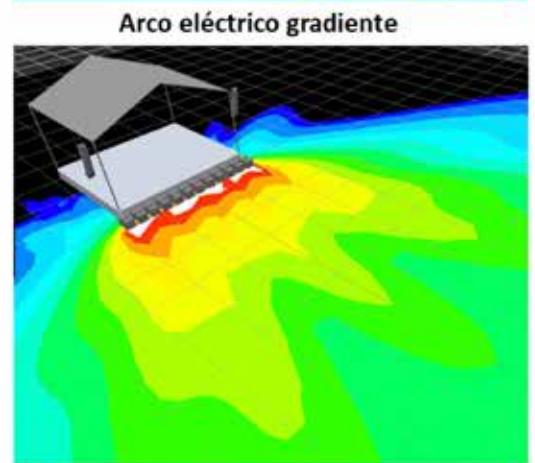
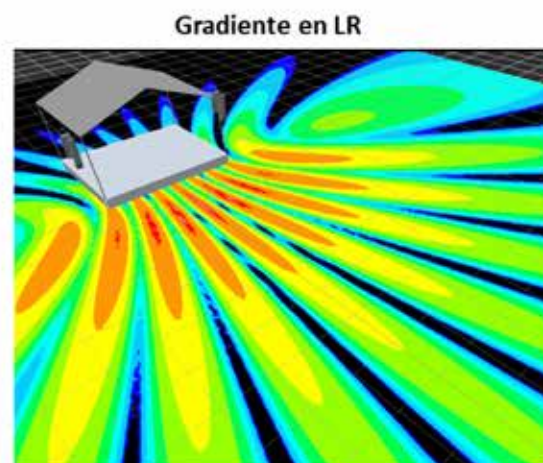
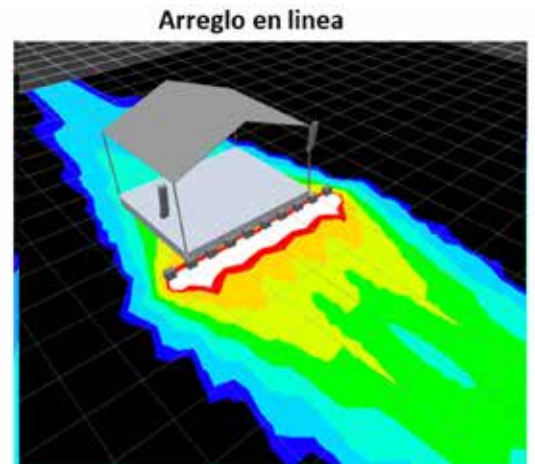
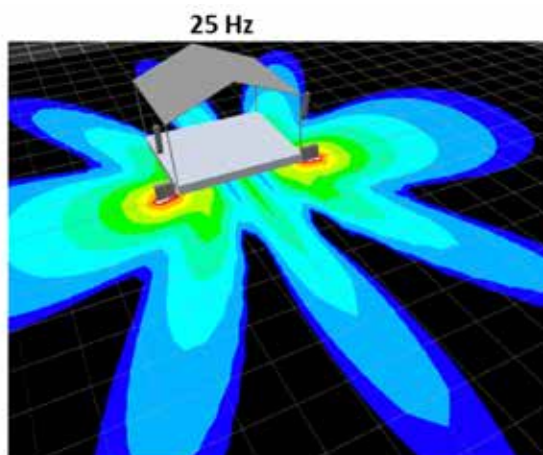


Predicción realizada desde PREVIEW



**5** - Un solo subwoofer tiende a ser omnidireccional, pero el comportamiento de un arreglo de subwoofers es tanto más complejo. Los diferentes arreglos disponibles tienen un comportamiento específico y son las herramientas de un diseñador de sistemas de sonido. Algunos logran mayor impacto en los graves y otros logran mayor control directivo o cobertura más homogénea.

**6** - Al diseñar un arreglo de subwoofers se debe poner en la balanza qué es más importante para el proyecto: el impacto, el control directivo o la cobertura. Ya sea en instalaciones como; un restaurante o una discoteca, o en sonorizaciones orientadas a: grupos sinfónicos, bandas de rock, festivales o raves de música electrónica cada proyecto tiene necesidades específicas. Para cada uno hay un abanico de posibilidades en términos de arreglos de subwoofers.



**7** - En términos generales se conocen estos arreglos de subwoofers:

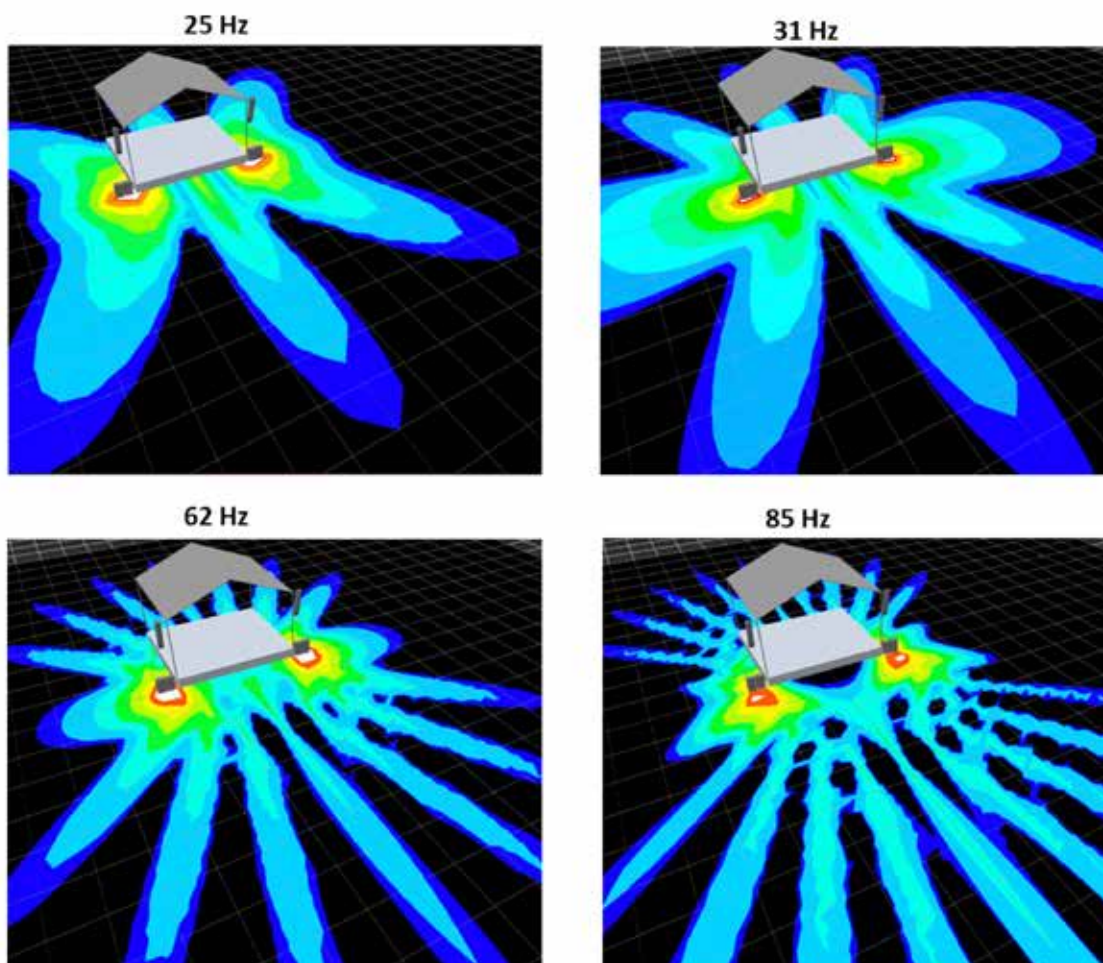
- Arreglos L-R
- Arreglos en línea
- Arco y Arco Electrónico
- Arreglos End Fire
- Arreglos gradientes y gradiente con sub invertido

8 - Algunos arreglos pueden combinarse entre ellos como, por ejemplo:

- Arreglos End Fire en L-R
- Arreglos gradientes en L-R
- Arreglos gradientes en línea
- Etc..

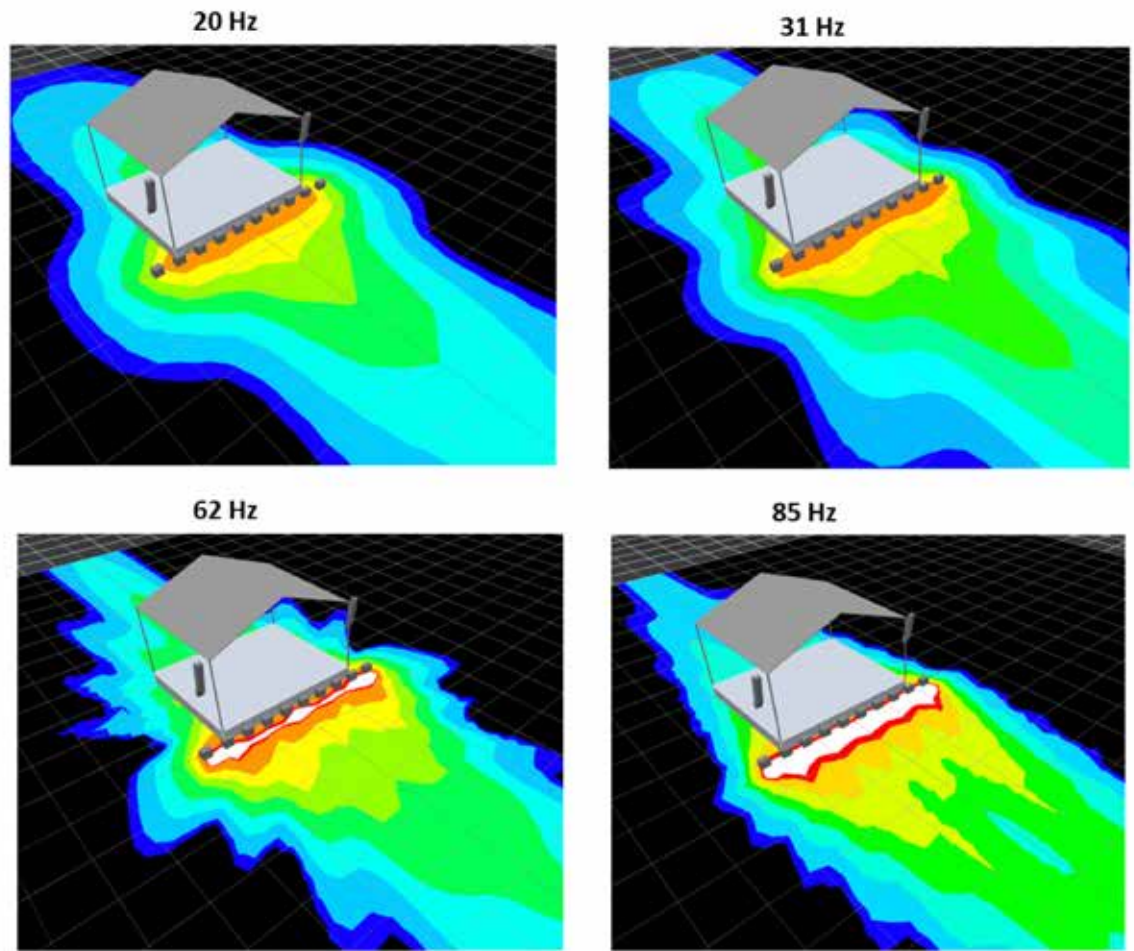


**9** - Los arreglos **L-R** son simplistas y son los reyes del impacto. Proponen ubicar subwoofers a cada lado del escenario, debajo del sistema principal de altavoces. Al diseñar un arreglo L-R se debe tener en cuenta la interacción que habrá debido a la separación del arreglo izquierdo (L) y el derecho (R). La diferencia de tiempo en el arribo del sonido en cada posición del recinto causara una serie de sumas y cancelaciones. Este fenómeno se conoce como filtro de peine y resulta en una cobertura poco homogénea a lo largo del recinto. Resulta en una suma extraordinaria al centro del arreglo, donde ambos arreglos llegan al mismo tiempo y es ahí donde suele ubicarse el FOH, pero a los lados habrá pasillos de sumas y cancelaciones. Vale la pena resaltar que el este comportamiento de sumas y cancelaciones no puede ser corregido por ningún proceso de EQ y que no es homogéneo a lo largo del espacio, por esto el L-R es el rey del impacto, pero carece de cobertura homogénea.





**10** - Una alternativa para solucionar la serie de sumas y cancelaciones, también conocidos como pasillos de cancelación, es usar un solo arreglo central. Esta es una solución interesante en eventos chicos y medianos, pero difícil de implementar en recintos grandes.

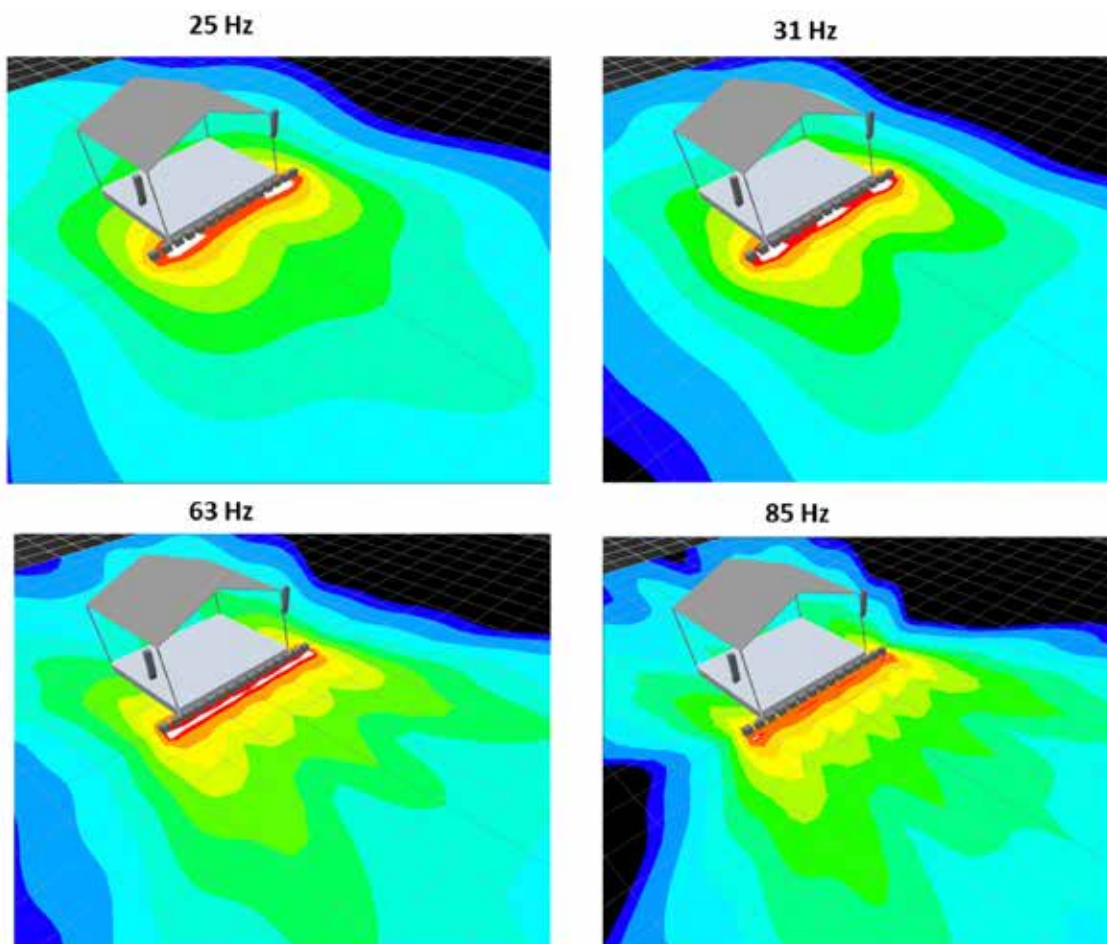


|| - Por otro lado, existen los arreglos en línea, que proponen crear una línea de subs al frente del escenario. Los arreglos en línea ofrecen mayor control directivo y, por ende, reducen los pasillos de cancelación de los arreglos LR. Los arreglos de subs en línea proponen colocar una serie de subs al frente del escenario creando así una línea. Cada subwoofer, o stack de subwoofers, debe estar separado del subwoofer adyacente por una distancia constante. La separación entre elementos debe calcularse de tal modo que la distancia del centro de un sub al centro del sub vecino no rebase  $\frac{2}{3}$  partes de la longitud de onda mas alta a reproducir en el arreglo. La principal virtud de los arreglos en línea es patrón de cobertura estrecho que ofrecen. Entre las desventajas de estos arreglos podemos mencionar que ofrecen menor impacto y que generan grandes lóbulos laterales por arriba de la frecuencia de diseño.

**12** - Los arreglos de subwoofers en arco proponen “curvar” un arreglo en línea formado así un arco. No son muy populares en la industria, principalmente por dos motivos: Requieren mucho espacio frente al escenario y generan una gran suma de graves al centro del escenario. Sin embargo, cuentan con una gran virtud que vale la pena estudiar. Los arreglos en arco ofrecen una cobertura más amplia y homogénea que los arreglos en línea, al menos al frente del arreglo... Además, la cobertura del arreglo puede adaptarse fácilmente a la geometría del recinto.

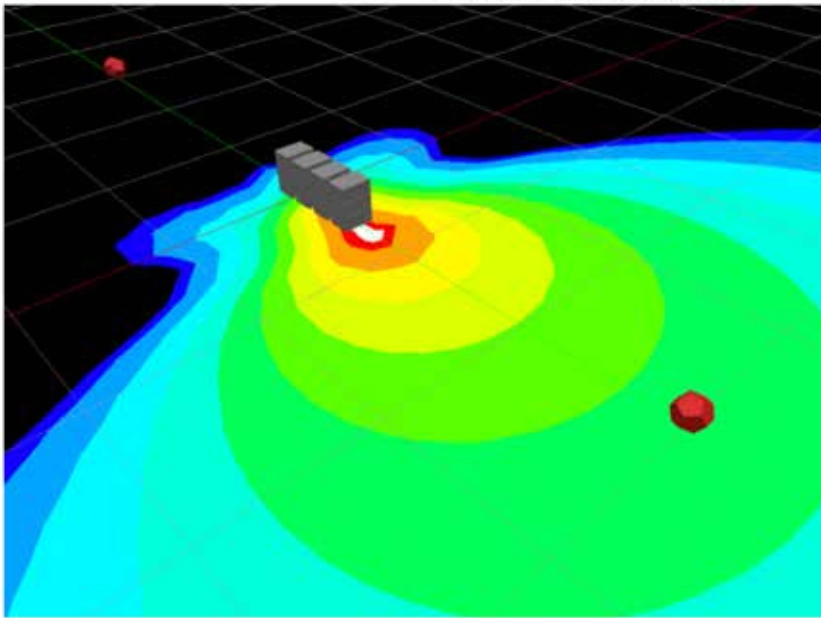


**13** - Los arreglos de arco electrónico retoman el principio de funcionamiento de los arcos físicos, pero en lugar de “curvar” físicamente la línea de subs simulan el arco por medio de retraso electrónico, o delay, en la señal. Los arcos electrónicos hoy en día son sencillos de diseñar desde un programa de predicción. Físicamente son muy similares a un arreglo en línea, sin embargo, la señal de cada par de subwoofers debe ser retrasada. Otra consideración importante de estos arreglos es la separación entre elementos, misma que se ve exagerada frente a la regla de  $2/3$  partes de la longitud de onda más aguda de los arreglos en línea. Debido al procesamiento en la señal podemos encontrar lóbulos de suma lateral antes de la frecuencia de corte y el único remedio es disminuir la distancia entre subs. Los arcos electrónicos son los reyes de la cobertura, sin embargo requieren de mucho cuidado en el diseño, mucho procesamiento y menor separación entre fuentes.

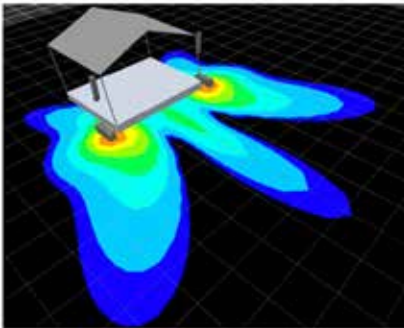


Predicción realizada desde PREVIEW

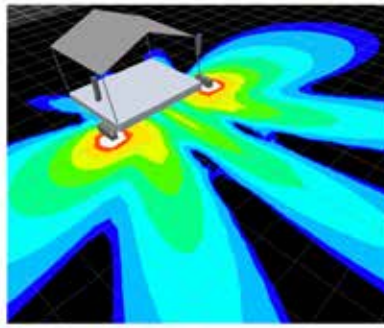
Predicción realizada desde PREVIEW



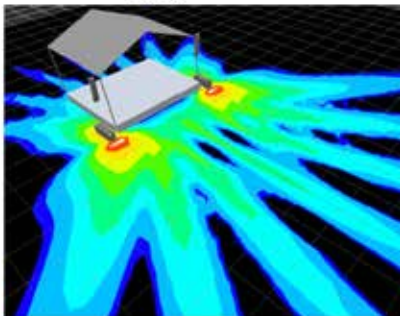
25 Hz



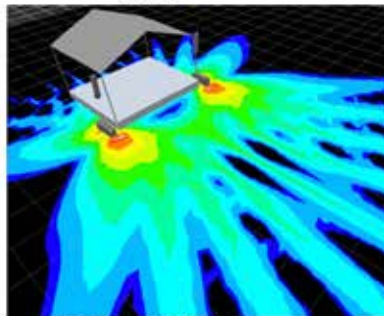
31 Hz



63 Hz



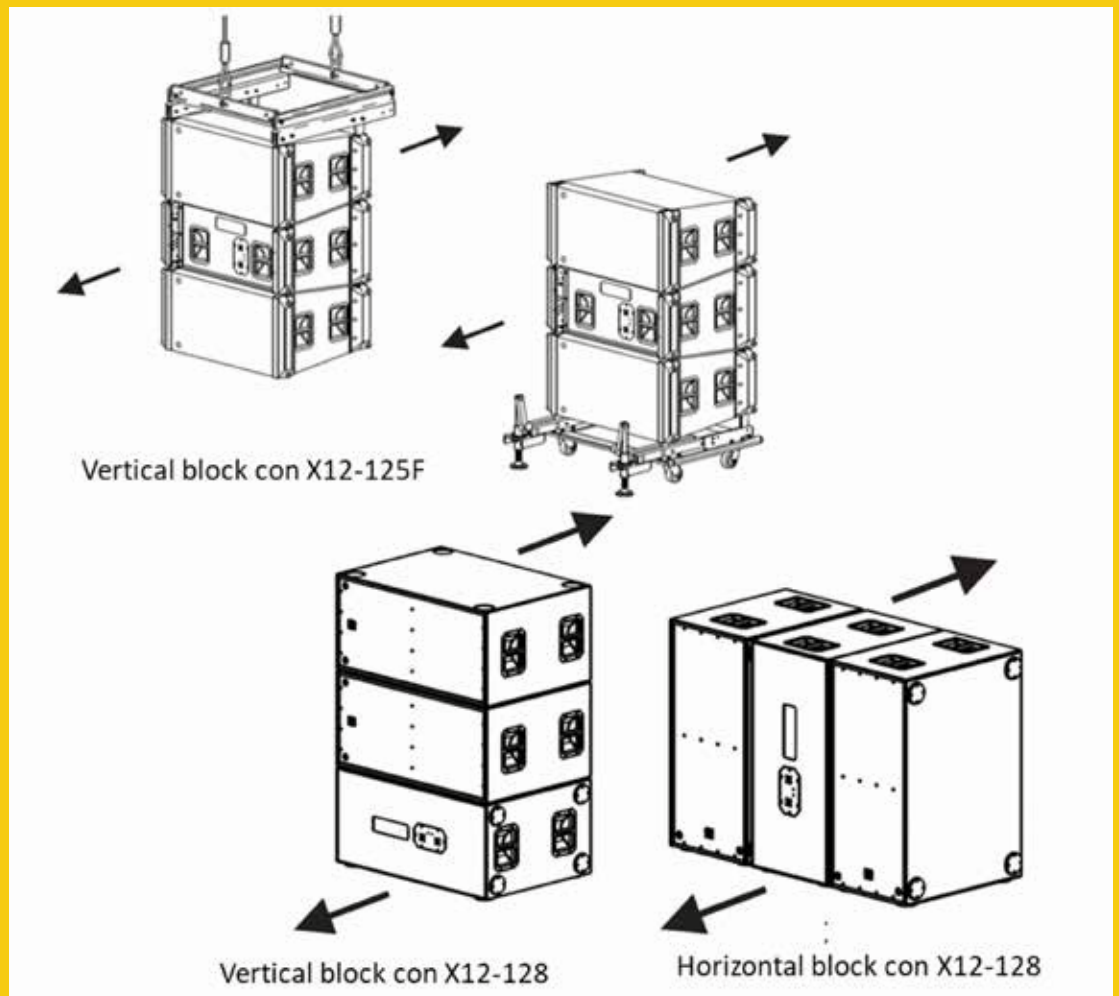
85 Hz



Predicción realizada desde PREVIEW

**14** - Los arreglos end fire son el fundamento de los arreglos cardioides. Logran dirigir la energía hacia el frente y evitar energía en el escenario (o parte posterior del arreglo). Pueden combinarse principalmente con arreglos L-R y proponen colocar stacks, o conjuntos, de subs uno frente al otro y agregar delay. La separación entre stacks depende de la frecuencia de diseño, aunque la común es 85 Hz que resulta en 1 metro de separación. El tiempo de retardo entre stack y stack es el necesario para que al frente del arreglo todas las fuentes lleguen al mismo tiempo. Típicamente se utilizan 4 stacks aunque pueden emplearse 2 o 3 stacks para este arreglo. Entre más stacks mayor control directivo. Una ventaja de estos arreglos es que permiten disminuir los pasillos de cancelación en los arreglos L-R. Los arreglos End-Fire son similares a los arreglos L-R y ¡ofrecen un gran impacto!, pero su cobertura es poco homogénea.

**15** - Los arreglos gradiente con subwoofer invertido son probablemente los más populares en la industria. Han demostrado su eficiencia, tanto que su nombre genérico CSA (Cardioid Subwoofer Array), se ha convertido en un preset entre las marcas de audio. Y ahí radica precisamente su ventaja, en la facilidad de uso e implementación. Físicamente se trata de un stack de tres subwoofers apilados, el de en medio mirando hacia atrás, mientras que los dos de los extremos, superior e inferior, mirando al frente. En cuanto al procesamiento se trata de un end-fire invertido, es decir, todos los subs llegan al mismo tiempo en la parte posterior del arreglo, pero se adiciona una inversión de polaridad en el sub de en medio. El resultado es un patrón polar cardiode homogéneo, aunque una vez más sacrifica el impacto.



En los arreglos de subwoofers no hay una receta secreta. ¡No dejes de experimentar! Los arreglos que mencionamos en este artículo son el fundamento de un sinnúmero de combinaciones. Y además cada recinto y cada proyecto va a requerir de tu destreza y creatividad.

Te invitamos a explorar toda nuestra oferta educativa en materia de Audio, visita la sección [Eventos](#) en el sitio de **AVIXA Latinoamérica** para estar al tanto de los próximos webinars y seminarios en vivo que tendremos disponibles.



11242 Waples Mill Road, Suite 200  
Fairfax, Virginia 22030  
+1.703.273.7200  
[avixa.org/es](http://avixa.org/es)