

Fundamentos de Ecualización para los 4 Resultados Específicos

1. OBJETIVO INTEGRAL DEL SISTEMA

Lograr simultáneamente:

- **Volumen adecuado:** Niveles óptimos sin distorsión
 - **Inteligibilidad:** Claridad máxima del habla
 - **Cobertura uniforme:** Misma experiencia en toda el área
 - **Naturalidad:** Sonido transparente y no procesado artificialmente
-

2. FUNDAMENTOS TÉCNICOS POR RESULTADO

A. PARA VOLUMEN ADECUADO

Fundamentos:

1. **Punto de cabeza (Headroom):** Mantener 3-6 dB por debajo del clipping
2. **Relación señal/ruido:** Maximizar señal útil minimizando ruido de fondo
3. **Niveles de referencia:**
 - Habla: 65-75 dB SPL en punto de escucha
 - Música de fondo: 10-15 dB más baja que la voz
 - Picos máximos: ≤85 dB para evitar fatiga auditiva

Técnicas de EQ:

- **Filtros pasa-alto (HPF):** 80-100 Hz para micrófonos de voz
- **Reducción de frecuencias resonantes:** Que consumen energía sin aportar claridad
- **Compensación de Fletcher-Munson:** Ajustes menores según nivel de volumen

B. PARA INTELIGIBILIDAD

Frecuencias Críticas del Habla:

- **500 Hz - 2 kHz**: Zona de inteligibilidad primaria
- **2 kHz - 4 kHz**: Consonantes y articulación
- **4 kHz - 6 kHz**: **Sibilantes** (S, T, CH) - manejar con cuidado

Estrategia de EQ:

1. **Potenciar la "presencia vocal"**: +3-6 dB en 1.5-3 kHz (sutil)
2. **Controlar sibilantes**: Reducción en 4-6 kHz si hay exceso de "S"
3. **Reducir competencia frecuencial**:
 - Cortar 200-400 Hz para reducir "caja" o "hueco"
 - Atenuar 125-250 Hz para mayor claridad en voces masculinas

Técnica de la "Sonrisa Invertida" para Voz:

text

Frecuencia: | 100Hz | 400Hz | 1.5kHz | 3kHz | 6kHz |

Ajuste: | -3dB | -2dB | +4dB | +3dB | 0dB |

C. PARA COBERTURA UNIFORME

Fundamentos Acústicos:

1. **Ley del inverso del cuadrado**: Cada duplicación de distancia = -6 dB
2. **Interferencias por múltiples altavoces**: Problemas de fase y comb filtering

Técnicas con EQ:

- **Corrección por zona**: Diferentes ajustes para altavoces principales y de refuerzo

- **Filtrado direccional:** Reducir frecuencias que causan interferencias (250-500 Hz)
- **Alineación temporal:** Usar delay antes que EQ excesivo

Proceso:

1. Medir respuesta en múltiples puntos de escucha
 2. Identificar frecuencias problemáticas específicas por zona
 3. Aplicar cortes estrechos (Q alto) en frecuencias resonantes locales
 4. Verificar coherencia de fase entre sistemas
-

D. PARA NATURALIDAD

Principios:

1. **Menos es más:** Pequeños ajustes > Grandes correcciones
2. **Transparencia:** El oyente no debe notar el procesamiento
3. **Balance espectral:** Respuesta plana con ajustes sutiles

Técnicas para Naturalidad:

- **EQ amplio (Q bajo):** Para ajustes tonales generales
 - **Evitar picos estrechos:** Crean sonido "artificial"
 - **Respuesta en frecuencia suave:** Sin irregularidades abruptas
 - **Preservar características vocales naturales**
-

3. PROCESO SISTEMÁTICO PASO A PASO

FASE 1: PREPARACIÓN

1. **Ánalisis del ambiente:** Tamaño, materiales, reverberación

2. **Configuración física óptima:** Altura, ángulo y ubicación de altavoces
3. **Calibración de ganancia:** Establecer niveles de línea

FASE 2: ECUALIZACIÓN BASE

Paso 1 - Corrección de Graves:

- HPF a 80 Hz para voz
- Reducir 100-200 Hz si hay exceso de "boom"
- Cortar resonancias en 200-400 Hz

Paso 2 - Optimización de Intelligibilidad:

- Aumento sutil en 1.5-3 kHz (+3-6 dB máximo)
- Control de 4-6 kHz según necesidad
- Atenuación de 250 Hz para reducir "nasalidad"

Paso 3 - Verificación de Naturalidad:

- Reproducir material vocal conocido
- Ajustar para que suene "transparente"
- Eliminar cualquier coloración evidente

FASE 3: OPTIMIZACIÓN POR COBERTURA

Procedimiento:

1. **Medición punto por punto** con sonido de prueba
2. **Identificar variaciones mayores a ± 3 dB**
3. **Ajustar altavoces individualmente** para uniformidad
4. **Verificar fase** entre sistemas múltiples

4. HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS AVANZADAS

Para Medición Objetiva:

- **Analizador de espectro RTA** (aplicación móvil o hardware)
- **Micrófono de medición** calibrado
- **Ruido rosa** para análisis de respuesta
- **Generador de barrido** para identificar resonancias

Técnicas Específicas:

1. Método de Filtrado de Notch:

- Identificar feedback frequencies
- Aplicar cortes estrechos (1/3 de octava o más estrecho)
- Solo donde sea estrictamente necesario

2. Balance entre Sistemas:

- EQ independiente para subs, medios y agudos
- Puntos de cruce (crossover) optimizados
- Alineación temporal entre componentes

5. VERIFICACIÓN DE LOS 4 RESULTADOS

Test de Volumen Adecuado:

- **85 dB SPL máximo** para larga duración
- Relación señal/ruido >20 dB
- Sin distorsión audible en picos

Test de Intelligibilidad:

- **Palabras de prueba:** "Pasivo", "espacial", "táctil"
- **Articulación de consonantes:** S, T, P claramente distinguibles
- **Comprensión a primera escucha**

Test de Cobertura Uniforme:

- **Variación $\leq \pm 3$ dB** en área de audiencia
- **Misma claridad** en todos los asientos
- **Sin puntos muertos** o zonas de exceso

Test de Naturalidad:

- **Voz familiar** suena como en conversación normal
- **Sin coloración metálica, hueca o nasal**
- **Respuesta equilibrada** en todos los registros vocales

6. AJUSTES FINALES Y MANTENIMIENTO

Ajustes en Vivo: Usando la Mezcladora de audio

1. **EQ dinámico: Pequeños cambios según presentador**
2. **Monitor constante** durante primeras presentaciones
3. **Feedback de usuarios** para refinamiento

Presets Recomendados:

1. **Voz masculina:** Reducción ligera en 200-300 Hz, realce en 2-3 kHz
2. **Voz femenina:** HPF a 100 Hz, realce en 2.5-3.5 kHz
3. **Multimedia:** Balance voz/contenido, realce en 1-4 kHz para narración

Checklist Final:

- Inteligibilidad óptima
 - Volumen confortable en toda la sala
 - Sin feedback potencial
 - Respuesta natural y transparente
 - Uniformidad verificada en mínimo 3 puntos
-

7. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMUNES

Problema	Possible Causa	Solución con EQ
Voz "tubular" o "hueca"	Exceso 400-800 Hz	Corte de 2-4 dB en 500 Hz
Falta de claridad	Deficiencia en 2-4 kHz	Aumento sutil en 2.5 kHz
Demasiado "S"	Exceso en 4-6 kHz	Corte estrecho en 5-6 kHz
Feedback en graves	Acumulación en 200-250 Hz	Corte de 3-6 dB en frecuencia específica
Sonido "metálico"	Picos en 3-4 kHz	Reducción con Q medio-alto

Nota crucial: La acústica de la sala representa el 50% del resultado. La ecualización corrige problemas del sistema y compensa parcialmente la acústica, pero no puede solucionar problemas acústicos graves. **Para espacios problemáticos,** considere tratamiento acústico antes de ecualización extrema.