



Guía visual

LUFScale para macOS - versión 2.2.3

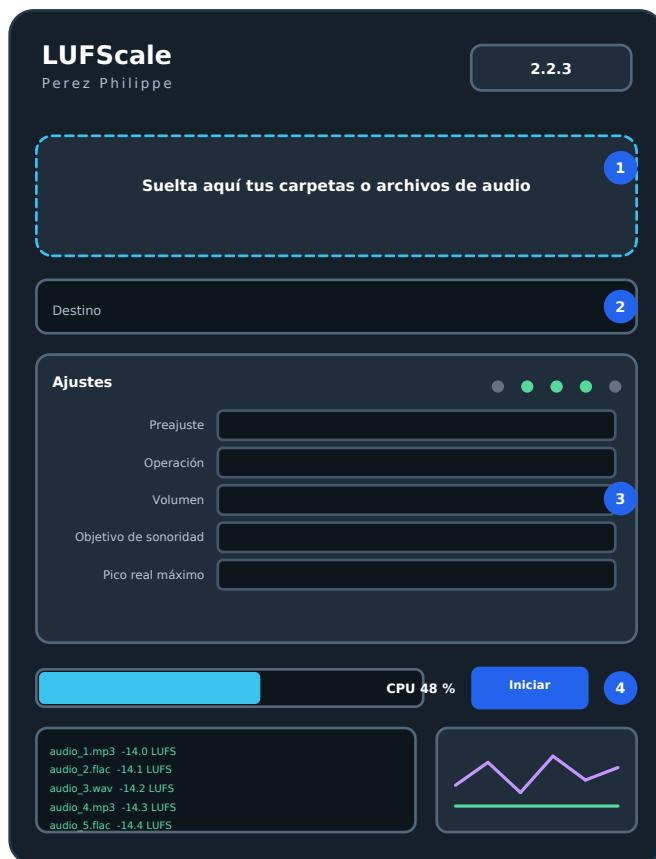
Inicio rápido

¿Para qué sirve LUFScale?

LUFScale mide la sonoridad de los archivos y, con Normalizar, ajusta físicamente el volumen percibido hacia un objetivo LUFS mientras controla el pico real. Cada fuente se analiza en toda su duración y después se vuelve a medir y verificar la salida. El resultado no depende de etiquetas ni de un reproductor compatible: los niveles son más coherentes entre archivos, se señalan las desviaciones y los originales permanecen intactos.

Software libre y redistribución

LUFScale es software libre distribuido bajo GNU GPL-3.0-or-later. Esta licencia permite usarlo, estudiarlo, modificarlo y redistribuirlo conforme a sus condiciones. La distribución incluye el código fuente, los avisos y las licencias de terceros. El software se proporciona sin garantía.



1

Añadir archivos de audio

Añada archivos o carpetas de audio.

2

Destino

Elija la carpeta de destino.

3

Ajustes

Elija un preajuste y una operación.

4

Iniciar

Inicie el tratamiento y siga el progreso.

Características principales

- Normalización real, ReplayGain o análisis de MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG y Opus.
- Cada archivo se mide y procesa por separado hacia el objetivo elegido.
- Se conservan estructura, metadatos y carátulas compatibles. Los originales nunca cambian.
- Paralelismo Auto, caché, reanudación, control de calidad, CSV, progreso, CPU e historiales LUFS.
- Interfaz y guías PDF en 12 idiomas.

Hay dos distribuciones para macOS: Apple Silicon (arm64) e Intel (x86_64). Utilice la que corresponda al procesador de su Mac.

• La aplicación macOS ya contiene Python, PySide6/Qt, FFmpeg, códecs, guías y licencias: el usuario final no instala ninguna herramienta adicional.

Ajustes - Audio / Opciones

Características principales

Formatos a los que se aplica

LUFScale admite MP3, FLAC, WAV, AIFF, M4A, OGG y Opus. La medición de sonoridad, el objetivo LUFS, el límite True Peak en el modo Normalizar, los ajustes y el control de calidad se aplican a los formatos compatibles, no solo a MP3. El códec y algunas correcciones dependen del formato de salida. Los ejemplos MP3 ilustran un caso particular, no una limitación de las funciones generales.

Preajuste

Aplica de una vez un objetivo de sonoridad, un pico real máximo y una calidad MP3 coherentes. Cualquier cambio manual selecciona Personalizado.

Procesamiento por archivo

Cada archivo recibe su propia medición y ganancia para acercarse al objetivo LUFS bajo el límite True Peak.

ITU-R BS.1770

LUFScale utiliza automáticamente la medición histórica completa, el único método validado en el corpus de referencia.

Operación

Normalizar modifica el audio hacia el objetivo. ReplayGain copia el flujo y añade etiquetas. Solo analizar mide sin crear audio.

Volumen

Este ajuste es un acceso directo al objetivo de sonoridad; no cambia el volumen de escucha del Mac.

- Suave: -18 LUFS - nivel más tranquilo, más margen dinámico y menos riesgo de activar el limitador.
- Normal: -16 LUFS - compromiso equilibrado y buen punto de partida para una biblioteca personal.
- Fuerte: -14 LUFS - reproducción más presente, cercana al objetivo Normal de Spotify, pero con más probabilidad de necesitar limitación.
- Personalizado - permite introducir directamente otro objetivo LUFS.

Son opciones prácticas, no una norma universal.

Objetivo de sonoridad

El objetivo de sonoridad es la sonoridad integrada deseada para toda la pista, expresada en LUFS. Un valor menos negativo produce un archivo más fuerte: -14 LUFS es más fuerte que -16 LUFS. Una diferencia de 2 LU equivale aproximadamente a 2 dB de nivel antes de una eventual limitación de pico.

Referencias: -18 LUFS para un resultado más tranquilo y dinámico; -16 LUFS para un equilibrio general; -14 LUFS para un resultado más fuerte de tipo streaming. Las plataformas pueden aplicar después su propia normalización de reproducción.

Este objetivo no aplana por sí solo la dinámica interna de la pista. Si el pico real máximo impide alcanzar el objetivo sin saturación, el resultado puede quedar ligeramente más bajo.

Pico real máximo

El pico real máximo es un límite, no un nivel que se deba alcanzar. Limita en dBTP los picos más altos de la onda reconstruida, incluidos los que aparecen entre muestras, para reducir la saturación después de codificar o transcódecificar.

- -1,0 dBTP - límite habitual de entrega, con el pico de salida más alto.
- -1,5 dBTP - valor predeterminado y compromiso prudente para MP3.
- -2,0 dBTP - margen adicional, útil si el archivo puede volver a codificarse o si se usa un objetivo de sonoridad alto.
- 0 dBTP - sin margen; no recomendado para MP3.

Un valor más negativo es más seguro, pero puede impedir que pistas muy dinámicas alcancen exactamente el objetivo LUFS.

El límite True Peak se aplica a todos los formatos al normalizar. Los ejemplos MP3 también ayudan a entender las precauciones para M4A/AAC, OGG/Vorbis y Opus. El margen interno adicional de 1 dB del anexo es exclusivo del procesamiento dinámico de salidas MP3.

Ajustes - Audio / Opciones

Características principales

Calidad de audio

Regula el compromiso entre calidad y tamaño de los formatos comprimidos. Cuanto menor sea el número, mayores serán la calidad y el caudal. Este ajuste no cambia el objetivo LUFS ni el pico real máximo.

- 0 - calidad máxima, recomendada para conservar los detalles.
- 1 a 2 - calidad muy alta.
- 3 a 4 - buen equilibrio entre calidad y tamaño.
- 5 a 9 - archivos más pequeños, con más pérdidas.

FLAC sigue siendo sin pérdidas sea cual sea el valor. WAV y AIFF ignoran este ajuste y conservan la frecuencia y profundidad PCM compatibles con la fuente. Para MP3, M4A, OGG y Opus, un valor bajo puede exigir un caudal superior al original y producir un archivo mayor. Un valor más alto suele reducir el tamaño, sin garantizar el mismo número de bytes porque estos codificadores suelen usar VBR. Recodificar un formato con pérdidas no recupera la información ya perdida.

Procesos en paralelo

Determina cuántos archivos pueden procesarse simultáneamente.

- Auto comienza con un máximo de 4 tareas. Cuando se puede medir la CPU, la comprueba cada segundo: añade una tarea por debajo del 70 % de uso y retira una por encima del 92 %.
- Auto nunca supera el número de procesadores lógicos detectados y tiene un límite absoluto de 16 tareas.
- Si no se puede medir la CPU, Auto utiliza directamente ese límite detectado sin adaptación dinámica.
- Un valor numérico fija el número máximo de tareas simultáneas; no es un objetivo de uso de CPU.

Más tareas pueden acelerar un lote grande, pero aumentan la carga, la temperatura y la actividad del disco. Pulsa - hasta que aparezca Auto.

Sobrescribir archivos existentes

Permite reemplazar un MP3 que ya existe en el destino. Los archivos de origen nunca se sobrescriben.

Reanudar después de una interrupción

Los archivos ya terminados con los mismos ajustes se reconocen y no se vuelven a procesar.

Control de calidad automático

El control de calidad abarca todos los formatos compatibles. M4A, OGG y Opus también se verifican, pero no utilizan los ciclos correctivos específicos de MP3 dinámico o FLAC/WAV/AIFF. En ReplayGain se comprueban la conservación de la señal y las etiquetas, no una normalización física del audio.

Con control de calidad, un MP3 dinámico puede recalcularse hasta tres veces. FLAC/WAV/AIFF pueden recibir hasta dos correcciones. Cada intento se vuelve a medir y se conserva la mejor salida.

Sin QC no se declara conformidad ni se realiza un reintento correctivo. La salida uniformada se vuelve a medir para el registro y el CSV. Solo analizar no crea salida ni efectúa QC de salida.

Crear un informe CSV

Crea únicamente un informe CSV con medidas, tiempos y alertas; no añade un JSON de diagnóstico.

Iniciar automáticamente después de soltar o pegar

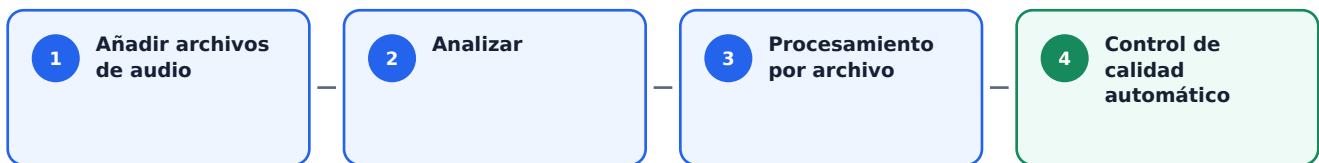
Inicia automáticamente el proceso después de añadir fuentes mediante arrastrar y soltar o pegar, si ya se ha elegido un destino.

No recodificar los archivos ya conformes

Tras el análisis, un archivo a $\pm 0,10$ LU del objetivo y bajo el límite True Peak se copia sin recodificar.

Qué ocurre durante el procesamiento

LUFScale utiliza automáticamente la medición histórica completa, el único método validado en el corpus de referencia.



Procesos en paralelo

Determina cuántos archivos pueden procesarse simultáneamente.

- Auto comienza con un máximo de 4 tareas. Cuando se puede medir la CPU, la comprueba cada segundo: añade una tarea por debajo del 70 % de uso y retira una por encima del 92 %.
- Auto nunca supera el número de procesadores lógicos detectados y tiene un límite absoluto de 16 tareas.
- Si no se puede medir la CPU, Auto utiliza directamente ese límite detectado sin adaptación dinámica.
- Un valor numérico fija el número máximo de tareas simultáneas; no es un objetivo de uso de CPU.

Más tareas pueden acelerar un lote grande, pero aumentan la carga, la temperatura y la actividad del disco. Pulsa - hasta que aparezca Auto.

Uso total del procesador del Mac, actualizado cada segundo durante el proceso.

Analizar

Solo analizar vuelve a medir cada fuente completa con FFmpeg en cada ejecución. El gráfico Antes y el progreso avanzan archivo por archivo, sin salida ni control de calidad de salida.

Reanudar después de una interrupción

Los archivos ya terminados con los mismos ajustes se reconocen y no se vuelven a procesar.

Control de calidad automático

El control de calidad abarca todos los formatos compatibles. M4A, OGG y Opus también se verifican, pero no utilizan los ciclos correctivos específicos de MP3 dinámico o FLAC/WAV/AIFF. En ReplayGain se comprueban la conservación de la señal y las etiquetas, no una normalización física del audio.

Con control de calidad, un MP3 dinámico puede recalcularse hasta tres veces. FLAC/WAV/AIFF pueden recibir hasta dos correcciones. Cada intento se vuelve a medir y se conserva la mejor salida.

Sin QC no se declara conformidad ni se realiza un reintento correctivo. La salida uniformada se vuelve a medir para el registro y el CSV. Solo analizar no crea salida ni efectúa QC de salida.

Evolución de sonoridad

Cada archivo añade un punto a la derecha. Antes siempre muestra la fuente medida. Con Normalizar, Después muestra la salida realmente medida de nuevo. Con ReplayGain, el segundo gráfico discontinuo estima la reproducción: sonoridad de la fuente más la ganancia Track guardada. El signo ≈ y la nota Reproductor compatible indican que no es una medición física del archivo entregado. Un reproductor incompatible conserva el nivel original; uno compatible puede variar el resultado por el preamplificador o la protección contra recorte. Ambos gráficos mantienen la misma escala fija de ±6 LU. Solo analizar no tiene salida Después.

Solo análisis

En Solo analizar, el gráfico Antes, el registro y la barra avanzan archivo por archivo al terminar cada medición; Después permanece inmóvil.

Qué ocurre durante el procesamiento

LUFScale utiliza automáticamente la medición histórica completa, el único método validado en el corpus de referencia.

Registro de procesamiento

Cada línea corresponde a un archivo o a una etapa general.

- Una línea correcta empieza directamente por el nombre del archivo; ya no se repite CORRECTO.
- CONFORME, REANUDADO, OMITIDO, CANCELADO y ERROR permanecen cuando aportan información útil.
- Los niveles muestran entrada -> salida medida de nuevo y, después, el posible resultado del control de calidad.
- Alertas y Errores abren listas separadas con nombre, ruta y detalle. Están disponibles durante una pausa o al terminar y cada lista puede guardarse.

Colores: verde = correcto; naranja = alerta; rojo = archivo no terminado; violeta azulado = reanudado; gris = información, omisión o cancelación.

ALERTA QC - sonoridad significa que la salida medida difiere del valor esperado más de $\pm 0,60$ LU. Un valor más negativo suena más bajo y uno menos negativo, más alto. La desviación es la diferencia absoluta: -14,69 en vez de -14,00 equivale a 0,69 LU. El archivo se crea igualmente; no es un fallo de conversión. Si el resultado suena bien no es obligatorio actuar. Para un objetivo estricto, revise el detalle y el CSV, y compruebe el objetivo y el límite True Peak antes de repetir. El mensaje por sí solo no determina si la causa es el límite, el codificador o un límite de corrección.

ALERTA QC - pico significa que el pico real medido supera el límite elegido más de 0,25 dB. El archivo se crea igualmente. Si persiste, elija un objetivo LUFs más bajo o un límite más prudente, por ejemplo -2,0 dBTP, y repita.

Los tiempos acumulados suman el trabajo de todas las tareas paralelas. El tiempo total es la duración real transcurrida.

En ReplayGain, el registro muestra la sonoridad física sin cambios, la ganancia escrita en los metadatos y el objetivo configurado. Con el control de calidad activado, «audio intacto y etiquetas verificadas» significa que sonoridad y pico se compararon con la fuente y que las etiquetas se volvieron a leer; no significa que el archivo mida físicamente el objetivo.

Tiempo total estimado: calculando...

Tiempo total estimado: 12 min - fin hacia las 14:30. «12 min» es la duración total estimada y «14:30» la hora prevista de fin. Si se supera la medianoche, se añade automáticamente el número de días antes de la hora, por ejemplo «2 d. 14:30».

Leyenda de colores del registro de procesamiento

CORRECTO	Procesamiento finalizado sin anomalías detectadas.
CONFORME	Copia de audio sin cambios: la fuente ya respetaba el objetivo y el límite de pico.
AVISO	La salida existe, pero una medición supera la tolerancia prevista.
CANCELADO	El procesamiento se detuvo voluntariamente; no es un error.
ERROR	No se pudo completar el archivo afectado.

Ajustes aconsejados y referencias

Preajuste	Objetivo de sonoridad	Pico real máximo	Calidad de audio
Biblioteca musical - recomendado	-16 LUFs	-1.5 dBTP	0
Streaming más intenso	-14 LUFs	-1 dBTP	0
Música dinámica	-18 LUFs	-2 dBTP	0

Estos preajustes son elecciones prácticas de la aplicación, no normas universales.

Tres comprobaciones útiles

Ningún procesamiento

Compruebe que estén seleccionados al menos un origen de audio compatible y un destino diferente.

FFmpeg no encontrado

Vuelva a ejecutar el creador de la aplicación o instale FFmpeg y reinicie.

Alertas de pico

Elija un límite de pico real más negativo o un objetivo de sonoridad más bajo y vuelva a procesar el archivo.

Referencias técnicas oficiales

Filtros FFmpeg - loudnorm / ebur128:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-filters.html>

Códecs FFmpeg - libmp3lame y codificadores de audio:
<https://ffmpeg.org/ffmpeg-codecs.html>

ITU-R BS.1770-5 (11/2023), sonoridad de programa y pico verdadero:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1770-5-202311-I/en>

EBU R 128 v5.0 (21/11/2023):
<https://tech.ebu.ch/publications/r128>

Especificación ReplayGain original:
https://wiki.hydrogenaudio.org/index.php?title=Original_ReplayGain_specification

Anexo técnico

Los archivos de origen nunca se mueven ni se modifican.

Operación

Normalizar procesa cada archivo por separado y vuelve a medir la salida. ReplayGain no cambia las muestras. Solo analizar produce medidas y, opcionalmente, un CSV, pero ningún archivo de audio.

Con el control de calidad activado, ReplayGain vuelve a medir el archivo entregado para confirmar que su sonoridad física y su pico no han cambiado, y después verifica las etiquetas Track. Un resultado correcto confirma que el audio se conserva y que las etiquetas están presentes, no que el objetivo se haya alcanzado físicamente.

Sin QC no se declara conformidad ni se realiza un reintento correctivo. La salida uniformada se vuelve a medir para el registro y el CSV. Solo analizar no crea salida ni efectúa QC de salida.

ITU-R BS.1770

FFmpeg loudnorm mide la sonoridad integrada I, el rango LRA, el umbral y el pico verdadero TP según ITU-R BS.1770.

Análisis de referencia

LUFScale utiliza automáticamente la medición histórica completa, el único método validado en el corpus de referencia.

Procesamiento por archivo

Cada archivo recibe su propia medición y ganancia para acercarse al objetivo LUFs bajo el límite True Peak.

Solo MP3: procesamiento dinámico

Un MP3 no apto para la ruta lineal recibe un objetivo interno de pico verdadero 1,00 dB menor, nunca inferior a -9 dBTP. El objetivo solicitado sigue siendo la referencia del usuario y del QC.

Calidad de audio

MP3 usa LAME, M4A el AAC de FFmpeg, OGG Vorbis y Opus libopus. FLAC permanece sin pérdidas; WAV/AIFF conservan PCM compatible con la fuente.

No recodificar los archivos ya conformes

Tras el análisis, un archivo a $\pm 0,10$ LU del objetivo y bajo el límite True Peak se copia sin recodificar.

Control de calidad automático

El control de calidad abarca todos los formatos compatibles. M4A, OGG y Opus también se verifican, pero no utilizan los ciclos correctivos específicos de MP3 dinámico o FLAC/WAV/AIFF. En ReplayGain se comprueban la conservación de la señal y las etiquetas, no una normalización física del audio.

Con control de calidad, un MP3 dinámico puede recalcularse hasta tres veces. FLAC/WAV/AIFF pueden recibir hasta dos correcciones. Cada intento se vuelve a medir y se conserva la mejor salida.

Procesos en paralelo

Las tareas FFmpeg se ejecutan en paralelo. Los tiempos acumulados suman el trabajo, no el tiempo real. La caché y la reanudación verifican fuente, ajustes y salida; Solo analizar ignora la caché.

Compilar para Mac Apple Silicon y Mac Intel

Rutas relativas a la raíz del paquete fuente descomprimido:

Mac Apple Silicon (arm64) - En macOS 12 o posterior, ejecute:

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

Archivos creados:

```
dist/LUFScale.app
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-arm64-community.zip.sha256
```

Mac Intel (x86_64) - En un Mac Intel, ejecute:

```
./Create_Community_Distribution_macOS.command
```

Si macOS instala las herramientas Xcode, mantenga Terminal abierto: el constructor continúa automáticamente.

Archivos creados:

```
dist/LUFScale.app
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip
dist/LUFScale-2.2.3-macOS-x86_64-community.zip.sha256
```

.app (aplicación autónoma para pruebas o uso local)
.zip (archivo para compartir o publicar, con la aplicación, las fuentes, las licencias y los avisos)
.sha256 (huella SHA-256 del archivo .zip)

Anexo técnico - cálculos y fórmulas

L = LUFS, TP = dBTP, G = dB

ITU-R BS.1770

$$z_i = (1/T_g) \int x_i^2(t) dt$$
$$L_K = -0.691 + 10 \log_{10}(\sum G_i z_i)$$

Las energías de los canales, ponderadas K, se combinan para calcular la sonoridad integrada.

ITU-R BS.1770 - Umbrales de medida

$$T_g = 400 \text{ ms}; \text{overlap} = 75 \%$$
$$\Gamma_a = -70 \text{ LKFS}; \Gamma_r = \Gamma_{\text{loud}} - 10 \text{ LU}$$

Los umbrales absoluto y relativo seleccionan los bloques usados por la medición integrada.

Procesamiento por archivo

$$G_{\text{file}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$

Cada archivo recibe su propia medición y ganancia para acercarse al objetivo LUFS bajo el límite True Peak.

Estimación sin salida

$$G_{\text{est}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$TP_{\text{est}} = \min(TP_{\text{input}} + G_{\text{est}}, TP_{\text{limit}})$$

Solo analizar puede estimar el resultado, pero no crea audio ni control de calidad de salida.

No recodificar los archivos ya conformes

$$|L_{\text{in}} - T| \leq 0.10 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{in}} \leq TP_{\text{max}}$$

Tras el análisis, un archivo a ± 0.10 LU del objetivo y bajo el límite True Peak se copia sin recodificar.

Evolución de sonoridad

$$\Delta = L - T$$
$$R_{\text{display}} = [-6, +6] \text{ LU}; \tau_{\text{QC}} = \pm 0.60 \text{ LU}$$

Antes muestra la sonoridad física. En ReplayGain, el segundo gráfico estima la reproducción compatible a partir de la ganancia guardada.

Control de calidad automático

$$|L_{\text{out}} - L_{\text{expected}}| > 0.60 \text{ LU}$$
$$TP_{\text{out}} > TP_{\text{limit}} + 0.25 \text{ dB}$$

El control de calidad abarca todos los formatos compatibles. M4A, OGG y Opus también se verifican, pero no utilizan los ciclos correctivos específicos de MP3 dinámico o FLAC/WAV/AIFF. En ReplayGain se comprueban la conservación de la señal y las etiquetas, no una normalización física del audio.

Con control de calidad, un MP3 dinámico puede recalcularse hasta tres veces. FLAC/WAV/AIFF pueden recibir hasta dos correcciones. Cada intento se vuelve a medir y se conserva la mejor salida.

Sin QC no se declara conformidad ni se realiza un reintento correctivo. La salida uniformada se vuelve a medir para el registro y el CSV. Solo analizar no crea salida ni efectúa QC de salida.

ReplayGain - sin recodificar el audio

$$G_{\text{tag}} = L_{\text{target}} - L_{\text{input}}$$
$$P_{\text{peak}} = 10^{TP/20}$$

ReplayGain calcula una ganancia y escribe REPLAYGAIN_TRACK_GAIN/PEAK. El flujo se copia sin recodificar (-c:a copy); solo un reproductor compatible aplica las etiquetas. El LUFS y el True Peak físicos no cambian.

ReplayGain sirve para igualar el volumen de reproducción de forma reversible y sin recodificación en una biblioteca usada con un reproductor compatible. Para entregar un archivo que mida físicamente el objetivo en todos los reproductores, use Normalizar.

Anexo técnico - Control de calidad automático

L_t = objetivo LUFS; TP_{req} = límite solicitado; TP_g = margen de 0,05 dB

Formatos a los que se aplica

Las mediciones y los umbrales abarcan los formatos compatibles. Las fórmulas de objetivo interno y corrección marcadas «Solo MP3» describen el ciclo MP3 dinámico. Los límites distinguen FLAC/WAV/AIFF y no se deben generalizar a M4A, OGG u Opus.

Admisibilidad lineal

$$\begin{aligned}G &= L_t - I \\TP_{pred} &= TP_{in} + G \\m_{TP} &= TP_{req} - TP_{pred} \geq 0.05 \\m_{LRA} &= LRA_t - LRA_{in} \geq 0.05\end{aligned}$$

El modo lineal solo se usa si los márgenes previstos de pico verdadero y LRA alcanzan cada uno 0,05.

MP3 - Pico verdadero interno inicial

$$\begin{aligned}TP_{safe} &= TP_{req} - 1.00 \text{ dB} \\TP_{int,0} &= \max(-9 \text{ dBTP}, TP_{safe})\end{aligned}$$

Para un MP3 dinámico, el objetivo interno empieza 1,00 dB por debajo del límite solicitado, con un mínimo de -9 dBTP.

Conformidad estricta

$$\begin{aligned}|L_{out} - L_t| &\leq 0.50 \text{ LU} \\TP_{out} &\leq TP_{req}\end{aligned}$$

La salida es estricta si queda a $\pm 0,50$ LU del objetivo y el pico verdadero no supera el límite solicitado.

MP3 - Corrección de pico

$$\begin{aligned}TP_g &= 0.05 \text{ dB} \\e_{TP} &= TP_{out} - (TP_{req} - TP_g) \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} - e_{TP}\end{aligned}$$

Si el pico supera el límite, el siguiente objetivo interno baja el exceso más el margen de 0,05 dB.

MP3 - Corrección de sonoridad baja

$$\begin{aligned}r &= \min[(L_t - 0.45) - L_{out}, \\&\quad (TP_{req} - 0.05) - TP_{out}] \\TP_{int,n+1} &= TP_{int,n} + r\end{aligned}$$

Si la sonoridad es baja, el objetivo interno sube hacia $L_t - 0,45$ LU, limitado por la reserva de pico; ningún paso menor de 0,01 dB.

Mejor intento

$$\begin{aligned}p &= \max(0, TP_{out} - TP_{req}) \\e_L &= \max(0, |L_{out} - L_t| - 0.50) \\d_L &= |L_{out} - L_t| \\score &= (p > 0, e_L > 0, p, e_L, d_L)\end{aligned}$$

Entre los intentos disponibles, la puntuación prioriza el límite de pico, la tolerancia de sonoridad y la distancia absoluta al objetivo. Se aplica a las correcciones MP3 dinámicas y FLAC/WAV/AIFF.

Límites de corrección

$$N_{MP3} \leq 3; N_{lossless} \leq 2$$

Un MP3 dinámico admite como máximo tres reintentos; FLAC, WAV y AIFF, dos correcciones. El ciclo puede parar antes.

Alerta QC y objetivo de reintento

$$\begin{aligned}\Delta L &= L_{out} - L_t \\QC_{alert} &\Leftrightarrow |\Delta L| > 0.60 \vee TP_{out} > TP_{req} + 0.25 \\strict_{OK} &\Leftrightarrow |\Delta L| \leq 0.50 \wedge TP_{out} \leq TP_{req} \\retry_{MP3} &\Leftrightarrow \neg strict_{OK} \wedge |TP_{int,n+1} - TP_{int,n}| \geq 0.01\end{aligned}$$

QC avisa a $\pm 0,60$ LU y $+0,25$ dB; el reintento busca los límites estrictos con un paso mínimo de 0,01 dB.