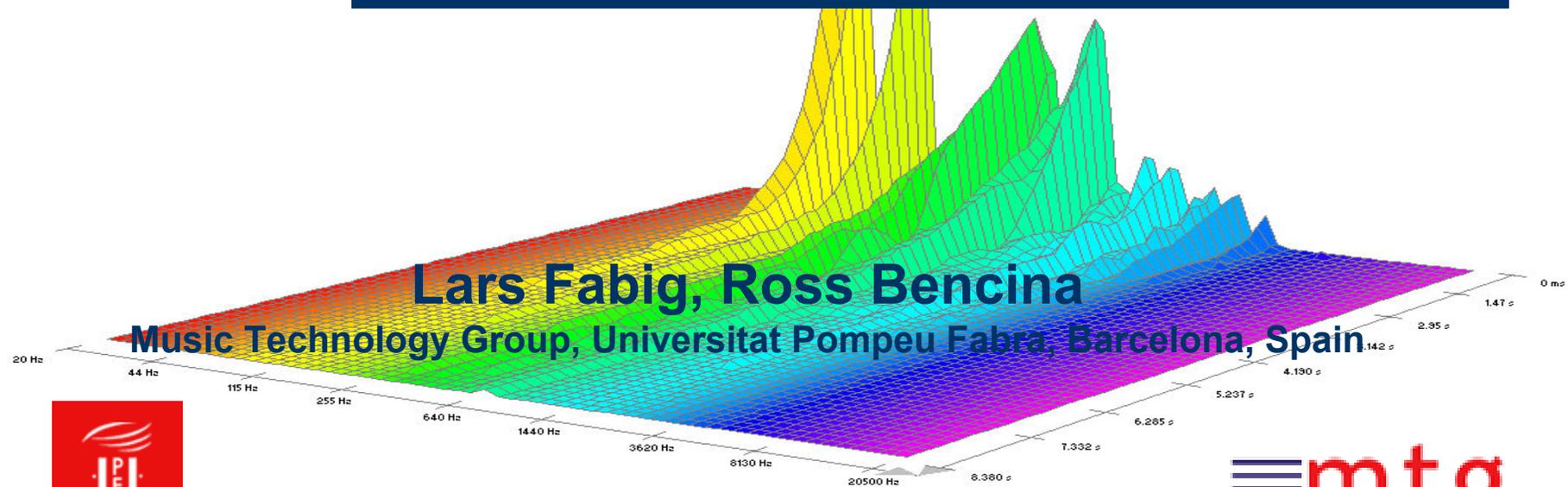


# MIDI y Producción musical:

## Conceptos de sonido Síntesis de sonido Efectos espectrales



**Lars Fabig, Ross Bencina**

**Music Technology Group, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Spain**



## 3 TEMÁTICAS

- ❑ Conceptos de audio.
- ❑ Síntesis de sonido.
- ❑ Efectos espectrales.

## PROCEDIMIENTOS

- ❑ El curso consiste en 12 sesiones a 2 horas.
- ❑ Cada sesión tiene una parte teórica y/o demostrativa y una parte práctica ( aproximadamente 50 / 50 ).
- ❑ Las prácticas son relacionadas con la materia y requieren también los conocimientos del entorno del secuenciador Cubase SX.
- ❑ Todos los materiales que se necesitan para llevar adelante las prácticas están en el servidor.
- ❑ Los resultados de las prácticas guardaís en el servidor, para que los profesores pueden evaluar los resultados y ver el avance de cada uno.
- ❑ A parte de las prácticas que acompañan las clases hay dos prácticas finales de más complejidad.
- ❑ La evaluación hacemos continuamente a base de los resultados de las prácticas y con más peso de las prácticas finales.

## OTRAS INFORMACIONES

- ❑ Datos de los profesores:

Lars Fabig  
IUA-Grupo de Tecnología Musical (MTG)  
Telef.: 93.542.2176  
Mail: [lfabig@iua.upf.es](mailto:lfabig@iua.upf.es)  
Lugar: C/ Ocata 1-3, Sala 314

Ross Bencina  
IUA-Grupo de Tecnología Musical (MTG)  
Telef: 93.542.2199  
Mail: [rbencina@iua.upf.es](mailto:rbencina@iua.upf.es)  
Lugar: C/ Ocata 1-3, Sala 320

- ❑ Materiales del curso:

- ❑ En el servidor, directorio MAD05, ...
- ❑ En la WEB: <http://www.iua.upf.es/~lfabig>, <http://www.iua.upf.es/~rbencina>

# AGENDA

- ❑ Sesión 1 (Lars): Conceptos de audio.
  - ❑ Terminología, Percepción de sonido, Representaciones de señales.
  - ❑ FFT y STFT.
  - ❑ Modelación de señales usando SMS.
  - ❑ Prácticas.
  
- ❑ Sesión 2 (Ross): Introduction to Analog Style Synthesis.
  - ❑ Signals, signal flow, building blocks (generators, modulation, filters).
  - ❑ Excitation / resonator model of synthesis.
  
- ❑ Sesión 3 (Ross): Generation and Modulation..
  - ❑ Wavetable oscillators, Additive synthesis.
  - ❑ Amplitude modulation (AM), Ring Modulation (RM).
  - ❑ Waveshaping, Distorsion / nonlinearities.
  
- ❑ Sesión 4 (Ross): Filtering
  - ❑ High, low pass, band pass, vocal formant filtering, comb filters, others.
  - ❑ Prácticas.

# AGENDA

- ❑ Sesión 5 (Ross): Time domain granulation effects.
  - ❑ AudioMulch.
  - ❑ GRM Tools granulators.
  - ❑ Time domain pitch shifting.
  
- ❑ Sesión 6 (Lars): Spectral Processing I.
  - ❑ Continuación SMS.
  - ❑ Introducción y explicaciones acerca de diversos plugins VST (Spectral Delay, Vocal Processor).
  - ❑ Prácticas.
  
- ❑ Sesión 7 (Lars): Spectral Processing II.
  - ❑ Introducción y explicaciones acerca de diversos plugins VST (GRMTools, Vocoder, otros).
  - ❑ Prácticas.
  
- ❑ Sesión 8 (Ross): Control Strategies.
  - ❑ MIDI / Open Sound Control.
  - ❑ Envelopes, Automation, Control surfaces.
  - ❑ Sequenced Control, Procedural Control, Live performance, MIDI Yoke.

# AGENDA

- ❑ Sesión 9 (Ross): Synthesis Architecture.
  - ❑ Traditional synthesizer structures (eg. Multiple oscillators + filter).
  - ❑ Modular and hybrid structures.
  
- ❑ Sesión 10 (Ross): Special Topics for final project.
  
- ❑ Sesión 11 (Lars): Aplicaciones avanzadas.
  - ❑ Melodyne.
  - ❑ Wavewarp.
  - ❑ Otros.
  
- ❑ Sesión 12 (Ross, Lars): Audición de los resultados de las prácticas finales.

# PRIMERA SESIÓN:

## Conceptos de audio



## OBJETIVOS – CONCEPTOS DE SONIDO

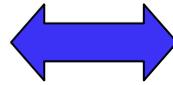
- ❑ Entender el principio de la percepción de sonido.
- ❑ Entender la diferencia entre dominio temporal y dominio frecuencial.
- ❑ Conocer distintas representaciones de señales.
- ❑ Entender la relación entre amplitud y fase.
- ❑ Conocer el concepto de la “Short-Time-Fourier-Transformation”.
- ❑ Comprender la idea de "Spectral Modelling Synthesis“.
- ❑ Familiarizarse con el uso del SMSTools.

# VISTAS DISTINTAS DE SONIDO

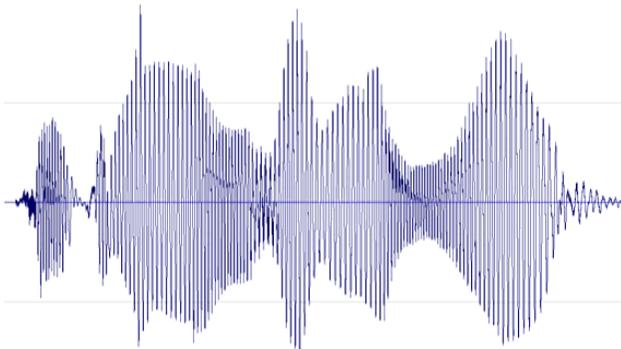
# ANALOGIA ENTRE IMAGEN Y SONIDO



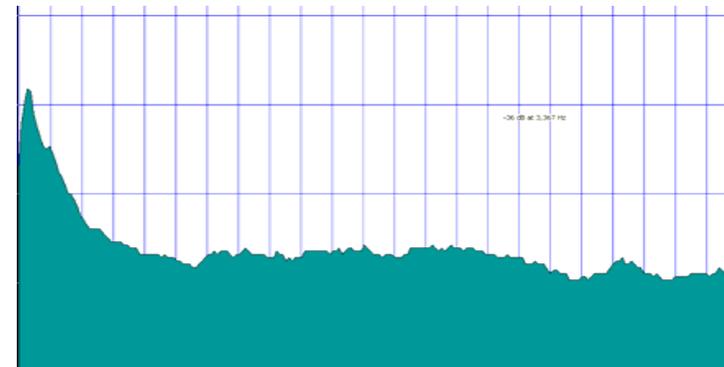
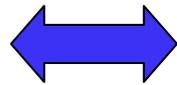
Imagen



Histograma del imagen



Onda de un sonido



Sonograma de un sonido

## VISTAS DE SONIDO

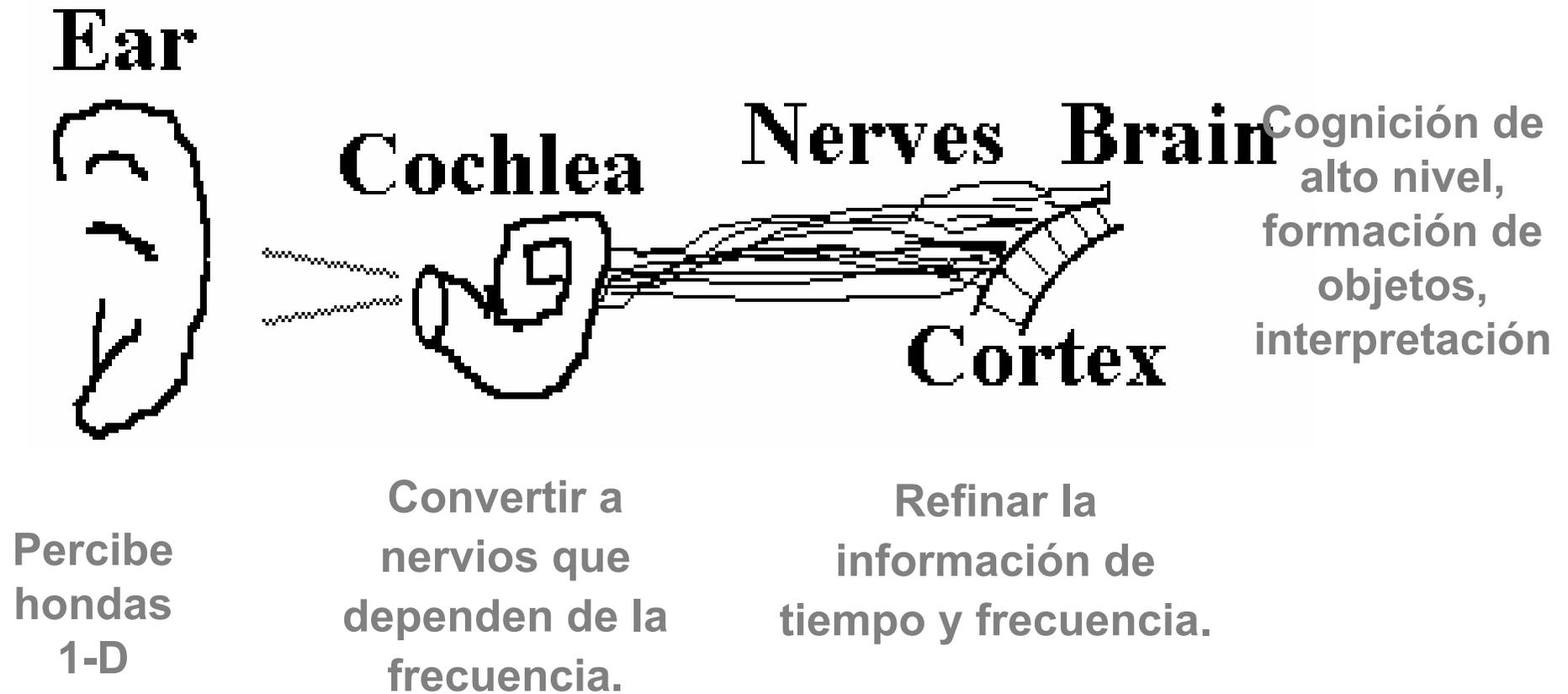
- ❑ El dominio temporal es más relacionado con la producción del sonido.

$x(t)$ , viene de física y acústica.

- ❑ El dominio frecuencial es más relacionado con nuestra percepción del sonido.

$X(f)$ , viene de matemáticas y de la percepción (nuestra “imagen” del sonido).

## VISTAS DE SONIDO: PERCEPCIÓN



El sistema auditivo hace una conversión desde el tiempo hacía frecuencia.

# ANALISIS ESPECTRAL

# APLICACIONES DE ANALISIS ESPECTRAL

## ❑ Análisis:

- ❑ Análisis de performance y estructura de música.
- ❑ Transcripción automática de música.
- ❑ Caracterización y identificación de timbres de tonos instrumentales o vocales.
- ❑ Reconocimiento de ritmo.
- ❑ Reconocimiento de voz hablada.

## ❑ Transformación:

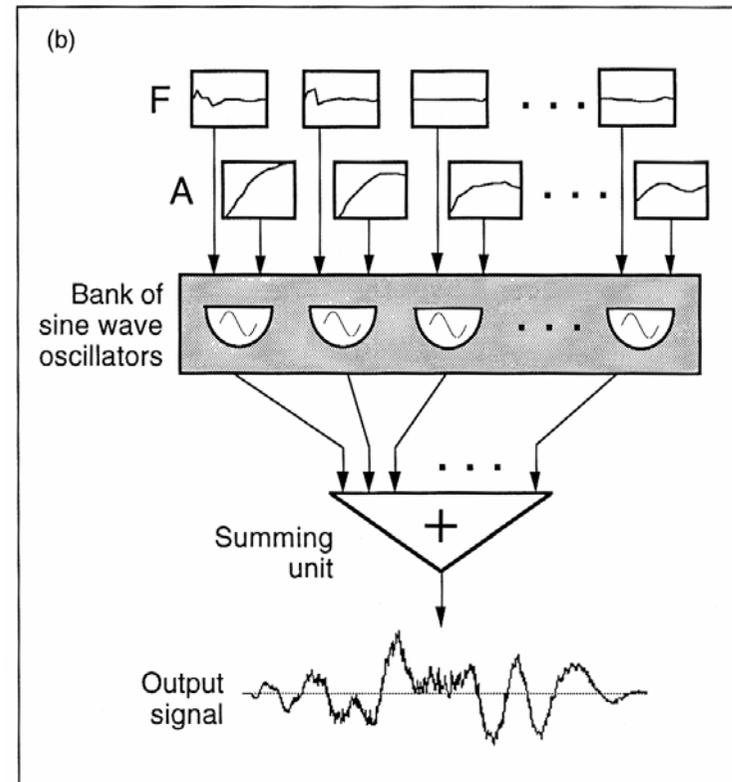
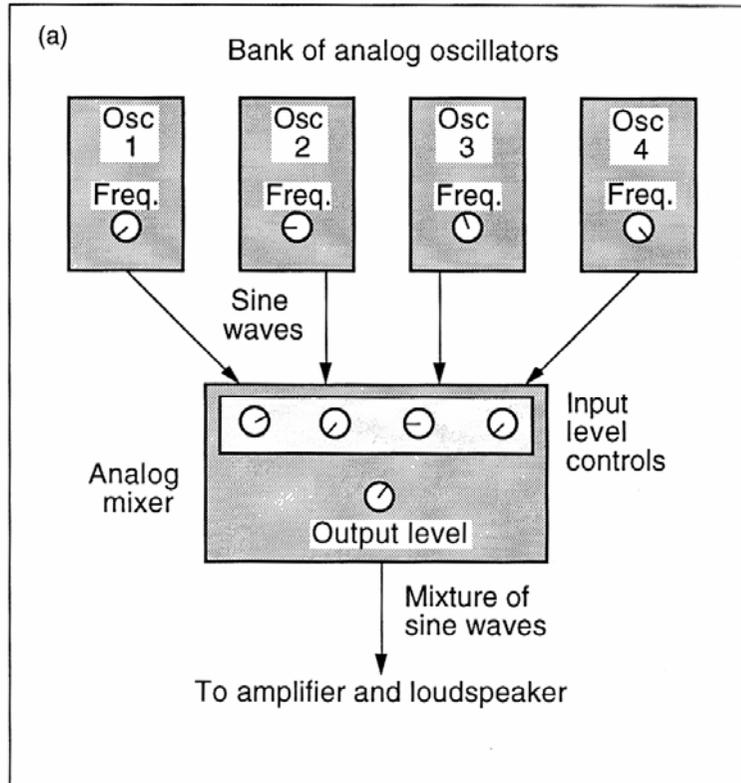
- ❑ Frequency- Shifting.
- ❑ Cross-Synthesis entre sonidos distintos.
- ❑ Transformación del timbre de instrumentos o voces.
- ❑ Transformación entre sonidos “naturales” y “sintéticos” (sonidos híbridos).

# ANÁLISIS ESPECTRAL

- ❑ Como una imagen se puede describir como una mezcla de colores (frecuencias en el parte visible del espectro electromagnético) un objeto de sonido se puede describir como una mezcla de elementares vibraciones acústicas.
- ❑ Análisis espectral se llama la evaluación del equilibrio entre ellas.
- ❑ Otra definición común es:

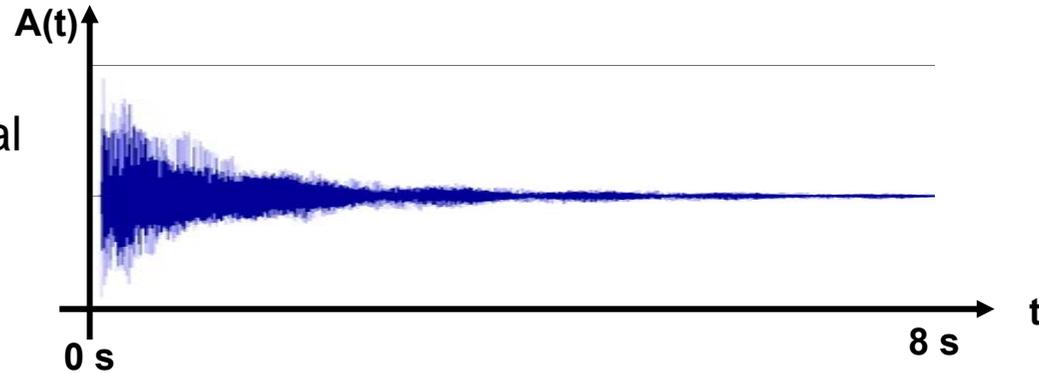
**La medición de la distribución de la energía de un señal de audio como función de frecuencia.**

# SINTESIS ADITIVA



# REPRESENTACIONES DE SONIDOS EN EL DOMINIO ESPECTRAL

Tono de un piano en dominio temporal



Decomposición en componentes sinusoidales (Fourier).

Tono de un piano en dominio espectral.

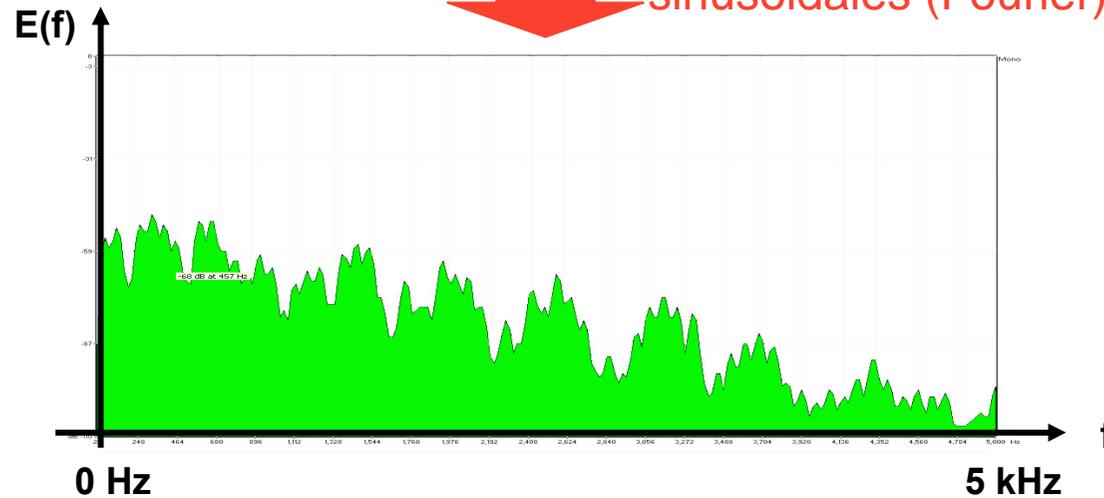
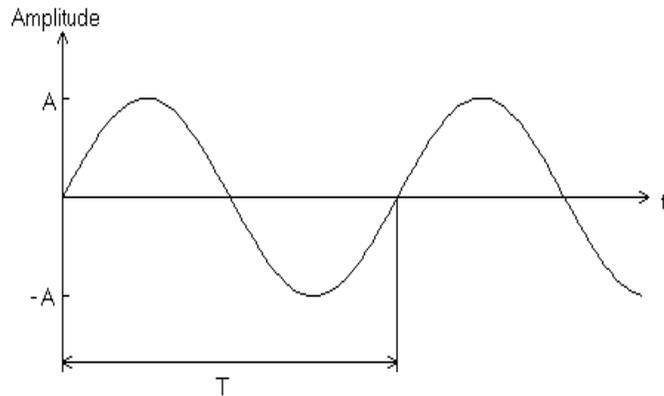
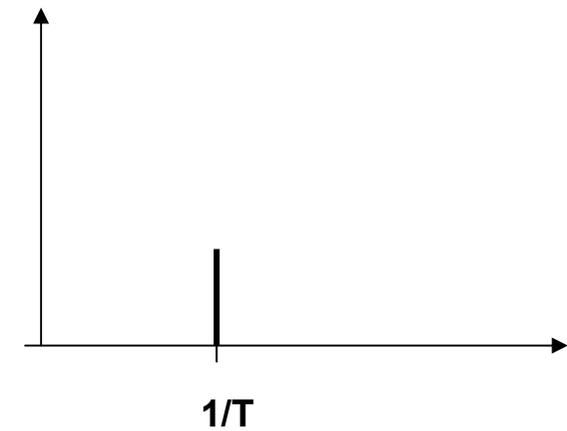
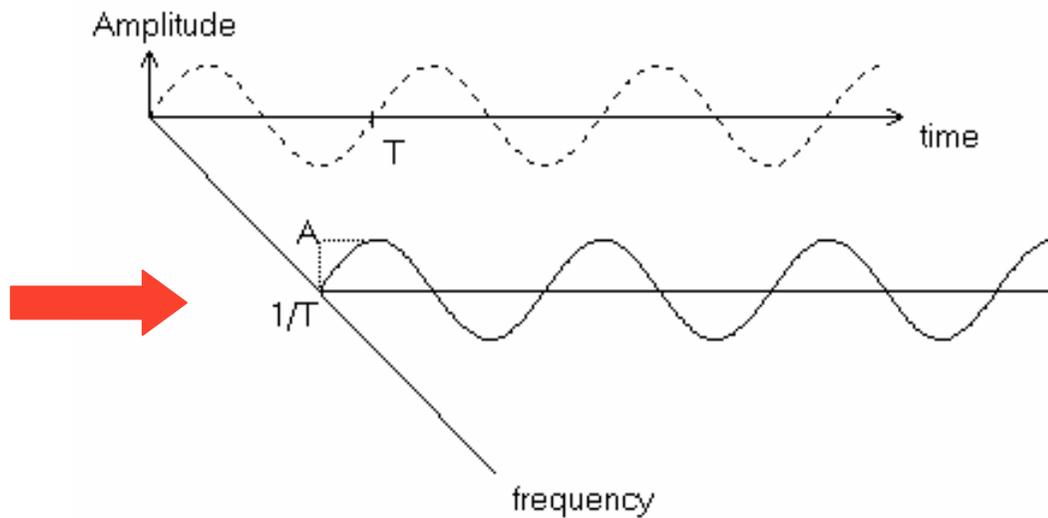


Imagen estatico (Snapshot) → Falta de la información temporal.

# REPRESENTACIONES DE SONIDOS EN EL DOMINIO ESPECTRAL - PROYECCIÓN

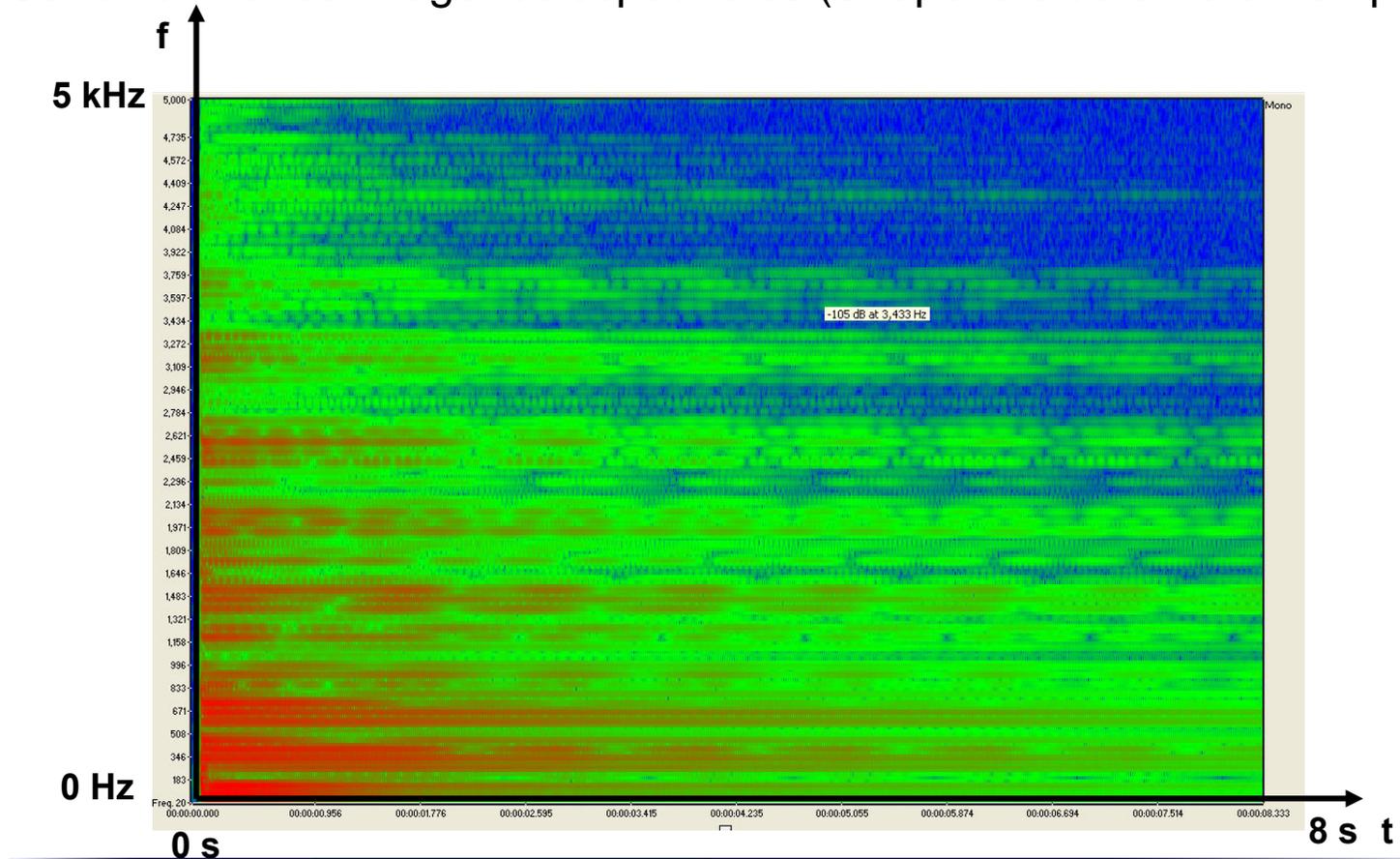


$$f = 1/T \text{ [Hz]}$$



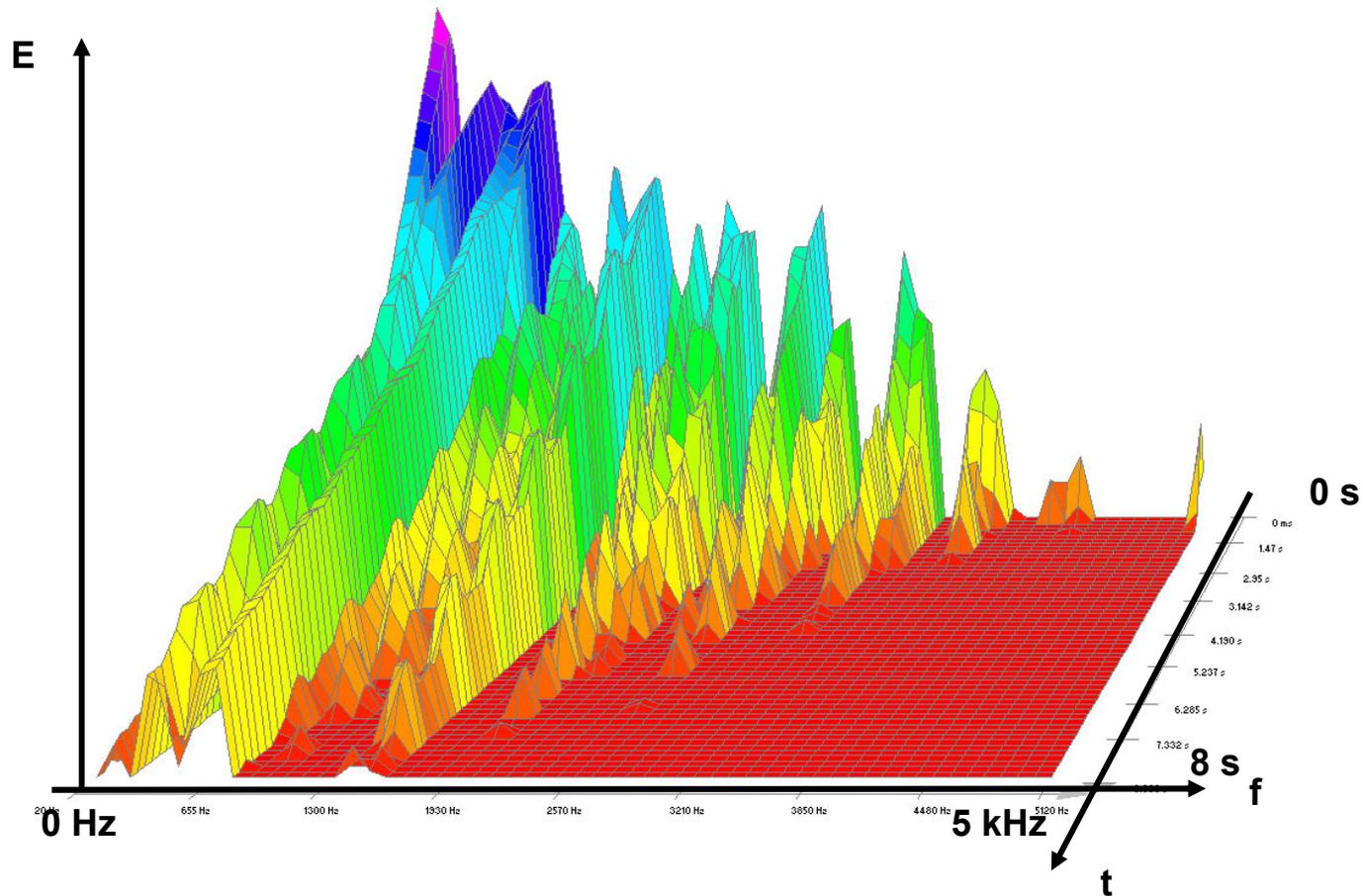
# SONOGRAMA

- Representación de la mezcla de energía de componentes frecuenciales durante el tiempo.
- Se toman varias imágenes espectrales (Snapshots durante el tiempo).



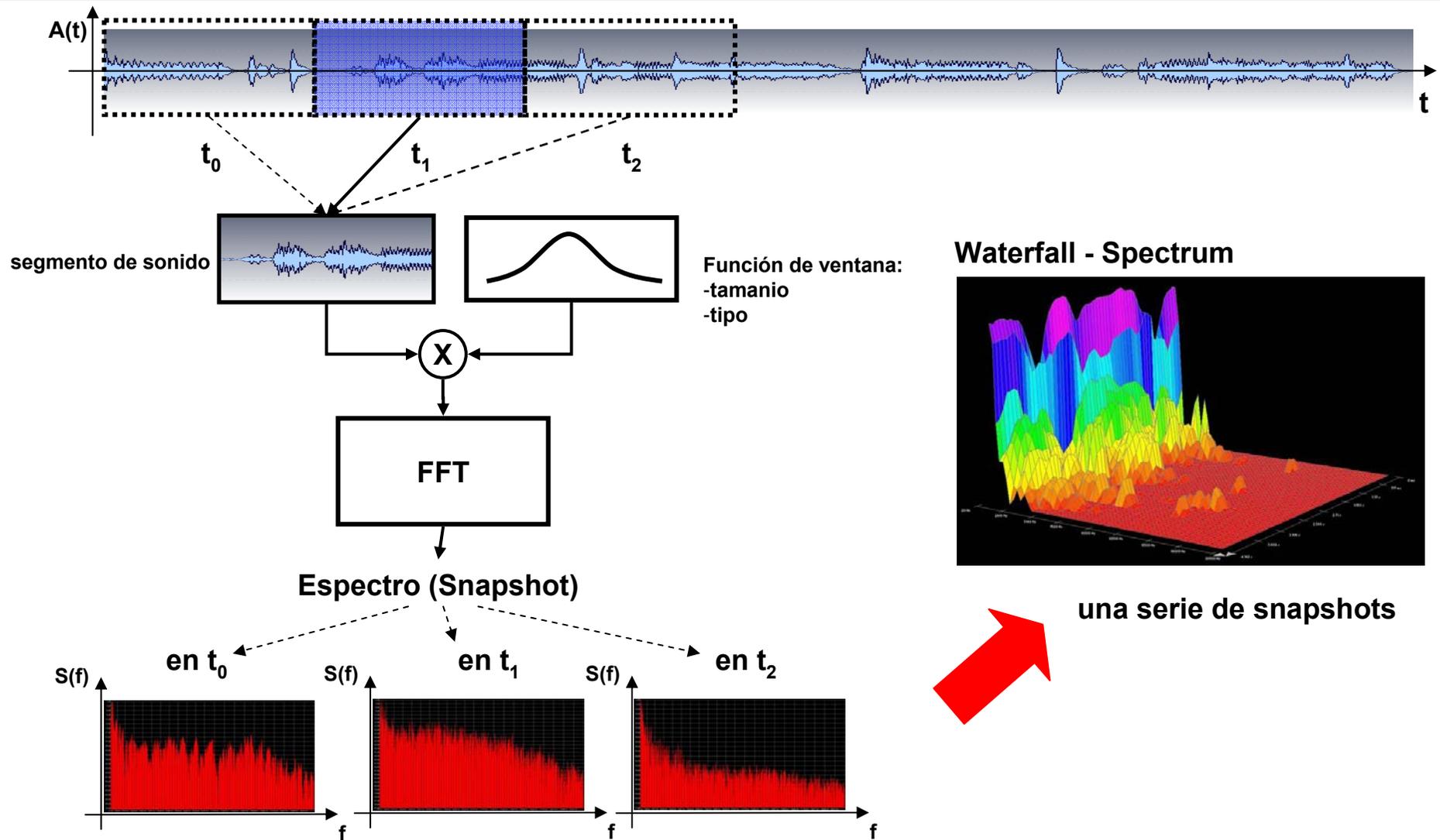
# WATERFALL-SPECTRUM

## □ Presentación 3D

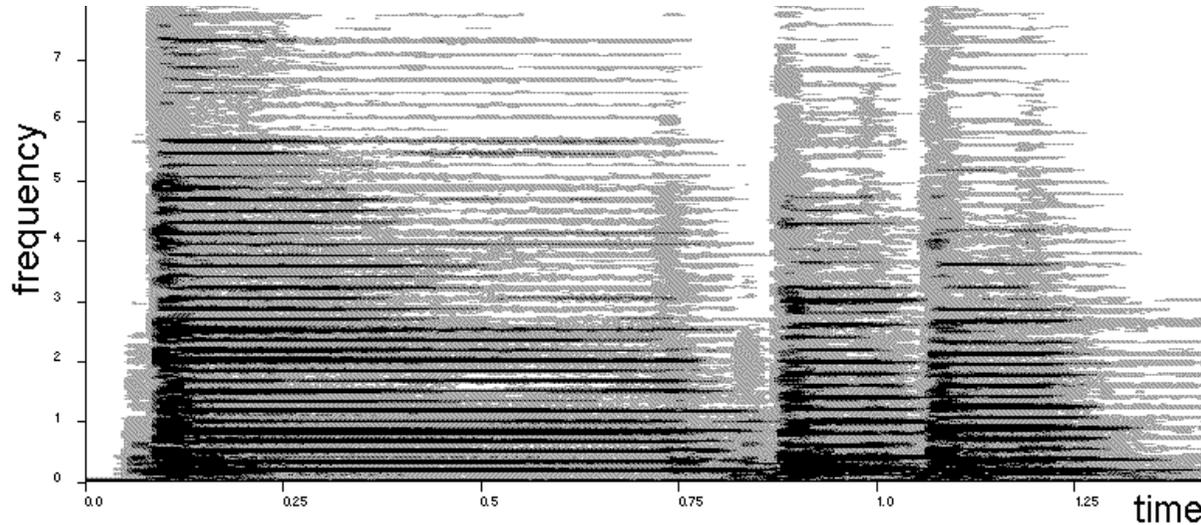


# TÉCNICAS DE PROCESADO ESPECTRAL

# SHORT-TIME-FOURIER-TRANSFORMATION (STFT)



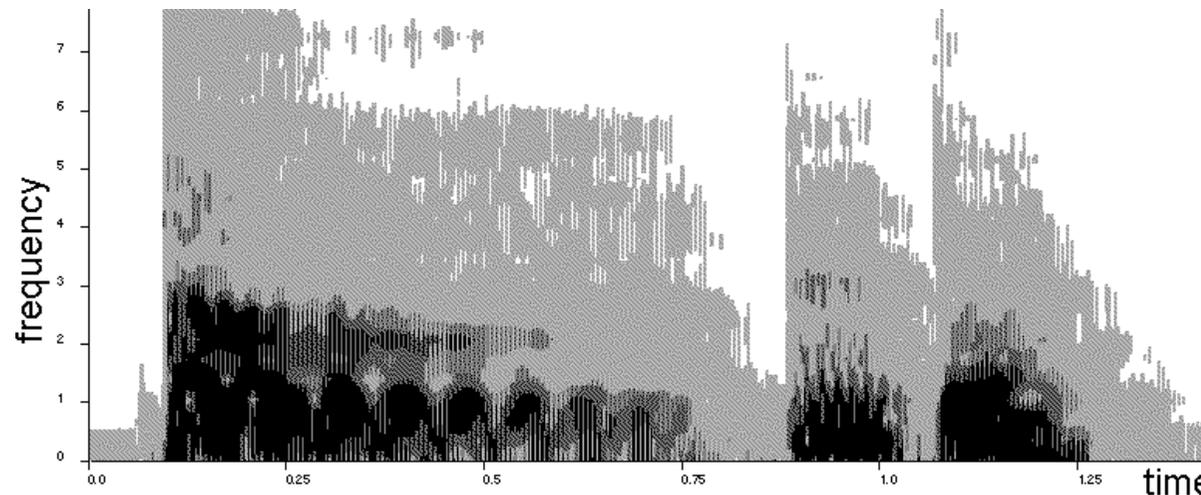
# COMPROMISO ENTRE TIEMPO Y FRECUENCIA



Alta resolución en tiempo  
Baja resolución en frecuencia.

Si la ventana es grande

→ Sonido es suavizado  
(se reducen transitorios importantes).



Baja resolución en frecuencia.  
Alta resolución en tiempo.

Si la ventana es pequeña

→ No todos los armónicos se dejan distinguir.

## STFT - PARAMETROS

- ❑ Frecuencia de muestreo (Sampling Rate) → influye la máxima frecuencia que se puede representar en el espectro (Teorema de Nyquist):

$$f_s > 2 f_B$$

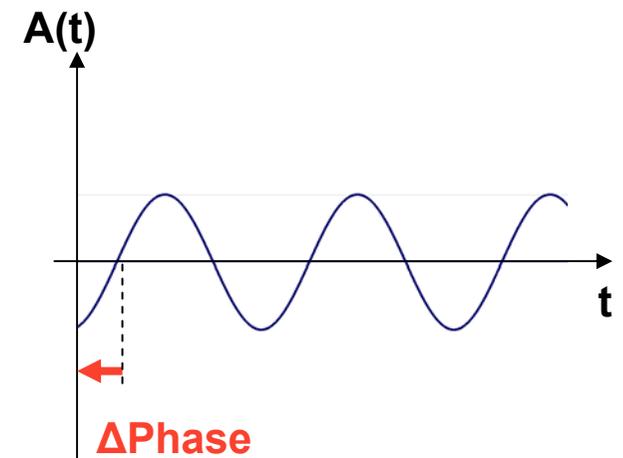
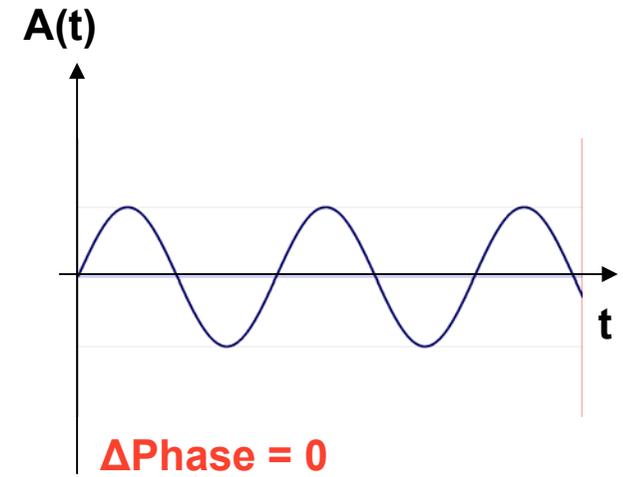
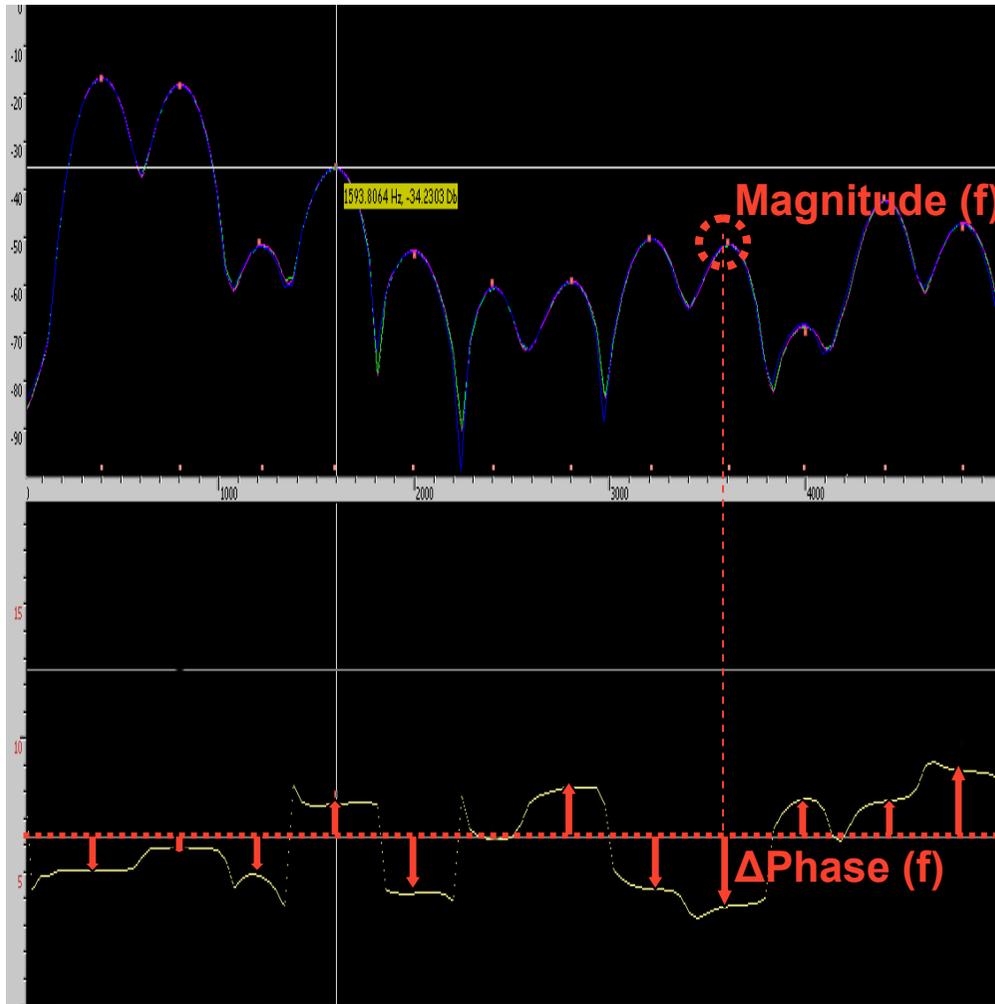
$$f_s = \textit{sampling rate}$$

$$f_B = \textit{signal bandwidth}$$

- ❑ Tamaño de ventana → influye la resolución del espectro.
- ❑ Tipo de ventana → controla la habilidad de distinguir dos picos sinusoidales.
- ❑ Hop Size → influye la resolución temporal.

# ENERGÍA Y FASE

Energía /  
Magnitude



## IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN DE FASE

- ❑ El oído humano es sensitivo a la fase.
- ❑ Filtros tienen un retardo de fase que en ciertos casos depende de la frecuencia → puede crear efectos de cancelación de fase (chorusing, flanging).
- ❑ Para poder reproducir un timbre de instrumento / voz precisamente.
- ❑ Para la localización de objetos sonoros en el imagen estéreo.

**Síntesis con fase**

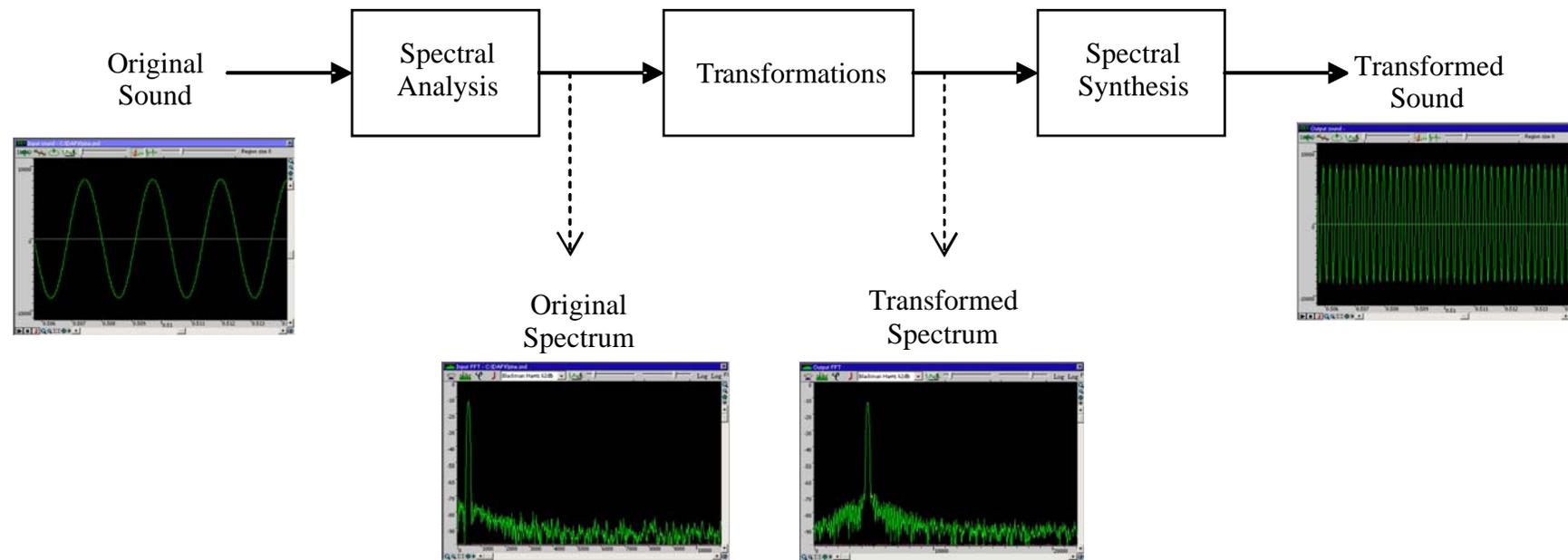


**Síntesis sin fase**

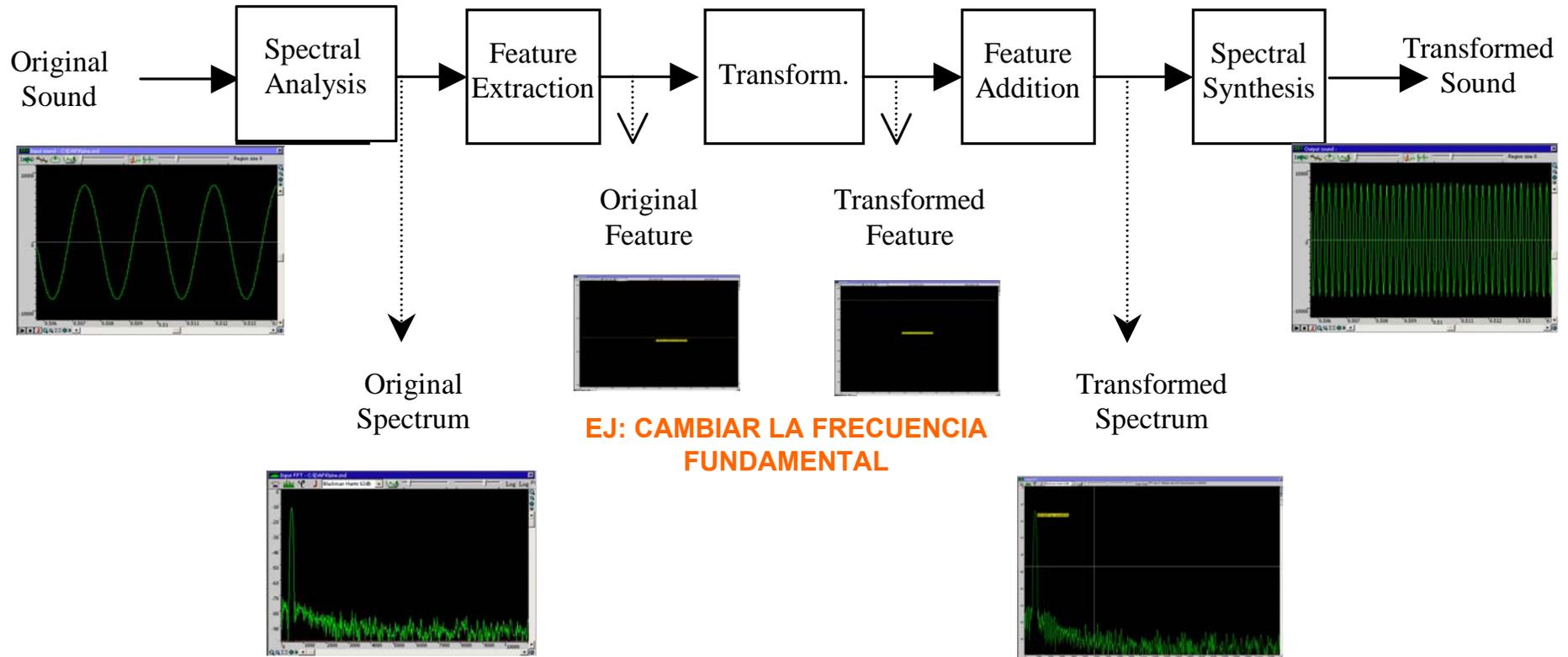


# SPECTRAL MODELLING SYNTHESIS (SMS)

# ENTORNO DE PROCESADO FRECUENCIAL

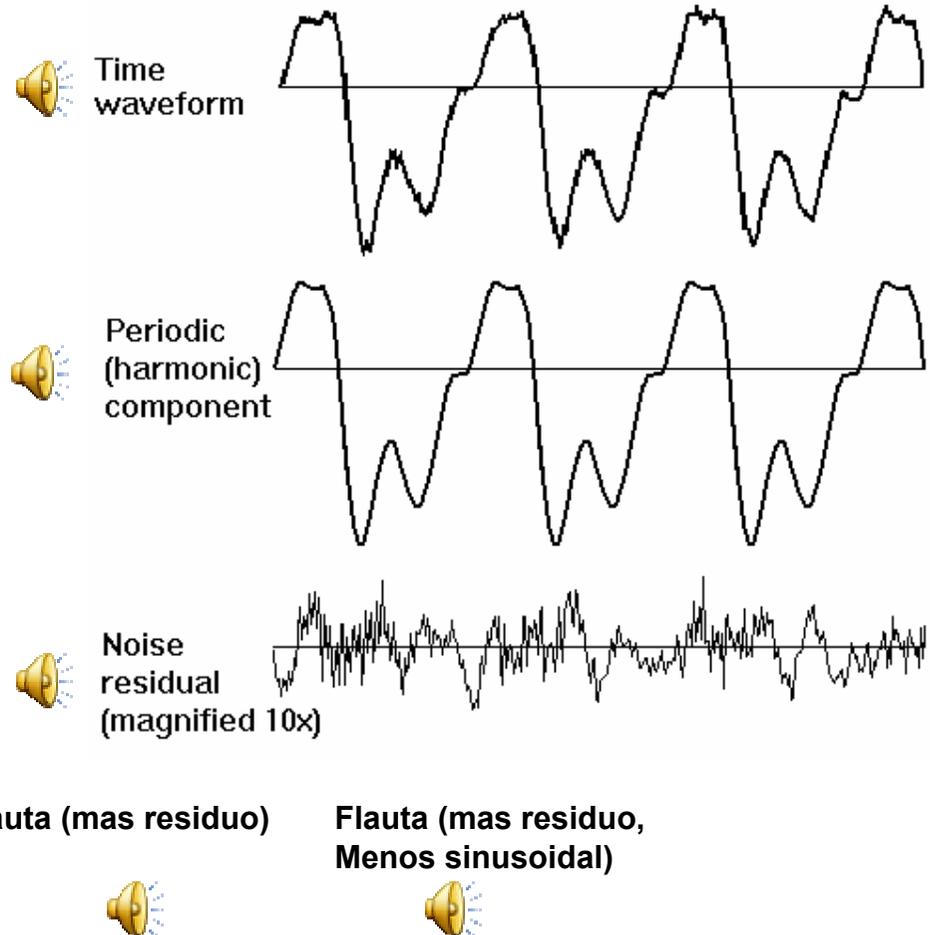


# TRANSFORMACIONES DE ALTO NIVEL



# SPECTRAL MODELLING SYNTHESIS (SMS)

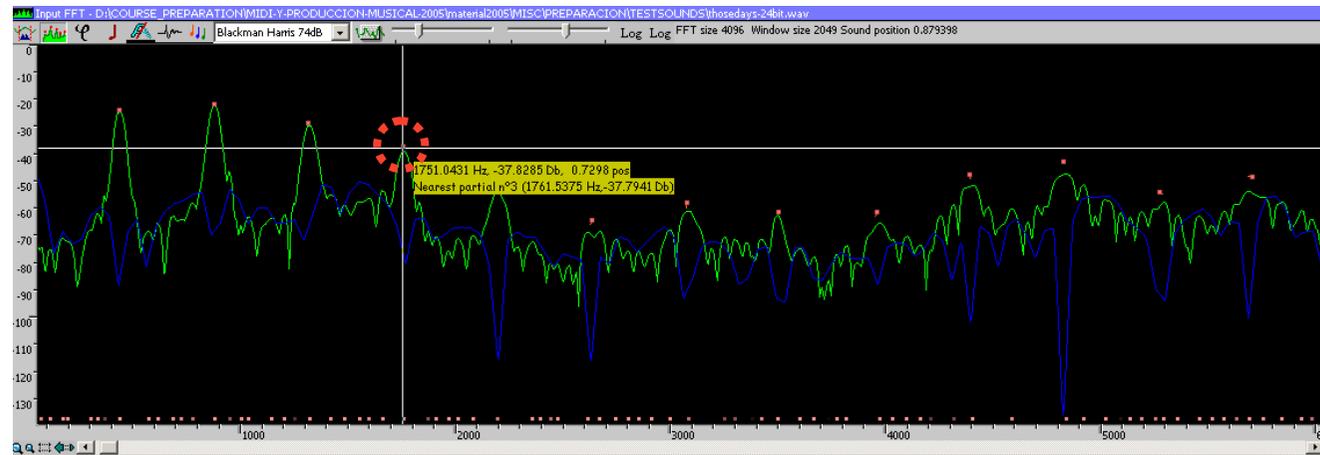
- ❑ Sonidos naturales normalmente se componen de componentes armónicos y estocásticos.
- ❑ Ej.de guitarra:
  - ❑ Fase de ataque es percusivo (ruidoso).
  - ❑ La fase de decay es armónico.
- ❑ El modelo SMS descompone el espectro de un sonido en los componentes periódicos (armónicos) y un residual de componentes ruidos.



# DETECCIÓN Y CONTINUACIÓN DE PICOS ESPECTRALES

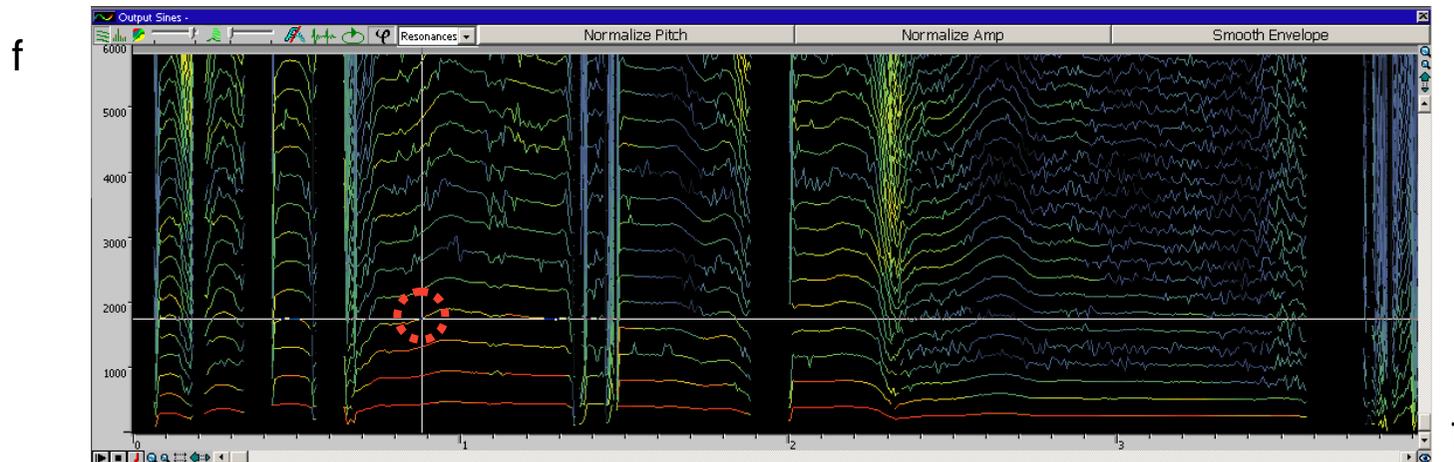
- Los picos corresponden a los componentes espectrales mas relevantes.

$|S(f)|$

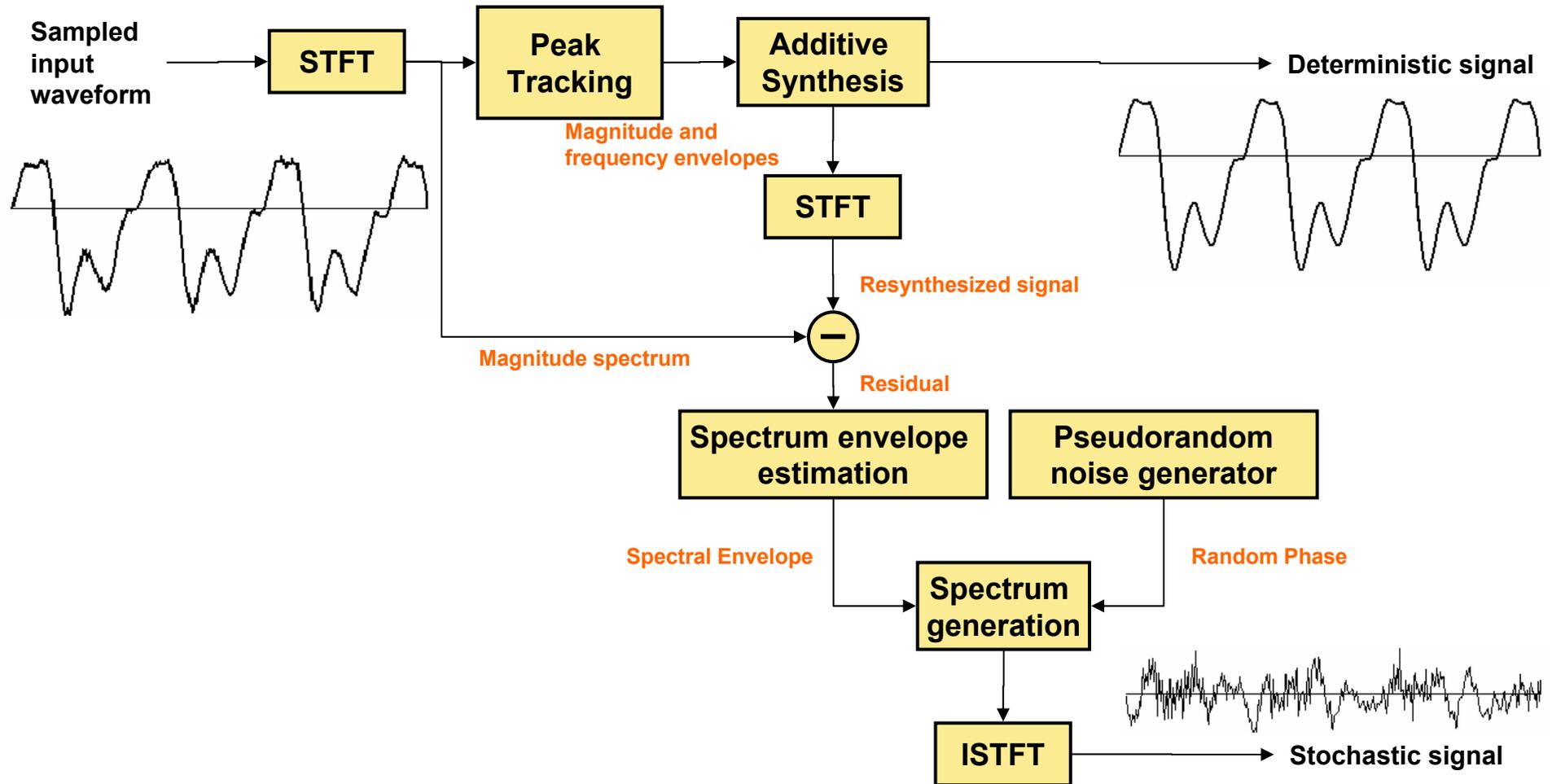


verde: espectro  
azul: espectro del residuo.

- Los picos mas relevantes se continúan durante el tiempo ( peak tracking / continuation).



# SPECTRAL MODELLING SYNTHESIS (SMS)

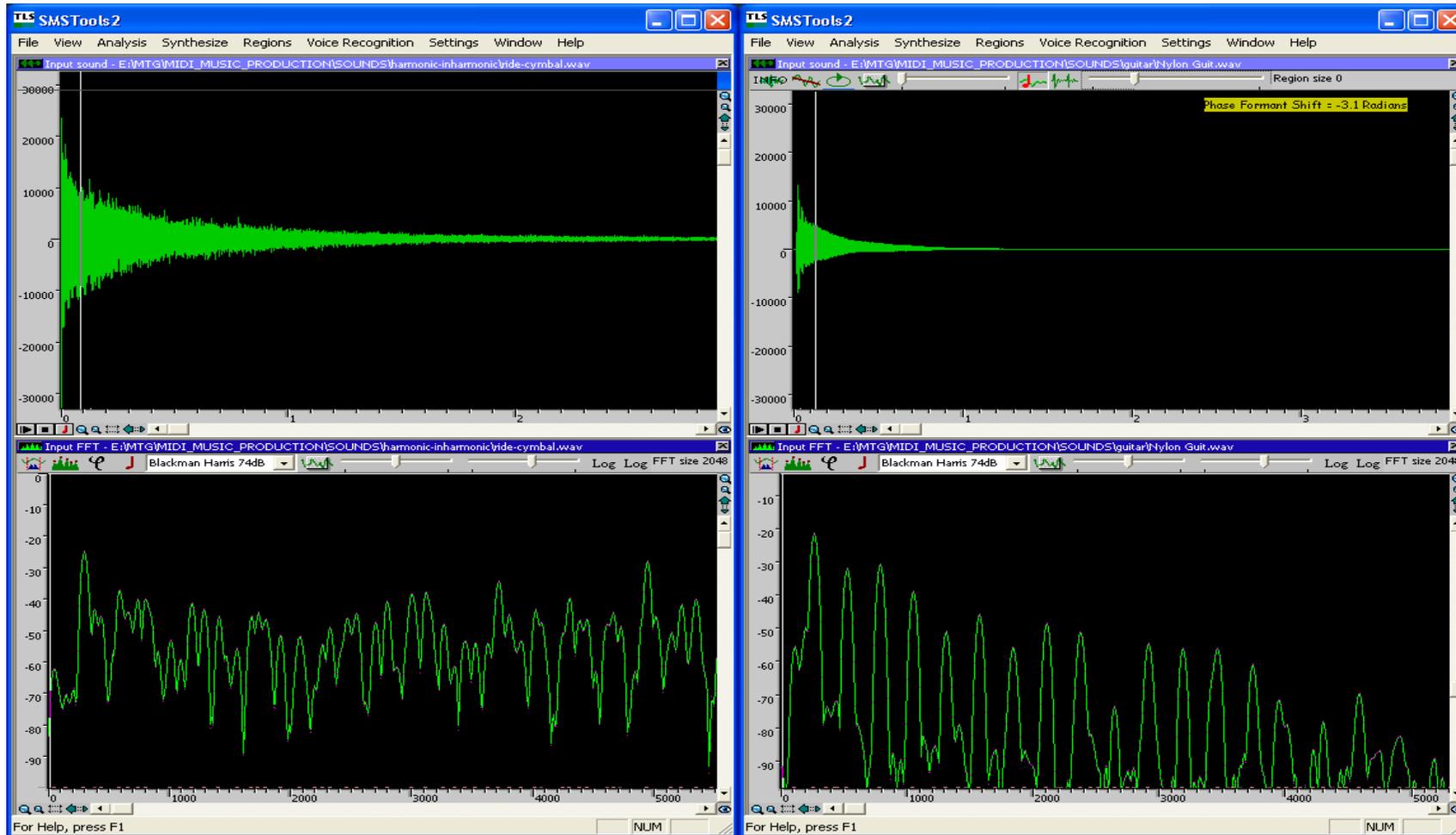


# SONIDO HARMONICO VS. INHARMONICO

Sonido monofónico inarmonico



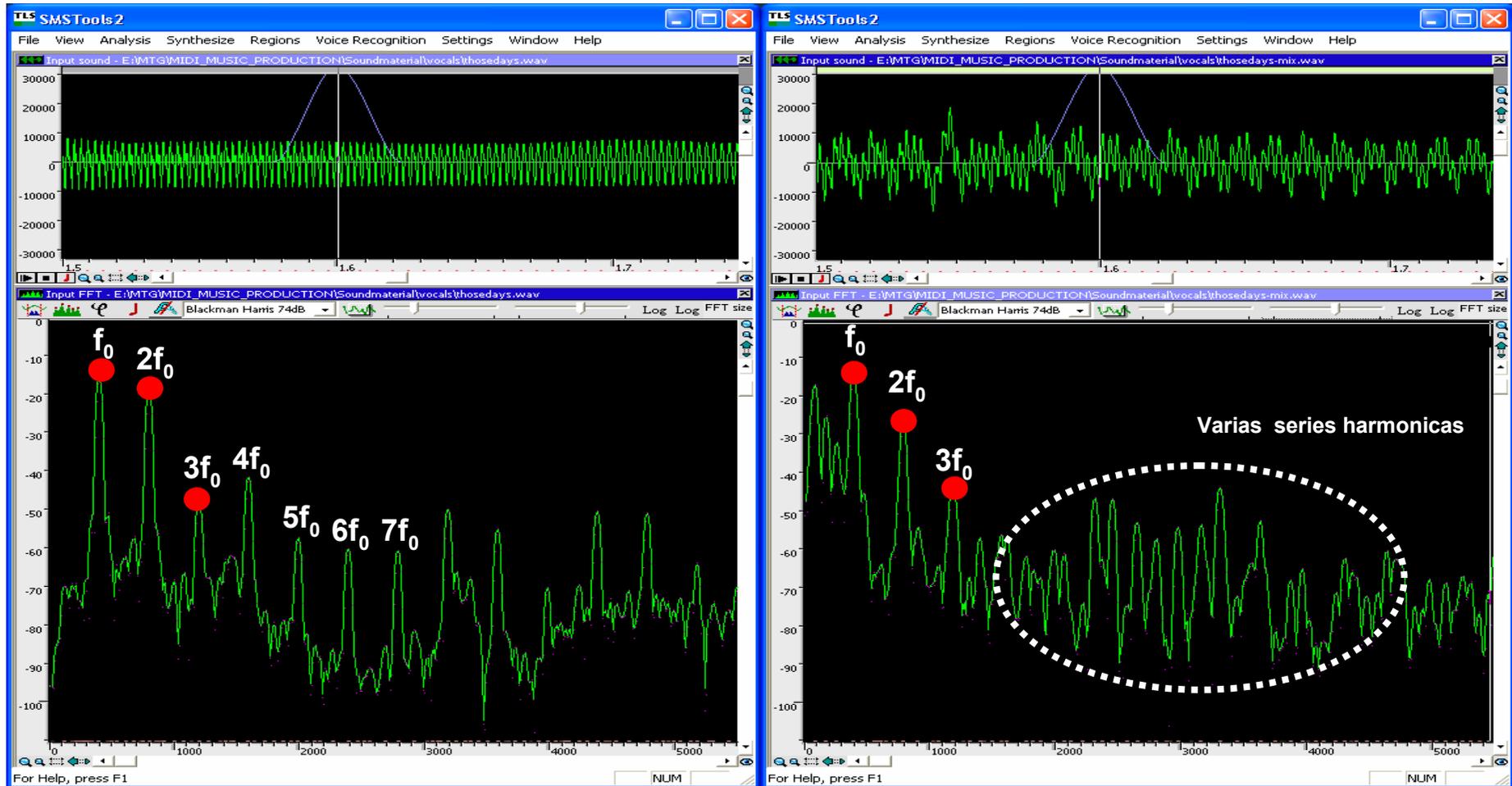
Sonido monofónico armónico



# SONIDO HARMONICO VS. INHARMONICO

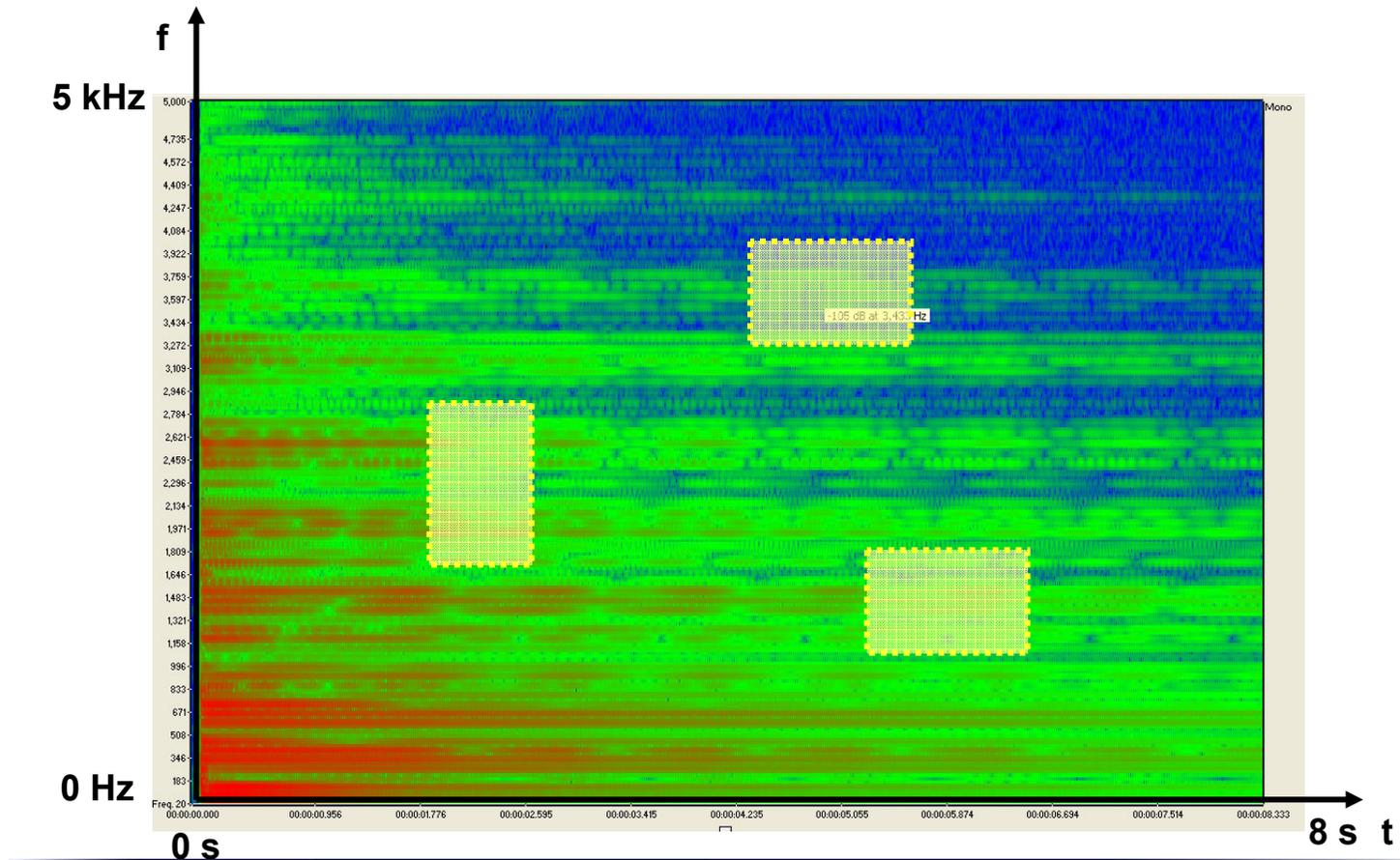
Voz sola (un objeto) 🗣️

Voz en una mezcla (varios objetos) 🗣️

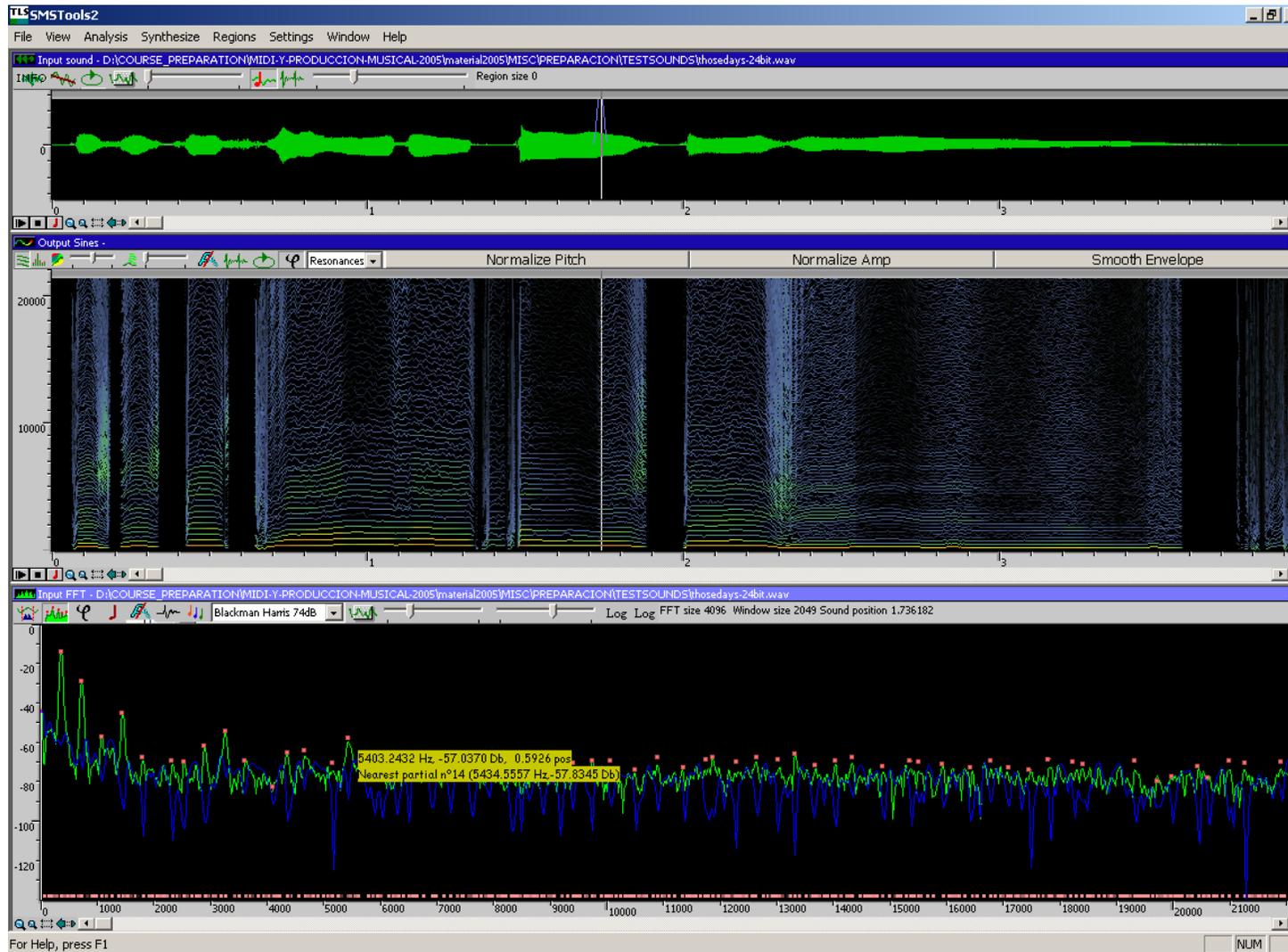


# EDICIÓN DE ESPECTRAL

- Aplicar transformaciones a zonas seleccionadas en el espectro.



# SMSTools



# PRÁCTICAS

- ❑ Práctica 1: SMSTools – Uso básico
  - ❑ Cargar y analizar un sonido.
  - ❑ Sintetizar y guardar un sonido.
  - ❑ Transformar un sonido.

**FIN**