

## INTRODUCCION

### Nuevos formatos de audio de alta calidad

Desde que en 1982 Sony introdujera el primer reproductor de *Compact Disc* (CD), los avances de la técnica han hecho que sea posible mejorar bastante la calidad de las grabaciones de audio. He aquí los principales competidores en el nuevo mercado de la super alta fidelidad.



El *High Definition Compatible Digital* HDCD fue desarrollado en 1996 por la empresa californiana Pacific Microsonics Incorporated para mejorar la calidad del CD manteniendo la compatibilidad con el mismo. En septiembre de 2000 la compañía - y consecuentemente su tecnología - fue adquirida por Microsoft. Gracias a una ingeniosa técnica de codificación, el HDCD consigue cuantificar 20 bits en lugar de los 16 de un CD normal. Como resultado se consigue una dinámica de hasta 120 dB, 24dB más que en el CD. El sistema también mejora la respuesta en frecuencia y reduce al mínimo la distorsión gracias al uso de filtros *anti-aliasing* que se ajustan automáticamente en función del tipo de señal a tratar. La gran ventaja del HDCD es su total compatibilidad con los reproductores normales de CD, aunque para disfrutar de la calidad mejorada es necesario que el reproductor incorpore el decodificador HDCD.



El Super Audio Compact Disc (SACD) de Sony y Philips se basa en la tecnología (DSD). La codificación de la señal de audio no se realiza aquí mediante PCM de 16 bits, caso del CD, sino que se emplea una modulación por densidad de pulsos (PDM) con único bit que representa un incremento positivo o negativo del nivel de audio y una frecuencia de muestreo de 2.882.400 Hz. La respuesta en frecuencias de este sistema va desde 0Hz. hasta 100KHz. y la dinámica que se consigue es de 120dB. Existen tres posibles versiones de SACD. Según el número de capas que contenga hablaremos de disco monocapa, bicapa o de disco híbrido. Este último es un caso especial de disco bicapa en el que una de las dos capas es equivalente a un CD normal. Así los discos SADC híbridos, y sólo estos, son reproducibles en cualquier reproductor de discos compactos (CD) del mercado.



El DVD-Audio utiliza el sistema de codificación PCM lineal con mayor calidad que la que es posible en el CD o en el DVD-Vídeo. Además emplea el sistema de codificación sin pérdidas MLP de la compañía inglesa Meridian y cuya licencia de utilización es gestionada por Dolby. A diferencia de los sistemas de codificación perceptiva, en el MLP no se produce ninguna pérdida de señal. El sistema se dedica únicamente a empaquetar los datos de una forma más eficiente con lo que se

consigue una reducción aproximada de 2:1 en la velocidad de transferencia de datos. Dado que el formato DVD es muy abierto, la implementación del DVD-Audio permite diversas configuraciones. Es posible tener hasta 6 canales de audio y utilizar diferentes frecuencias de muestreo. La cuantificación puede ser de 12, 16, 20 ó 24 bits. En el mejor de los casos se puede llegar a conseguir una respuesta en frecuencia de hasta 96KHz y un margen dinámico de hasta 144dB. Cuando el audio es multicanal, el propio reproductor puede generar un audio estéreo basándose en parámetros preestablecidos (*downmix*). De esta forma siempre se dispone de sonido estéreo y no es imprescindible tener instalado un sistema de reproducción multicanal.

**TABLA COMPARATIVA DE FORMATOS DE AUDIO**

	<b>CD</b>	<b>HDCD</b>	<b>SACD</b>	<b>DVD-Audio</b>
Codificación	PCM	PCM	PDM (Basado en DSD)	PCM
Cuantificación	16 bits	16 bits	1 bit	12 / 16 / 20 ó 24 bits
Capacidad	650Mb	650Mb	1,9Gb – Monocapa 3,9Gb – Bicapa 2,6Gb - Híbrido	4,7Gb – Monocapa 8,5Gb – Bicapa 17Gb – Bicapa de Doble Cara
Canales	2 (estéreo)	2 (estéreo)	Hasta 6	Hasta 6
Respuesta en Frecuencia	5 - 20KHz	5 -22KHz	0 -100KHz	0 - 96KHz (max)
Dinámica	96dB	102dB	120 dB	144dB
Frecuencia de Muestreo (estéreo)	44,1KHz	44,1KHz	2.882,4KHz	44,1 / 88,2 / 176,4KHz ó 48 / 96 / 192KHz
Frecuencia de Muestreo (multicanal)	no disponible	no disponible	2.882,4KHz	44,1 / 88,2KHz ó 48 / 96KHz
Velocidad de Transferencia de Datos	1,4Mbps	1,4Mbps	2,8Mbps	Variable hasta 9,6 Mbps

### **Razón de nuestra inclinación por el SACD**

*- De estos tres nuevos formatos de almacenamiento de audio de alta calidad, nos inclinamos por el SACD, ya que éste es el que presenta un cambio radical en la tecnología de adquisición de datos, yendo más allá de solo aumentar la cantidad de bits muestreados. Por otro lado, es el formato de mayor crecimiento en la actualidad, por lo que se constituye en una alternativa válida a la hora de dar un salto en cuanto a tecnología. -*

## TECNOLOGIAS DETRÁS DEL SACD

El SACD logra tantas metas porque reúne tecnologías claves que son a su vez potentes. De hecho, hay cinco tecnologías detrás del SACD:

- 1.- DSD (Direct stream Digital): Codificación de la fuente para una calidad superior.
- 2.- Stereo y Multi-Canales en un disco usando tecnología DST (Digital Stream Transfer)
- 3.- Tecnologías de seguridad para protección de contenido.
- 4.- Varios tipos de SACD

### 1.- Codificación DSD

Sucesivamente, un aumento de los bit-rates y frecuencias de muestreo para los sistemas convencionales de adquisición de sonido (PCM, Pulse Code Modulation), mejoraron la calidad del sonido, pero las mejoras también se iban haciendo sucesivamente más pequeñas. Y la razón por estas diferencias se está haciendo clara: el filtrado.

Todos los sistemas PCM requieren un complejo sistema de filtros en la entrada para bloquear absolutamente todas las señales en o sobre la mitad de la frecuencia de muestreo (En el muestreo convencional de 44.1kHz, un filtro debe dejar pasar audio de 20kHz pero rechazar el sonido de 22.05kHz -una tarea bastante difícil). Además, un ruido se agrega en el proceso de muestreo - interpolación justamente por el hecho de "recortar" una señal continua (en el muestreo) y luego "agregar" datos a una señal discreta (en la interpolación).

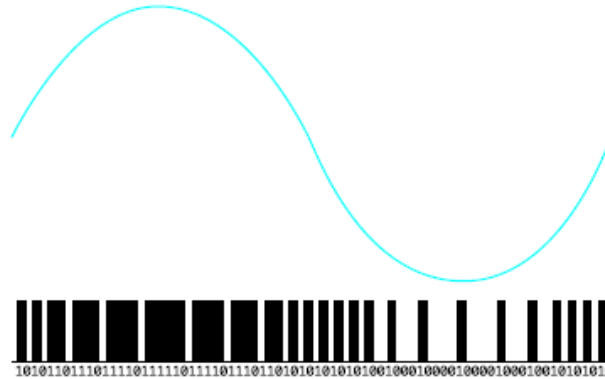
Este problema fue la inspiración para el DSD.

El DSD está basado en la técnica de modulación por densidad de pulsos (PDM) que usa un bit para representar el incremento o caída de la forma de onda de audio: si la amplitud de la onda crece, se corresponde con el valor de "1" y si decrece con el de "0".

El tren de pulsos generado da una idea de la forma analógica de la señal. Para convertir el tren de pulsos al formato analógico usaremos un filtro paso bajo, en primera aproximación.

Entonces, la conversión digital-analógica puede ser tan simple como hacer correr el tren de pulsos por un filtro pasa-bajos analógico.

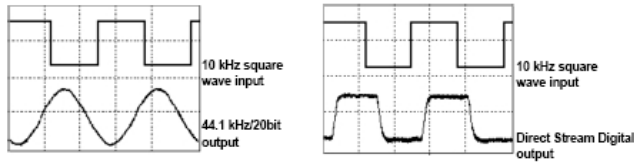
A simplified relationship between analog input (above) and 1bit digital output pulse train (below) of the delta-sigma analog-to-digital converter (The pulse train has been shaded for clarity.)



Sony y Philips diseñaron el DSD para capturar la información completa de los mejores grabadores analógicos.

Estos pueden capturar frecuencias de mas de 50Khz. DSD puede representar esto con una frecuencia de respuesta que va desde la señal continua hasta los 100Khz. Para cubrir el rango dinámico de una buena mezcladora analógica, la energía del sonido residual fue retenida a -120dB dentro de la banda de audio.

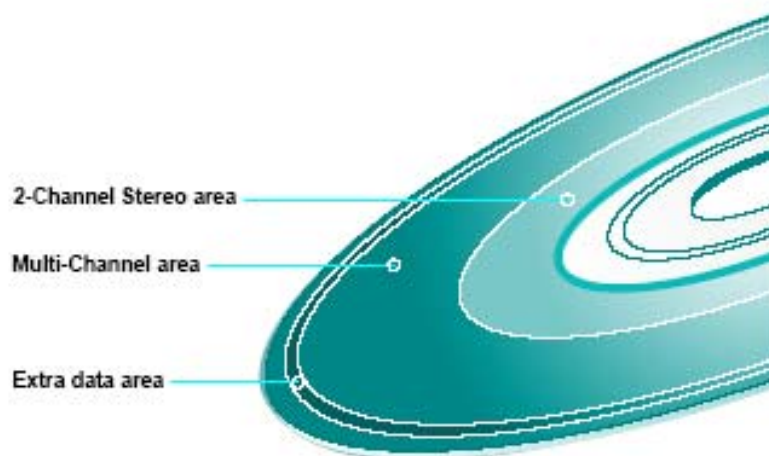
A notorious torture-test for recording systems, the 10 kHz square wave (left figure : top trace) includes component frequencies well above the audio band. The PCM system approximates this with a 10 kHz sine wave (left figure : bottom trace). In comparison, the 1-bit Direct Stream Digital captures the wave's true shape (right figure : bottom trace).



## 2.- Discos Multi Canales

- Estereo y Multi-canales en un disco.  
EL código sin perdidas del Direct Stream Transfer (DST)\* permite grabar 70-80 minutos de stereo y multi-channel DSD en un disco.

Áreas separadas de datos son proveídas para estereo y multi.channel dando la flexibilidad para hacer 2 mezclas distintas del mismo contenido en un disco. Mas allá, un área "extra" de datos fue reservada para expansiones del formato que van a hacer posible incluir informaciones como letras, créditos, e imágenes en el futuro



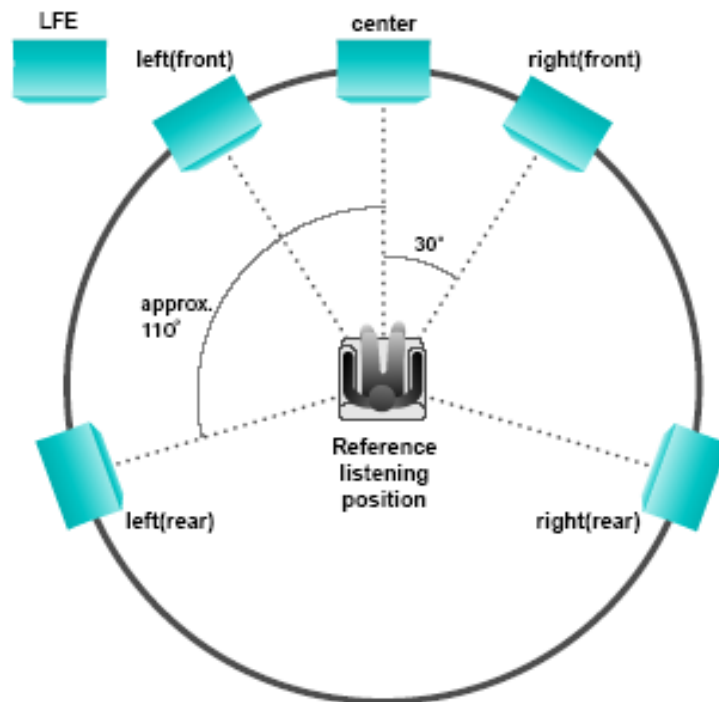
All Super Audio CDs containing multi-channel DSD content will carry the "Multi-ch" logo to indicate that they are capable of providing multi-channel sound when played on a multi-channel compliant Super Audio CD player.

\*Existen 2 tipos de tecnologías de bit-rate reduction, una es DST: código sin pérdidas y la otra es "Lossy". Data Reduction elige partes que pueden ser ignoradas, por ejemplo basado en modelos psicoacústicos. Ejemplos: MPEG-1, MPEG-2 para video, Dolby Digital y DTS para audio.

- Aplicaciones de software con el SACD multi-channel Canales separados de surround pueden teóricamente grabar cualquier tipo de contenido (efectos de sonido, coros). Además se pueden re-introducir grabaciones de 3 o 4 canales en el formato SACD, además de ser lo suficientemente flexible para implementar métodos de grabado multi-channel nuevos.

Un sistema de reproducción de un SACD incluye un reproductor con capacidades multi-channel, un amplificador multi-channel y su correspondiente número de parlantes.

Como se muestra en la figura, cinco parlantes típicamente rodean al que escucha de modo circular de acuerdo con las especificaciones de la ITU y el sexto canal es usado para mejorar las bajas frecuencias (sub-woofer)



Speaker placement in accordance with the ITU-R BS.775 recommendation: the sixth channel can be optionally used for low-frequency enhancement.

### 3.- Seguridad

SACD protege su contenido con 5 líneas de defensa. Cada una provee diferentes obstáculos contra la piratería. La independencia de estas líneas significa que aunque 1 de las líneas es rota, las otras van a seguir protegiendo el contenido contra la piratería.

- Primera Línea: Los PC-CDROM existentes no pueden leer datos de un SACD
- Segunda Línea: Si el disco es copiado, no puede ser usado
- Tercera Línea: Pasar el bloqueo de un título es caro y tiene que hacerse para cada título
- Cuarta Línea: Detalles del bloqueo no son expuestos nunca
- Quinta Línea: protección sofisticada contra la piratería y falsificación

#### Tecnología de protección del SACD

- **Marca de agua invisible:** La marca de agua invisible es también llamada PSP-PDM (Physical Signal Processing-Physical Disc Mark) el PSP-PDM es muy difícil de grabar en un disco gravable.

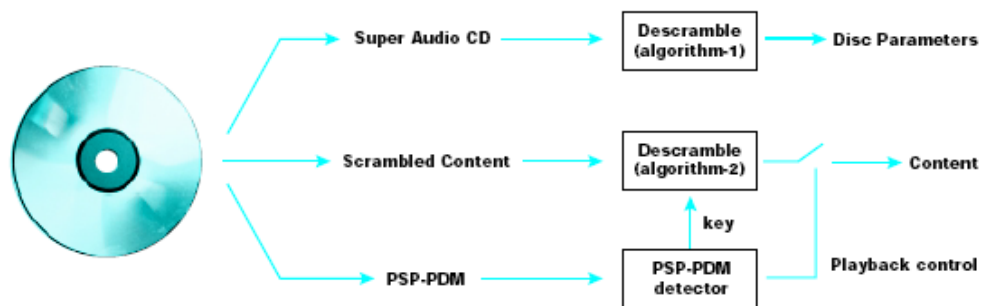
Solo puede ser hecha correctamente con un equipo con licencia SACD. El PSP-PDM es usado para el control de reproducción (su presencia es necesaria para iniciar la reproducción de un SACD). El PSP-PDM es también usado para el control de acceso (parte de la llave de desbloqueo esta escondida en el PSP-PDM)

- **Control de acceso al contenido:** El contenido DSD es bloqueado usando el cifrador SACD. El algoritmo de criptografía del SACD es un flujo sincrónico de datos.

El flujo-clave generador usado en este flujo de cifrado está basado en pulsos controlados del reloj. El algoritmo de criptografía es optimizado para alcanzar alto rendimiento en HW el algoritmo de cifrado del SACD necesita dos claves para desbloquear:

1. El código PSP-PDM que está escondido en el disco
2. Los valores iniciales que están escondidos en el equipo. El valor de estas claves no están disponibles fuera de un equipo y no puede ser transmitida entre equipos.

- **Marca SACD:** Control de Acceso al disco El SACD esconde ciertos parámetros del disco. Los drives necesitan esta información antes de que puedan empezar a leer el disco. Un drive "no compliant" no va a poder acceder a los datos del SACD
- **Control de Reproducción** La reproducción del contenido DSD es permitido solo cuando la marca física del PSP es encontrada. El PSP-PDM es muy difícil de escribir en un disco gravable, es una marca excelente para demostrar que un disco es original.

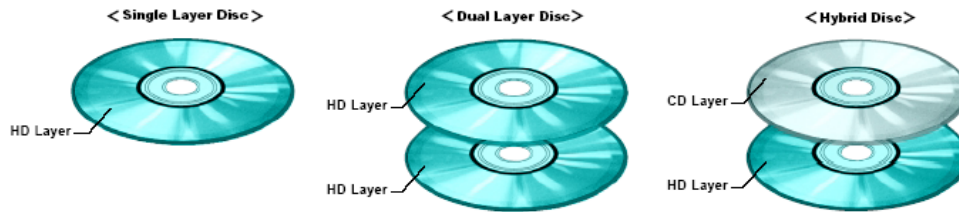


#### 4.- Los 3 tipos de discos SACD

- **Los SACD son backwards compatible con los CD convencionales.**

El SACD ofrece 3 variaciones:

1. Single Layer Disc (que contiene una capa de alta densidad)
2. Dual Layer Disc (que contiene 2 capas de alta densidad para tiempo extra de grabado)
3. Disco Híbrido (que contiene una capa de alta densidad y una capa de CD estándar, permitiendo su reproducción en cualquier CD Player)

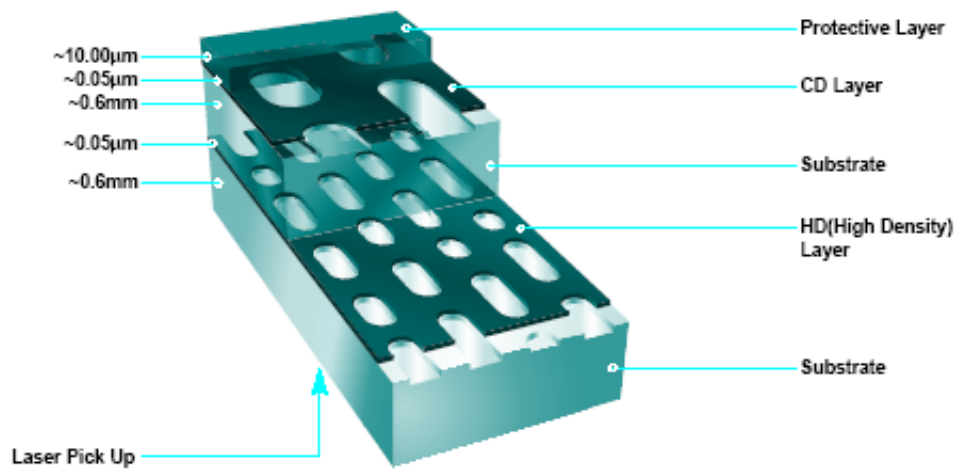


## VENTAJAS DEL DISCO

Los SACD son muy flexibles, permitiendo a la comunidad creativa tener varias opciones para lo que pueden proveer en un disco

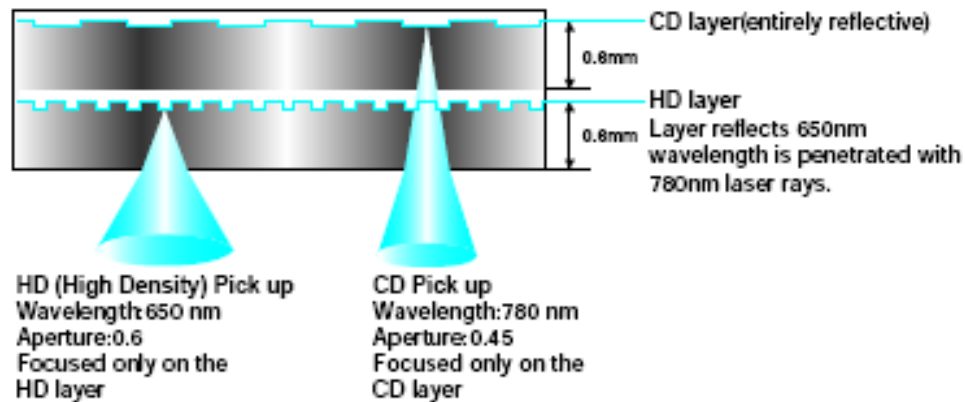
Sin pasar por todo el rango de opciones, se describe lo que se hace llamar como Disco Totalmente Cargado, todos los otros discos son subconjuntos menores de este. Un disco totalmente grabado es un disco Híbrido y tiene lo sgte.:

### <Hybrid Disc Construction>





### <Hybrid Disc Signal Reading>



## Grabando DSD

Grabar un DSD parece una tarea difícil. De todas maneras simple cálculo demuestra lo contrario. DSD muestrea la música 64 veces la tasa de muestreo de un CD ( $64 \times 44,100 \text{ KHz} = 2.822.400 \text{ Hz}$ ) y usa un solo bit por muestra. Comparando esto con el PCM regular para grabar (16 bits/muestra a 44,100 KHz), el resultado demuestra que el bit rate de muestreo del DSD es solo 4 veces mayor, lo que está bien dentro de las capacidades de sistemas actuales.

## Produciendo DSD

Desde el inicio del desarrollo del DSD Sony y Philips trabajaron juntos para el desarrollo de dispositivos claves y tecnologías necesarias para el equipo de producción.

Ellos, por lo tanto, lograron las funciones de mezcla, cross-fading, ecualización y obteniendo dinámicas relevantes de las señales DSD 1-bit. Una variedad de verificaciones de campo fueron hechas en esas funciones con prototipos. Ingenieros de estas empresas están trabajando juntos para ayudar a varios fabricantes de equipos de audio profesionales para el desarrollo de máquinas de grabado y reproducción de DSD.

Además, los DSD en producción son constantemente actualizados. También se desarrolló la tecnología para cambiar la señal DSD de 1-bit a las señales PCM 16-bits del CD (esto debido a que todavía el mercado está muy acostumbrado al CD y está demostrado que la masa es reacia a cambiar bruscamente). Esta tecnología se llama: proceso de Súper Bit Mapping Direct.

## Súper Bit Mapping Direct

Convertir DSD a 16 bits PCM no es teóricamente difícil. Cada grabador DAT y convertidor A/D tienen un circuito que hace casi lo mismo. Pero se tiene que convertir DSD reteniendo la mayor calidad posible para el mundo 16-bits.

La respuesta fue de filtrar completamente la señal del DSD en un único estado simple. En esto, la re-cuantización de errores serán eliminadas

El aliasing es minimizado y las ondulaciones son eliminadas. Sony desarrollo un procesador real-time de Súper Bit Mapping Direct

Este procesador permite que los DSD puedan ser lanzados en CD con mejoras sensibles en la calidad del sonido. Comparaciones subjetivas concluyen que la mayor parte de los beneficios del DSD original son preservados al lanzarse en los CD 16-bits.

## La aritmética de las conversiones DSD

Convertir un DSD a 16bits/44.1Khz es solo una opción para el DSD, su tasa de muestreo esta optimizada específicamente para que se pueda convertir a todas las frecuencias de muestreo actuales PCM.

En todos los casos la conversión se hace únicamente con multiplicaciones y divisiones de enteros.

Como resultado, las compañías de música pueden usar DSD para archivar y masterizar. Un master DSD puede ser fácilmente convertido para su lanzamiento a cualquier tasa de muestreo o tamaño de palabra.

Esto significa que DSD puede soportar una "jerarquía de calidad" para su distribución, lo que permite a las compañías de música a posicionar precisamente productos diferente para diferentes aplicaciones.

	Super Audio CD	CD
Diameter (mm)	120	120
Thickness (mm)	1.2	1.2
Track pitch (µm)	0.74	1.6
Data Capacity (Mbytes)	4700	780
Wavelength (nm)	660	780
Numerical Aperture (NA)	0.6	0.45
Audio Coding:	Direct Stream Digital	Linear PCM
Sampling Rate (kHz)	2822.4	44.1
Sampling Bit Length	1	16
Channels	2, 3, 3.1, 4, 4.1, 5, 5.1	2
Tracks	255 (max)	99 (max)
Indexes	255 (max)	99 (max)
Playback time (min.) Stereo	109	74
Multi + Stereo	70-80 *1	-
Supplementary Data (kbps)	73-900	43.2
Frequency Range (Hz)	DC-100,000 (DSD)	5-20,000
Dynamic Range (dB)	over 120 (~20kHz)	96

\*1 : 12cm Single Layer Disc, 2ch and Multi channel with DST

## **CONCLUSIONES.**

Con el formato SACD, Sony y Philips llegaron a un nuevo producto que cubre toda una gama de aplicaciones.

Ningún otro formato satisface de esta manera las necesidades de los artistas, productores, ingenieros de sonido, compañías de grabación, vendedores y amantes de la música en general.

El formato garantiza que los discos son compatibles con los 600 millones de Cd players y que los reproductores aceptan los 10000 millones de CD's existentes.

Prueba de esto son las espectaculares ventas que está teniendo el SACD en Europa, siendo la mayor marca mundial de ventas registrada por un nuevo formato de audio digital con dos millones de reproductores vendidos y más de 1300 títulos disponibles (hasta oct-2003). El ritmo de copias de discos llega a las 150.000 unidades por día. Todos los sectores de la industria del audio, desde los estudios de grabación a las compañías discográficas, los copiadores de discos y los fabricantes de equipos de consumo, están registrando una enorme demanda del nuevo formato de audio digital. La rica variedad de nuevos albums de artistas internacionales y de super estrellas locales, así como de versiones re-masterizadas de temas clásicos, lanzadas al mercado por compañías líderes como Universal Music, Sony Music Entertainment, EMI/Virgin y BMG, explica la existencia de un flujo constante de música de todos los géneros disponible en Super Audio CD. La capacidad del formato para reanimar grabaciones clásicas es avalada por Universal Music, que constata que las Series Re-masterizadas de los Rolling Stones han superado los dos millones de copias vendidas. Por su parte, EMI asegura que los pedidos de la versión multicanal re-masterizada en Super Audio CD del album Dark side of the Moon de Pink Floyd, han alcanzado ya la cifra de 500.000 unidades.

"Mientras las ventas de CDs están demostrando una preocupante caída en Europa, el Super Audio CD nos ha dado una gran bienvenida a nuestro futuro negocio", asegura Dirk de Clippeleir, director de Nuevos Formatos de Universal Music International. "Aunque el formato está aún en un estadio inicial, sus extraordinarias funciones multicanal unidas a la compatibilidad del disco híbrido, suponen una oferta atractiva para los amantes de todo tipo de música desde la clásica hasta el pop y el rock".

En la actualidad hay 867 títulos disponibles en Europa de los cuales el 70% son discos híbridos que pueden reproducirse en aparatos de CD y DVD, con calidad de CD, y en reproductores Super Audio CD y de DVD Vídeo y Super Audio CD combinado, con sonido de alta resolución. Otra tendencia en alza son los lanzamientos de nuevos albums multicanal, aunque el 50% aproximadamente de todos los albums ya ofrecen mezclas multicanal.

### **Las ventas de hardware crecerán exponencialmente**

Diversos estudios sobre la industria muestran que las ventas de Super Audio CD, con la base de usuario europea instalada, se han duplicado, pasando de 1 millón a 2 millones de unidades en los últimos 8 meses. En la actualidad, hay más de 65 modelos de Super Audio CD disponibles de 28 fabricantes diferentes y se espera que antes de final de año más fabricantes anuncien el lanzamiento de reproductores de Super Audio CD.

Sony ha confirmado que la aceptación en las tiendas del Super Audio CD se sitúa actualmente alrededor del 90% y que durante un periodo determinado las ventas de los reproductores de Super Audio CD superaron a las de DVD-Audio en una proporción de 4 a 1. La categoría de reproductor que más se vende es la de sistemas de Home Theatre, que combina el Super Audio CD con DVD Vídeo en una sola unidad. Sony ha adoptado la función de playback del Super Audio CD como función estándar para todos sus sistemas DAV Home Theatre.

"Durante los últimos 20 años, el CD ha servido al mercado estupendamente bien y cualquier propuesta que lo reemplace tendrá que ofrecer al consumidor algo mucho mejor. Deberá respetar la inversión del consumidor en música en CD y ofrecer un significativo valor añadido en entretenimiento doméstico multicanal. Como creadores del formato CD, Philips y Sony lo saben bien. El CD Super Audio ha tardado mucho tiempo en desarrollarse pero ahora es cuando empezamos a ver el fruto de nuestro trabajo al observar el rápido desarrollo del negocio en Europa", explica Jos Bruins, director de marketing de Estándares y Propiedad Intelectual de Philips." Creemos que el Super Audio CD volverá a dar vigor a toda la industria de la música en Europa y no sólo al sector de la Electrónica de Consumo, ya que ofrece el mismo potencial a la industria de grabación discográfica que a los establecimientos comerciales," concluye.

### **Nuevo formato revolucionario**

El Super Audio CD es un nuevo descubrimiento en audio de consumo de los creadores originales del formato CD, Sony y Philips. Proporciona una riqueza de sonido increíble y niveles de calidad sin precedentes utilizando una nueva técnica de grabación: el Direct Stream Digital, que posee una gama de frecuencia muy superior a la del CD y proporciona grabaciones absolutamente fieles al material original.

Considerada por muchos como la función más espectacular del Super Audio CD, los lanzamientos multicanal 5:1 surround, proporcionan una experiencia totalmente nueva y espectacular donde la música rodea y envuelve al oyente como nunca antes lo había hecho. Con más espacio y claridad para la voz y los instrumentos, las grabaciones en sonido surround presentan la música como el artista la había creado, ofreciendo desde paisajes musicales amplios a sutiles matices, donde cada detalle puede ser escuchado.

Con más de 2 millones de reproductores vendidos y más de 1000 títulos disponibles en las tiendas, el CD Super Audio está ganando masa crítica entre los amantes de la música a pasos agigantados.

## **BIBLIOGRAFIA**

<http://www.sonymusic.com/sacd/faqdirect.html>

<http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2003/0403/0704/noticias070403/noticias070403-16.htm>

<http://www.dvdenlared.com/cineencasa/esacd.asp>

[http://www.simple-hifi.com/\\_articulo2.html](http://www.simple-hifi.com/_articulo2.html)

<http://www.el-mundo.es/ariadna/2000/A014/A014pag19.html>

<http://www2.cronica.com.ar/article/articleview/1065889512/1/20/>

<http://www.audiotest.tv/esp/superhifi.htm>

<http://noticiasdot.com/publicaciones/2003/1003/1003/noticias101003/noticias101003-20.htm>

<http://www.superaudio-cd.com/>

<http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2003/0303/2603/noticias260303/noticias260303-1.htm>