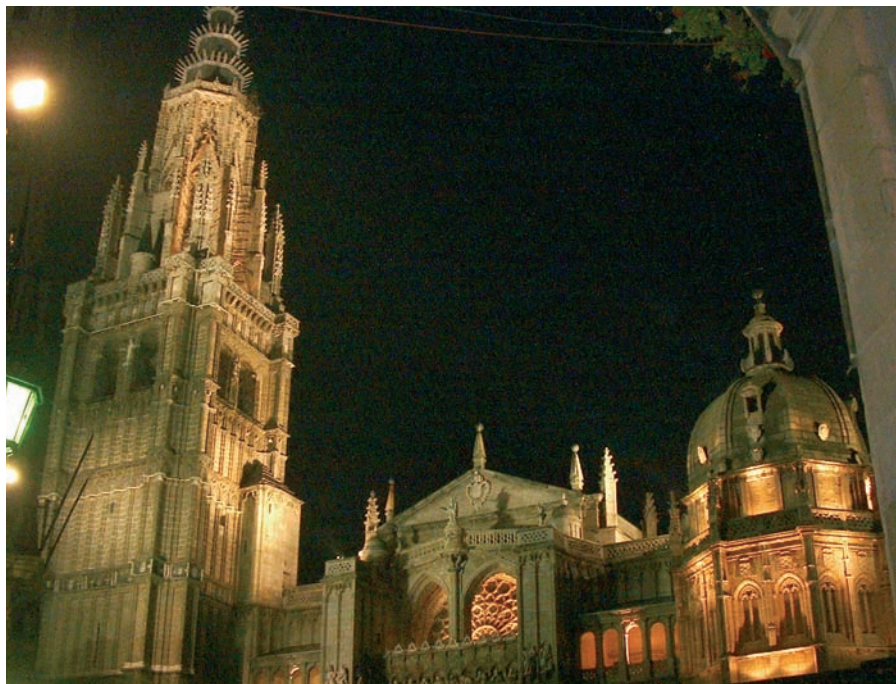


Una oportunidad única

La Catedral de Toledo es Patrimonio Histórico Español. Formó parte, conjuntamente con otros monumentos de Toledo, de la lista de razones que hizo que la Ciudad Histórica de Toledo fuera declarada Ciudad Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1986. Milán Miscelánea ha proyectado e instalado el nuevo sistema de megafonía de dicha catedral, que ha merecido el premio Producción Audio 2005 a la mejor instalación.



Por James Woods, asesor de diseño e ingeniería de Milán Miscelánea
Fotografías de Juan López, instalador jefe

A veces en la vida se presenta una oportunidad única. Como es natural, un edificio de más de 500 años de antigüedad (su construcción comenzó entre los años 1222 y 1226 y duró hasta 1493), necesita de un mantenimiento y rehabilitación para poder preservarlo no solo para nosotros mismos sino para las generaciones venideras. En los últimos años se han estado restaurando y arreglando, entre otras obras, el retablo del Altar Mayor, los órganos, techos y goteras, la iluminación y durante 2004 y 2005 se ha restaurado, pintado y limpiado el interior a fondo. La última vez fue, por lo visto, en 1710. “Casi ná”. Si hoy en día es fácil pensar que todas las catedrales son oscuras y

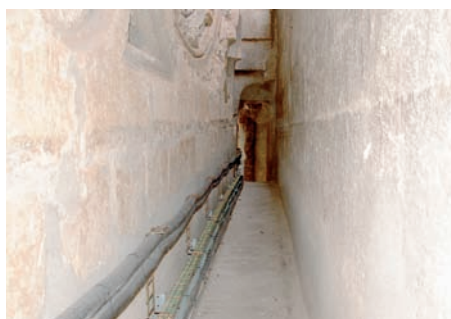
algo lúgubres, deben visitar la nueva luminosidad de la Catedral de Toledo. Puede iluminar el alma aparte de los ojos. Muy recomendado.

El Arreglo

Recuerdo que Juan Fernández (ahora con Pro 3) me llevó un buen día en el mes de mayo de 2004 a la Catedral porque tenían un problema serio con el sistema de megafonía. Encontré que el sistema estaba en un estado lamentable, debido en parte a las obras continuadas y sencillamente por los años propios de la instalación (entre 20 y 30 años). Obviamente encontré un sistema típico de iglesia; altavoces en columna

(el antiguo “line array”), diversos amplificadores de 100 V con y sin previo de micros (de escasa potencia), cable de 0,75mm² bastante oxidado y micros baratos (y rotos), etc. También encontré un procesador Mackie DX810, 4 altavoces Tannoy i7 Contour y varios micros Audio Technica ES935S/ML en el altar.

La Catedral, con la ayuda de Juan, había estado experimentando como mejorar su sistema de megafonía. Tenían claro que había que aprovechar las obras en curso para sustituirlo. Pero además tenían un problema grande añadido, ¡necesitaban que el sistema de megafonía funcionara para el Corpus! Así, se decidió arreglar pri-



Para el recorrido del cable se colocó “regiband” por prácticamente toda la catedral, pero en muchos casos las tiradas de corriente ocupaban el espacio por completo, lo cual podía generar problemas de inducción. Para solucionarlo se separaron las tiradas y se puentearon las etapas de potencia en modo “bridge”

ROBUSTEZ Y SEGURIDAD PARA SUS EQUIPOS.



El sistema original era típico de iglesia; altavoces en columna (el antiguo "line array"), diversos amplificadores de 100 V con y sin previo de micros (de escasa potencia), cable de 0,75mm² bastante oxidado y micrófonos baratos y rotos

mero el sistema antiguo y así ganar tiempo para poder hacer un análisis y estudio para un sistema nuevo.

Aquí no voy a detallar las reparaciones, las cuales consistían en corregir los empalmes viejos, encontrar rabillos de cable de altavoz de 2cm entre las piedras del suelo y de la columnas (y tapados con yeso), etc., etc.. Basta decir que mi colega Juan López y yo, durante los días de las reparaciones, casi vivimos en la Catedral. Mientras arreglábamos el sistema viejo, pensábamos como realizar la instalación nueva.

Inquietudes y diseño

Empezaron los presupuestos, las alternativas, las modificaciones y las adaptaciones. Al final llegamos a una solución técnica consensuada basada en los deseos de nuestro cliente y se aprobó el presupuesto inicial

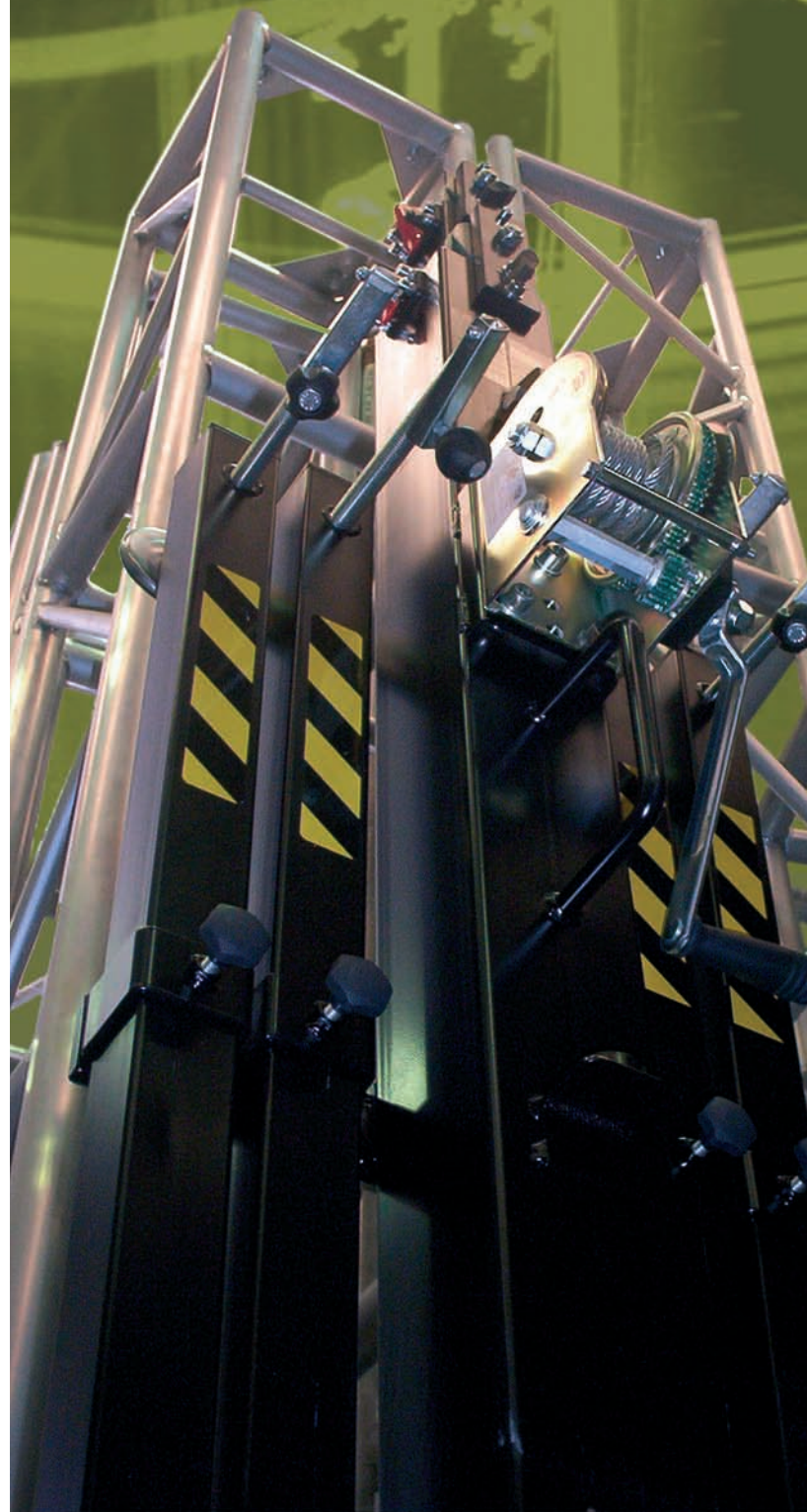
Personal que intervino en el proyecto

Por parte de Milán:

Asesoramiento, diseño e ingeniería	James W. Woods
Instalador jefe	Juan López Sánchez
Oficiales 1ª categoría	Ignacio Díaz-Valdés
	Juan Ramón Fernández
Oficiales 2ª Categoría	José Luis García Muñoz
	Guillermo Fernández
	Carlos Huelmo
	Julián Domínguez
Decoración de altavoces	Marco Herreros Villoria
Soportes especiales	Fernando Gómez "Taylor"
	Daniel Zimncau
Seguimiento de obra	
Administración	Jesús Miranzo
	Olga García
Comercial	Juan Fernández
	Mar Diago

Por parte de la Catedral de Toledo:

¡Todo el personal de la casa!



NOS AVALAN 20 AÑOS FABRICANDO LAS TORRES DE ELEVACION Y ESTRUCTURAS DE ALUMINIO (TRUSS) MAS ROBUSTAS Y SEGURAS DEL DEL MERCADO.

TODAS NUESTRAS TORRES ESTAN CERTIFICADAS Y HOMOLOGADAS SEGUN LA MAS ESTRICTA NORMATIVA ALEMANA.



Se distribuyeron aproximadamente 5.000 metros de cable por tejados y exteriores

para la sustitución del sistema antiguo usando procesadores Mackie DX810, etapas QSC y altavoces Tannoy i7 Contour para la Girola, Altar Mayor, Coro y Cruce. Por razones de coste, íbamos a aprovechar los viejos altavoces para poner tras el Coro y el Claustro, aunque eso sí, todo con cable nuevo. Para contener los costes de instalación, el personal de mantenimiento propio de la Catedral iba a instalar todo en cable nuevo de altavoz, dejando para Milán el conexionado de los altavoces, cajas de registro, rack de control y puesta a punto del sistema.

Realmente no fue tan sencillo. Hubo mucho trabajo previo in situ y en la oficina sobre planos, haciendo bocetos de diseño del sistema, contando metros de cable, calculando coberturas, pérdidas, potencias y materiales. Había que pensar como realizar la instalación para que su impacto fuera lo más invisible posible, sobre todo teniendo en cuenta su estatus de Patrimonio Histórico Nacional y como parte del Patrimonio de la Humanidad. Teníamos que tener en cuenta la logística de mover el personal y el material, con su correspondiente acceso difícil a esa parte de la ciudad (con calles medievales, angostas y serpentinas más apropiados para un hombre a pie con una mula que un camión cargado). Había que quitar los equipos viejos,



Para la “mimetización” del cableado que transcurre por retablos y altares se contó con la ayuda de un licenciado en bellas artes. Además, su fijación tuvo que ser extremadamente delicada

revisarlos para su reutilización e instalar los nuevos. Había que buscar soluciones para el cableado de altavoz. ¿Como íbamos a evitar ruidos audibles inducidos en los cables de altavoz por los cientos de metros en paralelo con los cables de iluminación con sus miles de vatios de consumo? ¿Que solución podríamos encontrar para el sistema de micrófonos inalámbricos, donde había problemas de recepción y drops causados por la combinación de la poca potencia de los transmisores, la distancia y las reflexiones de radio frecuencia en la piedra? Finalmente, ¿Cómo iba a funcionar el sistema sin un técnico cualificado al mando? Tenía que ser sencillo de manejar (encender y hablar). Además, tenía que enviar señal al control de televisión montado en la Cripta y a la radio vía línea de teléfono (¡Nos enteramos de este último punto hacia el final de la instalación!).

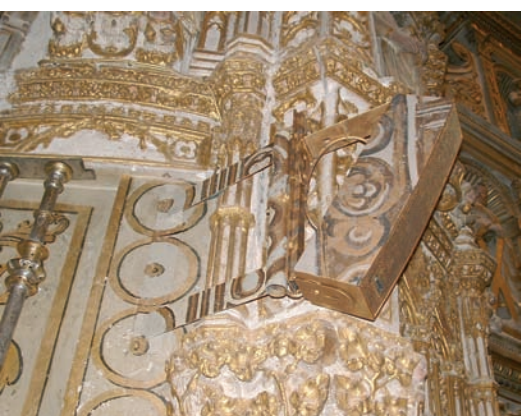
La verdad es que esta instalación no era un sistema de megafonía corriente en una iglesia cualquiera. Debíamos ir más allá que lo encontrado habitualmente en instalaciones normales y crear soluciones imaginativas para el conjunto de la obra. No servían planteamientos de trabajos a destajo y ejecución rápida para poder mantener el margen económico. No servían la utiliza-

ción de equipos, materiales o métodos que podrían abaratar la obra pero que mermarían su acabado, calidad y fiabilidad. Afortunadamente para nosotros, nuestro cliente, encabezado por D. Francisco Javier Hernández Pinto, Canónigo Obrero Adjunto de la Catedral, supo expresar sus deseos e inquietudes, oír nuestras propuestas y explicaciones (e inquietudes), trabajar con nosotros y dejarnos trabajar. Si, el conjunto de las condiciones del proyecto fueron únicas.

El Plan

Iniciamos un plan de ataque, cuya base no fue un listado de equipos o de metas comerciales sino de personas. Aumentamos nuestra plantilla de instaladores con personal de confianza. Organizamos las labores de compra y logística desde la administración de la empresa, coordinamos los trabajos con otros en curso, compramos herramientas adicionales, contamos con el apoyo de nuestros proveedores e iniciamos una relación estrecha con el personal de mantenimiento de la Catedral (que fue clave para la buena marcha de los trabajos).

Los trabajos de verdad empezaron con la tirada de cable nuevo (libre de halógeno) en



Secuencia del proceso de mimetización de uno de los 76 altavoces Tannoy i7 Contour

los tramos verticales de las columnas. Habíamos dividido la Catedral en subzonas, cada una compuesta por una cantidad de columnas y cada columna con un número de altavoces (generalmente 4 altavoces por columna). Cada altavoz tenía su ramal de cable individual de subida hasta las cajas de registro instaladas en los triforios. Había cerca de 80 ramales y como promedio cada uno tenía alrededor de 24 metros. Los cables fueron instalados (escondidos) en un vértice interior del perfil de las columnas y luego pintados en el mismo color.

Empezamos a retirar los altavoces antiguos, comprobarlos y clasificarlos para su reutilización en el Tras Coro y el Claustro.

Para la instalación de los altavoces, además del estudio acústico, se tuvo en cuenta el marco artístico en el que se debía ubicar cada uno. Había zonas como el Altar Mayor donde el más mínimo error podía convertirse en un grave deterioro

Luego empezamos a instalar los altavoces nuevos sobre las columnas. También hubo que buscar la forma de instalar los altavoces ubicados a los laterales de los púlpitos, dentro del Altar Mayor y del Coro. Estas áreas contienen obras importantes realizadas en mármol, escayola, hierro y madera. No podíamos simplemente atornillar los altavoces donde nos parecía (aunque la instalación antigua sí lo había hecho). Contamos con la colaboración de MAY Servicios para el Espectáculo para la fabricación individualizada in situ de soportes especiales para cada altavoz. Marco Herreros, hombre polifacético, se dedicó plenamente a la ambientación de los altavoces a su lugar de instalación. Para las zonas más delicadas, logró un camuflaje extraordinario, donde desde ciertos puntos de vista los altavoces se vuelven invisibles.

Agudizando el ingenio

Buscamos una solución compuesta para el cableado de altavoz en los parámetros horizontales donde debía ir en paralelo con el cableado del alumbrado que rebotaba de las bandejas de cables. En la mayor parte de la instalación o no había espacio, o no había como colocar más bandeja para separar los cables de altavoz de los de iluminación. Tampoco había presupuesto para instalar 500 metros más de bandeja. La solución fue la siguiente: Primero, fabricamos prolongaciones de bandeja Rejiband de 30cm que fijamos a la estructura de bandeja existente a intervalos de 1 metro y fijamos los cables de altavoz a estas prolongaciones. Conseguimos así una separación de

unos 30 centímetros entre los cables de altavoz y los de alumbrado. A continuación, utilizamos amplificadores QSC CX204V de cuatro canales con salida directa de 70V en modo Bridge por tres razones, que eran trabajar en línea de 140V para minimizar las pérdidas con líneas de altavoz especialmente largas, aumentar la relación señal/ruido en 6dB (al doblar el voltaje de 70V a 140V), lograr así que las salidas de la señal fueran simétricas y los ruidos inducidos en los cables fueran cancelados al llegar a los altavoces (por tener el mismo potencial en las bornas del altavoz).

Durante la obra nos dimos cuenta que la tirada de cable por las columnas consumía mucho tiempo, además el personal de la Catedral tenía otros trabajos de mantenimiento que atender. Así, reorganizamos y reforzamos el personal de instalación para poder seguir con los trabajos y realizar la instalación del cableado en los planos horizontales también. Para proteger los cables libres de halógeno de los efectos degradantes de la luz solar en los tramos exteriores, éstos fueron instalados bajo tubo forroplast.

La nueva instalación no solo fue de altavoces. También instalamos mangueras multipar nuevas desde la Cripta al Altar Mayor y al Coro (doblando el número de líneas). También tiramos cableado nuevo al control de televisión con premezclas de los micros del Altar Mayor, el Coro y las demás fuentes.

Radio frecuencia

Teníamos conocimiento de antemano de los problemas de radio frecuencia en la Catedral. Inicialmente queríamos instalar los receptores de los micros inalámbricos en



El artista Marco Herreros Villoria se hizo cargo de la decoración (verdadero mimetismo en muchos casos) de los 76 recintos Tannoy i7 Contour

el rack del control (ubicado en la Cripta) con antenas direccionales en la Girola a cada lado de la Cripta. Comprobamos con las primeras pruebas que el sistema funcionaba bien para la mayor parte de la Catedral, pero fallaba estrepitosamente en el Tras Coro. Observamos que con las antenas colocadas simétricamente, los drops eran mayores que cuando estaban colocados asimétricamente. Desgraciadamente, no había manera de esconder las antenas dentro de la zona del Altar Mayor.

Desde luego, la solución ideal hubiera sido prolongar los cables de antena y colocarlos en el Coro pero la distancia de la tirada era demasiada larga (casi 100 metros teniendo en cuenta las subidas y bajadas) y las pérdidas de señal hubieran sido enormes aún con cable especial. Consultamos con Julián Peral de Servicios de Radio WaveNet, S.L. y cambiamos el sistema de antenas direccionales por otro de tipo array vertical para conseguir más ganancia desde la captación de señal en la propia ante-

na. Finalmente, aunque se mejoró el resultado, optamos por instalar los receptores en el Coro, con las antenas ubicados en esquinas oblicuamente opuestas. Obtuvimos así el resultado deseado, cobertura total en toda la Catedral, sin drops, ni interferencias.

Puesta a punto, pruebas y ampliaciones El sistema está subdividido en zonas y es posible controlar el nivel de estas zonas independientemente desde el Rack de Control. También utilizamos el procesador Mackie DX810 para ecualizar cada zona independientemente. Usamos el programa SmartLive para analizar la respuesta de los altavoces y sus interacciones con el entorno, así como con los micros del altar. Conseguimos así bastante más ganancia antes de que el sistema entrase en acople. Se ecualizaron los demás zonas según necesidad y se exageró la ecualización en la zona del Tras Coro debido a la respuesta muy desigualada de los altavoces en línea antiguos, intentando (sin mucho éxito) conseguir un sonido similar al de los Tannoy.

Durante las primeras pruebas del sistema, que incluyó la utilización para actos con feligreses, la Dirección de la Catedral se dio cuenta de la diferencia de calidad de sonido y cobertura en las zonas con altavoces nuevos y del Tras Coro (con altavoces antiguos). Mientras los altavoces nuevos sonaban claros y naturales con una cobertura homogénea, los antiguos sonaban... como altavoces de iglesia antiguos. Se decidió entonces ampliar el proyecto para incluir altavoces Tannoy i7 Contour para la zona del Tras Coro también, elevando el número total a 84. Como ya habíamos contemplado esta posibilidad en el diseño original, el cambio de altavoces fue rápido y poco costoso (prácticamente el costo de los altavoces nuevos) ya que se utilizaron los mismos emplazamientos, amplificadores y cableados.

Posiciones de los altavoces y nuevas pruebas de microfónica

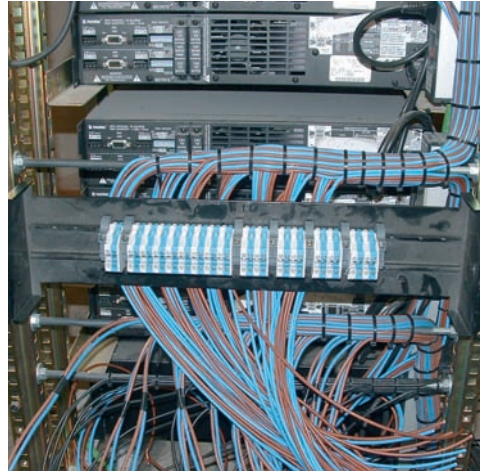
Por muy bien que hubiéramos instalado el nuevo sistema de megafonía, si no se oía bien lo hablado durante las misas, el proyecto habría sido un fracaso. El problema principal, lógicamente, era la acústica propia de la Catedral. Esta acústica es muy apropiada para música sacra de órgano, así como para canto gregoriano, pero nefasta para la palabra. Como no podíamos cambiar la acústica de la Catedral, instalamos los altavoces a 3 metros de altura sobre las columnas y los picamos hacia abajo con un ángulo que permitía aprovechar al máximo la potencia del altavoz y sus ejes de cobertura. El mayor error cometido en instalaciones de todo tipo sigue siendo la ubicación y orientación de los altavoces, aunque esto no sea ningún secreto.

Equipos usados en la instalación:

Altavoces	76	Tannoy	i7 Contour
Amplificadores	7	QSC	CX204V
Procesadores	3	Mackie / EAW	DX810
Control Remoto de Volumen	5	Mackie / EAW	DX-RVC
Monitor de Línea	1	Toa	MP-1216
Reproductor CD/MP3	1	Numark	CDMP3
Micrófonos	4	Audio Technica	ES935S/ML
	3	Shure	MX 300
	4	Sennheiser	ME 67 / K6P
Sistema Inalámbricos	2	Shure	EULXS 4
Cables RF y Antenas	2	WaveNet	
Rack 44u Metalico	1	TMN	



LINE - ARRAY
SYSTEM



Para la sustitución del sistema antiguo se usaron procesadores Mackie DX810, etapas QSC y altavoces Tannoy i7 Contour para la Girola, Altar Mayor, Coro y Cruce.

El sistema de control está centralizado en un rack de 44 unidades debajo del Altar Mayor, donde todas las señales son procesadas y distribuidas por tres mezcladores digitales.

El sistema está diseñado para que el único ajuste necesario por parte del personal de la catedral sea el control de volumen de las diferentes zonas, ya que mediante software se equalizaron tanto los micros como los altavoces de cada zona

El Altar Mayor recibió una atención especial en las pruebas debido al uso de los micrófonos de superficie ubicados sobre el altar. Aunque nuestra idea era de utilizar micros de cuello largo (Shure MX418, por ejemplo), nuestro cliente quería guardar una línea más estética, ya que gran cantidad de las misas se emiten por televisión. Así que se instalaron tres micrófonos Shure de superficie sobre el altar. Reagrupamos los demás micros, poniendo los Audio Técnica (ver listado de equipos) en las otras posiciones del Altar Mayor y los micros antiguos de cuello largo en los púlpitos.

Los resultados de las pruebas fueron contundentes. La mejor calidad para la voz se lograba con los mini cañones (Audio Technica) porque las cápsulas se acercaban más a la boca y captaban menos el sonido ambiental. Aún así, los micros de superficie hacían bien su función y su uso fue aceptado. Durante las pruebas, elegimos no usar las puertas del procesador Mackie debido a la gran variedad de oradores con sus respectivos niveles de voz. Aconsejamos, pues, a los usuarios apagar los micros no utilizados para ganar mayor inteligibilidad y evitar acoples causados por los tiempos largos de reverberación de la Catedral. También sustituimos los antiguos micrófonos de cañón del Coro por otros nuevos de Sennheiser (ME67) y fabricamos interruptores en línea especiales para poder apagarlos localmente cuando no canten (para evitar oír comentarios ajenos al acto).

Conclusión

Después de finalizar los ajustes y pruebas, volví a la Catedral para ver la misa del Corpus varios meses después. La Catedral estaba repleta de gente. Se oía todo perfectamente en toda la Catedral. Eso sí, según quien hablaba se oía mejor o peor, pero esto se podía atribuir directamente al sonido y fuerza de la voz del orador. Los de la televisión no tenían ninguna queja. Vaya, como tenía que ser....

La verdad es que el conjunto de la instalación fue único. Empezando por el lugar y su historia (vimos "graffiti" de los trabajadores del año 1710 y posteriores, encontramos un trozo de periódico de 1920, etc.), pasando por el tiempo (frío, lluvia, sol) y finalmente por el conjunto de personas que trabajamos en la realización del proyecto. Todos nos sentimos parte de algo más grande y duradero. Todos teníamos un interés particular por hacer nuestro mejor trabajo. Algo difícil de conseguir en un proyecto que duró meses y en el que había tanta gente.

No puede faltar el reconocimiento a las personas que intervinieron en este proyecto. Quisiera agradecer desde aquí a todos y cada uno de los participantes en esta obra. Estas son las personas que realmente hicieron que Milán Miscelánea ganara el Premio a la Mejor Instalación 2005 de la revista Producción Audio.

Gracias.

www.milanacustica.com



TELS: 963 79 03 58 - 902 15 29 06
WWW.MUSICSON.COM