

Entorno de Simulación Aplicado al Estudio, Comprensión y Control del Fenómeno de la Realimentación Acústica

Campos-Herrera D. I., Hernández-Pérez E., Navarro-Mesa J.L., Guerra-Moreno, I.D., Ravelo-García, A.G., Quintana-Morales, P.J., Martín-González, S.I.

Abstract—El diseño de entornos de simulación aplicados al estudio, aprendizaje y adquisición de competencias es un campo de trabajo activo en todos los niveles educativos. Los sucesivos avances experimentados por las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), las plataformas que las sustentan y los estudios e investigaciones llevadas a cabo en el campo de la Interacción Persona Ordenador (Human Computer Interaction, HCI), soportan y hacen posible la realización de herramientas como la que aquí proponemos. Se trata de un entorno de simulación que ha sido diseñado con dos grandes objetivos: fomentar el aprendizaje activo y mejorar el rendimiento académico, como los más destacados. Para ello hemos elegido la Realimentación Acústica en los sistemas de refuerzo sonoro, fenómeno que exige un estudio detallado de los parámetros que lo controlan, que presentado de la forma que aquí proponemos permitirá un mejor aprovechamiento del escaso tiempo disponible para la experimentación en situaciones reales.

Index Terms— Aprendizaje Activo, Aprendizaje Participativo, Educación en Ingeniería de Telecomunicación, Entornos de Aprendizaje, Laboratorio Virtual.

I. INTRODUCCIÓN

UNO de los grandes retos de la enseñanza universitaria, en sus distintas modalidades, presencial, semipresencial y no presencial, es elevar el rendimiento académico, es decir, aplicar procesos educativos eficaces y de calidad [1 y 2]. La optimización del tiempo que se dedica al estudio y comprensión de un determinado fenómeno, principio problema práctico, sistema, etc., donde se requiere el uso de laboratorios debidamente equipados, redundan en la eficacia. Los estudios de la rama de Ingeniería y Arquitectura son por lo general los que más demandan en este sentido. Los requerimientos en este aspecto tanto para el estudiante como

para el docente son distintos aunque el objetivo final sea el mismo. Por el lado del docente, conseguir facilitar el acceso al conocimiento del estudiante con eficacia y calidad, mientras que para este último lo relevante es conseguir un alto grado de formación.

El coste asociado a la permanencia del estudiante en una titulación, dependiendo de la tipología de la universidad donde se curse, repercute directamente en el estudiante y en la sociedad en el caso de centros públicos, y directamente en el estudiante en el caso de los centros privados. En el primer caso el aprovechamiento eficiente del tiempo que el estudiante permanece cursando una determinada titulación supone primeramente una mejora del rendimiento académico y también un "ahorro" de recursos, lo que puede permitir, p.ej., incrementar la dotación de los centros, un mayor remanente para investigación o incrementar el número de becas, extendiendo así el acceso a los estudios universitarios a un mayor número de personas. En el ámbito de la enseñanza privada esa misma optimización repercute directamente en dos aspectos: optimización de los recursos del estudiante y mejora de la tasa de éxito del centro privado, lo que a su vez redundan en su imagen como centro con buenos resultados académicos y por tanto atractivo.

La disposición de recursos de laboratorio, en cantidad y calidad, es cada vez más exigente y puede presentar problemas de obsolescencia, averías, mantenimiento, ocupación de un espacio físico, elevado número de estudiantes, logística, etc. Además, la aplicación de los acuerdos sobre el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha supuesto una clara reducción del número de horas disponibles para prácticas de laboratorio, acompañado también en muchos casos de un incremento del número de estudiantes por grupo de prácticas de laboratorio.

Otro aspecto a destacar es la inclusión en el conjunto total de las horas asignadas a una materia, dentro de las horas no presenciales del estudiante, de las llamadas horas de estudio práctico, que el estudiante debe dedicar a preparar las clases de prácticas de laboratorio. Para ocupar estas horas, por lo general, el estudiante dispone sólo de los manuales, guiones o libros de prácticas con multitud de ilustraciones (fotos, diagramas, etc.), acompañados quizás de algún ejercicio práctico, sin embargo no pueden verdaderamente experimentar hasta su acceso físico al laboratorio.

C.D.I. autor (diego.campos101@alu.ulpgc.es)

Graduado en Ingeniería Técnica de Telecomunicación en Sonido e Imagen por la Escuela de Ingeniería de Electrónica y Telecomunicación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, realizó su proyecto fin de carrera en el Departamento de Señales y Comunicaciones.

H.E. autor, (eduardo.hernandez@ulpgc.es)

N.J.L. autor, (juanluis.navarro@ulpgc.es)

G.I.D. autor, (ivan.dgm@gmail.com)

R.A.G. autor, (antonio.ravelo@ulpgc.es)

Q.P.J. autor, (pedro.quintana@ulpgc.es)

M.S. autor, (sofia.martin@ulpgc.es)

Miembros del Departamento de Señales y Comunicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 España.

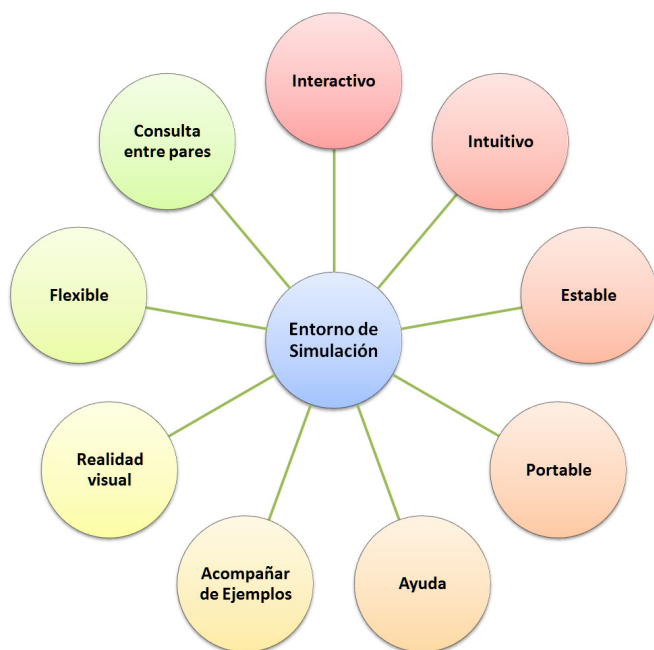


Fig. 1. Características fundamentales de un Entorno de Simulación.

Uno de los paradigmas del EEES es conseguir que el estudiante sea protagonista de su aprendizaje, lograrlo no es fácil dada la inercia del sistema educativo en todos sus niveles. Una forma de encauzar este proceso en el estudiante, puede ser la disponibilidad de entornos de aprendizaje que faciliten su "autonomía" respecto al docente [3]. Estos entornos serían el apoyo usado por el estudiante para entrar y descubrir un determinado concepto, fenómeno, proceso, sistema, etc., al menos en sus componentes más básicos. En este ámbito la aplicación de las TIC se nos muestran como la solución de menor coste, en todos los sentidos, ya que en la actualidad son familiares y accesibles a todos los estudiantes universitarios. Además, estas tecnologías incorporan un aspecto de incalculable valor, se pueden usar en prácticamente cualquier lugar.

El acercamiento, comprensión y control de muchos procesos prácticos que necesitan de la aplicación de diversos sistemas interconectados e interaccionando entre sí, requiere como mínimo replicarlo en unas condiciones controladas de laboratorio. Sin embargo, bien por sus dimensiones, por lo delicado de algunos de sus componentes, etc., presentan costes elevados, tanto en su implementación como en su mantenimiento. La posibilidad de que el estudiante pueda experimentar sobre un entorno de aprendizaje que lo emule haciendo un uso simulado del mismo, como mínimo debe garantizar una mayor seguridad en su desenvolvimiento con el real, permitiendo como mínimo que el número de errores, digamos fatales, se reduzca. Este "simulador" deberá cumplir una serie de requisitos para permitir un tránsito "natural" hacia el sistema real, por tanto en la medida de lo posible se debe mimetizar con su "homónimo" real. Un Entorno de Simulación para cumplir sus objetivos debe estar dotado de una serie de características (Fig. 1) fundamentales: alto grado de interactividad, manipulación intuitiva, ayudarse de figuras e imágenes que lo acerquen todo lo posible al sistema real, debe

ser estable y por tanto protegido de sufrir fallos a causa de errores de operación del usuario, garantizar su portabilidad incluso entre distintas plataformas, la ayuda debe ser sencilla y directa, ejemplos de uso que permitan una introducción amena y efectiva, debería de permitir la consulta entre pares, otros estudiantes conectados, o al menos disponer de otras herramientas fácilmente accesibles a los estudiantes para que estos puedan interactuar entre ellos, chats de la asignatura, etc.

En este orden de cosas, esta comunicación se enmarca dentro del conjunto de iniciativas que abogan por cambiar el modelo formativo, incorporando en la formación del profesorado herramientas para capacitarlo como un profesional que esté más cerca de ser un trabajador del conocimiento, un diseñador de entornos de aprendizaje, que un mero transmisor de información [4]. En este sentido y en el ámbito de los Sistemas Electroacústicos uno de los fenómenos a estudio es el de la Realimentación Acústica en Sistemas de Refuerzo Sonoro [5]. La experimentación de este fenómeno requiere unas condiciones de laboratorio, no excesivamente costosas en lo que a equipamiento técnico se refiere, pero sí necesita unas condiciones de espacio importantes, además el efecto sonoro que provoca es desagradable y peligroso si no se conocen bien los límites, esto puede provocar efectos auditivos de notable importancia, así como averías en el equipamiento técnico. De ahí que hayamos elegido el estudio práctico de este fenómeno para desarrollar un entorno de aprendizaje que permita a los estudiantes de esta disciplina introducirse en su estudio sin limitaciones previas, lo que les permitiría alcanzar un nivel de entrenamiento suficiente para procurar un acceso al sistema real más preciso y seguro.

La comunicación se ha dividido en las siguientes secciones: Metodología, Resultados, Conclusiones y Bibliografía. En el apartado de Metodología se hace un recorrido por los dos grandes enfoques seguidos en el desarrollo del Entorno de Simulación propuesto. En la sección de Resultados se presenta el Entorno de Simulación creado en base a la metodología previamente descrita, previamente se hace una breve puesta en contexto de lo que son los citados sistemas y en último lugar se presenta una comparación entre un caso real y su simulación. En la sección de Conclusiones se esbozan aquellos logros que se creen alcanzados con el desarrollo realizado. Por último en Bibliografía se relacionan los documentos consultados para cimentar esta comunicación.

II. METODOLOGÍA

A. Metodología basada en la interactividad

El aprendizaje activo así como el participativo comprenden un conjunto de técnicas que buscan involucrar activamente al estudiante en el proceso educativo [6]. Aprovechar los recursos TIC, apoyándose en contenidos más atractivos para el estudiante, que comprenda un alto grado de participación del mismo. Se trata de un diseño metodológico a través de una enseñanza interactiva que persigue como resultado un estudiante reflexivo sobre el porqué de las actividades que realiza, de modo que tenga un mayor conocimiento del proceso y el resultado. Otra prestación de un modelo de estas

características es la facilidad de acceso en cualquier momento. El desarrollo de un entorno de simulación, como el planteado en este trabajo entra de lleno en el conjunto de técnicas propuestas en torno a la metodología de aprendizaje activo y participativo. De manera activa, usando el entorno de simulación, el estudiante deberá resolver los problemas que se le planteen y dar una respuesta. Acometer esta tarea con éxito implica poseer un cierto nivel de conocimiento sobre los componentes del sistema y los parámetros que los controlan. Esto exigirá del estudiante la consulta de sus apuntes de clase, consulta de la ayuda y los ejemplos del simulador, el uso de tutorías, búsqueda de información, consulta con otros estudiantes, etc.

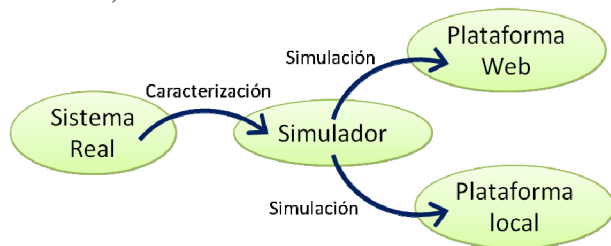


Fig. 2. Pasos principales para el desarrollo de un entorno de simulación.

De manera general para el desarrollo de un entorno de simulación se debe proceder siguiendo grosso modo los pasos que se indican en la Fig. 2.

Primeramente se exige un estudio pormenorizado del sistema real y de los procesos que en él tienen lugar. A continuación se deben caracterizar esos procesos para obtener un modelo susceptible de ser incorporado a la plataforma del simulador (PC, Mac, Tablet, etc.). Igualmente debemos considerar sobre qué entorno vamos a desarrollar el simulador (MATLAB, LabVIEW, Visual Studio, Java SDK, NetBeans, etc.). Un aspecto importante de este paso es la necesidad de conseguir modelos que permitan simular los procesos con tiempos de respuesta cortos, 2-4 s de forma general para todo lo que sean: formularios de manejo de información, adición, modificación, eliminación, consulta de registros, autenticación, emisión de avisos, confirmaciones por parte del usuario, es decir los procesos básicos. Allí donde sea posible y sin degradar en exceso el resultado habrán de aplicarse simplificaciones al modelo para acelerar el procedimiento, el fin último es que el estudiante no tenga que aguardar excesivamente para obtener resultados parciales que le animen a continuar.

En el desarrollo del simulador la interfaz tiene una importancia vital. En este sentido habrá que tener muy presente que estamos ante un estudiante introduciéndose en la temática y, por tanto, no familiarizado con los parámetros. Para ello nos apoyaremos en los estudios realizados sobre la Interacción Persona Ordenador (HCI), entendido como el espacio de unión que permite enviar órdenes, datos e información. Este campo del conocimiento se ocupa de comprender el intercambio de información entre personas y ordenadores focalizándolo en la mejora y personalización, es decir hacer más operable y transparente una interfaz [7]. La usabilidad entendida esta como la facilidad con que las

personas pueden utilizar, en nuestro caso un simulador, con el propósito de lograr una meta concreta pone de relevancia la claridad con la que se diseña la interacción entre una persona y un interfaz. La usabilidad se mide empíricamente, algunas de las medidas son la facilidad de aprendizaje, la eficiencia de uso, la facilidad para ser recordado, la efectividad, y la satisfacción. Algunos de los principios establecen que el producto sea: auto-evidente, auto-explicativo, intuitivo; y posea simplicidad, consistencia y credibilidad.

Una interfaz de usuario tiene en realidad dos interfaces, una con el usuario y otra con el programa al que representa. En principio nuestro enfoque es sobre la interfaz con el usuario. En este caso, las demandas en cuanto a la interfaz para el caso

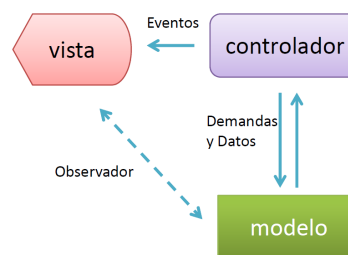


Fig. 3. Arquitectura MVC para aplicaciones interactivas.

de herramientas educativas, como el caso que nos ocupa, son muy diferentes a las de trabajo, y la evaluación de la usabilidad no se basa tanto en la productividad como en la reducción de la frustración [8]. La denominada arquitectura MVC (*Modelo, Vista, Controlador*), [9], es una de las más extendidas hoy día para aplicaciones interactivas. Esta arquitectura, Fig. 3, consta de tres componentes, correspondientes a las siglas que le dan nombre. La primera componente, el *Modelo*, incluye los datos propios de la aplicación a los que ésta accede y que modifica mediante sus algoritmos internos o mediante el proceso de interacción, así como los algoritmos citados, por tanto no tiene que ver con la interfaz de usuario. La segunda componente, la *Vista*, es la parte que se ocupa de la presentación, contiene los datos y algoritmos correspondientes a la interfaz necesarios para mostrar y actualizar la componente gráfica de la aplicación. Y el tercer componente, el *Controlador*, contiene la información y los mecanismos necesarios para asociar una acción a cada evento. Recoge eventos de los dispositivos de entrada que proporciona su *Vista* y cambia los datos de *Modelo*.

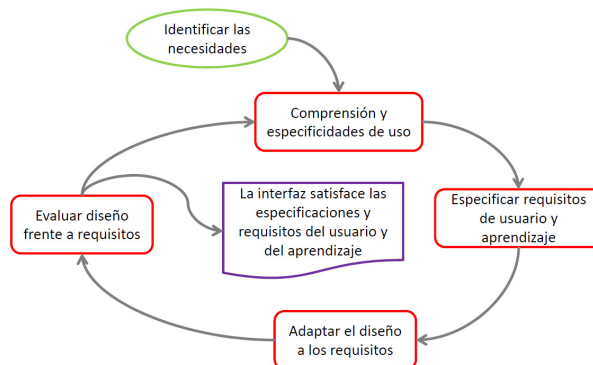


Fig. 4. Adaptación sobre interdependencia de las actividades de diseño centrado en el operador humano publicado en UNE-EN ISO 13407 [10].

En lo referente a la interfaz de usuario hemos optado por un diseño centrado en el estudiante, operador humano del simulador. En este sentido en [10], Fig.4, focaliza el desarrollo de los sistemas interactivos con el objetivo principal de que sean más utilizables, se entiende que la actividad en este ámbito será multidisciplinar debido a la incorporación tanto de factores humanos como conocimientos ergonómicos, en su caso. El dimensionado del problema favorece su eficacia y eficiencia, reduciendo los posibles efectos adversos. La aplicación de la Ergonomía al diseño de sistemas supone tener en cuenta las aptitudes, capacidades, limitaciones y necesidades del ser humano [10]. Un sistema centrado en el usuario debe ayudarlo y motivarlo en el aprendizaje. Los beneficios de aplicar esta metodología a la interfaz de usuario son múltiples, destacando: incremento de la productividad, mejora de la calidad del resultado, reducción de costes por asistencia técnica y de formación, y aumento de la satisfacción del usuario.

B. Metodología basada en objetivos

En adición a la elección realizada para el diseño, también vamos a contemplar un diseño basado en objetivos, Fig.5. Una de las claves que hacen que una herramienta educativa alcance relevancia es centrarla en garantizar un alto grado de alineación entre esta y el contexto de aprendizaje donde se la quiere integrar.

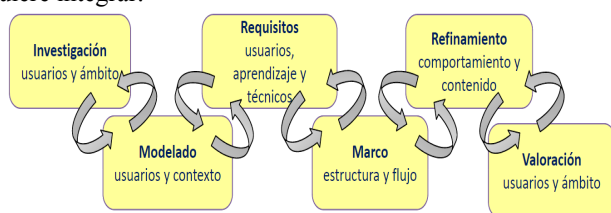


Fig. 5. Etapas del diseño basado en objetivos aplicado al desarrollo del interfaz de un entorno de aprendizaje soportado en herramientas TIC.

Según podemos ver en la Fig.5 las etapas de diseño presentan una alta interacción entre ellas, se trata de un proceso donde continuamente es necesaria la realimentación. La facilidad de uso [11] es uno de los factores más críticos a la hora de valorar un determinado sistema. Por lo general, el usuario lo que quiere es dedicar el tiempo simplemente a realizar las tareas, y no a aprender a manejar un sistema leyendo manuales. El usuario lo que espera de un sistema es que pueda sentarse y comenzar a trabajar sin sentir ningún tipo de frustración por no saber cómo realizar una tarea. Existen múltiples estudios que avalan la siguiente afirmación: el diseño de la interacción hombre-máquina no es una cuestión de suerte o sentido común, y que la experiencia en la utilización de sistemas TIC no es suficiente para diseñar una buena interfaz, sino que es necesario un entrenamiento específico en HCI.

La etapa de *investigación* comprende realizar un estudio sobre a qué usuarios va dirigido el diseño y en qué ámbitos, plataformas, lo va a usar, es decir sistema de sobremesa, equipo móvil o conexión on-line. En nuestro caso concreto está dirigido a estudiantes del Grado de Ingeniería en Tecnologías de la Telecomunicación, mención Sonido e

Imagen, para usar en equipos de sobremesa o portátiles con sistema operativo Windows XP, Windows 7 o superior. A continuación en la etapa de *modelado* se plantearán los modelos a usar para describir mediante código el sistema que se quiere simular, para ello nuevamente habrá de tenerse en cuenta el perfil de usuario y el nivel de uso de los sistemas TIC que se le supone, además del contexto donde se desarrolla la acción. La etapa de *requisitos* parte de un planteamiento basado en los objetivos de aprendizajes que con el entorno de simulación se pretende cubrir, los condicionantes técnicos, como p.ej. el entorno de programación donde vamos a desarrollar el diseño, también aspectos como tamaño de la aplicación y los condicionantes de su portabilidad, todos ellos de gran relevancia en esta etapa. Seguidamente, en la etapa denominada *marco* definimos la estructura de la aplicación, así como la secuencia y el flujo, que queremos que desarrolle. Por tanto, se trata de una etapa muy relacionada con la anterior, por lo que habrá que retomar y replantear lo establecido en *requisitos* cuando algún condicionante técnico así lo exija. La etapa de *refinamiento* conlleva la verificación del comportamiento de la aplicación, entorno de simulación, ya desarrollado. Los desarrolladores deben evaluar en esta etapa la velocidad de los procesos y el comportamiento frente a errores de usuario, la máxima en este punto es que el tiempo de los procesos sea asumible sin que suponga periodos de espera excesivos, igualmente la robustez frente a errores de operación deberá ser exquisita de forma que el entorno no sólo no se vea afectado por estos, sino que se informe adecuadamente al usuario del mismo, permitiéndole siempre que pueda continuar. Luego, se trata de una fase que conlleva un trabajo arduo y minucioso, que consumirá bastante tiempo, requiriendo visión de conjunto y proyección de todas las posibles situaciones que se puedan dar. Por último, está la etapa de *valoración*. La repercusión que se alcanza sobre los usuarios, estudiantes en este caso, es imprescindible, se necesita disponer de una valoración objetiva y ponderada sobre la información facilitada por los usuarios acerca del entorno de aprendizaje y su experiencia con la misma. Una herramienta útil para este fin es conseguir que los usuarios respondan a cuestionarios elaborados específicamente para las tareas desarrolladas [12 y 13]. El conjunto de las cuestiones deben estar orientadas en varias direcciones: nivel de logro de los objetivos de aprendizaje, tiempo empleado en la realización de las tareas propuestas, satisfacción por el logro y satisfacción por el desempeño del entorno. Una forma de conseguir que todo el proceso, uso del entorno, resolución de tareas propuestas, experimentación y la propia valoración sean un continuo, sería incorporar la valoración dentro del mismo entorno de manera que el usuario realizase sus valoraciones en vivo y en caliente.

III. RESULTADOS

En base a la metodología previamente presentada, a continuación vamos a mostrar como resultado el entorno de aprendizaje diseñado para introducir al estudiante en el estudio y control del fenómeno de la realimentación acústica, en el ámbito de los sistemas de refuerzo sonoro.

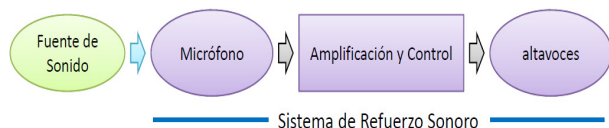


Fig. 6. Diagrama de bloques de un sistema básico de refuerzo sonoro.

A. Sistema Básico de Refuerzo Sonoro. Realimentación Acústica

Un sistema de refuerzo sonoro tiene como objetivo principal mejorar la relación señal a ruido que una fuente sonora (locutor, cantante, instrumento musical, etc.), por sus propios medios, pueda lograr en un espacio y a una distancia determinadas. En otros términos también podemos decir que permite también ampliar la cobertura sonora, el alcance, para lo que utiliza una serie de dispositivos electroacústicos y un conjunto de sistemas de audio.

En la Fig.6 podemos ver un diagrama de bloques simplificado de lo que puede ser un sistema de Refuerzo Sonoro. Este sistema al interactuar con un entorno acústico, en nuestro caso de interior, transforma apreciablemente el sistema anterior añadiendo elementos relacionados con las condiciones acústicas del recinto. Concretamente en la Fig. 7 se puede observar el bloque G_0 que representa al Sistema de Refuerzo Sonoro de la Fig.6 y el bloque β que representa la vía de realimentación que puede darse entre la salida del sistema y la entrada. Analíticamente este sistema de la Fig. 7 se expresa mediante (1).

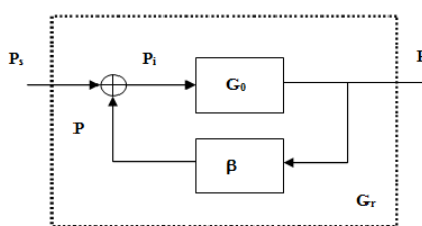


Fig. 7. Diagrama simplificado del sistema de la Fig. 6 considerando la propagación del sonido a través del medio acústico.

$$G_r = \frac{G_0}{1 - T} \quad (1)$$

Un análisis de la expresión (1) nos indica que valores de $T=1$, donde $T=G_0 \cdot \beta$, llevarán al sistema a la inestabilidad. Por otro lado habrá que considerar que tratamos con señales de una apreciable dinámica, luego tendremos que acotar los valores de T por debajo de ese valor, un límite clásico es $T \leq 1/2$. En otro orden de cosas diremos que tanto G_0 y β dependen de un conjunto de dispositivos, sistemas pasivos y activos, medio de propagación y condiciones acústicas, como las más relevantes.

B. Entorno de Simulación

Después de una somera descripción del sistema que vamos a simular y del fenómeno sobre el que se pretende trabajar, pasamos a describir el entorno de simulación.

Hay que decir que se ha buscado en todo momento que la impresión del estudiante sea la de estar operando sobre la totalidad del sistema, sistema completo, por un lado las

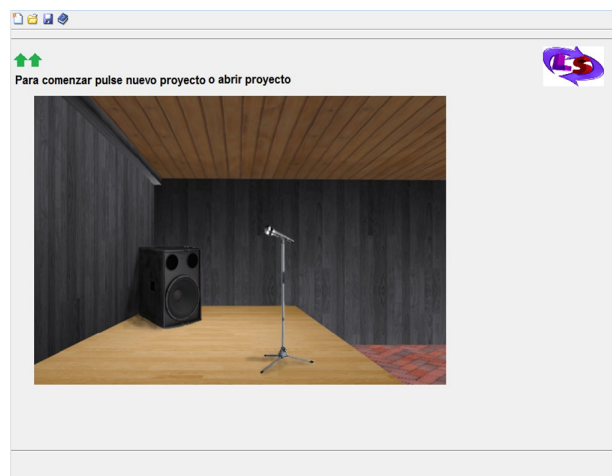


Fig. 8. Interfaz de usuario inicial desde donde accedemos a un proyecto o definimos uno nuevo.

condiciones espaciales y acústicas del recinto (Bloque β), y por otro lado con los equipos y dispositivos reales, sobre los que puede actuar para cambiar desde la regulación de sus controles hasta sus especificaciones (Bloque G_0), junto con la fuente sonora. Cada experimento a desarrollar exigirá la creación de un proyecto, de manera que todos los datos introducidos son recuperables en cualquier momento, lo que permitirá seguir experimentando con el mismo más adelante, además permitirá al docente facilitar a los estudiantes proyectos con datos concretos que guíen la experiencia del estudiante (Fig.8).



Fig. 9. Interfaz de usuario del entorno de simulación, sección de definición del recinto con todas sus características geométricas y condiciones acústicas.

Seguidamente, Fig. 9, el siguiente paso que será introducir la geometría del recinto y las condiciones acústicas de las superficies que lo limitan. A partir de este punto el usuario podrá avanzar a la siguiente etapa o retroceder a esta, permitiéndole la realización de distintos experimentos, en los que tengan que observarse variaciones en las condiciones acústicas del recinto y comprobar sus efectos. Un último paso en esta sección sería ubicar el micrófono y los altavoces dentro del espacio previamente establecido, para lo que se habilita la siguiente interfaz, Fig. 10. Para esta tarea el estudiante dispone de varios grados de libertad.

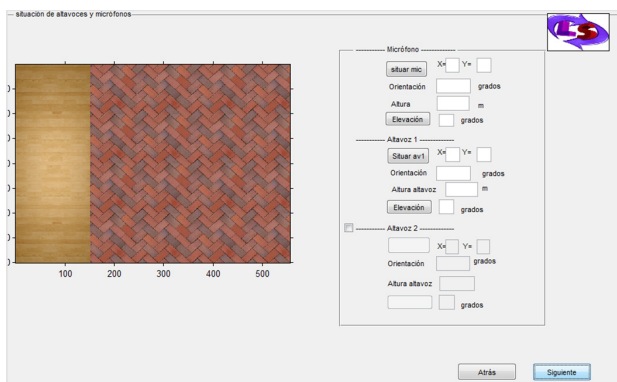


Fig. 10. Interfaz de usuario del entorno de simulación, sección de ubicación de micrófono y altavoces.

Sobre la siguiente interfaz, Fig.11, el estudiante podrá interactuar de manera intuitiva, p.ej. con sólo llevar el cursor y picar sobre cualquiera de los bloques se desplegará un menú contextual que le permitirá seleccionar las especificaciones y parámetros del mismo. Esta interfaz está relacionada con las condiciones del bloque G_0 , es decir con la parte correspondiente a los dispositivos y sistemas electroacústicos, además de la fuente sonora a considerar. Luego, todos bloques de la Fig. 11 se encuentran en un mismo contexto. La idea que subyace en esta forma de trabajar viene motivada porque en el estudio teórico que se hace de este sistema, a la hora de buscar soluciones, se actúa de manera separada en cada uno de esos contextos, observando por separado los efectos que cada parte (escenario, posición y sistema electroacústico) tiene sobre el fenómeno bajo estudio. El paso siguiente es que el estudiante pueda interactuar sobre el conjunto, cuando sea físicamente y realmente posible en las especificidades de cada proyecto y cada instalación.

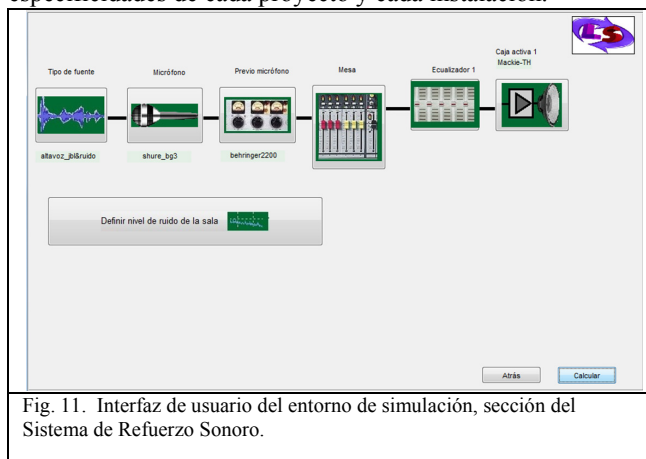


Fig. 11. Interfaz de usuario del entorno de simulación, sección del Sistema de Refuerzo Sonoro.

Por último la pantalla de resultados, Fig.12, Fig. 13 y Fig. 14, muestra al estudiante una serie de parámetros de interés en varios formatos:

1) Distribución del nivel sonoro

Para toda la sala, así podrá observar como la posición y dirección del o los altavoces influye en la cobertura.

2) Margen para realimentación,

Muestra cuanto tendría que crecer el nivel de presión sonora para que se produzca el fenómeno de la realimentación acústica.

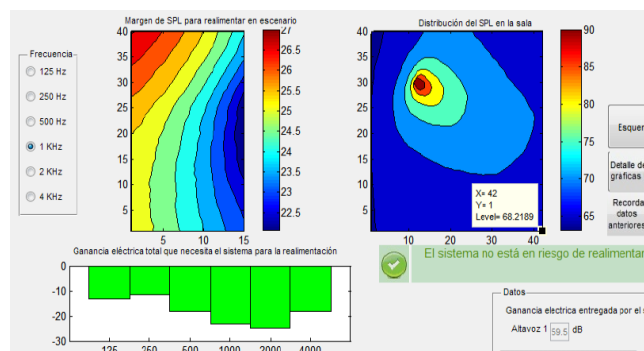


Fig. 12. Interfaz de usuario del entorno de simulación, sección de resultados. Vista de un resultado sin riesgo de realimentación

Ambos resultados se proporcionan en función de la frecuencia, que es posible seleccionar por octavas dentro del rango que va de los 125 a los 4000 Hz. También se facilita la ganancia eléctrica que sería necesaria para llevar el sistema a realimentar, esto se hace también en función de la frecuencia. Por último podemos observar un aviso sobre la posibilidad de que el sistema pueda o no realimentar, se trata de una indicación redundante que es posible deducir en base a las otras gráficas, pero dada la finalidad de la herramienta consideramos que es de gran ayuda para el estudiante, a fin de que pueda analizar porque se afirma un cosa o la otra.

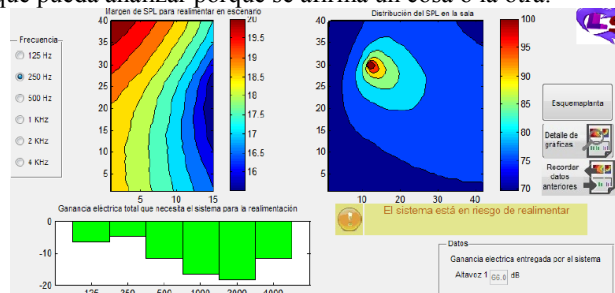


Fig. 13. Interfaz de usuario del entorno de simulación, sección de resultados. Vista de un resultado con riesgo de realimentación

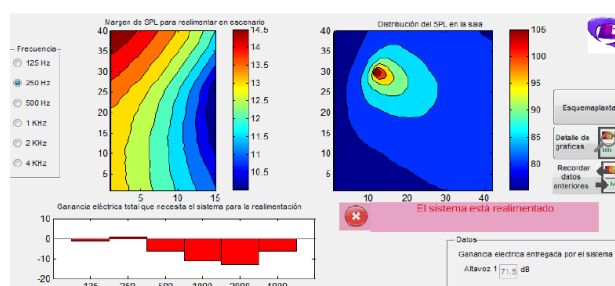


Fig. 14. Interfaz de usuario del entorno de simulación, sección de resultados. Vista de un resultado sistema en realimentación

C. Comparación de Resultados Reales con los Obtenidos en el Entorno de Simulación

Con el fin de validar el entorno desarrollado se procedió al desarrollo de un experimento en un entorno controlado. Para ello se instaló un pequeño sistema de refuerzo sonoro es un espacio disponible y perfectamente conocido, que a la vez fue introducido en el simulador. Con los resultados del simulador se comprobó sobre el sistema real si en las localizaciones informadas por el Simulador se corroboran los datos, para ello

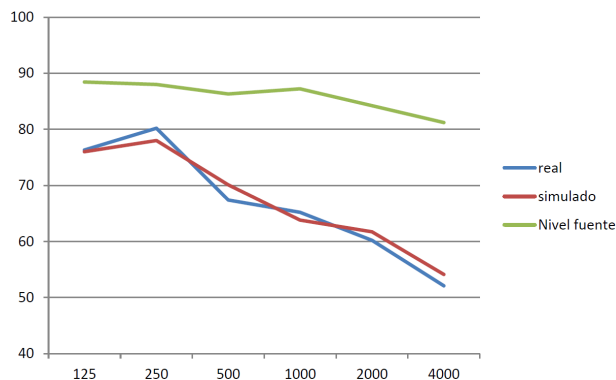


Fig. 15. Resultado por octavas del experimento 1 de comparación entre resultados de simulación y resultados reales de campo.

seleccionamos varias posiciones con distintas ganancias eléctricas del sistema, comprobándose los niveles en función de la frecuencia y el margen de separación entre estos y el nivel de fuente como evidencia de la condición de realimentación. Los resultados pueden observarse en Fig.15 y Fig.16.

En la Fig. 15 podemos observar como los resultados de la simulación y medidas reales difieren en menos de 3 dB para el caso peor, cuestión achacable a múltiples factores, como p.ej. el no contemplar absolutamente todos los objetos presentes en local y también la falta de precisión en los valores reales de las absorciones. En las condiciones observadas en el Simulador este indicaba no realimentación, Fig. 12, y en la Fig. 15 podemos observar que los márgenes son superiores a 8 dB en el peor de los casos.

En la Fig. 16 se presentan los resultados obtenidos al incrementar la ganancia eléctrica del preamplificador, en este caso el sistema real era claramente inestable y en los resultados del Simulador se indicaba exactamente lo mismo, Fig.13. También es posible comprobar que los márgenes de variación de los niveles real y simulado siguen estando por debajo de los 3 dB.

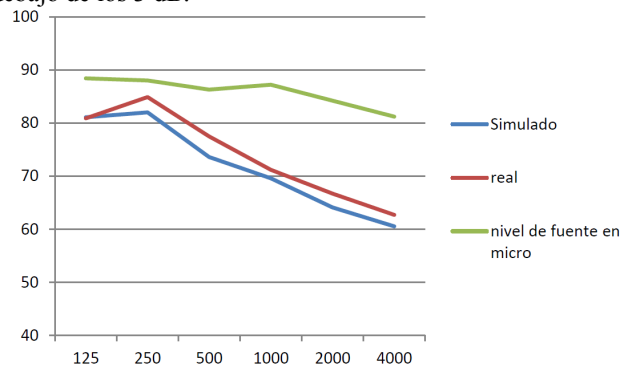


Fig. 16. Resultado por octavas del experimento 2 de comparación entre resultados de simulación y resultados reales de campo.

IV. CONCLUSIONES

El entorno de simulación creado es altamente interactivo y no lineal en la caracterización del sistema. Permite acceder a cualquier etapa del proceso en todo momento, para cambiar sistemas o modificar parámetros, características, etc., sin que sea necesario repetir todo el proceso.

En ningún momento el entorno de simulación debe, salvo excepciones sustituir al sistema real, sólo debe facilitarnos el acceso al mismo con un mayor grado de seguridad y conocimiento sobre el proceso. Luego, será necesario que los docentes de prácticas observen un mejor aprovechamiento de las prácticas con sistemas reales.

El entorno de simulación creado permite aplicar el método basado en escenarios, es decir descripción de una situación que queremos valorar o bien proponer la realización de un proyecto eligiendo, mediante esta herramienta, la mejor ubicación de altavoces y micrófonos para alcanzar una mayor seguridad frente al fenómeno de la realimentación. Luego, podemos proponer situaciones que el estudiante tiene que caracterizar e introducir adecuadamente y finalmente valorar los resultados obtenidos.

Se han puesto en práctica para el diseño del entorno de simulación los métodos y técnicas establecidas para la arquitectura de este tipo de aplicaciones, así como las recogidas en HCI para la interfaz de usuario.

Al haberse desarrollado en código MATLAB, bastante extendido entre los ingenieros en general y en la ingeniería de telecomunicación en particular, es asequible el seguimiento del código para introducir mejoras o corregir cualquier desajuste.

El estudiante interesado en conocer más a fondo el modelado de problemas de ingeniería cuenta con un modelo sobre el que poder trabajar para cambiar y mejorar la aplicabilidad de la herramienta.

Los errores de operación del usuario han sido depurados, de manera que en todas las pruebas realizadas, incluso con usuarios ajenos a la materia, no se produjeron caídas de la aplicación. Esto pone en valor la robustez del entorno de simulación desarrollado.

El entorno de simulación ha sido evaluado por los docentes del ámbito de aplicación, realizándose algunas de las correcciones sugeridas. El siguiente paso será contrastar su eficacia en manos de los usuarios, los estudiantes de esta materia.

Los experimentos realizados comparando resultados reales de campo con los simulados muestran que las diferencias son inferiores a 3 dB lo que nos permiten decir que el Entorno de Simulación, con el propósito para el que ha sido creado, cumple con las necesidades y concuerda con lo esperado en cuanto a precisión, perfectamente asumible para el trabajo con instrumentos de sonometría del tipo 2.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Isaza, L., Henao, G., "Actitudes-Estilos de enseñanza: Su relación con el rendimiento académico," *International Journal of Psychological Research*, 5(1), 133-141, 2012.
- [2] Castillo, M., Sotelo, A., Echeverría-Castro, S.B. and Ramos-Estrada, D.Y., "Relaciones entre variables motivacionales y rendimiento académico en estudiantes universitarios," *X CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA* | área 1: aprendizaje y desarrollo humanos. (2009).
- [3] Recio-Saucedo, M. A., & Cabero, J., "Enfoques de aprendizaje, rendimiento académico y satisfacción de los alumnos en formación en entornos virtuales," *Pixel-Bit*, nº 25, enero 2005.

- [4] Gros, B., y Silva, J., "La formación del profesorado como docentes en los espacios virtuales de aprendizaje", *Revista Iberoamericana de Educación*, n.º 36 (1), 2005.
- [5] Ahnert, W., "Sound Reinforcement Engineering: Fundamentals and Practice"; *E & FN Spon*; 0-415-23870-6. 1999.
- [6] Kane L., "Educators, learners and active learning methodologies", *International Journal of Lifelong Education*, vol. 23, no. 3, pp. 275-286(12), Mayo-Junio 2004.
- [7] Paz, M.L., "Accesibilidad y Usabilidad: los requisitos para la inclusión digital", *VII Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata*, 5, 6 y 7 de diciembre de 2012. ISSN 2250-8465.
- [8] Ribera-Turró, Mireia, "Evolución y tendencias en la interacción persona-ordenador", *El profesional de la información*, v. 14, n. 6, noviembre-diciembre 2005.
- [9] Krasner, G. and Pope, S., "A cookbook for using the model-view-controller user interface paradigm in smalltalk-80". *Journal of Object Oriented Programming*, Agosto-Septiembre 1998.
- [10] *Procesos de diseño para sistemas interactivos centrados en el operador humano*. UNE-EN ISO 13407. 2000.
- [11] Nielsen, J., "*Usability Engineering*." Academic Press. 1993.
- [12] Claro, M., *Impacto de las TIC en los aprendizajes de los estudiantes*. Estado del arte. Santiago de Chile: CEPAL.2000. <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/7/40947/P40947.xml&xsl=/dds/tpl/p9f.xsl&base=/tpl-i/top-bottom.xslt>. Fecha de acceso: 11 sep 2015.
- [13] Riascos-Erazo, S., Quintero-Calvache, D., Ávila-Fajardo, G.. Las TIC en el aula: percepciones de los profesores universitarios. *Educación y Educadores, Norteamérica*, 12, ene. 2010. Disponible en: <<http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/1536/1982>>. Fecha de acceso: 29 sep. 2015.