



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 214 954**

② Número de solicitud: 200202854

⑤ Int. Cl.7: **G06N 5/04**

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **12.12.2002**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.09.2004**

Fecha de la concesión: **24.10.2005**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **16.12.2005**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.12.2005**

⑦ Titular/es: **Universidad de Málaga  
Plaza de El Ejido, s/n  
29071 Málaga, ES**

⑦ Inventor/es: **Díaz Estrella, Antonio;  
García Berdones, Carmen y  
Reyes Lecuona, Arcadio**

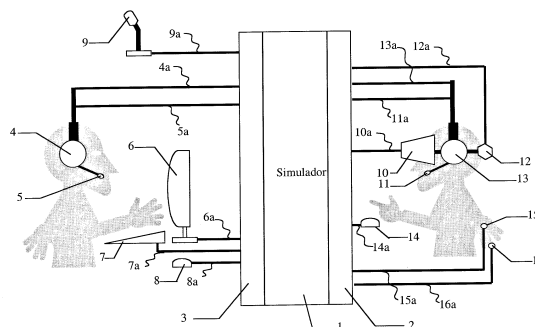
⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Simulador de entrenamiento con retroalimentación emocional.**

⑤ Resumen:

Simulador de entrenamiento con retroalimentación emocional.

La presente invención consiste en un simulador de entrenamiento que mediante un interfaz inmersivo multimodal de bajo coste proporciona mecanismos suficientes para provocar al alumno una alteración de su estado emocional similar a la que se produciría en una situación real. Además, el simulador captura y procesa algunas señales psicofisiológicas del alumno con el objeto de: 1) Alterar las condiciones del entrenamiento para ofrecer sesiones a medida para el alumno y/o reproducir en el mundo virtual la influencia que el estado emocional del alumno tendría si la situación fuera real y 2) Evaluar la sesión de entrenamiento de forma objetiva. La invención tiene aplicación en las diversas áreas donde los simuladores de entrenamiento frente a situaciones de emergencia son de utilidad (medicina, automoción, aeronáutica, centrales de producción de energía, protección civil, etc.)



ES 2 214 954 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Simulador de entrenamiento con retroalimentación emocional.

### Sector de la técnica

La presente invención consiste en una aplicación del área de tecnología de la información y de las telecomunicaciones (técnicas de realidad virtual) a las diversas áreas donde los simuladores de entrenamiento son de utilidad (Medicina, automoción, aeronáutica, centrales de producción de energía, protección civil).

### Estado de la técnica

La manera en la que los usuarios interaccionan con los programas de ordenador ha ido evolucionando en las últimas décadas haciendo cada vez más próxima la relación entre el hombre y la máquina. Una significativa mejora en este sentido ha sido la introducción de las nuevas técnicas de realidad virtual que ofrecen novedosos interfaces multisensoriales. Esta posibilidad de que el usuario interactúe con la máquina a través de diversos sentidos se hace especialmente importante en determinadas aplicaciones: las que aumentan su eficiencia al aumentar el nivel de integración del usuario como parte activa de la propia aplicación. Los programas de ordenador para entrenamiento son un caso claro de este tipo de aplicaciones. De hecho existe un creciente interés en el desarrollo y uso de entrenadores basados en técnicas de realidad virtual, en los diversos campos donde es muy importante el aprendizaje de determinadas habilidades antes de proceder a la actuación real (la medicina, la aeronáutica, la automoción, las centrales de producción energética o los servicios de protección civil).

Se considera que el entrenamiento mediante aprendizaje convencional (clases, libros, e incluso vídeos) no es en muchos casos efectivo, de ahí que se recurra habitualmente a clases prácticas donde los profesores de entrenamiento intentan provocar situaciones reales para que el alumno pueda practicar. Desafortunadamente, hay casos donde no es aconsejable esta solución, por ejemplo cuando se entrena en entornos peligrosos, cuando los equipos o maquinaria utilizados son muy caros y/o delicados o cuando hay riesgo para la vida humana. En estas situaciones, se suele hacer uso de los denominados simuladores de entrenamiento.

Los simuladores de entrenamiento pueden recrear cualquier escenario de operación y proporcionan un comportamiento similar al observado en la vida real. El alumno no se expone a ningún riesgo y el proceso de entrenamiento está completamente controlado (se pueden repetir y alterar los entrenamientos, se pueden crear situaciones inesperadas,...). Estas características hacen de los simuladores de entrenamiento una herramienta muy útil que permite acelerar el proceso de entrenamiento del alumno y facilitar su evaluación.

Sin embargo, en muchos casos, el alumno tendrá que enfrentarse no sólo al problema que debe resolver en un tiempo limitado sino también al estado de tensión nerviosa que la propia situación le puede ocasionar (estrés, entorpecimiento de su trabajo por terceras personas o agentes naturales,...) y que puede influir negativamente en la eficiencia de la actuación que se lleva a cabo (tanto en la evaluación como en el propio entrenamiento del alumno). El escenario que se debe presentar al alumno es en algunos casos muy complejo ya que debe reproducir lo más fielmente posible las condiciones reales en las que su futuras actuaciones

se llevarán a cabo. No sólo se trata de recrear instrumental más o menos sofisticado, como puede ser el caso de los ya tradicionales simuladores de vuelo, sino también de recrear todo el ambiente de trabajo. Esta recreación completa puede incluir incluso seres humanos, por ejemplo en el entrenamiento de emergencias médicas fuera del hospital (casa de paciente, carretera) o en entrenamiento de actuaciones de personal de protección civil frente a catástrofes naturales. La adecuada simulación de los denominados "actores virtuales" cobra especial interés en estos casos sobre todo porque se debe permitir una interacción de estos actores con el alumno lo más realista posible.

Estos simuladores se basan mayormente en programas multimedia interactivos, en programas que controlan en diverso grado maquinaria específicamente diseñada para recrear el entorno de trabajo y, en casos muy especiales, en entornos virtuales inmersivos.

Los Programas Multimedia Interactivos (PMI) explotan las posibilidades multimedia del PC (sonido, audio, vídeo,...) y se están utilizando hoy en día, por ejemplo en anestesiología. Sus ventajas son bajo coste, posibilidad de autoentrenamiento y simulación de complejos modelos.. El inconveniente principal del PMI es que es difícil que el usuario adquiera el grado de estrés que le provocaría la situación real, ya que asiste como un espectador a la situación. Por ejemplo, en simuladores de entrenamiento médico de este tipo, la comunicación con el paciente se suele basar en preguntas escritas que el paciente virtual responde mediante la reproducción de ficheros de audio pregrabados BodySim de Advanced Simulation Corporation en Washington(USA) [[www.advsim.com](http://www.advsim.com)] o Resussim de Sophus Medical AS en Dinamarca [[www.sophusmedical.dk](http://www.sophusmedical.dk)] son algunos de los productos más representativos. Últimamente, el RTI (Research Triangle Institute) de Carolina del Norte(USA) ha presentado VirtualEMS [[www.patient-simulation.com](http://www.patient-simulation.com)] un sistema similar a los anteriores que presenta un interfaz gráfico 3D realista.

Otros simuladores se basan o se complementan en la existencia de máquinas específicamente diseñadas para el simulador. Un caso especialmente significativo son los Simuladores médicos basados en Maniqués Instrumentados (SMI). Están especializados en el entrenamiento de habilidades. El alumno puede intervenir físicamente al paciente (suministro de algún fármaco, desfibrilador, intubación,...) y sentir (ver, oír, tocar) sus reacciones (ruptura de un vaso sanguíneo, pulso, respiración,...). Además, el maniquí genera señales fisiológicas que son registradas por equipos reales (electrocardiógrafos, monitores de presión sanguínea, respiradores, ...) que el alumno puede consultar. Hoy en día, estos maniqués incorporan casi todas las prestaciones que ofrecen las PMI. La comunicación con el paciente suele ser similar a la utilizada en los PMI pero poco efectiva ya que el maniquí no incorpora animación facial. El mayor inconveniente del SMI es que es un sistema caro tanto en su adquisición como en su mantenimiento. Al igual que los PMI, no consiguen transmitir el grado de estrés necesario ya que el maniquí no es creíble como paciente. Además hay información semiológica muy importante que no suele representarse en estos sistemas (coloración de la cara, dilatación de pupilas,...). Estos simuladores se suelen complemen-

tar con actores de teatro que interpretan una situación determinada para dar mayor realismo al escenario (ruido de fondo, un paciente malhumorado, o lloroso o con convulsiones, un familiar en estado histérico, una tercera persona que estorba la labor del médico, etc.). HPS (Human Patient Simulator) del Medical Education Technologies Inc. en Florida (USA) [[www.meti.com](http://www.meti.com)] o SimMan de la Fundación Laerdal de Noruega [[www.laerdal.com/simman/](http://www.laerdal.com/simman/)] son algunos de los productos más significativos. El MRT (Medical Readiness Trainer) de la universidad de Michigan (USA) [[www.vrl.umich.edu/mrt](http://www.vrl.umich.edu/mrt)] combina un maniquí instrumentado con técnicas de realidad virtual inmersiva para recrear el escenario de operación. Otros simuladores de entrenamiento con esta misma estrategia pero en otros campos de aplicación se pueden encontrar en [<http://www.5dt.com/products.html>].

En Estados Unidos se han desarrollado, mediante técnicas de realidad virtual inmersiva, algunos simuladores de entrenamiento de emergencias para el ejército norteamericano. Destacan el Virtual Medical Trainer- Trauma Patient Simulator del Research Triangle Institute en Carolina del Norte [[www.rti.org/vr/w/vmetsum](http://www.rti.org/vr/w/vmetsum)], el VERTS (Virtual Emergency Response Training System) del centro STRICOM en Orlando (Florida) [[www.stricom.army.mil](http://www.stricom.army.mil)] y BioSimMER de los laboratorios Nacional Sandia en Albuquerque (Nuevo México) [[www.sandia.gov](http://www.sandia.gov)]. Diabolo VR es un reciente desarrollo europeo similar a los anteriores de Ensemble en Delft (Holanda) [[www.e-semble.com](http://www.e-semble.com)]. Estos sistemas están especializados en recrear un entorno hostil (campo de batalla, atentado terrorista, un desastre natural,...) que entorpece la labor de primeros auxilios; de ahí que estén más enfocados a la gestión de decisiones en ambientes de muchos accidentados. Esta técnica puede conseguir entornos lo suficientemente inmersivos como para hacer creer al alumno que realmente está viviendo esta experiencia. Sin embargo, para conseguir una sensación de presencia adecuada en tiempo real (entornos realistas, con gran campo de visión y baja latencia) se requieren equipos y periféricos muy costosos.

Está demostrado que la sensación de presencia no sólo se consigue mejorando el realismo de la escena o reduciendo la latencia de los periféricos, una fuerte interactividad con el mundo virtual mediante interacción multimodal puede compensar un modelado poco realista. La interacción multimodal usa varios tipos de canales de comunicación que se interrelacionan entre sí de forma inteligente. En este sentido, nuevas técnicas como el interfaz de voz, la animación facial, el reconocimiento de gestos de usuario o el tratamiento de sus señales psicofisiológicas, son mucho más económicas que las utilizadas hasta ahora y pueden conseguir el mismo objetivo que las técnicas tradicionales.

El interfaz de voz (reconocimiento y síntesis de voz) está empezando a ser incorporado en algunos sistemas ya que además de añadir realismo a la situación potencia la interactividad natural. Los sistemas actuales no suelen tener en cuenta el uso de animación facial para aumentar la sensación de credibilidad del escenario; los actores virtuales podrían presentar en estos casos un aspecto exterior acorde con su estado (gestos de agrado, de temor, de dolor, hematoma, palidez...) y comunicar sus sensaciones (desorientación, impaciencia, posición de la sensación dolorosa,

sensación de mareo ...).

Por otro lado, los simuladores de entrenamiento de emergencias no suelen incluir sistemas para monitorizar el estado emocional al que el alumno está sometido; es más, este factor no suele tenerse en cuenta durante la sesión de entrenamiento. Sin embargo es evidente que se debe entrenar no sólo en las técnicas puramente clínicas sino también en la superación de estrés que la situación provoque, ya que dicho estrés influiría negativamente en la eficiencia de la actuación médica.

La evaluación del nivel de estrés con medidas psicofisiológicas es un tema ampliamente estudiado, son ya clásicas las medidas tanto de tasa cardiaca, como de las variaciones en la conductancia de la piel y de la tensión muscular mediante registros de electromiografía. De hecho son medidas típicas para técnicas psicológicas de relajación como el biofeedback de tradicional y amplio uso en el ámbito clínico [Biofeedback: studies in clinical efficacy/edited by John P. Hatch, Johnnie G. Fisher and John D. Rugh. cop. 1987 New York: Plenum Press.]. La evaluación basándose en señales psicofisiológicas de otros estados emocionales distintos del estrés, como el nivel de carga mental, el nivel de alerta o incluso la decepción, son hoy en día objeto de investigación. [“Applications of psychophysiology to human factors”, A. F. Kramer and T. Weber, in Handbook of Psychophysiology, J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary and G. G. Berntson (Eds.), Cambridge University Press, 2000.] Es evidente el interés que la detección de estos otros estados tendría para la construcción y evaluación de un sistema de entrenamiento. En este sentido se propone en esta invención incorporar al entrenador un sistema de adquisición, almacenamiento y procesamiento de señales psicofisiológicas capaz en una primera versión de implementar la detección y uso del estado de estrés del alumno entrenado, pero suficientemente flexible como para incorporar sin esfuerzo los avances que la investigación aporte respecto a la medida de otros estados mentales.

En resumen, los simuladores de entrenamiento actuales que pretenden generar el estrés que provocaría la situación real: 1) no suelen tener en cuenta el estado emocional del alumno que sin duda afectará tanto a su entrenamiento como a su evaluación y 2) suelen aumentar la sensación de presencia con técnicas de realidad virtual muy costosas.

#### **Explicación de la invención**

La presente invención consiste en un simulador de entrenamiento que mediante un interfaz inmersivo multimodal de bajo coste proporciona mecanismos suficientes para provocar al alumno una alteración de su estado emocional similar a la que se produciría en una situación real. Además, el simulador captura y procesa algunas señales psicofisiológicas del alumno con el objeto de: 1) Alterar las condiciones del entrenamiento para ofrecer sesiones a medida para el alumno y/o reproducir en el mundo virtual la influencia que el estado emocional del alumno tendría si la situación fuera real y 2) Evaluar la sesión de entrenamiento de forma objetiva.

La presente invención se basa en un sistema informático con dos interfaces distintas destinadas a sendos usuarios que son los que simultáneamente intervienen en el proceso de entrenamiento: el profesor o profesional experimentado supervisor y el alumno o profesional novel a entrenar.

El alumno dispone de una interfaz inmersiva multimodal que comprende visión estereoscópica inmersiva, audición binaural, interfaz de voz e interfaz de estado emocional basada en la monitorización de señales psicofisiológicas. El supervisor maneja un panel de control donde puede programar, configurar, controlar y monitorizar el funcionamiento del sistema.

El alumno interactúa con un mundo virtual que tiene tres elementos básicos: El escenario de operación, los actores virtuales y los equipos de instrumentación. Un buen ejemplo de actor virtual es el paciente de un sistema de entrenamiento médico, es un personaje animado que puede hablar, gesticular, contestar preguntas sencillas del alumno y alterar su aspecto semiológico. Los equipos de instrumentación tienen la apariencia y funcionalidad de los reales.

El alumno interviene en el mundo virtual de la misma forma que lo haría en el mundo real. Su objetivo es adquirir las habilidades que precise para sus futuras actuaciones reales, por ejemplo en el caso médico prestar los primeros auxilios al paciente en estado crítico. Para ello, puede interactuar con los actores visuales, inspeccionar e intervenir al paciente siguiendo con el ejemplo clínico, y hacer uso de los equipos de instrumentación disponibles. Los actores virtuales están programados por un sistema experto para reaccionar a las acciones del alumno. En función de las actuaciones voluntarias o involuntarias (estado emocional) del alumno, el sistema puede alterar las condiciones de la simulación.

El profesor dirige y maneja la sesión de entrenamiento. Al comienzo de cada sesión configura un caso de entrenamiento para el alumno y arranca la simulación. Tanto el supervisor como el propio simulador pueden modificar las condiciones de la simulación para adaptarse al ritmo de entrenamiento (por ejemplo, alumno nervioso o novel) del alumno o para forzar un cambio en su comportamiento (por ejemplo, alumno desconcentrado). A través de canales de audio, el profesor puede interferir en el mundo virtual bien para comunicarse con el alumno, bien para añadir más realismo a un escenario.

La necesaria sensación de presencia que permite generar el estrés de la situación real se consigue con una interfaz inmersiva multimodal que potencia la interactividad del alumno con el mundo virtual. Esta interfaz es mucho más económica que las habitualmente utilizadas las cuales requieren sistemas gráficos especializados con gran capacidad de cálculo y periféricos de alta precisión muy costosos.

La consideración del estado emocional del alumno en el simulador medido de forma objetiva ofrece dos ventajas claras frente a los sistemas actuales: 1) Mejora la eficiencia del entrenamiento ya que permite la adecuación de los ejercicios de entrenamiento al estado del entrenado y 2) Mejora la evaluación del entrenamiento debido a que otorga un parámetro extra para dicha evaluación, esto es, además de medir lo correcto de las actuaciones puramente clínicas ejecutadas por el alumno se puede tener en cuenta el nivel de estrés con el que el alumno ejecutó dichas actuaciones.

La invención tiene aplicación en las diversas áreas donde los simuladores de entrenamiento frente a situaciones de emergencia son de utilidad (medicina, automoción, aeronáutica, centrales de producción de energía, protección civil, etc.).

### Descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista general del simulador de entrenamiento donde se destacan los periféricos conectados a sus dos interfaces de usuario y supervisor.

La figura 2 es un diagrama de bloques de la unidad de control y gestión.

La figura 3 ilustra el funcionamiento del ratón de usuario.

### Descripción detallada de la invención

La presente invención se describirá a continuación con más detalle tomando como referencias los dibujos adjuntos, en los cuales se muestra una realización ilustrativa de la invención. No obstante, esta invención se puede llevar a cabo en muchas formas diferentes y, por lo tanto, no deberá interpretarse limitada a la realización aquí expuesta. Por el contrario, la realización específica que aquí se ilustra y describe se presenta para fines de ilustración y para transmitir plenamente a los especialistas en la materia el amplio alcance de esta invención y la forma en que puede ser utilizada.

En la figura 1 se puede ver un esquema ilustrativo de la presente invención. El sistema consta de una unidad de control y gestión (1), una interfaz de supervisor (3) para el profesor, una interfaz de usuario (2) para el alumno y los periféricos correspondientes.

La interfaz de supervisor (3) es una interfaz gráfica de usuario convencional desde el cual se puede manejar todo el funcionamiento del sistema. Permite la conexión de una consola multimedia que disponga de monitor (6), teclado (7), ratón (8), un micrófono de sobremesa (9) y unos auriculares estéreo (4) con micrófono incorporado (5).

La interfaz del usuario (2) es una interfaz inmersiva multimodal que "sumerge" al usuario en el mundo virtual. Permite la conexión de cascos de visión estereoscópica (10), sensor de orientación para la cabeza (12), ratón (14), sensores de señales psicofisiológicas (15) y (16) y auriculares estéreo (13) con micrófono incorporado (11).

El casco de visión estereoscópica (10) dispone de dos pequeñas pantallas, tipo LCD, situadas delante de los ojos del usuario. El simulador suministra al casco dos imágenes del mundo virtual correspondientes al ojo derecho e izquierdo del observador generando así en el usuario la sensación de profundidad.

El sensor de orientación (12) proporciona su orientación en el espacio con respecto a un punto de referencia. El sensor se ubica en la cabeza y facilita la orientación del usuario dentro del mundo virtual.

Los sensores de dos señales psicofisiológicas, tasa cardíaca (15) y respuesta galvánica de la piel (16), proporcionan al sistema información sobre el estado emocional del usuario.

El ratón (14) provee la interacción con el mundo virtual. El usuario puede seleccionar y arrastrar objetos del mundo virtual. También facilita un mecanismo para ampliar aquellas zonas del mundo virtual que requieran una observación más detallada.

El micrófono de usuario (11) se utiliza para comunicarse con el mundo virtual mediante reconocimiento de voz. Los auriculares de usuario (13) proporcionan audio 3D posicional de todas las fuentes de sonido que existen en el mundo virtual.

En la figura 2 se puede ver un diagrama de bloques detallado del sistema. El núcleo del simulador es el MOTOR del sistema (24) que gestiona todos los eventos procedentes de las interfaces de usuario y de

supervisor y de los diversos subsistemas internos que componen el simulador.

La interfaz de supervisor se genera en el panel de CONTROL (26) y en el subsistema de SONIDO (23). El interfaz de usuario se genera en los subsistemas de SONIDO (23), GRÁFICO 3D (19), EXPLORACIÓN (18) y estado EMOCIONAL (17). Los subsistemas internos son el subsistema de INTELIGENCIA artificial (25), MUNDO virtual (20), ANIMACIÓN (21) y VOZ (22).

A continuación se describirán con más detalle cada uno de los elementos mencionados.

El panel de CONTROL (26) implementa una interfaz gráfica de usuario de tipo multiventana y maneja periféricos convencionales de una consola (ver figura 1). La interfaz gráfica de usuario muestra 4 ventanas relacionadas con las cuatro tareas básicas asignadas al supervisor: Monitorización, control, programación y evaluación.

La ventana de monitorización muestra lo que está viendo y oyendo el usuario. El subsistema GRÁFICO 3D (19) y de SONIDO (23) suministran esta información a través del MOTOR del sistema (24).

La ventana de programación es una herramienta de programación visual que permite diseñar y configurar la sesión de entrenamiento (mundo virtual, caso de entrenamiento, tipo de actor virtual, tipo de entrenamiento). Este sistema permite programar una secuencia temporizada de estados e implementar bifurcaciones que dependan de las acciones del alumno.

La ventana de evaluación monitoriza y registra la sesión de entrenamiento (datos de los equipos de instrumentación virtuales, comportamiento y estado emocional del usuario, evolución de los actores virtuales, etc.). El estado emocional del alumno es proporcionado directamente por el subsistema de estado EMOCIONAL (17) para que el supervisor pueda visualizar en tiempo real los parámetros psicofisiológicos del alumno.

La ventana de control maneja la sesión de entrenamiento. El supervisor puede tener un control absoluto de la sesión de entrenamiento (modo manual) o dejar al simulador que tome las decisiones oportunas en cada momento (modo automático).

El interfaz de supervisor permite programar y/o manejar la sesión de entrenamiento en los términos adecuados al tipo de entrenamiento, por ejemplo en términos de patología médica para entrenadores en este entorno. El simulador en este caso traduce la información y genera la semiología y sintomatología del actor virtual paciente (gesto doloroso, cambio de coloración de piel, sangrado, hinchazones, cambio en las medidas de los aparatos virtuales a los que el paciente se conecta,...).

El subsistema de INTELIGENCIA artificial (25) automatiza el proceso de simulación de la sesión de entrenamiento. Da "vida" a los actores virtuales mediante un sistema experto que proporciona los nuevos estados de los dichos actores virtuales en función de los estados anteriores, de las actuaciones del alumno, y de las reglas que definen cada caso de entrenamiento. Para ello, realiza un proceso de inferencia consultando una base de conocimiento que comprende un conjunto de reglas fijas que describen el comportamiento general del mundo virtual (actores virtuales, escenario y equipos). También incorpora un mecanismo adaptativo que, en función del estado emocional de alumno

obtenido en el subsistema de estado EMOCIONAL (17), permite variar las condiciones de la simulación y en consecuencia el nivel de dificultad de la sesión de entrenamiento.

El subsistema de ANIMACIÓN (21) es el encargado de animar y modelar el comportamiento de todos los objetos representados en el mundo virtual, suministrando al subsistema de MUNDO virtual (20) los cambios que se deben de producir a raíz de la animación correspondiente. Se distinguen tres categorías básicas de objetos animados: Escenario de operación, actores virtuales y equipos de instrumentación.

La animación del escenario incluye movimiento de objetos (coches, viandantes, espectadores,...) y sonido 3D posicional (sirena de la ambulancia, ruido de fondo, conversación interferente,...). El sonido se genera en el subsistema de SONIDO (23) o en los micrófonos del supervisor. La animación de los equipos de instrumentación consiste en la emulación de los equipos reales.

La animación de los actores virtuales es la más compleja e incluye movimiento corporal, gesticulación de la cara y vocalización. El subsistema de ANIMACIÓN (21) dispone de funciones para generar gestos faciales (tristeza, dolor, sopor, alegría, etc.), coloración de la cara (tez pálida, sonrosada, violácea, etc.) y movimiento explícito de ojos (apertura y cierre de los ojos, pupilas dilatadas, etc.) y boca (bostezo, apretón de dientes, vocalización, etc.). La vocalización requiere también el concurso del subsistema de VOZ (22) que proporciona los parámetros para generar los fonemas visuales del actor virtual y el sincronismo con la señal de voz. Los fonemas visuales son valores de un conjunto de parámetros que definen la posición espacial relativa de los labios para cada fonema o conjunto de fonemas.

El subsistema de MUNDO virtual (20) contiene una descripción jerárquica de alto nivel del mundo virtual que se quiere representar. Esta descripción contiene información geométrica, de apariencia (texturas, superficies,...), de estado, de acciones y de sonidos asociados de todos los objetos 3D del mundo virtual. También incluye las coordenadas del punto de vista del usuario, del cursor y de todos los focos de iluminación existentes. El subsistema guarda dos descripciones del mundo virtual: estática y dinámica. La descripción estática es una descripción inicial completa del mundo virtual que facilita la reinicialización de la simulación. La descripción dinámica incluye todos los cambios (coordenadas, estado,...) que el MOTOR del sistema (24) solicita. El escenario virtual recreado tiene tres elementos básicos: 1) El escenario donde se produce el caso de emergencia (habitación de una casa, carretera...), 2) Los actores virtuales modelados como humanoides animados y 3) los equipos de instrumentación. El subsistema de MUNDO virtual (20) suministra al subsistema de SONIDO (23) la posición de los objetos que tienen asociada una fuente de sonido.

El subsistema GRÁFICO 3D (19) genera, a partir de la descripción del mundo virtual, la imagen que se ve del mundo virtual desde el punto de vista del usuario. La imagen se actualiza cada vez que hay un cambio en el mundo virtual y proporciona visión estereoscópica para el usuario y 2D para el supervisor. El subsistema dispone de un motor gráfico 3D convencional

con salida de visión estéreo. Este motor incluye un motor geométrico que lleva a cabo los cálculos matemáticos de traslación, transformación, iluminación y descomposición en polígonos de los objetos 3D y un motor de representación que se encarga de tareas de sombreado de polígonos, cálculo de objetos ocultos mediante Z-buffer, mapeo de texturas y típicos efectos especiales. Las imágenes creadas se almacenan en la memoria de vídeo para su representación gráfica en un monitor. En cada actualización de pantalla, el motor gráfico 3D genera dos imágenes correspondientes a los puntos de vista del ojo izquierdo y derecho del usuario. Estas dos imágenes son enviadas al casco de visión estereoscópica (10a). La imagen del ojo derecho se envía al panel de control vía MOTOR del sistema (24) para su uso en la ventana de monitorización.

El subsistema de SONIDO (23) proporciona sonido 3D posicional al mundo virtual y comunicación auditiva entre usuario y supervisor. Dispone de 3 entradas de micrófono (dos para el supervisor (5a y 9a) y una para el usuario (11a)), dos salidas estéreo para auriculares (para usuario (13a) y supervisor (4a)) e interfaz al subsistema de VOZ (22). Incluye dos combinadores de fuentes que generan las salidas de auriculares de usuario y supervisor, una librería de sonido digital y un módulo de sonido 3D. Todos los procesos que se llevan a cabo son digitales y están controlados por el MOTOR del sistema (24).

El sonido 3D posicional permite al usuario identificar de dónde procede el sonido (del techo, del suelo, de su lado izquierdo/derecho, etc.). Para ello, el subsistema de MUNDO virtual (20) suministra al subsistema de SONIDO (23) la posición de los objetos que tienen asociada una fuente de sonido; esta información es utilizada por funciones de transferencia asociadas a la cabeza (HRTF, Head Related Transfer Function) que generan las fuentes de sonido 3D posicional. Las HRTFs permiten describir la localización de una señal sonora por el efecto morfológico del pabellón de la oreja del usuario. [Blauert, J.: Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization, MIT Press: Cambridge, USA, 1983].

Las entradas del combinador de fuentes de usuario son fuentes externas (las entradas de audio analógico (5a y 9a) procedentes de los micrófonos del interfaz de supervisor) e internas (audio digital procedente de la librería de sonidos y del subsistema de VOZ (22)). Las entradas al combinador de fuentes de supervisor son una fuente externa (la entrada de audio analógico (11a) procedente del micrófono del interfaz de usuario) y una fuente interna (la salida del combinador de fuentes de usuario). Los combinadores incluyen etapas de entrada para el acondicionamiento, amplificación y conversión A/D de las señales de audio analógicas, mezclador digital de todas las señales y etapa de salida (conversión D/A, amplificación, acondicionamiento) para los auriculares. La señal digitalizada procedente del micrófono del interfaz de usuario se envía al subsistema de VOZ (22) para su reconocimiento.

El subsistema de VOZ (22) provee un interfaz de voz para el usuario con el mundo virtual. Proporciona a los actores virtuales capacidad para hablar y al alumno una manera de comunicarse con el mundo virtual (actores virtuales) de forma natural.

Un conversor texto-voz genera la voz sintetizada e información relacionada con los fonemas visuales correspondientes. El subsistema de INTELIGENCIA

artificial (25) es el encargado de seleccionar los textos a convertir por el subsistema de VOZ (22). La voz sintetizada es enviada al subsistema de SONIDO (23) y la información relacionada con los fonemas visuales al subsistema de ANIMACIÓN (21).

Un reconocedor de voz traduce a texto comandos y frases aisladas del usuario. El subsistema de SONIDO suministra la señal de audio a reconocer. El texto convertido es analizado por el subsistema de INTELIGENCIA artificial (25).

El subsistema de estado EMOCIONAL (17) proporciona al simulador información del estado emocional del usuario. Tiene dos entradas para la captura de la tasa cardíaca (15a), respuesta galvánica de la piel (16a) del usuario. Se prevén otras seis entradas para la incorporación de otras señales psicofisiológicas que puedan ser de interés futuro. El subsistema de estado EMOCIONAL dispone de etapas de adquisición de señales (acondicionamiento, amplificación y conversión A/D), procesado (filtrado y reconocimiento de patrones) y almacenamiento. Estas señales adquiridas finalmente se procesan en este subsistema para pasar sólo la información necesaria al MOTOR del sistema (24). En la fase de proceso, se establecen unos parámetros significativos que caracterizan ambas señales consiguiendo así que diferentes valores de los mismos describan diferentes estados emocionales. Un reconocedor de patrones identifica el estado emocional del alumno comparando los valores de estos parámetros significativos con un conjunto preestablecido de estados emocionales tales como el estrés o el nivel de alerta. Hoy por hoy, estos estados se limitan a los diferentes grados de estrés por los que el alumno va transitando (los que actualmente están claramente identificados en base a medidas psicofisiológicas) para este reconocimiento, en una fase previa al comienzo del entrenamiento se recogen los valores de las señales psicofisiológicas del alumno, estableciéndose así una línea de base para cada individuo. Basándose en los cambios respecto a línea base se establecen los distintos grados de estrés. El estado emocional de alumno es utilizado por el supervisor y/o el subsistema de INTELIGENCIA artificial para manejar la sesión de entrenamiento. Las señales psicofisiológicas digitalizadas sin procesar son enviadas al panel de CONTROL (26) para su visualización en tiempo real.

El subsistema de EXPLORACIÓN maneja el sensor de orientación y el ratón de usuario. Para ello, lee y procesa los datos (12a) de cambio de orientación (acimut, elevación y rotación) del sensor de orientación (ubicado en la cabeza de usuario) y los datos (14a) de posición (x, y), pulsación de botones y giro de rueda del ratón. Esta información será utilizada por el subsistema de MUNDO virtual (20) para ejecutar los correspondientes cambios (nueva orientación del punto de vista del usuario y cambio de posición y/o selección de coordenada del cursor del usuario).

El ratón de usuario permite seleccionar y arrastrar objetos y ampliar una zona de la imagen observada por el usuario. En la figura 3 se ilustra como se utiliza el ratón en el simulador. En el mundo virtual, el cursor del ratón se sitúa en un plano perpendicular (29b) al eje de profundidad (eje z) a media distancia entre el objeto más próximo al observador (27) y el punto de vista del observador (31b). El cursor (30b) se puede mover libremente en las coordenadas (x, y) para apuntar a cualquier objeto del mundo virtual. Cuando

se pulsa el botón izquierdo del ratón se selecciona el objeto al que apunta el ratón (el primer objeto que se encuentra si se traza una recta que parte del punto de vista del observador y pasa por la posición que ocupa el cursor). Cuando se gira la rueda del ratón hacia delante, el punto de vista del observador (31b) junto con el plano donde se ubica el ratón (29b) se aproxima al mundo virtual en dirección perpendicular al plano 29b, siendo las nuevas posiciones 31a y 29a respectivamente. Esto permite ampliar la zona del mundo virtual que el usuario está mirando frontalmente. El subsistema de EXPLORACIÓN soporta cualquier orientación del punto de vista del observador pero limita su traslación admitiéndose sólo posiciones que estén dentro de las líneas que van desde el punto de vista inicial del observador (31b) a cualquier punto del mundo virtual.

#### Modo de realización de la invención

La presente invención admite varias implementaciones. Se describe una de ellas.

El simulador se puede implementar sobre una estación de trabajo con aceleración gráfica 3D que disponga de bahías suficientes para la integración de los diferentes subsistemas y periféricos. Dada la potencia de cálculo que se requiere y el conjunto de rutinas diversas que deben ejecutarse concurrentemente y en tiempo real se recomienda el uso de un sistema multiprocesador. El sistema operativo debe ser multitarea y expropiativo con interfaz gráfica de usuario tipo ventana.

La interfaz de usuario dispondrá de unos auriculares estéreo con micrófono incorporado, un sensor de orientación de la cabeza tipo Intertrax de Intersense (Burlington, Massachussets USA) [[www.intersense.com](http://www.intersense.com)], un sensor de tasa cardiaca del tipo pinza para fotopletiografía, un par de electrodos superficiales para sensar la respuesta galvánica de la piel, unas gafas de visión estéreo de bajo coste tipo i-glasses SVGA 3D de 10-Display Systems (Sacramento, California, USA) [[www.i-glasses.com](http://www.i-glasses.com)] y un ratón convencional que incorpore rueda.

El interfaz de supervisor dispondrá de unos auriculares estéreo con micrófono incorporado, un micrófono auxiliar de sobremesa y el interfaz convencional de la estación de trabajo (monitor, teclado y ratón).

El MOTOR del sistema y los subsistemas: panel de CONTROL, INTELIGENCIA artificial, MUNDO virtual, ANIMACIÓN y VOZ, son programas en lenguaje C++ que correrán sobre la estación de trabajo.

El MOTOR del sistema es un simulador de eventos discretos que trabaja en tiempo real.

El subsistema de INTELIGENCIA artificial es un sistema experto. Se propone el entorno híbrido de desarrollo de sistemas expertos CLIPS diseñado en el Centro espacial Johnson de la NASA (USA) [[www.siliconvalleyone.com/clips.htm](http://www.siliconvalleyone.com/clips.htm)].

Los subsistemas de MUNDO virtual y ANIMACIÓN harán uso de una librería específica de realidad virtual que permita simplificar la programación del mundo virtual y el control de los periféricos asociados. Se propone WTK de Sense8 (San Rafael, California USA). [[www.sense8.com](http://www.sense8.com)]. Para acelerar la repre-

sentación gráfica se utilizará una librería gráfica 3D de aceleración hardware. En esta implementación se usará OpenGL [[www.opengl.org](http://www.opengl.org)]. Para implementar el sonido 3D se usará una librería de sonido 3D posicional; se propone OpenAL de Creative (Singapur) [[www.creative.com](http://www.creative.com)]. Para facilitar la implementación de los fonemas visuales y la animación facial de los actores virtuales se propone seguir las especificaciones del estándar MPEG4 [[www.m4if.org](http://www.m4if.org)].

El subsistema de VOZ es un programa de reconocimiento y síntesis de voz. El conversor texto voz debe suministrar información de los fonemas visuales. Se propone el sistema de desarrollo de ViaVoice de IBM [[www-3.ibm.com/software/speech/dev](http://www-3.ibm.com/software/speech/dev)] que cumple con todos los requisitos.

El subsistema de SONIDO se implementará con dos 2 tarjetas de sonido que se insertarán en dos bahías PCI libres de la estación de trabajo: Para el interfaz de usuario, se usará una tarjeta de sonido 3D con entrada de micrófono y salida estéreo de auriculares que incorpore aceleración hardware para sonido 3D posicional, como por ejemplo la SoundBlaster Audigy de Creative (Singapur) [[www.creative.com](http://www.creative.com)]. Para el interfaz de supervisor se usará una tarjeta de sonido convencional compatible soundblaster con dos entradas de micrófono y una salida para auriculares.

El subsistema GRÁFICO 3D se implementará con una tarjeta gráfica 3D profesional tipo Wildcat VP de Creative (Singapur) [[www.creative.com](http://www.creative.com)] con aceleración gráfica 3D para librerías tipo OpenGL, dos salidas VGA y capacidad estéreo. Una salida VGA se conectará a un casco de realidad virtual que trabaje en modo entrelazado (El modo entrelazado envía alternativamente una línea de imagen para ojo derecho y otra para el ojo izquierdo). La otra salida VGA se conectará al monitor del supervisor.

El subsistema de EXPLORACIÓN implementa los controladores para el sensor de orientación y del ratón de usuario. Esto requerirá el uso de dos puertos serie o USB.

El subsistema de estado EMOCIONAL se implementará con una tarjeta de adquisición (TAD) de datos para PC que es la encargada de recoger las señales procedentes de un sistema de amplificación de bioseñales. La combinación formada por el amplificador de bioseñales y la tarjeta de adquisición de datos, ambos productos presentes en el mercado en una amplia gama de modelos, se debe estudiar para que las etapas de adquisición y acondicionamiento que realizarán de forma parcial cada uno esté correctamente implementado en su conjunto. Íntimamente relacionado con la tarjeta de adquisición se debe desarrollar programas en lenguaje C++ que correrán sobre la estación de trabajo, que usen los controladores de esa TAD para implementar la adecuada adquisición, almacenamiento y procesamiento de las señales psicofisiológicas. Una implementación posible podría basarse en la tarjeta de adquisición ACLD-8112PG de Advantech (Taiwan) [[www.advantech.com](http://www.advantech.com)] y el sistema de amplificación modular LabLinc V de Coulburn con el módulo aislado para conductancia cutánea y el módulo monitor de pulso.

## REIVINDICACIONES

1. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva **caracterizado** porque presenta:

- Una interacción multimodal que establece varios canales de comunicación entre el usuario y el simulador interrelacionados de forma inteligente y que potencian la interacción del alumno con el mundo virtual.
- Un sistema de retroalimentación psicofisiológica del alumno que permite modificar y evaluar de forma objetiva la sesión de entrenamiento.

2. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad inmersiva según la reivindicación 1 **caracterizado** porque la interacción multimodal comprende reconocimiento de voz y de estado emocional del usuario y animación facial y síntesis de voz de actores virtuales.

3. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque la retroalimentación psicofisiológica consiste en un sistema de adquisición y procesado de señales psicofisiológicas del alumno que genera patrones relevantes de su estado emocional que son utilizados por el simulador para la evaluación y modificación en tiempo real de la sesión de entrenamiento.

4. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva según las reivindicación 1 a 3, **caracterizado** porque comprende dos interfaces distintas destinadas a sendos usuarios que son los que simultáneamente intervienen en el proceso de entrenamiento: el profesor o profesional experto supervisor y el alumno o profesional novel a entrenar.

5. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva según las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque comprende además un sistema experto que proporciona los nuevos estados de los actores virtuales en función de las actuaciones del alumno, los estados anteriores de dichos actores y las reglas que definen cada caso de entrenamiento.

6. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva según las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque comprende además un sistema de sonido que proporciona al alumno una audición de fuentes internas, generadas por el simulador, y externas, generada por el supervisor, en un entorno sonoro 3D posicional.

7. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque comprende además una panel de control desde donde el supervisor puede programar, configurar, controlar y monitorizar el funcionamiento del sistema.

8. Simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva según las reivindicaciones 1 a 7 **caracterizado** porque comprende además un sistema de programación de estados del mundo virtual (escenario, instrumentos y actores virtuales) que ayudan al usuario profesor a gestionar la evolución del caso de entrenamiento, que permite programar una secuencia temporizada de estados e implementar bifurcaciones que dependen de las acciones del usuario alumno.

9. Aplicación del simulador de entrenamiento basado en técnicas de realidad virtual inmersiva de las reivindicaciones 1 a 8 como sistema de entrenamiento frente a situaciones de emergencia en áreas como la medicina, aeronáutica, automoción, protección civil o gestión de centrales de producción de energía.



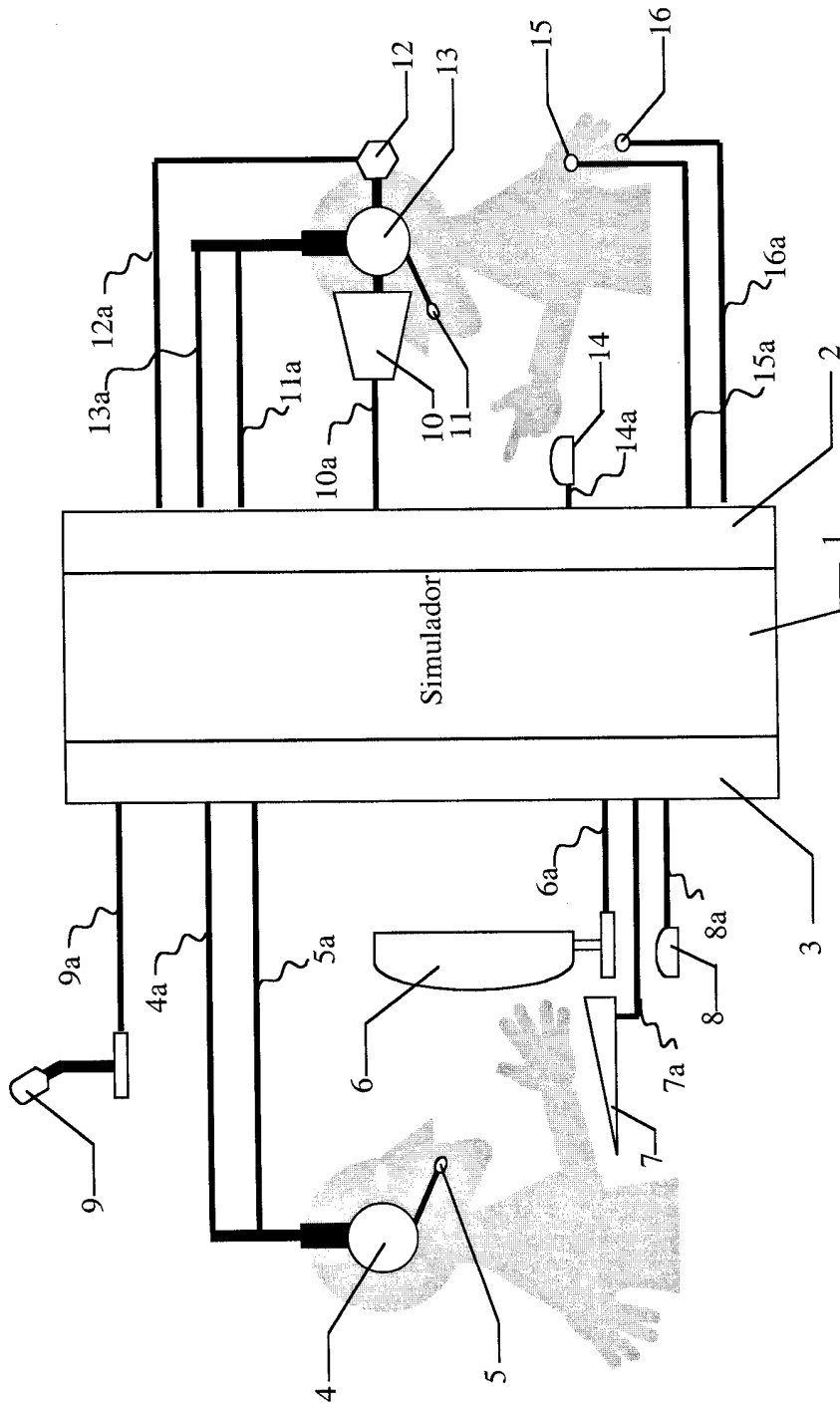


FIGURA 1

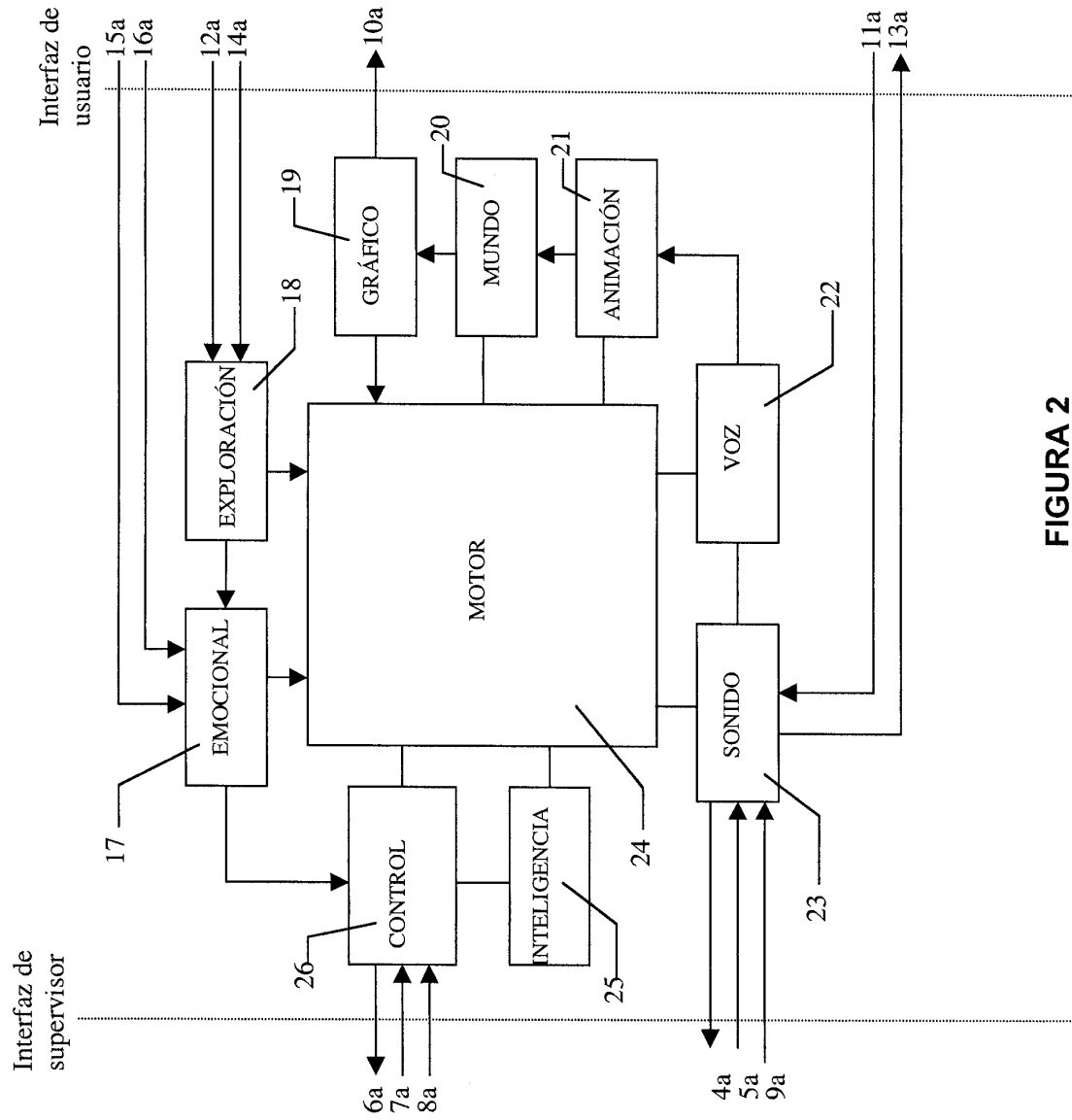


FIGURA 2

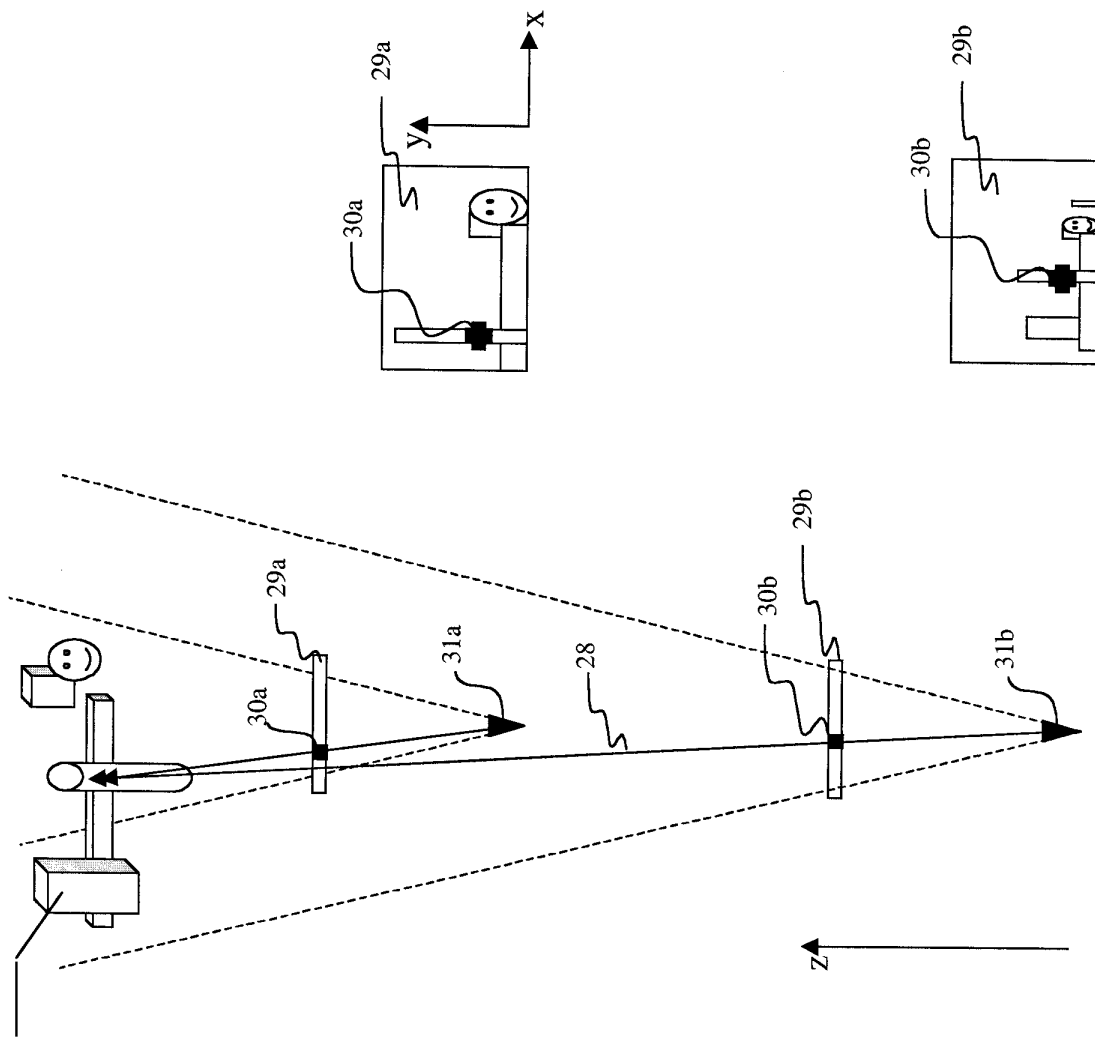


FIGURA 3



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 214 954

② N° de solicitud: 200202854

③ Fecha de presentación de la solicitud: 12.12.2002

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: G06N 5/04

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | Documentos citados   | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|--|----------------------------|
| X         | US 6296486 B1 (CARDAILLAC, AEROSPATIALE SNI et al.) 02.10.2001, todo el documento. | 1-9                        |
| A         | US 6186145 B1 (BROWN) 13.02.2000, todo el documento.                               | 1-9                        |
| Y         | US 6064998 A (ZABLOUDIL et al.) 16.05.2000, todo el documento.                     | 1-9                        |
| Y         | WO 02067194 A2 (I&A RESEARCH INC.) 29.08.2002, todo el documento.                  | 1-9                        |
| Y         | US 5880734 A (LIGHT & INTEL CORP.) 09.03.1999, todo el documento.                  | 1-9                        |

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

09.08.2004

Examinador

M. Fluvà Rodríguez

Página

1/1