View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Repositorio Institucional Universidad EAFIT

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE UNA INTERFACE MULTI-ENTRADAS EN EL CONTEXTO DE LA IDTV

Juan Felipe Téllez, Juan Carlos Montoya, Helmuth Trefftz

Universidad EAFIT, Medellín, Colombia
e-mail: jtellez@eafit.edu.co, jcmontoy@eafit.edu.co, htrefftz@eafit.edu.co

RESUMEN

En los últimos años y considerando el auge de la televisión digital interactiva (idTV), ha habido un gran interés en el diseño de aplicaciones y servicios para esta plataforma. El éxito de estas aplicaciones, en gran parte, depende de la facilidad de uso y de la forma en que los usuarios interactúan con éstas. Por tal razón, se han explorado diferentes interfaces y modos de interacción que permitan mejorar la experiencia del usuario con estas aplicaciones. En este artículo se plantea una interacción con aplicaciones de idTV utilizando tecnologías emergentes de hardware y software. Como instrumento para lograr esto, se propone una interface de control multi-entradas, usando diferentes modos de interacción como: botones táctiles, reconocimiento de gestos, reconocimiento de voz y reconocimiento de movimientos. Estos modos de interacción fueron validados a través de pruebas de usabilidad aplicando un modelo de evaluación quasi-experimental de tres dimensiones, en el que cada dimensión representa respectivamente a: los usuarios, las tareas y las interfaces de control. Con estas valoraciones cualitativas y cuantitativas se realizó un análisis de las posibles mejoras en la usabilidad de una aplicación determinada de idTV. Los resultados mostraron pocas diferencias con respecto a la interface de control tradicional para tareas en las cuales el usuario estaba familiarizado, sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas en la realización de tareas que involucraban una mayor interacción del usuario, como es el caso de la introducción de texto o la navegación entre menús.

PALABRAS CLAVES: Televisión Digital Interactiva, Usabilidad, Experiencia de Usuario, Multimodalidad, Dispositivos Móviles.

DESIGN AND USABILTY EVALUATION OF A MULTI-INPUT INTERFACE IN AN IDTV ENVIRONMENT

ABSTRACT

In recent years, and considering the rise of Interactive Digital Television (idTV), it has been great interest in the design of applications and services for this platform. However, the success of these applications largely depends on the ease of use and how users interact with them. For this reason, we have explored different interfaces and modes of interaction to improve the user experience with these applications. This article presents an interaction with iDTV applications using emerging technologies of hardware and software. As a tool to achieve this, a multi-input control interface is proposed using different modes of interaction such as touch buttons, gesture recognition, voice recognition, and recognition of movements. These modes of interaction were validated through usability testing using a model of quasi-experimental evaluation of three dimensions, where each dimension represents respectively: users, tasks and control interfaces. As a result of the qualitative and quantitative assessments, we performed an analysis of possible improvements in the usability of a particular application of idTV. The results showed few differences between the multi-input control interface and the interface of traditional control in tasks the user was familiar with, on the opposite, significant differences were found in performing tasks involving greater user interaction, such as the text input or navigation between menus.

KEY WORDS: Interactive Digital Television, Usability, User Experience, Multimodality, Mobile Devices.

1. INTRODUCCIÓN

La televisión digital Interactiva (idTV) ofrece la posibilidad de una nueva gama de aplicaciones y servicios tales como: guía de programación electrónica (EPG), grabación de video, video bajo demanda (VoD), juegos, comercio electrónico, servicios de información, entre otras. Este nuevo conjunto de aplicaciones y servicios, permiten a los operadores y productores de contenido aumentar y enriquecer la oferta de productos disponibles para los usuarios, pero a su vez, aumenta la complejidad en la forma en que éstos acceden e interactúan con dichos contenidos [1]. En este contexto y como lo han mencionado algunos autores en [2] y [3], han surgido retos para el diseño de las aplicaciones de idTV y en particular se hace énfasis en la problemática que se da con la experiencia del uso de las interfaces y los dispositivos de control. En particular, los autores resaltan las diferencias existentes y relativas a la experiencia del usuario cuando se comparan aplicaciones de idTV con aplicaciones desarrolladas para PC u otros dispositivos. En [4], se hace un análisis de las diferencias y se clasifican fundamentalmente en cuatro áreas: i) los usuarios, ii) los propósitos/tareas de los usuarios, iii) los equipos y iv) el medio ambiente. En este sentido, la idTV trae consigo nuevos desafíos en el área de Interacción Humano-Computador (HCI), los cuales están relacionados con la forma en que se da la interacción entre el usuario y el contenido.

Acorde con al análisis que realizó Kunert [4], el usuario debe ser el centro en el diseño de aplicaciones para idTV. Como consecuencia, sugiere que la usabilidad en el contexto de la idTV es el criterio más importante en comparación con la accesibilidad o el atractivo emocional. Kunert entiende la usabilidad como la "calidad de la experiencia del usuario al interactuar con algo". De esta forma se puede lograr: facilidad de uso, satisfacción, eficiencia de uso y prevención de errores al momento de trabajar con una aplicación interactiva. De lo anterior, se puede inferir que al mejorar la usabilidad se les permite a los usuarios una mejor comprensión de la interface, al igual que el dispositivo de control y un mayor entendimiento de la forma de interactuar con una aplicación específica a través del dispositivo. Una mejor usabilidad también conlleva a los usuarios a conocer cómo quieren utilizar la plataforma, sabiendo cómo hacerlo de la mejor manera. Por otro lado, Kunert [4] en su propuesta se concentra en el desempeño de la interface gráfica y la aplicación, dejando a un lado otros atributos importantes para el dispositivo de control que hacen parte de la experiencia de usuario UX, tal como lo propone Hassenzahl en [5] y la norma ISO 9241-210:2010 en [6], donde se incluyen atributos tanto pragmáticos como hedónicos. Incluso, la definición de experiencia de usuario de la ISO es aún más amplia y general, pues afirma que es "la percepción y respuesta de una persona que resulta del uso o desde antes del uso de un producto, sistema o servicio", de tal forma que se pretende agrupar una mayor cantidad de percepciones por parte del usuario y no solamente tener en cuenta la funcionalidad del sistema.

Los atributos pragmáticos son consistentes con el concepto de usabilidad de Kunert [4], con respecto a la funcionalidad del producto y la funcionalidad de acceso. Por otro lado, los atributos hedónicos describen las cualidades y la capacidad del producto para evocar el atractivo emocional, placer y la comodidad en el usuario. En [5], se propone dividir los atributos hedónicos en 3 categorías: atributos que producen la estimulación, la identificación y el recuerdo.

Resumiendo lo anterior, se puede inferir que mejorar la experiencia de usuario en el contexto de la idTV se logra por medio de una mejor percepción de estos al interactuar con una aplicación de idTV a través de un dispositivo de control, en la realización de unos objetivos específicos y en un contexto de uso determinado. Se debe asegurar que el usuario consiga una mayor eficiencia, eficacia y satisfacción, lo que tradicionalmente se ha conocido como usabilidad, a la vez que percibe una atracción, placer y comodidad desde la interface. La relación de estos aspectos que hacen parte de la experiencia de usuario se ve en la Figura 1.

Todos los elementos que afectan la experiencia de los usuarios deben ser considerados en una evaluación. Sin embargo, estudios como citados en [1], [7], [8] y [9], se centran en el análisis de los equipos y coinciden en concluir que el control remoto tradicional limita seriamente las posibilidades de interacción. Estos estudios sugieren que el control remoto tiene las siguientes limitaciones: i) no admite el estilo de interacción de manipulación directa, ii) no admite la introducción de texto, iii)

requiere línea de visión con la TV o STB (Decodificador Digital, del inglés Set Top Box), iv) cuenta con muchos botones no familiares, v) en algunos casos, son dispositivos muy grandes, vi) la respuesta a los comandos es generalmente lenta; entre otras limitaciones funcionales, estas observaciones son similares a las que hace Jakob Nielsen [10].

La propuesta trabajo se centra en la parte de los medios de control e interacción, específicamente el control remoto y la interacción con los usuarios de acuerdo a unas tareas y unas aplicaciones muy específicas de entretenimiento e información y se propone un modelo de interacción utilizando varios modos de entrada: voz, gestos, movimiento y botones, con el fin de construir una interface multi-entrada. Se propone un modelo de diseño formativo, utilizando una evaluación de la usabilidad y percepción del usuario de forma iterativa. Una evaluación iterativa de la usabilidad permite un seguimiento más riguroso de respuesta del usuario a los modos de interacción del dispositivo, incluso cuando está en las primeras etapas y proporciona información útil para el desarrollo de una nueva interface de control con múltiples modos de interacción.

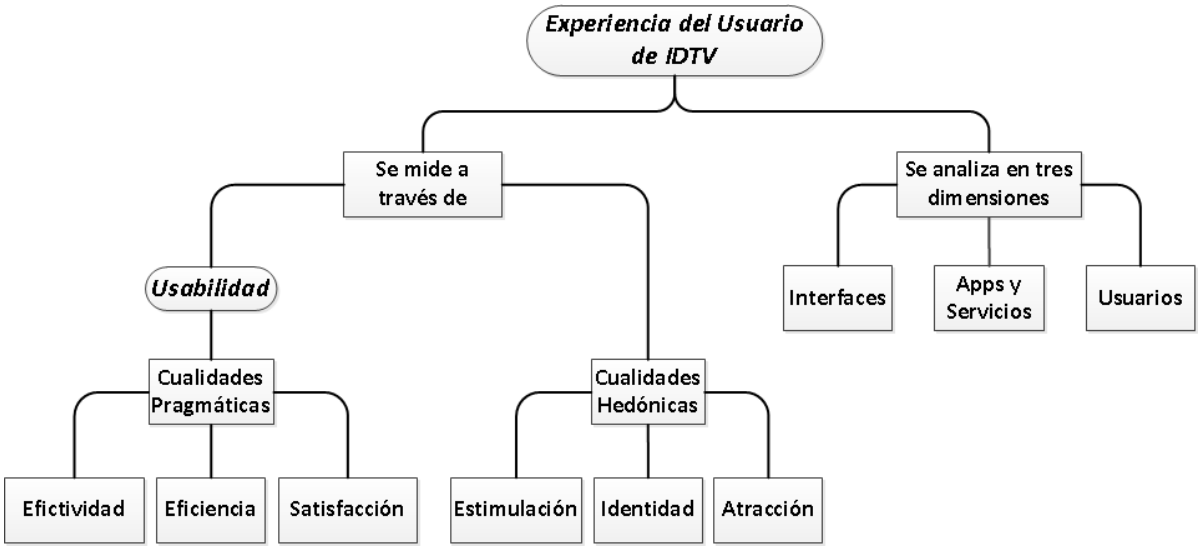

Figura 1. Experiencia de Usuario y variables de la usabilidad.

El artículo se encuentra organizado de la siguiente forma: En la sección (Trabajos Relacionados), se presenta un resumen de los diferentes trabajos realizados en el área de HCI para aplicaciones de idTV. En la sección de metodología se muestra el desarrollo del estudio y se describen sus tres fases de evaluación, con todas sus consideraciones. La sección de resultados presenta el análisis estadístico con todos los datos obtenidos de los estudios de usuarios, incluyendo la comparación entre las interfaces y tareas. Por último, en el apartado de conclusiones, se presenta el debate futuro y los retos que quedan por abordar.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

El problema de la interacción de los usuarios y los medios de control para aplicaciones de idTV ha sido analizado y estudiado en diferentes trabajos. En particular se han pretendido desarrollar interfaces que hagan uso de diferentes modos de interacción para idTV. Los investigadores han trabajado esencialmente en varias líneas de trabajo: reconocimiento de la voz, reconocimiento de gestos, personalización de las interfaces, pantallas táctiles, teclados, dispositivos apuntadores e interfaces de múltiples entradas y múltiples salidas (multi-entrada/multi-salida) sobre dispositivos móviles. En particular, se destaca esta última línea de trabajo porque reúne los trabajos de las líneas anteriores bajo la premisa de ofrecer lo mejor de diferentes modos de interacción, de tal modo que se le den al usuario varios modos de control.

Se han desarrollado propuestas para mejorar la experiencia del usuario sin dejar de lado la idea original del control remoto. Desde el punto de vista del dispositivo se plantea el uso de un control remoto multipropósito que pueda controlar todos los dispositivos Receptor de televisión, Set Top Box, DVD, DVR como se menciona en [1] y [11]. También se ha investigado el uso controles con pocos o ningún botón que se adecuen a los movimientos y gestos naturales de la mano [9], que posean manipulación directa, este es un estilo de interacción que les permite a los usuarios completar sus tareas al apuntar y manipular descripciones gráficas de los objetos y acciones de interés, como lo hace el mouse en los PC o las pantallas táctiles de las tabletas o smartphones. Por otro lado se han investigado soluciones desde el diseño de las aplicaciones, como crear interfaces gráficas mucho más simples para los servicios interactivos, de una forma muy diferente a como se diseñan para computación, así navegar por Internet o acceder a servicios Web podría ser casi tan simple como cambiar de canal [12]. En este mismo sentido se ofrecen soluciones aprovechando la convergencia de servicios y los dispositivos existentes en el mercado, como es el caso de la compañías Amazon y Apple que haciendo uso de las capacidades de los dispositivos móviles está trabajando en conjunto con los fabricantes de hardware en una aplicación que lo use como control remoto ya sea por medio de su módulo wireless 802.11b/g/n o Bluetooth es posible controlar su propia plataforma de TV desde cualquier parte [13]. En esta vía muchas aplicaciones se están desarrollando para aprovechar la multitud de opciones que ofrecen los smartphones y las tabletas, y así disponer de controles mucho más sofisticados, con nuevas capacidades y características que van más allá de lo que un control remoto convencional ofrece.

2.1. Interfaces múltiples modos de interacción

El uso de interfaces con múltiples modos de interacción ha sido posible gracias al crecimiento en la velocidad de los procesadores y la capacidad de los dispositivos embebidos, ambos avances son la base para implementar nuevos dispositivos que sirven como medios de interacción, con una mayor capacidad de comunicación con otros equipos y a su vez con el usuario.

Entre las interfaces multi-entrada y multi-salida que se han investigado, se ha trabajado con interfaces de doble pantalla. Estas son basadas en un modelo de interacción con dos dispositivos, cada una con una pantalla diferente para mostrar información audiovisual o información de apoyo adicional ya sea para entretenimiento o aprendizaje como lo mencionan [14] y [15]. En este modelo, la pantalla principal es el generalmente la pantalla del televisor y la pantalla secundaria puede ser una tablet, un Smartphone o una laptop, entre otros. La gran ventaja de estos dispositivos es que la información mostrada en la pantalla principal puede ser complementada por la segunda pantalla donde los usuarios pueden seleccionar preferencias e intereses. En este modelo de interacción se puede sacar ventaja de los recursos disponibles en Internet y que pueden ser accedidos a través del segundo dispositivo, de tal manera que el canal de retorno se establece por medio de éste segundo dispositivo. El punto débil de esta forma de interacción es la distracción que se le causa al usuario, en la medida que este debe estar atento a dos pantallas para interactuar y esto puede llevar al usuario a perder el interés en el contenido ofrecido en la pantalla principal.

Estudios como el de [9] sugieren un modelo de interacción que recurra a sentidos diferentes a la vista y la escucha, específicamente se enfoca en el contacto físico entre el usuario y la interface de control, de tal manera que implementan interfaces hápticas como un modo intuitivo de interacción. Este tipo de interfaces son usualmente complementarias a otras que se orientan al uso de la vista, así que la intención de los diseñadores de interfaces hápticas es crear un ambiente más inmersivo para el usuario, creando escenarios donde se sienta lo que se oye y lo que se ve. En [16] se propone el uso de un dispositivo embebido para reemplazar el control remoto tradicional a través de gestos creados por los movimientos de la mano, haciendo uso de un acelerómetro y algoritmos de redes neuronales para reconocer los patrones de los usuarios.

2.2. Interfaces basadas en dispositivos móviles

Algunos de los modos de interacción más estudiados son las interfaces basadas en dispositivos móviles. Las propuestas de [8], [17], [18], [19], [20] y [21] exploran la posibilidad de usar los recursos de hardware de estos dispositivos, ya sean PDA's, tabletas o Smartphones. Estos los dispositivos móviles son sistemas embebidos muy cercanos a un computador, pero características como el tamaño, movilidad, acceso a redes de comunicación, sensores, bajo consumo de energía, bajo costo, entre otros, los hacen muy interesantes como herramientas de interacción en idTV. Por la aceptación tan amplia de los dispositivos móviles, no es difícil pensar en su uso como un suplemento o reemplazo del control remoto, pero por otro lado implica algún cambio en la forma de interacción tradicional. Los diseñadores de aplicaciones pueden utilizar muchas de las herramientas que tienen los dispositivos móviles, aplicando lo que más les sea útil según sea caso: se pueden utilizar como una segunda pantalla, como control sencillo, como teclado táctil, como navegador web de apoyo, como pad táctil, entre otros usos. Una dificultad que surge es que son dispositivos complejos para muchos usuarios y usarlos para reemplazar algo tan simple como el control remoto puede resultar poco atractivo para algunos usuarios.

Estas interfaces son altamente complementarias con el reconocimiento de gestos y de imágenes, como se ha demostrado en los estudios de [22] y [23], que plantean una interface no intrusiva para los usuarios con el fin de compartir en grupo la televisión. En la televisión abierta, [24] presenta un modelo de la interacción compleja que usa dispositivos táctiles para que los usuarios interactúen con los contenidos de la televisión de una manera personalizada ya sea con un objetivo de aprendizaje, que la da al usuario la posibilidad de estar más inmerso en un evento o situación, o incluso a interactuar con un objeto que aparece en la pantalla.

Con los dispositivos móviles también se han incrementado las investigaciones sobre el uso la pantalla táctil y se han propuesto interfaces con lápices y gestos con los dedos. Los lápices permiten crear símbolos similares a las marcas y signos que se hacen en el mundo físico, como hacer una cruz sobre una palabra para eliminar algo, o marcar un círculo alrededor de un párrafo y luego dibujar una línea para mover el apartado a un nuevo sitio. Las interfaces que se han diseñado con un lápiz deben decidir si procesan comandos como un símbolo o como una forma escrita. Una solución común es poner en práctica las dos opciones por separado y utilizar un menú en una barra de herramientas al lado de la pantalla para cambiar las funciones de acuerdo a la necesidad, el único inconveniente es que hay que hacer cambios constantes entre el menú de opciones, lo que significa una pérdida de tiempo si la pantalla es grande. Esto se puede mejorar con el uso de funciones que permiten el uso de ambas manos [25].

3. TRABAJO PROPUESTO

Se propone el desarrollo de una interface de control multi-entradas que mejore sustancialmente la experiencia de los usuarios de idTV, a través de una metodología de diseño iterativo, donde el estudio de los usuarios es el centro del proyecto y a su vez sirve como realimentación para la construcción de la misma. En cada fase los usuarios validaron las cualidades pragmáticas y las cualidades hedónicas en el contexto de la idTV según el modelo escogido.

Todos los modos de entrada de comandos y datos evaluados están disponibles en los dispositivos móviles actuales, pues el objeto del estudio es usar las características de los Smartphone actuales para crear una interface alternativa que supere la usabilidad del control remoto tradicional. Los modos de entrada de comandos evaluados fueron: Reconocimiento de voz, Reconocimiento de gestos táctiles, Uso de la pantalla táctil como teclado (SoftButtons), Reconocimiento de movimientos de la mano por medio del acelerómetro.

3.1. Evaluación iterativa

Para desarrollar la interface multi-entrada se estableció un modelo de evaluación y diseño iterativo, el cual se dividió en tres fases. Cada fase se caracterizó por la selección de las interfaces objeto de evaluación, la selección del grupo de usuarios y la caracterización de las tareas a desarrollar. Esta

metodología de evaluación de tres dimensiones busca evaluar los 3 aspectos más importantes en el contexto de la usabilidad de idTV como lo sugiere [19] y como se puede ver en la
Figura 2. Estudio de Usabilidad en 3 dimensiones.

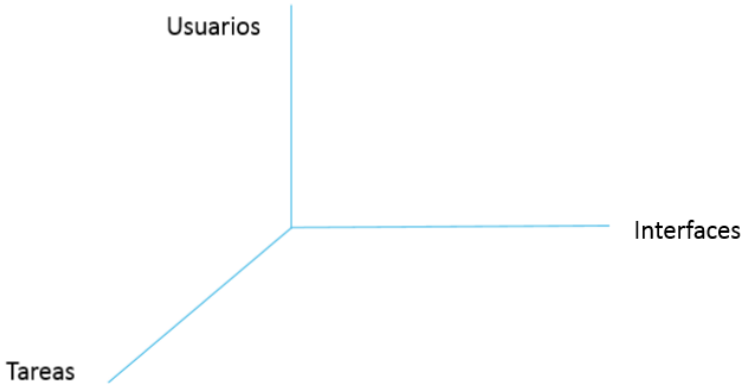

Figura 2. Estudio de Usabilidad en 3 dimensiones.

La primera fase evaluó el control remoto tradicional contra una aplicación móvil llamada BOXEE App [17] para controlar contenidos multimedia a través de un Smartphone, con el ánimo de encontrar y confirmar los problemas y limitaciones que se presentan con el uso del control remoto en un ambiente interactivo. La segunda fase exploró el desempeño de los usuarios a través de 4 interfaces para dispositivo móvil creadas exclusivamente para sacar provecho de cada uno de los modos de entrada de comandos seleccionados y todo en el contexto de idTV, con tareas propias de este ambiente. La tercera fase tomó los resultados de la segunda fase y propuso una interface multi-entrada con la unión de varios modos de entrada de datos evaluados; esta integración de modos de interacción se puso a prueba contra el control remoto tradicional y se usaron las mismas tareas de la segunda fase con el fin de hacer un seguimiento y una valoración estadística que permitiera obtener conclusiones al respecto.

3.2. Primer estudio de usuarios

El objetivo de esta primera prueba fue determinar la percepción de los usuarios sobre el uso de idTV con el control tradicional, así como de encontrar las dificultades que tienen los usuarios al utilizar el control remoto. Además, la evaluación sugirió una interface táctil como una primera aproximación a una opción alternativa para el control de la televisión digital interactiva.

En el primer estudio de usuarios, 2 métodos de entrada fueron evaluados: un control remoto común y un teléfono inteligente con una aplicación de pantalla táctil. La aplicación se ejecuta en los dispositivos Android y utiliza el enfoque de botones táctiles, en un intento de emular la funcionalidad de control remoto. Se utilizó la aplicación móvil BOXEE App [17]. Esta aplicación requiere la instalación adicional de un cliente en un computador, que es el que permite la reproducción de video, acceso a los menús y las aplicaciones interactivas de televisión tales como juegos. El sistema se probó con el computador conectado a un televisor de 42”, creando en un entorno que tenía la apariencia de una sala de estar. Este montaje emulaba un STB o decodificador y un televisor común, por lo que el usuario no se daba cuenta que en realidad estaba interactuando con un computador. Las personas evaluadas se sentaron en una silla delante de la pantalla del televisor a 2,5 m de distancia de ella, mientras que el experimentador se sentó a un costado de la sala, con una vista completa de la escena, como se muestra en la Figura 3.

Se aplicó una prueba del tipo Medición del Desempeño con 6 usuarios. Cada usuario individual se probó con dos interfaces en orden aleatorio: el software de control remoto tradicional basada en botones en un dispositivo móvil equipado con una pantalla táctil. El estudio evaluaba la usabilidad de

las interfaces, en particular las variables medidas fueron: la eficiencia del usuario con la interface, la eficacia para realizar una tarea con la interface y la satisfacción percibida por los usuarios a través de un cuestionario posterior a la prueba.

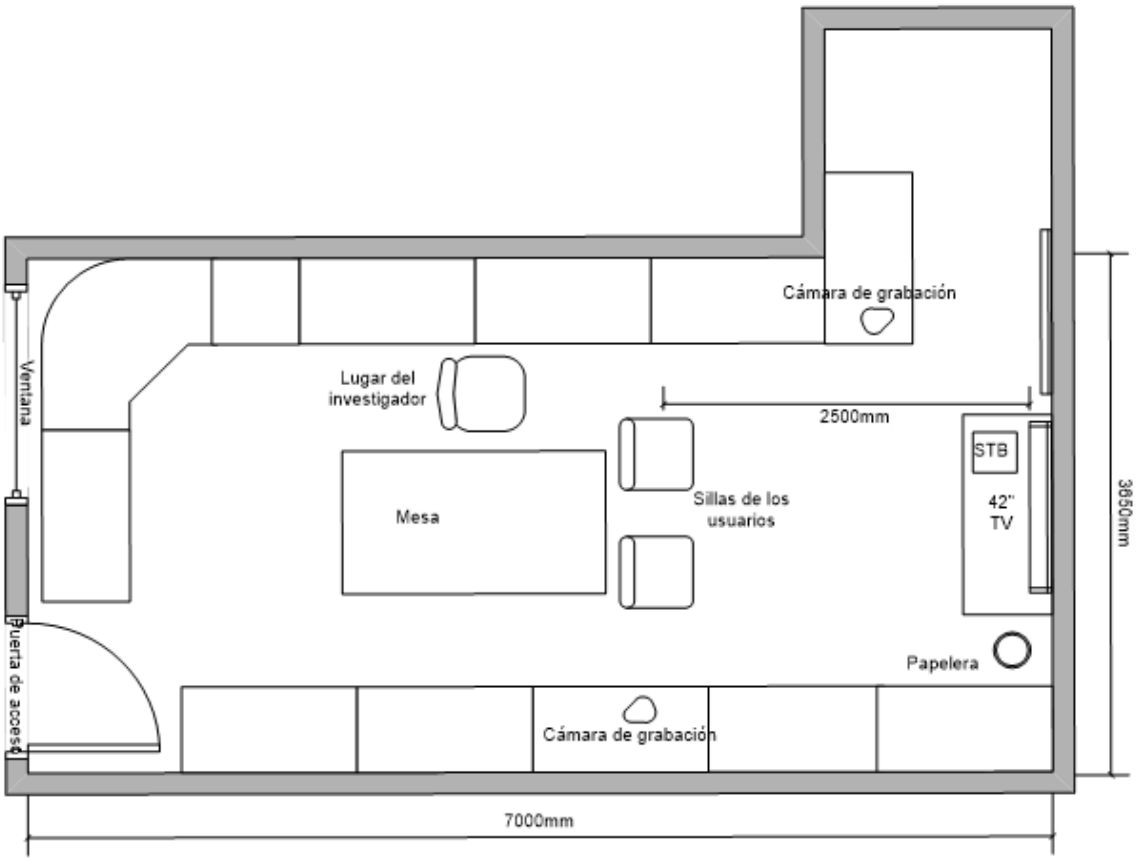

Figura 3. Escenario de las pruebas de Usabilidad.

El estudio contempló la realización de dos tareas específicas por parte de cada usuario. Las tareas asignadas para todos fueron las mismas y consistieron en: La búsqueda de un video en la EPG (Electronic Program Guide) a través de la introducción del texto "Televisión Digital" para llegar a varios videos y seleccionar uno de ellos. La segunda tarea consistió en reproducir uno de los videos que fueron sugeridos por la EPG, y una vez que el video finalizara, debían salir de la aplicación de reproducción, volver a la EPG y luego volver al menú principal.

Ambas tareas se deben realizar con cada interface en el mismo orden. Por lo tanto, para que el control remoto y la interface táctil sean evaluados en igualdad de condiciones y atenuar factores externos que influyan en el experimento, se le presentó a los usuarios la misma interface gráfica. Una vez que los usuarios terminaron todas las tareas, continuaron con un cuestionario. Las preguntas fueron diseñadas para explorar los antecedentes del usuario: conocimiento y experiencia con dispositivos móviles, edad del usuario y percepción general de la prueba realizada. Adicionalmente las preguntas se diseñaron para determinar cuál de las interfaces preferían por factores prácticos tales como la facilidad de uso o la comprensión de la interface y con cuál se sentían más cómodos.

Los resultados de esta primera fase corroboraron lo que estudios como [26] ya habían planteado respecto a la problemática de introducir texto a través del control remoto tradicional, mientras que se vio una alternativa viable en el teclado táctil.

3.3. Segundo estudio de usuarios

Para el segundo estudio de usuarios se realizó una evaluación de 5 modos de control para idTV: control remoto tradicional, reconocimiento de voz, reconocimiento de gestos táctiles, teclado táctil (SoftButtons) y reconocimiento de movimientos de la mano; estos últimos 4 modos de interacción se implementaron en una tableta con sistema operativo Android. Para lograr cada modo de interacción se desarrolló una aplicación exclusiva para cada uno, de tal modo que fuese completamente operativa y tuviera todas las funciones básicas de control para la idTV, además de un método de introducir texto y navegar a través del mismo modo de interacción.

Las 4 aplicaciones desarrolladas tuvieron como medio de transmisión entre la tableta y el STB de idTV el protocolo Bluetooth, el cual pasaba a través de un módulo desarrollado sobre un sistema Arduino, que servía como pasarela de Bluetooth a señales IR que eran enviadas directamente al STB. Esta funcionalidad permitió la integración de la tableta al STB de forma directa y así poder poner a prueba las interfaces de control con el control remoto tradicional bajo las mismas condiciones y en un ambiente de idTV real. La arquitectura de las aplicaciones desarrolladas se presenta en la Figura 4.

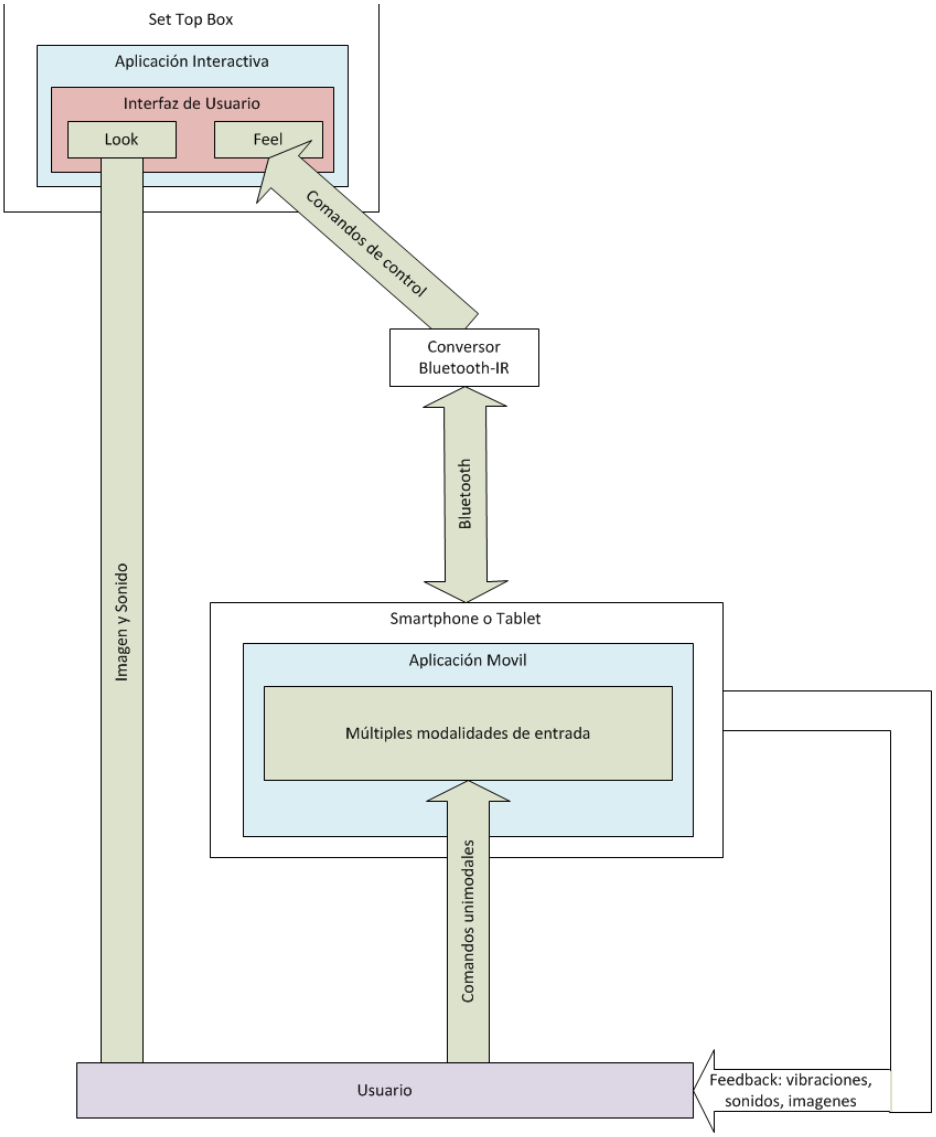

Figura 4. Arquitectura de las interfaces desarrolladas para la segunda fase.

Los participantes de la prueba fueron reclutados de varias universidades locales y otras instituciones. Participaron un total de 10 personas en el estudio, 5 eran hombres y 5 eran mujeres. Sus edades oscilaban entre 18 y 31 años con una edad media de 24 años. A los participantes se les solicitó que completaran un cuestionario antes del experimento para conocer sus datos básicos, la experiencia previa en idTV y con dispositivos móviles. Todas las sesiones fueron grabadas usando una cámara de video y el desempeño de los usuarios fue medido por el equipo del proyecto en el mismo escenario usado en la primera fase del proyecto.

Durante la prueba se propusieron las tres tareas siguientes para los usuarios:

1. Buscar un canal determinado, el cual era dado por su nombre y no por su número, así que el usuario debía ir a la guía de canales para encontrarlo y así seleccionarlo. Luego debía volver al canal anterior.
2. A través del menú de aplicaciones disponibles, encontrar y utilizar una aplicación de recomendación de contenidos, para luego encontrar la lista de los programas más vistos y seleccionar uno de estos.
3. A través del menú de aplicaciones disponibles, encontrar y utilizar la aplicación de Twitter para enviar un tweet de una frase definida (la frase es la misma para todos los usuarios) y luego volver a la pantalla principal.

Después de que los usuarios completaron todas las tareas con todos los métodos de entrada en forma aleatoria, se les pidió que completaran una breve encuesta preguntándoles acerca de la facilidad de aprendizaje, facilidad de uso y funcionalidad de los dispositivos que habían sido asignadas. Todas las preguntas siguieron una escala Likert de 5 puntos, donde 1 significada que estaban muy de acuerdo y 5 significaba que estaban muy en desacuerdo. El cuestionario no sólo indagaba por la satisfacción en el modo tradicional, sino que se incluyeron preguntas relacionadas con la estimulación, la identidad y la atracción que conforman los aspectos hedónicos de las interfaces.

3.4. Tercer estudio de usuarios

En el tercer estudio de usuarios se evaluaron dos medios de control: Una primera versión de una aplicación multi-entradas y un control remoto tradicional.

Para esta tercera fase se desarrolló una nueva aplicación basada en los distintos modos de interacción evaluados en la segunda fase. Con base en los resultados obtenidos, se seleccionaron los modos de interacción que tuvieron mejores resultados en la segunda fase y con las funcionalidades con las cuales los usuarios tuvieron una mejor percepción, de tal manera que en esta nueva propuesta de control multi-entrada los usuarios pueden escoger el modo de interacción con el cual se sientan más cómodos; por ejemplo, un usuario podía cambiar un canal a través de un comando de voz, introducir el texto a través del teclado táctil y escoger una aplicación por medio de gestos táctiles. Todos estos modos de interacción podían ser combinados según el usuario se sintiera más cómodo. La arquitectura de la interface propuesta se presenta en la Figura 5.

Para la prueba los participantes fueron reclutados de varias universidades e instituciones locales. Se tuvieron un total de 10 participantes. La mitad de los usuarios eran hombres y la mitad eran mujeres. Sus edades oscilaban entre los 18 y 31 años con una edad media de 24 años. Estos usuarios fueron completamente diferentes a los usuarios de las primeras dos fases, con el objetivo de tener independencia estadística y evitar tener usuarios con cierta experiencia en las interfaces y modos de interacción evaluados.

Antes del experimento los participantes completaron un cuestionario similar al realizado en la segunda fase del proyecto. A cada participante se le mostraron las dos interfaces que iban a probar y el orden de uso de las interfaces fue asignado al azar. El escenario de pruebas y la metodología de evaluación fue la misma de las anteriores fases del experimento.

Después de que cada usuario completó cada tarea utilizando todas las interfaces asignadas al azar, se les pidió completar una breve encuesta preguntándoles acerca de la facilidad de aprendizaje, facilidad de uso y funcionalidad de los dispositivos que habían sido asignadas. Todas las preguntas siguieron una escala Likert de 5 puntos, 1 significaba totalmente de acuerdo y 5 significaba muy en desacuerdo. Se incluyó el mismo cuestionario usado en la segunda fase del estudio para obtener una evaluación de los aspectos hedónicos.

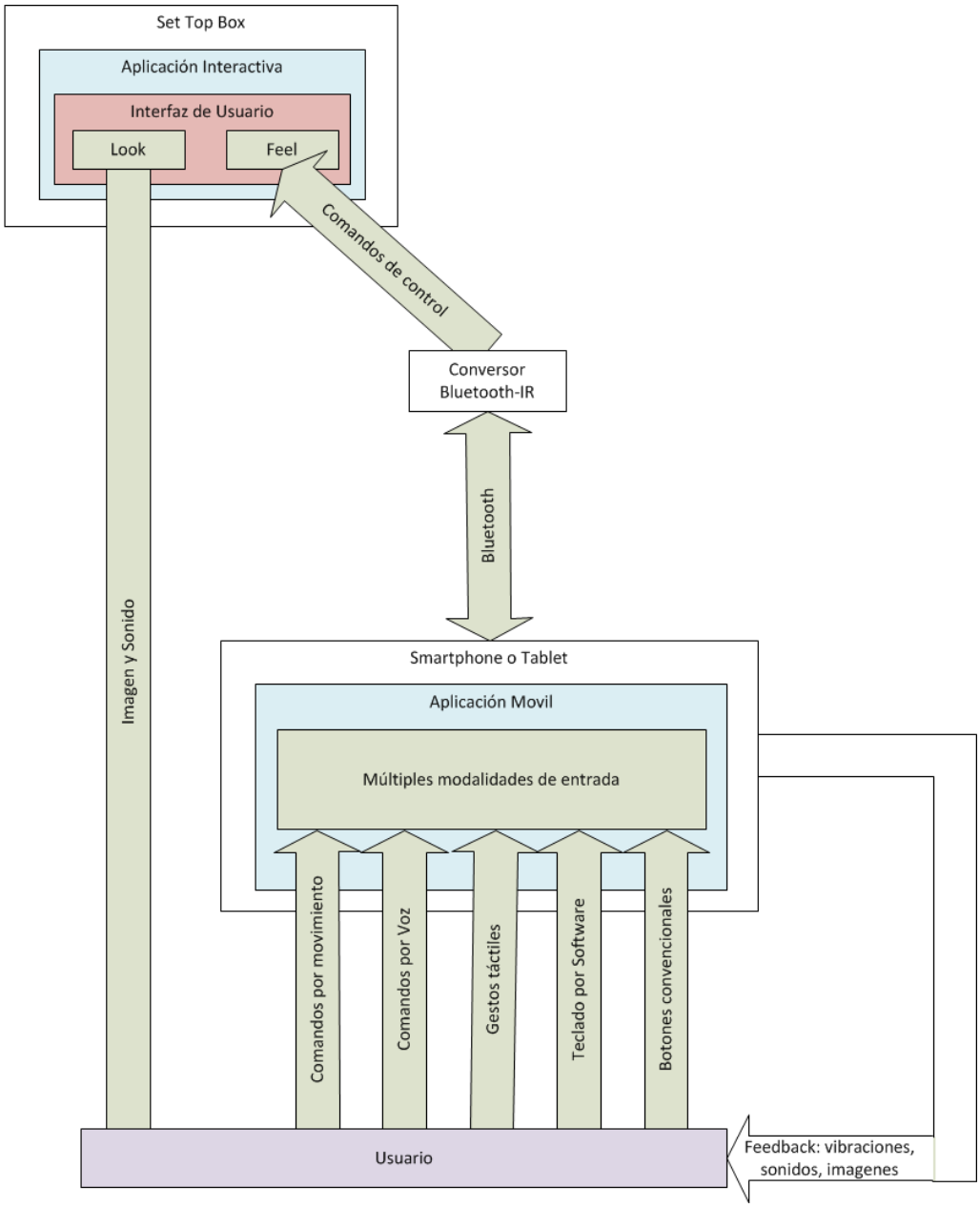

Figura 5. Arquitectura de la interface desarrollada para la tercera fase.

Durante la prueba se propusieron las tres tareas siguientes para los usuarios:

1. Buscar un canal determinado, el cual era dado por su nombre y no por su número, así que el usuario debía ir a la guía de canales para encontrarlo y así seleccionarlo. Luego debía volver al canal anterior.
2. A través del menú de aplicaciones disponibles, encontrar y utilizar una aplicación de recomendación de contenidos, para luego encontrar la lista de los programas más vistos y seleccionar uno de estos.

3. A través del menú de aplicaciones disponibles, encontrar y utilizar la aplicación de correo electrónico para enviar un correo con una frase definida (la frase es la misma para todos los usuarios) y luego volver a la pantalla principal.

Después de que los usuarios completaron todas las tareas con las dos interfaces de control en forma aleatoria, al igual que en la segunda fase se les pidió que completaran una breve encuesta preguntándoles acerca de la funcionalidad y la percepción subjetiva respecto las interfaces asignadas.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de la primera fase

Luego del experimento con usuarios de la primera fase se consolidaron las mediciones y respuestas que se muestran en la tabla 1.

TABLA 1. MEDICIONES DEL ESTUDIO DE USUARIOS DE LA PRIMERA FASE

MEDIAS DE LAS VARIABLES MEDIDAS				
FACTORES			**Control Remoto Tradicional**	**Control con botones y teclado táctil**
Mediciones de desempeño	Tiempo (en segundos)	1era tarea	1,5	1,2
		2da tarea	10,1	6,2
	Media de errores		0,45	3,5
Percepción de los usuarios	Facilidad de uso		42,90%	57,10%
	Navegación		28,60%	71,40%
	Entrada de texto		57,10%	42,90%

Este primer estudio de usuarios requirió la realización de las actividades que son más difíciles con el control remoto tradicional: navegar a través de la interface gráfica de la pantalla e introducir texto respectivamente. Para la primera tarea se observó un tiempo promedio en la realización de la tarea muy similar para ambas interfaces, con un rendimiento muy uniforme en todos los usuarios, sólo se ve una ligera disminución en el tiempo de la interface táctil sobre la interface tradicional.

Para la segunda tarea, es evidente que los usuarios tomaron un tiempo más corto con la interface de control táctil respecto a la interface tradicional, sin embargo, esto no es tan evidente si el tiempo que gastó cada usuario se revisa a detalle, dado que no fue el mismo caso para todos. Una explicación de la variación en los resultados para los usuarios podría radicar en el conocimiento que cada uno tenía del control remoto tradicional, los que tenían un mejor conocimiento de las funciones de los botones consiguieron tiempos más cortos, esto implica que el control remoto tradicional no es intuitivo en sí mismo, pero su gran ventaja es la experiencia que los usuarios ya tienen con él.

El número de errores fue significativamente mayor en la interface táctil en comparación con el control remoto. Una dificultad que los usuarios manifestaron era el pequeño tamaño de los botones de la interface táctil, que les llevó a cometer errores, muy a menudo involuntarios. También se apreció la falta de una respuesta rápida de la interface, por lo que los usuarios obtenían respuestas positivas o negativas en sus acciones, lo cual causaba retrasos o errores.

En este primer estudio, además de las mediciones obtenidas, se pudieron observar comportamientos que deben ser tenidos en cuenta en el diseño de una interface de control, algunos de estos fueron:

- Con el control remoto tradicional, la interacción de algunos usuarios se hizo en una posición más relajada.

- Los usuarios cuando usaban el Smartphone se distraían mucho al mirar el dispositivo y dejaban de ver la pantalla del televisor, sobre todo cuando estaban escribiendo el texto.
- Los botones de comandos directos y adaptados a la aplicación fueron más intuitivos en el Smartphone.
- La mayoría de los usuarios estaban utilizando ambas manos en la prueba, una mano para apoyar el control y la mano de presionar los botones o tocar la pantalla, pero en el Smartphone usaban ambas manos para escribir en el teclado, de forma similar a como lo hacen muchos usuarios de mensajería de texto, mientras que con el control remoto tradicional era más común el uso de una mano para presionar los botones.
- Los usuarios con ambas interfaces de control apuntaban el dispositivo hacia la pantalla y no se dieron cuenta de que con el Smartphone no tenía necesidad de hacerlo.
- El tamaño de los botones de la pantalla táctil del Smartphone resultó ser un factor relevante en los errores cometidos por la mayoría de los usuarios. El tamaño de los botones en una interface táctil depende en gran medida del tamaño de la pantalla y el diseño de la interface. Para esta primera prueba, el equipo utilizado fue un HTC Dream que tenía una pantalla de 3,2".

4.2. Resultados de la segunda fase

El objetivo del experimento fue estudiar la usabilidad de las interfaces propuestas específicamente para este proyecto, las cuales se compararon con el control remoto tradicional. Esta evaluación de la usabilidad se obtuvo a partir de una medición de 3 variables: satisfacción percibida, número de errores y el tiempo de ejecución de la tarea. Estas tres variables están sujetas a la variación de dos factores: el tipo de las interfaces y de la tarea a realizar. Como se trata de un experimento multi-factorial, el análisis debe ser cruzado, por lo que los resultados debieron ser vistos desde la influencia de todos los factores. Los resultados obtenidos fueron computados y validados a través del software Statgraphics, con el que se determinó la validez estadística del experimento. Las medias obtenidas en el estudio se resumen en la Tabla 2; por simplicidad sólo se presentan las 3 interfaces de control que mostraron mejor desempeño en cada una de las tareas y para cada una de las variables evaluadas.

Los recuadros indican el mismo color dado que la diferencia entre los valores medios para las interfaces no se consideran valores estadísticamente diferentes y sus diferencias están dentro de los límites de la menor diferencia significativa (LSD) de Fisher Para el caso del tiempo de ejecución solo se consideraron valores distintos los que tenían una media cuya diferencia fuera estadísticamente mayor a 86,71 segundos, para el número de errores solo se consideraron diferentes los valores cuya diferencia es mayor a 1,84 y de la misma forma solo fueron considerados estadísticamente diferentes los valores obtenidos para la satisfacción cuando la diferencia medida era superior a 0,43.

Según las mediciones y las validaciones estadísticas, solo en la tarea 3 las tres variables de respuesta fueron estadísticamente diferentes, con un rendimiento superior en todos los casos para la interface basada en el teclado táctil. En las tareas 1 y 2 se tuvieron resultados estadísticamente iguales para el control tradicional y el control por medio de teclado táctil y solo en la satisfacción de la tarea 2 el control por medio de gestos táctiles obtuvo un resultado estadísticamente igual a los dos primeros medios de control. En ninguno de los casos las interfaces de control por voz y por movimientos tuvieron resultados superiores a las demás.

Por otro lado, durante el experimento se observaron comportamientos que deberán ser tenidos en cuenta para el desarrollo de la interface multi-entradas. El uso de interfaces de control que tuvieron modos de interacción muy distintos a los tradicionales como son los comandos por voz, el uso de gestos táctiles y el control por movimientos tuvieron desempeños bajos en todas las tareas, con solo algunas excepciones como el caso de la búsqueda de canal, en la que el uso de la voz obtuvo una respuesta positiva y aunque no logró los resultados del control remoto tradicional o el teclado táctil, si obtuvo buenos comentarios de los usuarios, algunos de los cuales consideraron que este modo de interacción podría ser útil para tareas básicas como buscar canales, buscar una aplicación o encender-apagar los equipos.

En el desarrollo de la tarea 2, el modo de interacción por gestos no tuvo buen desempeño en términos de tiempo de ejecución y número de errores cometidos, pero si tuvo una buena percepción por parte de los usuarios, con resultados estadísticamente iguales al control tradicional y al control por botones táctiles, en particular a las personas les pareció muy novedosa la forma de navegación a través de atajos realizando símbolos básicos y afirmaron que con práctica podrían tener un desempeño similar al obtenido con los otros modos de interacción.

TABLA 2. MEDIAS OBTENIDAS PARA LAS VARIABLES MEDIDAS EN EL SEGUNDO EXPERIMENTO

Factor	**Niveles**	**Medias de las variables de respuesta**		
		Tiempo de ejecución (segundos)	Número de errores	Satisfacción
Tarea	1	Control tradicional 66.87	Control por teclado táctil 1.66	Control tradicional 4.71
		Control por teclado táctil 96.59	Control tradicional 1.92	Control por teclado táctil 4.63
		Control por voz 189.47	Control por voz 3.57	Control por voz 4.30
	2	Control tradicional 55.73	Control tradicional 1.21	Control tradicional 4.88
		Control por teclado táctil 78.02	Control por teclado táctil 1.28	Control por gestos 4.77
		Control por gestos 152.32	Control por gestos 3.14	Control por teclado táctil 4.77
	3	Control por teclado táctil 215.48	Control por teclado táctil 5.18	Control por teclado táctil 4.75
		Control tradicional 364.09	Control por voz 7.43	Control tradicional 3.97
		Control por gestos 557.27	Control tradicional 10.44	Control por voz 3.90

En la tarea 3, los resultados siguieron la tendencia de otros estudios, con una clara ventaja en desempeño y preferencia por la interface con los botones táctiles. El caso de la interface de control por medio de la voz tuvo una particularidad en esta tarea, pues obtuvo un desempeño superior al control tradicional en número de errores, pero los usuarios no manifestaron sentirse mejor con este tipo de interacción para una tarea de introducción de texto respecto al control remoto tradicional, incluso mostraron incomodidad al tener que dictar un texto muy extenso a través de la tableta. También manifestaron la necesidad de implementar un medio de realimentación en el dispositivo de control, pues siempre era necesario visualizar ambas pantallas para verificar que las acciones realizadas fueran correctas.

Los resultados obtenidos fueron coherentes con otros estudios y mostraron que un solo modo de interacción, con excepción del control por medio de botones táctiles, no era suficiente para superar al control remoto tradicional en desempeño y solo en tareas de introducción de texto era superado con claridad por la interface que tenía un teclado explícito.

En la construcción de la interface multi-entradas, los resultados obtenidos en la segunda fase del proyecto fueron un insumo para determinar qué tipos de interacción debían ser incluidos en la versión final del prototipo. También se determinó que modos de interacción no eran apropiados para algunas tareas y por lo tanto se debía restringir su uso para evitar la confusión de los usuarios.

4.3. Resultados de la tercera fase

Con los datos obtenidos de las mediciones y los cuestionarios, los resultados fueron validados con el fin de verificar su independencia estadística. Los resultados se presentan la tabla 3, en la que los recuadros del mismo color indican que los resultados no son estadísticamente diferentes a pesar de las diferencias numéricas, esto se debe a que sus diferencias se encuentran dentro del intervalo de confianza del experimento. En el caso del tiempo de ejecución sólo se consideran valores relevantes los que tienen una diferencia estadísticamente mayor a 18,1 segundos, el número de errores para los valores cuya diferencia es mayor a 0,93 y para la satisfacción cuando la diferencia es mayor a 0,34. El método utilizado para discriminar entre las medias es el método de diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher. Con este método hay un riesgo de 5,0% de decir que dos medias son significativamente diferentes cuando la diferencia real es igual a 0.

TAREA 3. MEDIAS OBTENIDAS PARA LAS VARIABLES MEDIDAS EN EL SEGUNDO EXPERIMENTO

Factor	**Niveles**	**Medias de las variables de respuesta**		
		Tiempo de ejecución (segundos)	Número de errores	Satisfacción
Tarea	1	Control tradicional 60.73	Control multimodal 2.1	Control multimodal 4.45
		Control multimodal 71.48	Control tradicional 2.2	Control tradicional 4.11
	2	Control tradicional 38.01	Control tradicional 1.0	Control multimodal 4.7
		Control multimodal 54.27	Control multimodal 1.3	Control tradicional 4.32
	3	Control multimodal 156.20	Control multimodal 3.6	Control multimodal 4.64
		Control tradicional 275.32	Control tradicional 6.6	Control tradicional 2.96

La tabla muestra que sólo en la tarea 3 las tres variables de respuesta fueron estadísticamente diferentes, con un rendimiento superior en todos los casos para la interface multi-entradas. También se vio una diferencia relevante en la percepción de los usuarios en las tres tareas, mostrando una preferencia en todos los casos por la interface de control multi-entradas. En las tareas con más enfoque en la navegación y en acciones comunes de un usuario de televisión no se encontraron diferencias significativas en el desempeño.

De los resultados, se destaca la percepción de los usuarios sobre las interfaces evaluadas, ver y, mostrando una clara preferencia por la interface multi-entradas a pesar de que en las tareas 1 y 2 no se obtuviera una clara ventaja sobre el control remoto tradicional. Estos resultados muestran una diferencia con respecto a lo obtenido en el segundo experimento con usuarios, donde se tenían unos resultados en la percepción superiores para el control remoto tradicional en las primeras 2 tareas.

Los usuarios manifestaron que la interface de control multi-entradas podría tener un mejor desempeño si se mejoraran las opciones de navegación y se tuviera más práctica con estas, pues el uso de gestos y movimientos no son lo suficientemente intuitivos, a pesar de las mejoras introducidas en esta versión del prototipo. Por otra parte, los usuarios calificaron muy bien el hecho de tener una realimentación visual y háptica de las acciones realizadas, ya que esto les evitaba tener que visualizar la pantalla de la tableta y la pantalla del televisor al mismo tiempo.

5. CONLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se propuso una interface de control multi-entradas para aplicaciones de idTV, desarrollada a partir de un estudio iterativo con usuarios y la combinación de cuatro modos de entrada de datos: comandos de voz, movimientos de la mano, gestos táctiles y un teclado táctil sobre la pantalla de una tableta. Este modo de interacción se sometió a una prueba de usabilidad junto al control remoto tradicional, al igual que en las fases anteriores del proyecto.

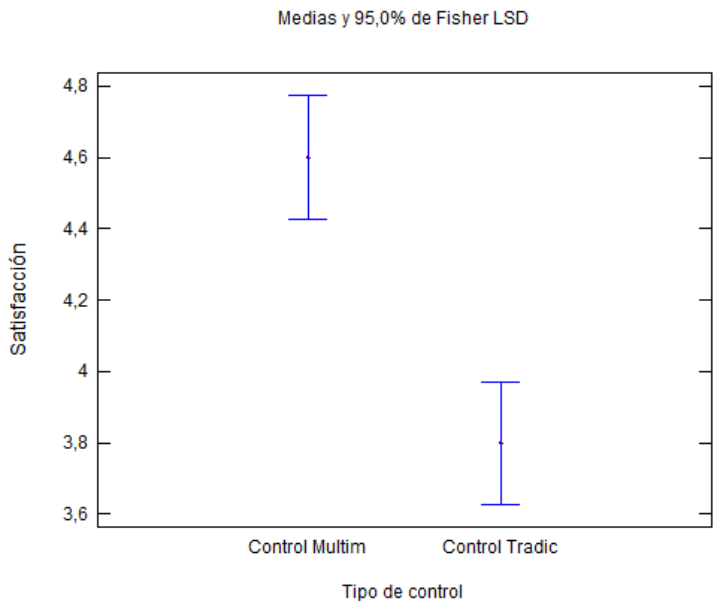

Figura 6. Medias y e intervalos de confianza obtenidos para la satisfacción percibida por los usuarios.

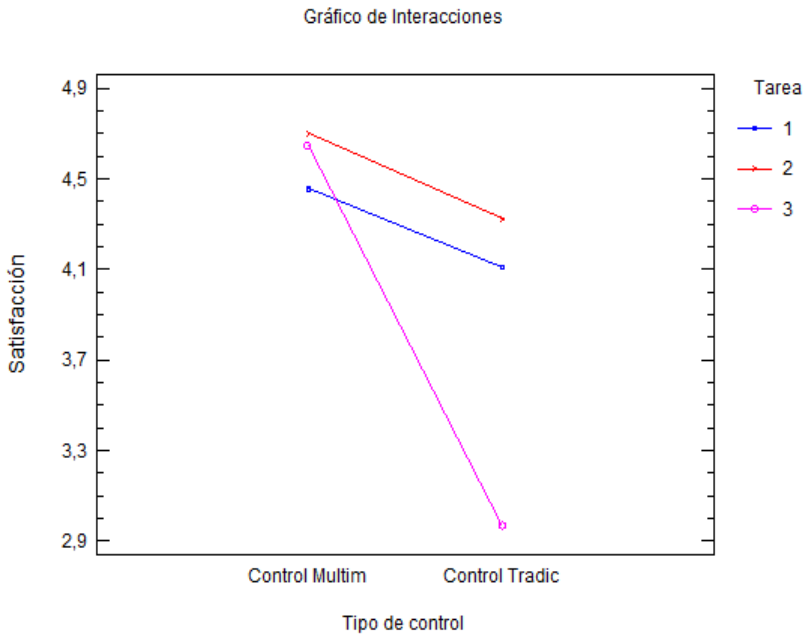

Figura 7. Gráfico de interacciones entre variables para la satisfacción percibida por los usuarios en la tercera fase.

En las primeras dos fases del proyecto, se realizaron pruebas con usuarios para determinar cómo respondían éstos frente a modos de interacción unimodales y en particular frente a diferentes opciones de interacción disponibles en los dispositivos móviles actuales. Estas pruebas corroboraron la preferencia de los usuarios por el control remoto tradicional en tareas que eran normales en el uso de la televisión no interactiva, pero siempre mostraron las deficiencias en desempeño y satisfacción cuando se trataba de tareas propias de idTV. A pesar de esto, ninguna de las interfaces de control unimodales propuestas fue constante en todas las pruebas y pudo superar al control remoto tradicional; solo la interface con teclado táctil igualaba el desempeño del control remoto tradicional, pero no logró obtener una percepción mejor por parte de los usuarios.

En la tercera fase del proyecto se llevó a cabo un tercer estudio de usuarios, poniendo a prueba el control remoto tradicional con la nueva propuesta de interface multi-entradas. Los resultados de las pruebas mostraron que para tareas simples en el contexto de la televisión no había diferencias significativas en el desempeño de la interface propuesta y el control remoto tradicional, al igual que en tareas relacionadas con navegación y búsqueda de recursos para el caso de idTV. Solo se presentó una ventaja significativa de la interface multi-entradas en la percepción de la satisfacción de los usuarios durante la prueba cuando realizaron ambas tareas. Por el contrario, para la tarea que estaba relacionada con el ingreso de texto, si se encontró una mejora en el desempeño de los usuarios que puede ser considerada como estadísticamente válida. Estos resultados indicaron que las tareas que los usuarios realizaron en el contexto de idTV tienen un gran efecto sobre los resultados obtenidos, y no deben ser despreciadas en una evaluación de usabilidad y el diseño de nuevas interfaces.

Según los resultados de la evaluación, la interface multi-entradas resolvió en gran parte el problema del ingreso de texto en las tareas que lo requerían, demostrando que, para este tipo de tareas, supone una mejora a nivel de desempeño respecto al control tradicional. Sin embargo, el problema de la navegación por menús y la búsqueda de recursos aun no lo resuelve totalmente y solo permite mejorar la percepción del usuario, o los llamados atributos hedónicos. Se hace necesario realizar nuevos ajustes a la interface y usar la información obtenida para mejorar el desempeño de la misma, lo que a su vez se traduzca en una mejora en el desempeño práctico de los usuarios.

Se debe seguir un diseño iterativo, en el cual se realice un ciclo completo de desarrollo y evaluación de los resultados con los usuarios. Aún hace falta más desarrollo de la interface para lograr resultados que puedan mejorar la usabilidad en todos sus componentes y para todas las tareas en el contexto de idTV. Es claro que una interface multi-entradas con una fusión de las entradas solo a bajo nivel, no permite complementar las fortalezas de las modalidades. Esta puede ser una de las causas para que el desempeño no sea mejor. El desarrollo de un dispositivo de control multi-entradas deberá incluir una comunicación bidireccional con el STB de idTV, esto posibilitaría el desarrollo de una interface que fusione las modalidades a nivel semántico. La comunicación bidireccional daría una realimentación entre todos los componentes de la interface y no solo una respuesta que pueda darse al usuario a través de la imagen y el sonido. Este tipo de interacción daría a los desarrolladores una herramienta útil al momento de crear una interface completamente multimodal.

A partir del trabajo realizado se propone que la evaluación en 3 dimensiones: usuarios, tareas e interfaces, podría ser extendida a un factor adicional como el ambiente de uso, el cual puede dar información complementaria, y un contexto que podría cambiar o confirmar los resultados obtenidos en las pruebas. Adicionalmente al ambiente, un mayor número de niveles en cada uno de los factores evaluados también podría ser útil, sobre todo en el número y tipo de tareas que los usuarios pueden desempeñar con las interfaces.

REFERENCIAS

[1] M. J. Darnell, «Making digital tv easier for less-technically-inclined people,» *Proceeding of the 1st international conference on Designing interactive user experiences for TV and video - uxtv '08,* p. 27, 2008.

[2] K. Chorianopoulos, «The digital set-top box as a virtual channel provider,» de *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, New York, 2003.

[3] C. A. Collazos, C. Rusu, J. L. Arciniegas y S. Roncagliolo, «Designing and Evaluating Interactive Television from a Usability Perspective,» de *Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*, 2009.

[4] T. Kunert, User-Centered Interaction Design Patterns for Interactive Digital Television Applications, Springer-Verlag New York Inc, 2009.

[5] M. Hassenzahl y N. Tractinsky, « User experience - a research agenda,» *Behaviour & Information Technology*, vol. 25, nº 2, pp. 91-97, 2006.

[6] ISO (International Organization for Standardization), ISO 9241-210:2010 Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems, 2010, p. 32.

[7] L. Pemberton y R. N. Griffiths, «Usability evaluation techniques for interactive television,» *Proceedings of HCI International*, vol. 4, pp. 882-886, 2003.

[8] R. Riecke, A. Juers y K. Chorianopoulos, «Interaction design in television voting: A usability study on music tv and input devices,» de *Changing Television Environments*, 2008.

[9] A. Ferscha, S. V. Vogl, B. Emsenhuber y B. Wally, «Physical Shortcuts for Media Remote Controls,» de *Proceedings of the 2nd International Conference on INtelligent TEchnologies for interactive enterTAINment*, Cancun, Mexico, 2008.

[10] J. Nielsen, «Nielsen Norman Group,» Junio 2004. [En línea]. Available: https://www.nngroup.com/articles/remote-control-anarchy/. [Último acceso: Febrero 2016].

[11] J. C. P. de Melo, S. Azevedo, L. E. C. Leite, A. M. F. Burlamaqui, R. Dantas y L. M. G. Gonçalves, «ITV-telearch an architecture for enabling device telecontrol and sensor data access over IDTV systems,» de *Virtual Environments Human-Computer Interfaces and Measurement Systems*, 2010.

[12] S. a. Y. J. a. S. S. Shin, «Mu: channel UI to optimize the widget control in internet tv,» de *Proceeding of the 1st international conference on Designing interactive user experiences for TV and video*, 2008.

[13] Apple Inc, «iTunes Preview,» Apple Inc, 2016. [En línea]. Available: https://itunes.apple.com/us/app/amazon-fire-tv-remote/id947984433?mt=8&ign-mpt=uo%3D4. [Último acceso: 17 02 2016].

[14] P. Cesar, D. Bulterman y A. Jansen, «Usages of the secondary screen in an interactive television environment: Control, enrich, share, and transfer television content,» de *Changing television environments*, 2008.

[15] E. Tsekleves, L. Cruickshank, A. Hill, K. Kondo y R. Whitham, «Interacting with Digital Media at Home via a Second Screen,» de *Ninth IEEE International Symposium on Multimedia Workshops (ISMW 2007)*, 2007.

[16] J. Ducloux, P. Petrashin, W. Lancioni y L. Toledo, «Remote Control with Accelerometer-Based Hand Gesture Recognition for Interaction in Digital TV,» *Argentine School of Micro-Nanoelectronics, Technology and Applications*, pp. 29-34, 2014.

[17] A. Gil, F. Fraile, M. Ramos, I. de Fez y J. C. Guerri, «Personalized multimedia touristic services for hybrid broadcast/broadband mobile receivers,» de *2010 Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2010.

[18] Y. Blanco-Fernández, J. Pazos-Arias, A. Gil-Solla, M. Ramos-Cabrer y M. López-Nores, «ZapTV: Personalized User-Generated Content for Handheld Devices in DVB-H Mobile Networks,» de *Changing Television Environments*, 2008.

[19] J. C. P. de Melo, S. Azevedo, L. E. C. Leite, A. M. F. Burlamaqui, R. Dantas y L. M. G. Goncalves, «ITV-telearch an architecture for enabling device telecontrol and sensor data access over IDTV systems,» de *2010 IEEE International Conference on Virtual Environments Human-Computer Interfaces and Measurement Systems (VECIMS)*, 2010.

[20] S. Fallahkhair, L. Pemberton y R. Griffiths, «Dual Device User Interface Design for Ubiquitous Language Learning: Mobile Phone and Interactive Television (iTV),» de *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)*, 2005.

[21] C. Teixeira, E. Lazaro Melo, R. G. Cattelan y M. da Graca C. Pimentel, «Taking advantage of contextualized interactions while users watch TV,» *Multimedia Tools and Applications*, vol. 50, nº 3, pp. 587-607, 2010.

[22] A. Lorenz, M. Jentsch, C. Concolato y E. Rukzio, «A formative analysis of mobile devices and gestures to control a multimedia application from the distance,» de *Melecon 2010 - 2010 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*, 2010.

[23] P. Cesar, D. Bulterman, Z. Obrenovic, J. Ducret y S. Cruz-Lara, «An architecture for non-intrusive user interfaces for interactive digital television,» de *Interactive TV: a Shared Experience*, 2007.

[24] J. Cha, Y. S. Ho, Y. Kim, J. Ryu y I. Oakley, «A Framework for Haptic Broadcasting,» *IEEE MultiMedia*, vol. 3, nº 16, pp. 16-27, 2009.

[25] Lawrence Erlbaum Associates, Input Technologies and Techniques, 2008.

[26] A. Barrero, D. Melendi, X. G. Pañeda, R. García, L. Pozueco y J. L. Arciniegas, «A Research on Typing Methods for Interactive Digital Television Applications,» *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, vol. 13, nº 11, pp. 3612-3620, 2015.