



2012  
**CONISOFT**

Guadalajara, Jalisco  
25 al 27 de abril

## **Tendencias en Investigación e Innovación en Ingeniería de Software: Un Enfoque Práctico.**

Congreso Internacional de Investigación e  
Innovación en Ingeniería de Software 2012



Universidad Autónoma de Baja California.  
Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería.

### **Editores:**

Reyes Juárez Ramírez,  
Hanna Jadwiga Oktaba,  
Guadalupe Elena Ibargüengoitia González,  
Adriana Cárdenas Martínez,  
Violeta Ocegueda Miramontes,  
Guillermo Licea Sandoval,  
Salvador Cervantes Cervantes,  
María Elena Gonzáles Bañales.

25, 26 y 27 de abril.  
Tijuana, Baja California, México.



CONISOFT'12

Congreso Internacional de Investigación e  
Innovación en Ingeniería de Software,  
25, 26 y 27 de Abril del 2012.  
(Memorias)

Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería  
Universidad Autónoma de Baja California

Congreso Internacional de Investigación e  
Innovación en Ingeniería de Software  
(1er.: 2012: Guadalajara, Jalisco, México).

Memorias del 1er. Congreso Internacional de Investigación  
e Innovación en Ingeniería de Software (CONISOFT'2012) [recurso electrónico] / Reyes  
Juárez Ramírez, Hanna Jadwiga Oktaba, Guadalupe Elena Ibargüengoitia González,  
Adriana Cárdenas Martínez, Violeta Ocegueda Miramontes, Guillermo Licea Sandoval,  
Salvador Cervantes Cervantes, María Elena Gonzáles Bañales, eds.

Tijuana, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California, 2012.

1 disco compacto: il.; 4  $\frac{3}{4}$  plg.

ISBN 978-607-607-082-6

D.R. © 2012 Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, UABC

Ingeniería en Computación,  
Universidad Autónoma de Baja California  
Calzada Universidad 14418,  
Parque Industrial Internacional Tijuana,  
Tijuana, Baja California, México  
C.P. 22390

ISBN 978-607-607-082-6

# **Adopción de estándares de calidad**

## Adopción del Estándar ISO 9241-210:2010 en la Construcción de Sistemas Interactivos Basados en Computadora

Daniel Vidal Sánchez<sup>1</sup>, Jorge E. Ibarra Esquer<sup>2</sup>, Brenda L. Flores Rios<sup>3</sup>, Gabriel López Morteo<sup>4</sup>  
<sup>1,2</sup>Facultad de Ingeniería, campus Mexicali <sup>3,4</sup>Instituto de Ingeniería  
{dvidal, jorge.ibarra, brenda.flores, galopez}@uabc.edu.mx

### Resumen

En sistemas interactivos basados en computadora la interacción con el usuario sucede a través de las interfaces típicas de la computadora. El desarrollo de Sistemas Interactivos Mixtos, en los cuales se incorporan interfaces físicas, permite ofrecer al usuario mecanismos adicionales para el control de las aplicaciones y para la visualización de los resultados de sus acciones.

En este documento se presenta una experiencia de uso del enfoque de diseño centrado en las personas para sistemas interactivos siguiendo las actividades del proceso definido por el estándar ISO 9241-210:2010. Se desarrolló una versión del videojuego Space Invaders que hace uso de interfaces físicas como entrada de las acciones del usuario. La interfaz física se implementó por medio de un acelerómetro de Phidgets y se programó utilizando la biblioteca phidget.com para ActionScript 3.0.

### 1. Introducción

El esfuerzo de adoptar estándares en el desarrollo de aplicaciones de software de sistemas interactivos radica en el hecho que definen una serie de características comunes que deben exhibir todos los componentes, a la vez que define cómo el proceso y sus actividades deben ser implementados. Por lo tanto, adoptar estándares constituye un factor clave para la gestión efectiva de la calidad [1].

El conocimiento típico del concepto de calidad se asocia al que aportan los estándares del Organismo Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés de *International Organization for Standardization*). La serie normativa ISO 9241 *Ergonomics of human-system interaction* es la dedicada a formalizar los aspectos cualitativos sobre la Interacción Humano-Computadora (IHC). Esta disciplina es abordada por la *Association for Computer*

*Machinery* (ACM) definiéndola en función del diseño, evaluación e interpretación de sistemas interactivos para el uso de las personas, y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado [1].

Un usuario de un sistema interactivo es aquella persona que interactúa con el sistema, lo controla directamente y utiliza los recursos del mismo [2]. Por otro lado, un Sistema Interactivo Mixto (MIS por sus siglas en inglés de *Mixed Interactive Systems*) es un sistema interactivo que combina artefactos físicos y digitales [3]. Estos últimos son representados por un conjunto de instrucciones. Además de la interacción física debe añadirse un nivel cognitivo para que la persona comprenda fácilmente el protocolo de comunicación y actúe sobre la interfaz interpretando sus reacciones a través de los sentidos.

El rol de los ingenieros de software en el desarrollo de MIS es determinante, ya que son éstos, junto con los programadores, los que materializan las especificaciones técnicas y construyen software necesario para que todas las actividades especificadas por los *stakeholders* sean una realidad [1].

El artículo está organizado de la siguiente manera: Primero se presentan algunos trabajos relacionados con el desarrollo de sistemas interactivos y el diseño centrado en las personas. Posteriormente se introduce a la norma ISO 9241-210:2010, sentando las bases para el proceso de diseño y desarrollo que se ejemplifica con un caso de estudio. Por último, se presentan las principales conclusiones del trabajo y se puntualizan algunos aspectos a desarrollar en etapas posteriores.

### 2. Estado del arte

#### 2.1 Sistemas Interactivos

Los MIS utilizan una interfaz tridimensional brindando sentido de realidad a diferencia de otros

sistemas [4]. El sentido de presencia y la cognición espacial fueron investigados por Kim et al., [5] quienes mostraron que los MIS brindan también apoyo a las actividades cognitivas de los diseñadores. Por otro lado, las características de universalidad y accesibilidad de los MIS permiten a los usuarios familiarizarse con conceptos abstractos y complejos.

Para el desarrollo de sistemas interactivos se utiliza el diseño centrado en las personas, donde el principal objetivo es diseñar sistemas con características especiales tales como la usabilidad y la accesibilidad [6]. Granollers et al., [7] integra la Ingeniería de software con la Ingeniería de Usabilidad y la IHC para desarrollar el Modelo de Procesos de la Ingeniería de la Usabilidad y de la Accesibilidad llamado MPIu+a.

## 2.2 Diseño centrado en las personas

El diseño centrado en las personas es el enfoque dedicado al diseño y desarrollo de sistemas que permiten que los sistemas interactivos sean más fáciles de utilizar, debido a que aplican factores ergonómicos, técnicas y conocimiento sobre usabilidad [8]. El diseño centrado en personas debe de seguir los siguientes principios [8]:

1. El diseño se basa en una comprensión explícita de los usuarios, tareas y entornos.
2. Los usuarios se involucran durante el diseño y desarrollo.
3. El diseño es impulsado y perfeccionado por la evaluación centrada en el usuario.
4. El proceso es iterativo.
5. El diseño se basa en toda la experiencia del usuario.
6. El equipo de diseño cuenta con habilidades (conocimiento procedural) y perspectivas (conocimiento declarativo) multidisciplinarias.

La importancia de los sistemas interactivos se reflejó en el estándar ISO 13407:1999 *Human-centred design processes for interactive systems*, el cual sirvió como guía para el desarrollo de sistemas interactivos usables incorporando el diseño centrado en el usuario. Sin embargo, recientemente este estándar fue cancelado y reemplazado por la parte 210 del estándar ISO 9241 [8]. En esta parte, el término diseño centrado en el usuario se sustituyó por diseño centrado en las personas, debido a que aborda tanto a los *stakeholders* como a los usuarios.

## 3. ISO 9241-210:2010 *Human-centred design for interactive systems*

ISO 9241-210:2010 constituye un marco de trabajo para el diseño centrado en las personas al integrar diferentes procesos de diseño y desarrollo apropiados a un contexto en particular; complementando las metodologías de diseño existentes. En la Figura 1 se muestran las distintas actividades y su interdependencia definidas por este estándar.

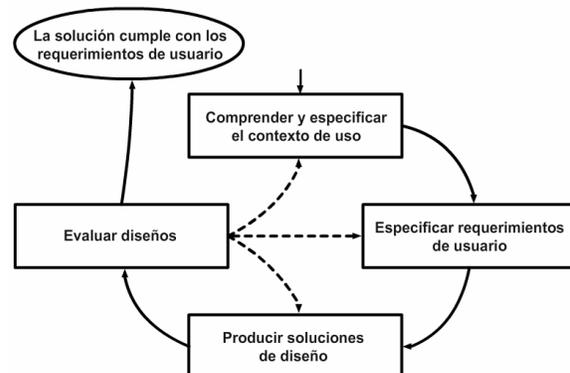


Figura 1. Interdependencia de las actividades de diseño centrado en las personas [8].

Realizar sistemáticamente una aplicación interactiva es asegurar que los procedimientos y estándares determinados son seguidos por el equipo de desarrollo. El proceso general definido por el estándar ISO 9241-210 promueve varias iteraciones hasta cubrir todos los objetivos o requerimientos, éstas se indican con las líneas punteadas (Figura 1).

El éxito o fracaso de un nuevo sistema interactivo depende en gran parte de la correcta definición de los requisitos [9]. Los requisitos de los sistemas interactivos suelen estar enfocados en el qué debe hacer el sistema y no en el cómo debe hacerlo, por lo que suelen clasificarse básicamente en requisitos funcionales y no funcionales [1].

En la siguiente sección, se presentan las características principales de cada actividad, mismas que fueron seguidas en el proceso de desarrollo de un sistema interactivo.

## 4. Desarrollo de un sistema interactivo

En esta sección se describen las actividades del proceso de diseño centrado en las personas por medio de la implementación de un sistema interactivo. Este consiste en una adaptación del videojuego clásico *Space Invaders*, creado por Toshihiro Nishikado para

la empresa japonesa Taito en 1978. A través de la implementación del juego, se busca generar una experiencia de uso natural, por lo que se incorporan interfaces físicas como interfaz de entrada para las acciones del jugador.

#### **4.1 Comprender y especificar el contexto de uso**

La primera actividad corresponde al contexto en el cual se utilizará el sistema. Para definirlo, se consideran las características de los usuarios, tareas y el ambiente organizacional, técnico y físico.

Al tratarse de un videojuego, el sistema se encuentra orientado principalmente a niños y jóvenes que tengan la habilidad de manipular los dispositivos de entrada propuestos. Se puede inferir además, que la mayor parte de estos usuarios ya cuentan con un nivel de experiencia y conocimiento suficiente en el uso de juegos interactivos del género de disparos en primera y tercera persona.

#### **4.2 Especificar requerimientos de usuario**

En el ámbito de diseño centrado en las personas, esta actividad identifica lo que el usuario tiene que lograr a través del sistema. De la misma forma, se especifica cualquier limitación impuesta por el contexto de uso.

El juego *Space Invaders* consiste en controlar un objeto que representa una nave espacial, que debe evitar que un grupo de objetos, representando extraterrestres, se acerquen a la Tierra. Para lograrlo, la nave puede desplazarse en la pantalla sobre el eje de las  $x$  y disparar a los extraterrestres, al tiempo que debe evitar los disparos que le son lanzados.

El objetivo de los usuarios al jugar *Space Invaders* es utilizar su destreza y habilidades para avanzar por los diferentes niveles de dificultad utilizando un dispositivo físico como interfaz de entrada. Durante la utilización del juego los usuarios incrementarán su conocimiento tácito de manera natural al tener retroalimentación sobre su desempeño y al aprender reglas y técnicas para seguir jugando.

En la versión del juego de la que se parte para el desarrollo de este sistema interactivo, el control del desplazamiento y el disparo se realizan a través del ratón de la computadora. Este es un dispositivo que cuenta con una interfaz de uso bastante simple. Sin embargo, su diseño resulta más apropiado para las denominadas interfaces WIMP (por sus siglas de *Windows-Icons-Menu-Pointer* o ventanas-íconos-

menús-apuntador) [10], mismas que no suelen ser las utilizadas dentro de un videojuego. Además, varios estudios muestran que el uso del ratón no suele ser rápido de aprender ni de dominar entre usuarios de computadora muy jóvenes o que cuentan con alguna discapacidad física [11][12][13][14].

De manera adicional al desarrollo del juego como tal, se agrega el requerimiento de generar en el usuario una experiencia de uso natural al proporcionarle interfaces adicionales a las típicas de la computadora, como son el ratón y teclado. En este sentido, se busca que las acciones requeridas por el sistema correspondan a acciones realizadas por el usuario. Esto puede lograrse por medio de dispositivos físicos incorporados a objetos que, al minimizar el periodo de aprendizaje de uso y dominio de la interfaz, no impongan una carga cognitiva adicional en la persona.

De esta forma, el requerimiento principal queda definido como la implementación del videojuego *Space Invaders* utilizando una interfaz de entrada física adicional a las convencionales.

#### **4.3 Producir soluciones de diseño**

La versión inicial del juego *Space Invaders* se encuentra desarrollada en Flash, utilizando el lenguaje ActionScript 3.0. Partiendo de una aplicación de computadora definida como un juego de disparos en tercera persona, se migra hacia un MIS, a través de varias iteraciones de acuerdo al proceso de diseño centrado en las personas. Dentro de este MIS, se considera el uso de interfaces de entrada físicas adicionales al ratón, proporcionando al usuario un esquema de interacción basado en interfaces multimodales.

De acuerdo al trabajo presentado por Srikulwong [15], la multimodalidad se refiere a permitir al usuario el uso de múltiples vías para llevar a cabo la entrada y salida de información. Estas variantes ofrecen opciones para la interacción que deben ayudar y extender, de manera apropiada, la forma en la que los usuarios se comunican y desempeñan sus actividades en diferentes situaciones.

**4.3.1 Adaptación de la interfaz de entrada.** Existen diversas opciones para la implementación de interfaces físicas para la computadora. Unas de las más versátiles son las conocidas como Phidgets. Son una representación física de los componentes para interfaces gráficas denominados Widgets, pequeñas aplicaciones de software usadas para dar fácil acceso a funciones utilizadas frecuentemente. A los Phidgets se les define como dispositivos de hardware para entrada

y salida, empaquetados de una manera tal que se facilita su programación [16]. Estos dispositivos permiten la incorporación de entradas y salidas físicas de diversos tipos en aplicaciones interactivas basadas en computadora. Los phidgets proporcionan a los desarrolladores dispositivos físicos lo suficientemente sencillos de utilizar, modificar o combinar para construir una interfaz física de usuario, ocultando los detalles de bajo nivel relativos a su construcción, implementación y comunicación con los puertos de la computadora [17].

La compañía dedicada a su distribución es Phidgets Inc., ubicada en Alberta, Canadá. Cuentan con gran variedad de sensores modulares de los que destacan los de distancia, presión, movimiento, magnetismo, luz, temperatura y rotación, los cuales se conectan a un módulo electrónico de la misma compañía [18].

Para su uso en la computadora, se proporciona un controlador (Phidget21), disponible para distintos sistemas operativos y arquitecturas. A través de este controlador se realiza el monitoreo y la comunicación con los phidgets. Así mismo, permite la programación por medio de bibliotecas de varios lenguajes de programación como C++, C#, Java, Objective C, MatLab, Python, ActionScript, entre otros.

Para esta aplicación se usó la biblioteca propia del lenguaje ActionScript 3.0, el software controlador Phidget21 y el paquete *com.phidget*, el cual debe incluirse en la raíz del proyecto Flash. Adicionalmente, para utilizar phidgets con ActionScript 3.0, se requiere el uso del Phidget Web Service, mismo que es proporcionado junto con el controlador.

La interfaz física para el juego se fue modificando y adaptando a través de 4 iteraciones. De igual forma, se fue agregando el código necesario para usar phidgets, así como elementos multimedia que complementaran la experiencia de uso. El progreso de estas iteraciones se presenta en la Tabla 1.

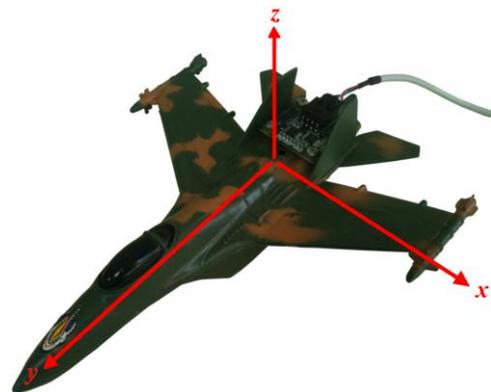
Tabla 1. Descripción de iteraciones de desarrollo.

Iteración	Característica
Primera	- Modificar la respuesta del objeto HeroShip para controlarlo con el <i>PhidgetAccelerometer 3-Axis</i> . - Integrar el phidget en un avión de papel.
Segunda	- Agregar sonido y definir imágenes específicas para los objetos HeroShip, AlienShip, HeroCannonBall, AlienCannonBall y AlienMine. - Integrar el phidget en un avión de plástico.
Tercera	- Agregar complejidad de velocidad y cantidad de objetos AlienShip, y velocidades y frecuencia de los objetos AlienCannonBall y AlienMine.

Cuarta	- Agregar al avión un disparador para atacar sin tener que estar al pendiente de la aceleración dinámica de los ejes y y z. - Agregar la función en la clase HeroShip.
--------	---

Como se observa en la Tabla 1, desde la primera iteración se utilizó un dispositivo de entrada llamado *PhidgetAccelerometer 3-Axis*. Este es un sensor de aceleración que, en función del valor de aceleración medido en cada uno de sus ejes, permite determinar el tipo de movimiento al que se le está sometiendo.

Para utilizarlo en el juego de *Space Invaders*, se montó en un avión de plástico. En la Figura 2 se observa el avión con el *PhidgetAccelerometer 3-Axis* empotrado sobre la parte superior trasera del mismo. En la misma figura se muestran los ejes x, y y z que mide el acelerómetro. Al mover el avión en diferente sentido sobre un mismo eje, el acelerómetro entrega valores opuestos en la aceleración, los cuales permiten a la aplicación en la computadora determinar la dirección de movimiento y aplicarla al juego.



**Figura 2.** Acelerómetro empotrado en un avión de plástico. Se indican los ejes x, y y z.

Las primeras dos iteraciones obedecen principalmente a aspectos considerados desde la especificación de los requerimientos para la aplicación. Las modificaciones y adaptaciones realizadas en la tercera y cuarta iteraciones, se definieron a partir de las evaluaciones y pruebas llevadas a cabo con usuarios.

**4.3.2 Adaptación al código.** Los recursos del MIS que se ha desarrollado, comprenden catorce clases en el lenguaje de programación ActionScript 3.0, las cuales se dividen en los paquetes de Naves (*Ships*), Armamento (*Weapon*) y Jugador (*Gamer*).

En la clase *HeroShip.as* (Figura 3) se utilizó una instancia de la clase *PhidgetAccelerometer* para

agregar en ella un escucha de eventos de tipo *PhidgetDataEvent*, el cual al detectar cualquier cambio en la aceleración mandará a ejecutar las funciones *doMoveShip()* y *doFire()*. Para permitirnos manejar la instancia de la clase *PhidgetAccelerometer*, es necesario usar la función *open()* para abrir y activar los servicios que proporcionan los Phidgets, especificando los valores del servidor y el puerto como servicio Web. El evento *ACCELERATION\_CHANGE* es activado por el hardware *PhidgetAccelerometer 3-Axis* al haber cambios de gravedad en cualquiera de sus tres ejes *x*, *y* y *z*. En la clase *HeroShip.as* se puede usar información de este evento, la sintaxis *event.Index* nos proporciona el eje donde hay cambios, mientras que utilizando *event.Data* podemos obtener el valor de la gravedad en ese eje en un rango numérico de -3 a 3, que representan el valor de la gravedad.

```
protected function doMoveShip(event:PhidgetDataEvent):void
{
    if(event.Data < 1)
        if(event.Index==0){
            Rotación del avión
            this.rotation = -Number(event.Data)*30;
            this.scaleX = 1 - 0.5*Math.abs(Number(event.Data));

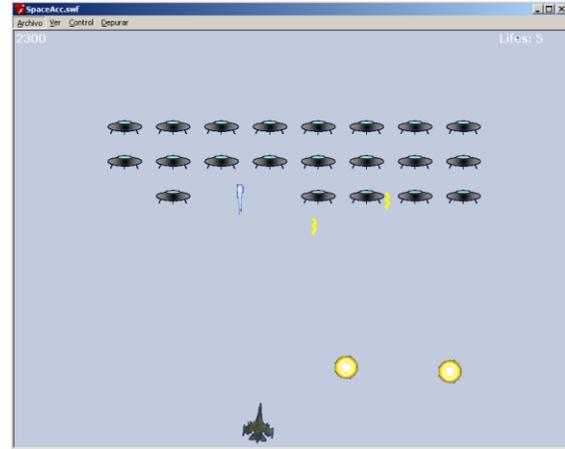
            Desplazamiento del avión
            if(Math.abs(Number(event.Data)) > 0.25){
                this.x -= 9*Number(event.Data);
            }
        }

    if(this.x<0)
        this.x = 10;
    if(this.x>stage.stageWidth)
        this.x = stage.stageWidth-10;
}

protected function doFire(event:PhidgetDataEvent):void
{
    if(event.Index != 0)
        if(event.Data>1.8)
            if(!weapon.heroShootInAir){
                cannonSound.play();
                weapon.fire(HeroWeapon.CANNON, stage,
                    this.x, this.y - 25, this.parent as Player);
            }
}
}
```

**Figura 3.** Segmento de código que muestra el uso de la información del acelerómetro para interactuar con el MIS.

En la misma Figura 3 se muestra cómo la función *doMoveShip()* permite desplazar a la nave *HeroShip* a la izquierda cuando el valor de la aceleración estática en el eje *x* es negativo y a la derecha en caso contrario. La función *doFire()* permite a la nave *HeroShip* disparar si el valor absoluto de la aceleración dinámica, en cualquiera de los dos ejes *y* o *z*, sea mayor a 1.8G.



**Figura 4.** Interfaz gráfica del juego *Space Invaders* en funcionamiento.

La interfaz gráfica final del juego se presenta en la Figura 4. En ella se observa una representación digital del avión físico realizando un desplazamiento sobre el eje *x*. Tal efecto es generado debido al procesamiento de los datos entregados por la interfaz física al ocurrir un cambio en el valor del eje *x* del acelerómetro.

#### 4.4 Evaluar diseño

En la primer evaluación del diseño del MIS, se decidió asignar imágenes y sonidos para cada objeto en particular, además de montar el *PhidgetAccelerometer 3-Axis* en un avión de plástico.

Para lograr representar los movimientos del avión de manera adecuada en la aplicación, se procedió en una primera etapa a caracterizar la respuesta del sensor a diferentes tipos de movimiento. Este proceso se realizó mediante las herramientas proporcionadas junto con el controlador y las bibliotecas de Phidgets.

Con el fin de recopilar información acerca de la usabilidad del MIS, se realizaron dos pruebas de valoración a un grupo reducido de estudiantes de cuarto a sexto semestre de las carreras de Licenciado en Sistemas Computacionales e Ingeniero en Computación. En la primera de ellas se utilizó la técnica de pensar en voz alta mientras usaban el MIS, en la cual se analizaron sus comentarios acerca de la experiencia con el uso de Phidgets. Posteriormente, se aplicaron encuestas personales de satisfacción para conocer las fortalezas y debilidades del funcionamiento de la interfaz física.

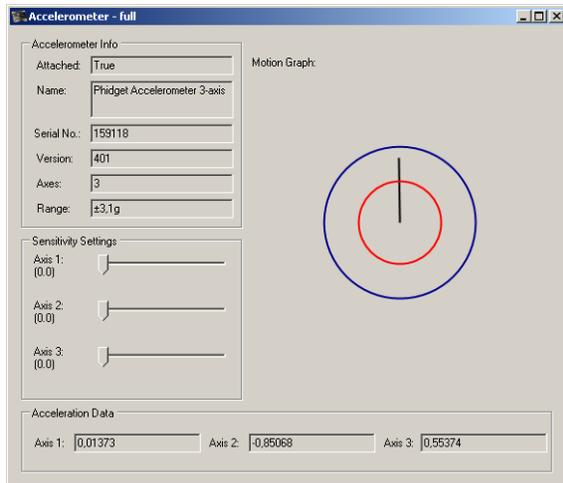


Figura 5. Interfaz para acelerómetros Phidgets.

**4.4.1 Evaluación de funcionalidad.** En el panel de control que se instala con el controlador Phidget21 se incluyen interfaces gráficas para probar la respuesta de los diferentes phidgets. En el GUI para el acelerómetro (Figura 5), se muestra una gráfica con una línea negra que representa un vector con los componentes de los ejes  $x$  y  $y$ , un círculo rojo que representa la aceleración en el eje  $z$ , y un círculo unitario de color azul.

La información obtenida a través de esta interfaz, fue útil para definir los valores iniciales a utilizar en la identificación de los movimientos del acelerómetro. En las etapas posteriores del proceso de diseño, se utilizó para ajustar esos valores de acuerdo a la sensibilidad deseada en el juego.

**4.4.2 Pruebas basadas en el usuario.** Se refiere a la percepción y respuesta de una persona como resultado de la utilización del producto o sistema. A los usuarios se les preguntó con la técnica de voz alta la funcionalidad, el desempeño de la aplicación y el comportamiento interactivo

Con los resultados de las pruebas se encontró que para los usuarios la manera de jugar resulta muy intuitiva. Sin embargo, en términos de dificultad no se consideró un reto, por lo que se tomó la decisión de aumentar la complejidad en velocidad, cantidad y frecuencia de los objetos. Por otra parte, se encontró que en ocasiones las respuestas del juego no correspondían fielmente a las acciones realizadas con el dispositivo físico, requiriendo para ello mayor sensibilidad en el desplazamiento de la nave y la posibilidad de incorporar un disparador en la nave física.

## 5. Conclusiones

El marco de trabajo definido por el estándar 9241-210:2010 permite visualizar e integrar los componentes de software y hardware que conforman una aplicación interactiva. Este estándar se puede incorporar dentro de cualquier metodología de desarrollo de software, complementándola y apoyando a la aceptación del producto desarrollado por parte del usuario final [8].

La aplicación interactiva basada en el juego de *Space Invaders* sirvió como prototipo práctico para analizar las características y necesidades de los sistemas interactivos que adoptan el estándar ISO 9241-210:2010. Esta experiencia nos motiva a seguir fomentando su adopción dentro de este campo.

Por medio de Phidgets, se integró una interfaz física como mecanismo de entrada para la aplicación. Estos dispositivos simplifican la tarea de construcción y conexión de las interfaces, permitiendo enfocar los esfuerzos en la integración de los mismos y en el desarrollo del software para comunicarse con ellos.

La prueba realizada con usuarios permitió observar la forma en la que utilizaron la interfaz física para interactuar con la aplicación. Estas observaciones resultaron importantes para las iteraciones finales de la etapa de diseño. Además, funcionó como un mecanismo de retroalimentación acerca de cómo las personas utilizan su conocimiento tácito al interactuar con interfaces distintas a las tradicionales en este tipo de sistemas. Esto es una contribución interesante en los esfuerzos para hacer de la usabilidad una práctica integrada en el desarrollo de MIS.

## 6. Trabajo futuro

A partir de la experiencia adquirida en la adopción del estándar ISO 9241-210:2010, se diseñarán e implementarán aplicaciones interactivas adicionales a la presentada en este trabajo. En ellas se buscará explorar el uso de otros dispositivos Phidgets y evaluar de una manera más amplia la aceptación y el nivel de aprendizaje de uso de estas interfaces por parte de distintos grupos de usuarios.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado al primer autor. Este proyecto está registrado en la Coordinación de Posgrado e Investigación de la UABC con los números de programa 2024 y 105-100.

## Referencias

- [1] Granollers, T., Lorés, J. y Cañas, J.J., *Diseño de Sistemas Interactivos Centrados en el Usuario*, Editorial UOC, Barcelona, Octubre 2005.
- [2] Sharp, H., Finkelstein, A. and Galal, G., “Stakeholder Identification in the Requirements Engineering Process”, *Proceedings of 10th International Workshop on Database & Expert Systems Applications*, Florence, Italy 1999.
- [3] Price, S., Falcao, T.P., Sheridan, J and Roussos, G., “The effect of representation location on interaction in a tangible learning environment”, *Proceedings of the 3rd International Conference on TEI'09*, ACM Press, Cambridge, UK., February 2009.
- [4] Schmitt, B., Bach, C., Dubois, E. and Duranthon, F., “Designing and Evaluating Advanced Interactive Experiences to increase Visitor’s Stimulation in a Museum”, *Augmented Human Conference*, Megève, France, April 2010.
- [5] Kim, M.J. and Maher, M.L., “The Impact of Tangible User Interfaces on Designers' Spatial Cognition”, *Key Centre of Design Computing and Cognition*, University of Sydney, Australia, 2006.
- [6] Granollers, T., Lorés, J., and Perdrix F., “Usability Engineering Process Model. Integration with Software Engineering”, *Proceedings of HCI International*, Creta, Grecia, 2003.
- [7] Granollers, T. y Lorés, J., *MPIu+a. Una Metodología que Integra la Ingeniería del Software, la Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el Contexto de Equipos de Desarrollo Multidisciplinares*, Universidad de Lleida, Julio 2004.
- [8] International Standard, ISO 9241-210, *Ergonomics of Human-System Interaction – Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems*, International Organization for Standardization, Suiza, 2010.
- [9] Bohem, B., Grüncacher, P. and Briggs, R.O., “EasiWinWin: A Groupware-Supported Methodology For Requirements Negotiation”, IEEE 2001.
- [10] Wigdor, D. and Wixon, D., *Brave NUI World: Designing Natural User Interface for Touch and Gesture*, Morgan Kaufmann, Elsevier Inc., 2011.
- [11] Chen, M.C., Lin, Y.L. and Ko, C.C., “Computerized Assessing the Mouse Proficiency through Multiple Indicators”, *Proceedings Helping People with Special Needs, Part I: 12th International Conference*, ICCHP, Vienna, Austria, July 2010.
- [12] Wu, T.F., Chen, M.C. and Wu, C.F., “The Performance of Mouse Proficiency for Adolescents with Intellectual Disabilities”, *Proceedings Helping People with Special Needs, Part II: 12th International Conference*, ICCHP, Vienna, Austria, July 2010.
- [13] Girard, S. and Johnson, H., “Educational Software for Children: Analysis of Interaction Techniques for Direct Manipulation”, *Proceedings of HCI International*, Grenoble, France, 2009.
- [14] Hourcade, J.P., Bederson, B.B., Druin, A. and Guimbretière, F., “Difference in Pointing Task Performance Between Preschool Children and Adults Using Mice”, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 11, No. 4, December 2004, pp. 357-386.
- [15] Srikulwong, M., “Multimodal Interaction in a Ubiquitous Environment”, *INTERACT 2007, LNCS 4663, Part II*, International Federation for Information Processing, 2007, pp 592-597.
- [16] Greenberg, S. and Boyle, M., “Customizable Physical Interfaces for Interacting with Conventional Applications”, *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 2002
- [17] Greenberg, S. and Fitchett C., “Phidgets. Easy Development of Physical Interfaces through Physical Widgets”, UIST 01, Orlando, Florida, 2001.
- [18] Vidal, D.S. e Ibarra, J.E., “Aumento de la Interacción en Aplicaciones Destinadas a la Divulgación de la Ciencia y la Tecnología Mediante el Uso de Phidgets”, *Congreso Internacional de Ingeniería Electrónica. ELECTRO 2011*, Vol. 33, Chihuahua, México, 2011, pp. 57-62.