

Dispositivo Dynamo

Camilo Andrés Nemocón Farfán

Resumen— Este informe da a conocer el proceso de desarrollo y construcción del dispositivo Dynamo a partir del diseño de interacción y el diseño industrial.

Palabras Claves— Dynamo, Wiring, Acelerómetros, Constructivismo, Wii, Control, Diseño, Interacción.

I. INTRODUCCIÓN

La construcción y desarrollo del Sistema de Tracking Dynamo, como control físico de la consola del Wii para Shooters Games en tercera persona, surge a partir del diseño de interacción en donde se especifica ciertos gestos y dinámicas que realiza un usuario para generar el movimiento, desplazamiento y direccionamiento del avatar en el juego.

Teniendo como base que el Wii es parte de las videoconsolas de séptima generación y ésta se identifica especialmente por los controles inalámbricos, con lo cual el gesto de los usuarios con los controles se convierten en el centro de la interacción, ya que estos son coherentes con el contenido del juego, permitiendo una mayor inmersión y así mismo una actividad física que es totalmente dinámica.

A partir de las anteriores características se define que el dispositivo Dynamo, debe ser un control inalámbrico que se adapte al Nunchuk, debido a que éste determina la dirección y el movimiento del avatar. Así mismo se especifican los gestos que el usuario debe realizar para manejar el avatar, por tanto, se determina que el desplazamiento, depende del movimiento de las piernas del jugador, las cuales establecerán si el avatar debe caminar, correr o estar quieto. Con ello se genera una actividad física dinámica, donde el usuario necesita mover las piernas para la traslación del avatar y de las manos para el uso de las armas, generando una inmersión dentro del juego ya que cada uno de los gestos realizados son retroalimentados en tiempo real por la visualización del Shooter Game.

II. DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN

El desarrollo del dispositivo Dynamo se realizó en etapas, cada una de ellas cumple con distintos objetivos que permitieron aclarar las determinantes y los requerimientos de cada componente adherente al dispositivo.

- **PRIMERA ETAPA:** En la primera fase del desarrollo, se empiezan a evaluar todos los componentes que hacen parte de la consola del Wii, es así como se analiza cada uno de los elementos que lo constituye, determinando las características de energía, los sensores y las herramientas

para el movimiento y orientación en los controles, y finalmente la captura, el envío y el procesamiento de datos entre el Wii-Mote, el NunChuk y la consola.

La consola de Nintendo Wii consta de tres botones, Power, Reset, Eject, así mismo consta de una ranura, por donde se introducen discos Wii Optical y G.O.D. (Gamecube Optical Disc). Por otro lado posee dos puertos USB el cual puede proveer de energía a un dispositivo electrónico con un voltaje de 5V. Sobre ese mismo costado tiene las aberturas para la conexión de la corriente, de los componentes de imagen y sonido que se conectan al televisor, y también para la entrada del Sensor Bar. Por último tiene un lector de tarjetas SD para ver fotos, generar copia de los juegos guardados y descargar juegos de la consola Virtual.

El control Wiimote consta de unos acelerómetros, los cuales detectan el movimiento en tres dimensiones X, Y, Z, de esta forma se puede determinar la posición, ubicación y orientación del control en un espacio 3D a partir de la ubicación del Sensor Bar, el cual posee en sus extremos IRED (Leds Infrarrojos). Estos datos son enviados a través de señales Bluetooth, los cuales son recibidos por la consola, de esta forma se determina inalámbricamente el estado de los botones y la ubicación del Wii. Este protocolo de comunicación permite que la consola envíe datos de retroalimentación como es el encender o apagar los leds del control, generar sonido por el altavoz interno o que vibre.

El Nunchuk es el control de expansión para el Wiimote. Este control posee un Stick analógico que permite una libertad de movimiento sobre sus 360 grados de giro y por último dos botones adicionales. Por último tiene un sensor de movimiento, el cual se utiliza para mover el personaje y realizar determinados movimientos en juegos de Shooter Games. De éste control existen dos versiones, las cuales varían en la conexión y transmisión de datos, por un lado está de forma alámbrica en donde se conecta a la parte inferior del Wiimote, y la versión inalámbrica la cual se comunica por radiofrecuencia a 2.4 GHz mediante una base que se coloca en el conector.



Fig 1. Consola Nintendo Wii.

- **SEGUNDA ETAPA:** La segunda etapa consta en establecer cuáles son los elementos del dispositivo que determinan las acciones de correr, caminar y estar inmóvil, así mismo como el direccionamiento del avatar en Shooter Games, basándonos en el juego “Recident Evil 4”.

De esta forma se estableció que el control Nunchuck, es el que determina todos los movimientos de desplazamiento y ubicación del avatar, donde el Stick analógico genera la acción de caminar y la dirección por donde se debe mover, por otro lado, la operación de correr la genera el botón Z, con lo cual ya se establecen los elementos que se deben intervenir para la construcción y el funcionamiento del dispositivo Dynamo.

El Nunchuck está constituido por dos secciones, la primera es un circuito electrónico que tiene un microcontrolador FNURVL 405 849KM, así mismo posee un pequeño acelerómetro LIS3L02AL y un pequeño Joystick, el cual proporciona datos de giro en una coordenada X y un desplazamiento sobre la coordenada Y, ya que es un potenciómetro axial. La segunda sección es en donde se encuentra los botones C y Z.

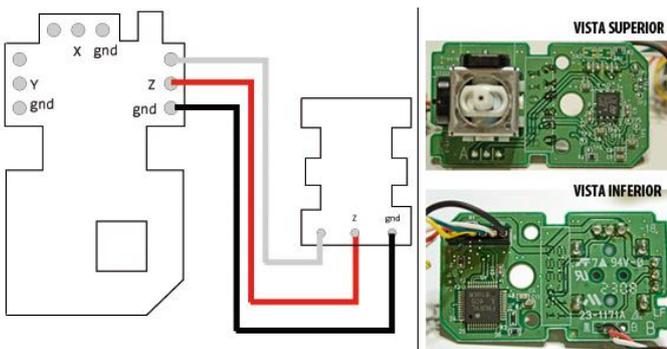


Fig 2. Circuito electrónico del control Nunchuck.

La transferencia de los datos obtenidos por los componentes electrónicos del Nunchuck se envían de forma alámbrica a través del cable que se conecta al WiiMote. Éste cable contiene 5 filamentos de distintos colores, el cable verde es el que envía los datos análogos, el filamento rojo provee de corriente al control con un voltaje de 3.3V, el blanco es el cable tierra (GND) y el amarillo que da el dato analógico del reloj, por último el cable negro está sin uso.

El protocolo de comunicación y transmisión de datos es TWI, en donde el control envía datos a partir de 6 Bytes, los primeros dos Bytes corresponden al valor del Joystick, los Bytes 3,4 y 5 toma los valores del acelerómetro, y el último Byte muestra el estado de los botones.

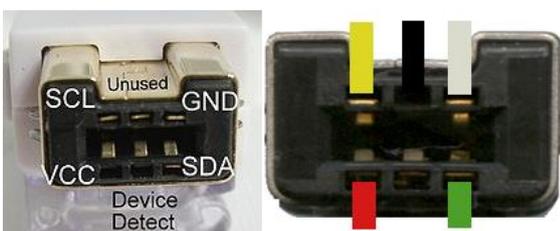


Fig 3. Pines del conector en el control Nunchuck.

- **TERCERA ETAPA:** A partir de las dos anteriores etapas se empieza a definir los elementos que se van a utilizar, de acuerdo con las determinantes y requerimientos de los gestos de interacción por parte del usuario y las características técnicas del Nunchuck, el WiiMote y la consola Wii.

Por tanto se establece que para generar una interacción dinámica, donde el usuario debe mover las piernas para generar las acciones y los estados de movilidad y desplazamiento del avatar, se deben ubicar dos sensores de movimiento, uno en cada rodilla, ya que sobre estas se puede determinar la intensidad de la flexión de las piernas, comprobando si el usuario está corriendo, caminando o quieto. Con éste fin se escoge como sensores de movimiento el uso de acelerómetros, ya que estos me registran una ubicación, posición y movimiento del usuario, en tres ejes (X, Y, Z), permitiendo una precisión en cada acción y una transmisión de datos eficiente de forma análoga. El uso de éste sensor es acorde con los componentes de la consola Wii, ya que el Wiimote posee este mismo elemento funcional, con lo cual se genera una compatibilidad gestual, objetual y de recepción de la información.

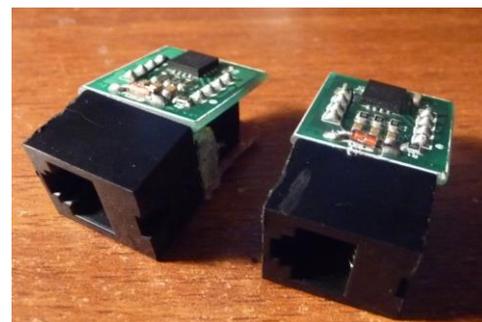


Fig 4. Acelerómetros (sensores de movimiento).

Para la comunicación entre los sensores de movimiento y la transmisión al control Nunchuck, se utiliza Wiring, una plataforma de prototipado electrónico, la cual me recibe los datos análogos de los acelerómetros y me los convierte en Bytes para la lectura por parte del Wii. Se determinó el uso de este dispositivo, ya que permite una transferencia directa de los datos entre los acelerómetros y el Nunchuck, y así mismo es un hardware de pequeño tamaño, que se alimenta con 5V correspondiente a una batería o a la conexión por USB de la consola Wii.



Fig 5. Plataforma de prototipado Electrónico, Wiring.

Se desarrolla el circuito electrónico de integración alámbrica entre los acelerómetros, Wiring y el Nunchuk, donde Wiring le provee de energía a los sensores de movimiento, por medio de una conexión GND y otra VCC, de ésta forma los sensores son conectados a 6 pines análogos de Wiring, proveyéndole información en X, Y, Z de cada acelerómetro, con lo cual Wiring procesa la información obtenida y envía Bytes por 3 pines digitales, por tanto estos impulsos son recibidos por el Nunchuk, el cual transmite la información por TWI al Wiimote, quien recibe todos los eventos de los controles y los envía a la consola mediante señales Bluetooth, de esta forma la consola Wii visualiza y retroalimenta la acción realizada por el usuario en tiempo real. Esto quiere decir que cualquier acción que realice el usuario con las extremidades inferiores, es representada en el Shooter Game.

Esto funciona a partir de los impulsos que envía Wiring al Nunchuk, dependiendo de los gestos de usuario, con lo cual, cuando el usuario está quieto no manda ningún impulso, pero si el usuario camina, genera corriente (V1) por el digital_pin 0 de Wiring y ésta es recibida en el conector Y del Joystick ubicado en el Nunchuk, así mismo, si el usuario corre se activa el digital_pin1 (V2) y esta información es enviada al conector Z, que corresponde al botón del control.

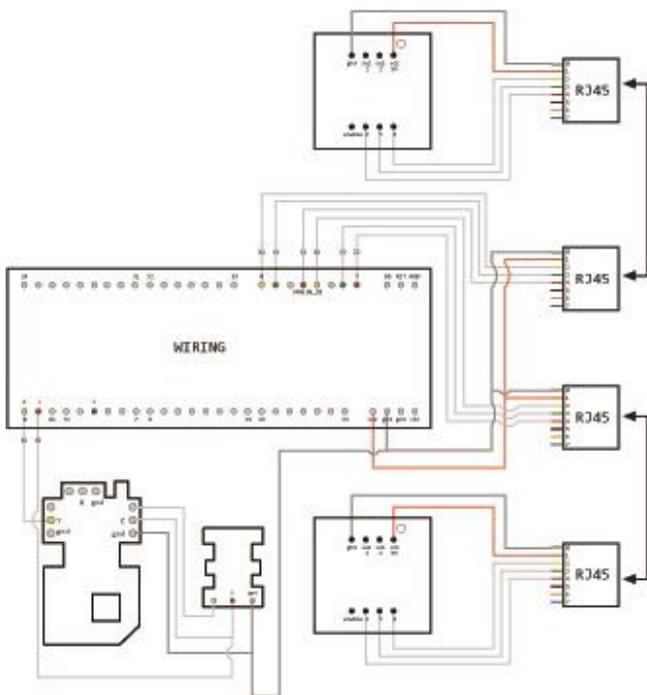


Fig 6. Primer esquema alámbrico del sistema Dynamo.

Esta primera versión del prototipo se configura a partir de la inercia, es decir que se programa el microcontrolador con la lógica de propiedades físicas, donde los cuerpos se resisten al cambio de movimiento, por tanto, cuando el usuario pasa de un estado estático a un estado dinámico, el avatar reacciona a este gesto inmediatamente y empieza a correr o a caminar, según la acción de la persona. Pero por el contrario si el jugador está corriendo y para, el personaje del juego ejecuta la propiedad de la inercia donde corre, después camina y finalmente se queda inmóvil, por tanto del

estado dinámico al estado estático, se produce un delay de 3 segundos en la retroalimentación visual, lo cual perjudica la interacción en tiempo real.

En consecuencia se realizó una segunda versión en donde se elimina en el programa la lógica de la inercia y se propone la utilización de un sensor que se integre a la parte superior del Nunchuk. Por tanto se instaló un pulsador ubicado abajo del Joystick, pensado para ser accionado por el pulgar. El sensor de presión va tener como función primordial generar el estado estático del avatar, es decir, que cuando el usuario desee parar mientras realiza una acción dinámico, mediante el uso del pulsador (V5), lo que hace Wiring es deshabilitar el digital_pin 0 y digital_pin 1, con lo cual el avatar del juego no se mueve.

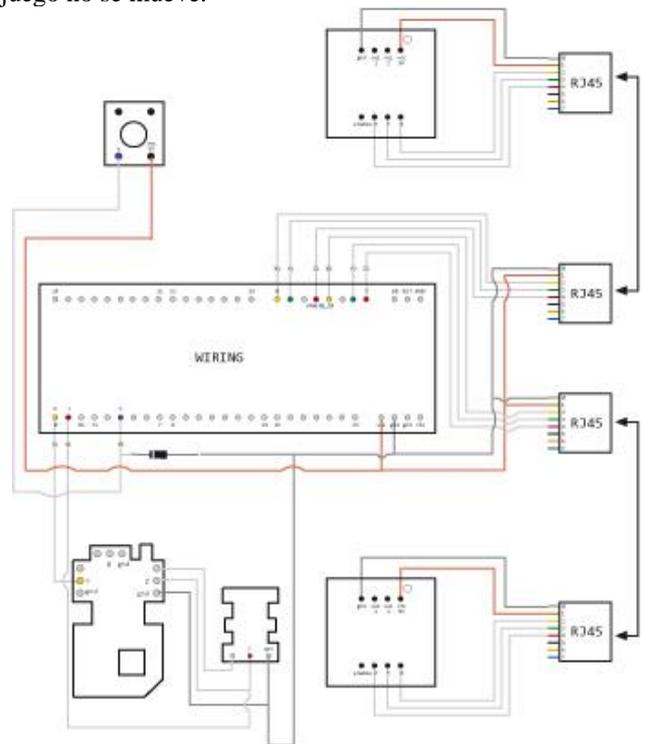


Fig 7. Segundo esquema alámbrico del sistema Dynamo.



Fig 8. Control Nunchuck con pulsador.

A nivel estructural y formal se construyen distintos prototipos objetuales con diferentes materiales, a partir de un esquema de ubicación de los componentes electrónicos. Este esquema va acorde con las observaciones y análisis realizado tanto en las especificaciones técnicas como en los gestos de interacción.

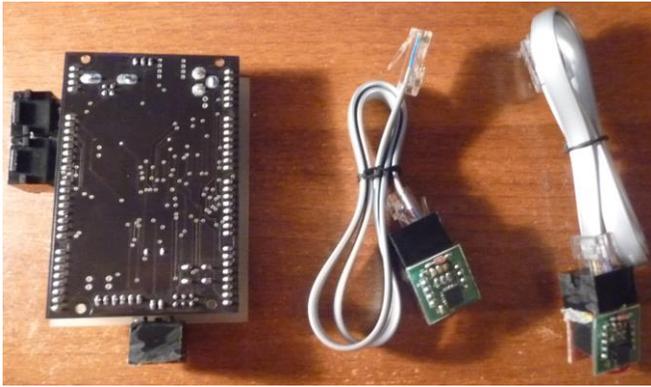


Fig 9. Componentes electrónicos.

El esquema se compone de un elemento central ubicado en la cintura del usuario, el cual contiene el hardware Wiring y las baterías, y de éste se extienden los cables laterales conectados a cada acelerómetro ubicado en la parte frontal de la rodilla. Por otro lado se tiene un cable de conexión que va desde el componente central hasta el control Nunchuk.

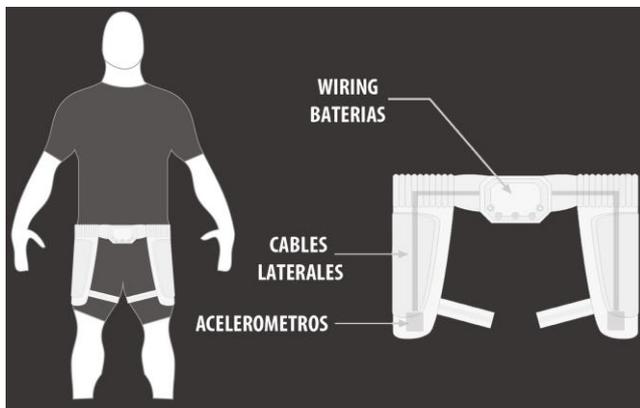


Fig 10. Esquema de ubicación de componentes.

Para el desarrollo de cada prototipo se tuvo en cuenta elementos de fácil acceso para su uso, así como también materiales livianos y resistentes, y por último su morfología y estructura permitieran una libre movilidad de las piernas y una protección de los componentes electrónicos.

El primer prototipo se produjo en neopreno, lo cual permitió un ajuste sin necesidad de broches u otros elementos de unión, así mismo permite que sea usable por cualquier persona sin importar su percentil. El prototipo consta de tres elementos independientes, el primero es un cinturón de 11cm de ancho por 110cm de largo, y en la mitad de éste, se encuentra el dispositivo central, protegido por una estructura rígida de poliuretano de alta densidad, forrado externamente por una tela impermeable, donde el acceso a los componentes electrónicos es a través de una cremallera, la cual abre la estructura en dos. Esta estructura consta de tres perforaciones, una con conexión alámbrica al Nunchuk, por donde comunica el control con Wiring, y otras dos correspondientes a los cables laterales conectados a los acelerómetros. Cada una de las conexiones se hizo con puertos RJ45, lo cual permite un fácil ensamble entre los componentes de comunicación. Los sensores de movimiento utilizados son acelerómetros de tres ejes MMA7260Q, cada uno de estos está ubicado en una muslera de neopreno de

15cm de grosor, con longitud de 70cm. El sensor es asegurado a presión dentro de un compartimiento que posee estos elementos en la parte central.

A partir de la evaluación y análisis que se realizó durante las experiencias de usuario con el primer prototipo se determinó que el neopreno es un material que permite un fácil ajuste a cualquier persona pero que es necesario utilizar componentes de unión entre el cinturón y las musleras, ya que estas últimas tienden a caerse, debido a las constantes acciones dinámicas realizadas por el usuario. Así mismo se estableció que es fundamental desarrollar estructuras muy resistentes que guarden y protejan los componentes electrónicos, pero que éstas permitan un fácil acceso a los dispositivos.

Fig 11. Primer prototipo del dispositivo Dynamo.

Teniendo en cuenta las anteriores conclusiones, se desarrolla un segundo prototipo, el cual es un elemento unificador entre el cinturón y las musleras, lo que permite que el cable éste sujeto a éste componente, evitando que se enrede y así mismo que parta los filamentos internos. Otra funcionalidad es que impide que las musleras se deslicen. Este componente es de caucho, por lo tanto es un material liviano, resistente y con una buena flexibilidad, con lo cual no impide, ni incomoda en el movimiento de las extremidades inferiores del usuario.



Fig 12. Segundo prototipo del dispositivo Dynamo.

Por otro lado empieza un desarrollo constructivista para el diseño y producción de las estructuras que guardan y protegen los sensores de movimiento y la plataforma Wiring, es así como se generan contenedores de acrílico de 3mm, unidas a partir de empalmes y aseguradas por medio de tuercas y tornillos, con lo cual me permite un acceso a los componentes electrónicos.

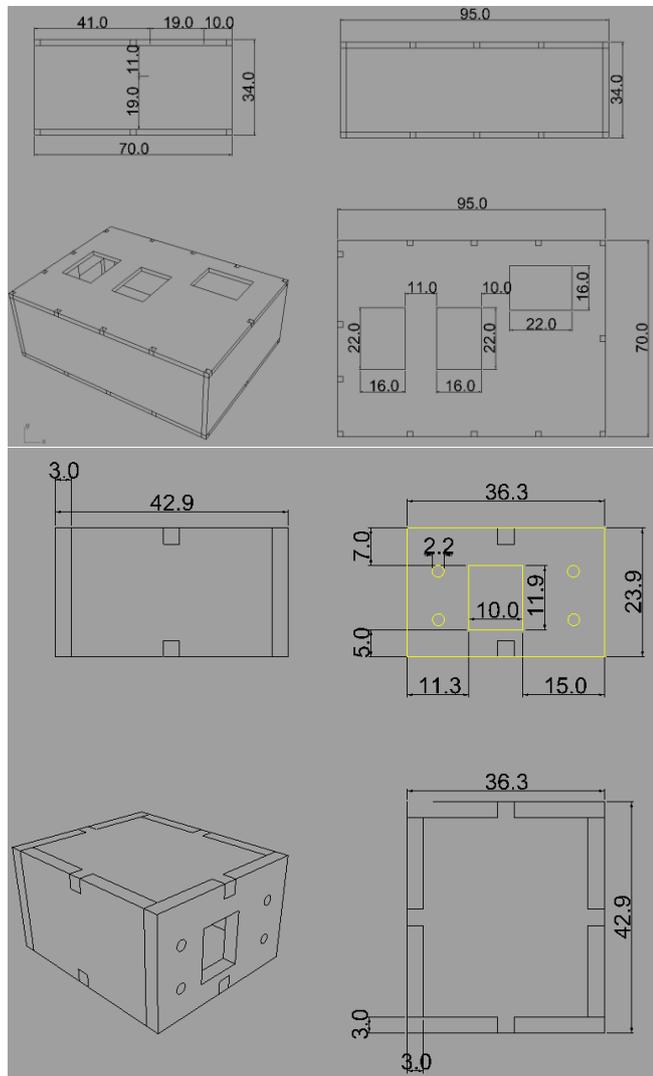


Fig 13. Planos del contenedor del Acelerómetro y del circuito integrado al Wiring.

El contenedor principal posee tres perforaciones, las dos centrales corresponden a los cables que transfieren la información del acelerómetro derecho y el izquierdo, y la tercera a la conexión al cable extensor del control Nunchuck. Por último se tiene el contenedor de los acelerómetros el cual está compuesto por 6 paneles presionados por cuatro tornillos, los cuales lo compactan lateralmente y protegen el circuito.

Se realizaron experiencias de usuario con este prototipo con lo cual se determinó, que es necesario el uso de 3 pares de broches en el elemento de unificación entre el cinturón y las musleras, para que cualquier persona pueda usar y colocarse el dispositivo fácilmente. Por tanto se evaluó tres percentiles, los cuales generaron tres tamaños del largo de

este elemento (S,M,XL), para que las musleras queden arriba de cada rodilla y asegurar la eficiente captura de los datos.

Por otro lado se determinó que la plataforma de prototipado electrónico, Wiring I/O Board, es bastante grande y pesado, con lo cual resulta incómodo su uso, como elemento central del cinturón debido a que el cinturón tiende a caerse por su peso y el usuario al flexionar las piernas lo golpea, por tanto se realiza una tercera intervención en el prototipo, el cual se realiza con MiniWiring ya que genera el mismo funcionamiento eficiente para la lectura y el procesamiento de los datos, pero tiene una dimensión menor, con lo cual el nuevo prototipo es más robusto, sencillo y pequeño.



Fig 14. Tercer prototipo del dispositivo Dynamo.

A este tercer prototipo se le incluyen cuatro potenciómetros para que el usuario realice un auto-calibración del dispositivo permitiendo una configuración personal, en donde se determina la exigencia del ejercicio durante el desarrollo del juego. El primer potenciómetro corresponde a la exigencia de la acción de correr, en donde el usuario puede determinar si con un mínimo movimiento o flexión de las piernas, el avatar del juego corre, midiendo de esta forma el esfuerzo que realiza el usuario en esta acción. El segundo potenciómetro corresponde al Delay de correr, es decir, cuánto tiempo dura el avatar realizando la acción después de que el usuario ha hecho el movimiento. El siguiente potenciómetro corresponde al esfuerzo que realiza el usuario para que el avatar camine, por lo cual, el movimiento debe ser menor que el de la acción de correr, para seguir con una lógica de interacción congruente con los gestos que se realizan realmente. El último potenciómetro corresponde al Delay de caminar, donde el usuario determina cuanto tiempo debe realizar esta acción para que el avatar se desplace caminando.

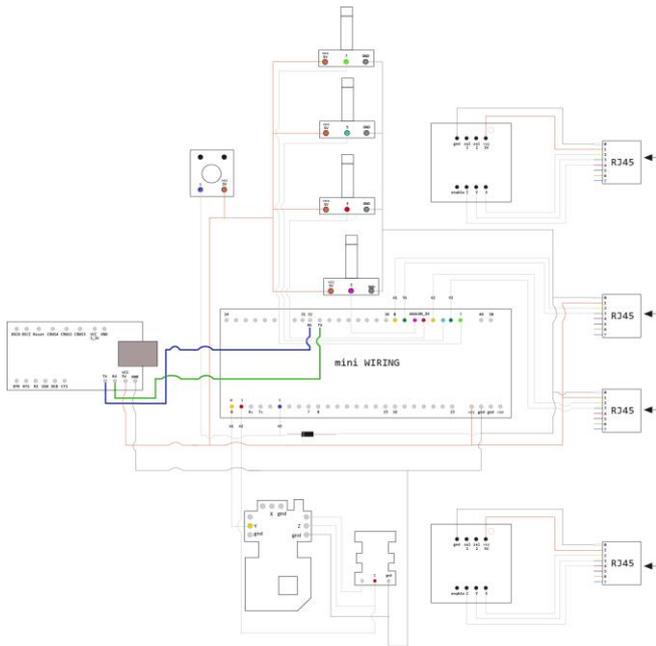


Fig 15. Tercer esquema alámbrico del sistema Dynamo.

En este nuevo esquema se siguen manteniendo los contactos del pulsador y los acelerómetros, aunque en estos últimos, ya no se utilizan el eje Z, debido a que los puertos análogos en los que se encontraban, ahora son usados por los potenciómetros. Por otro lado la tarjeta MiniWiring es el componente central del cinturón y su alimentación de energía corriente y transmisión de datos se realiza a través del adaptador USB, el cual está conectado a la consola del Wii, por tanto el cinturón es más liviano y pequeño.

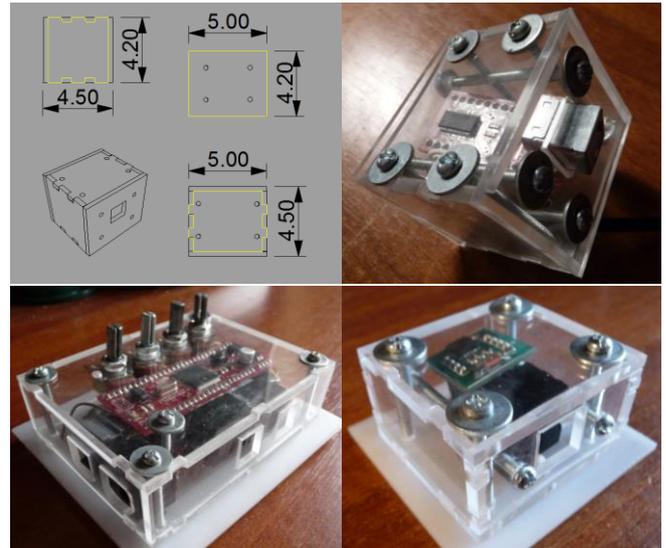
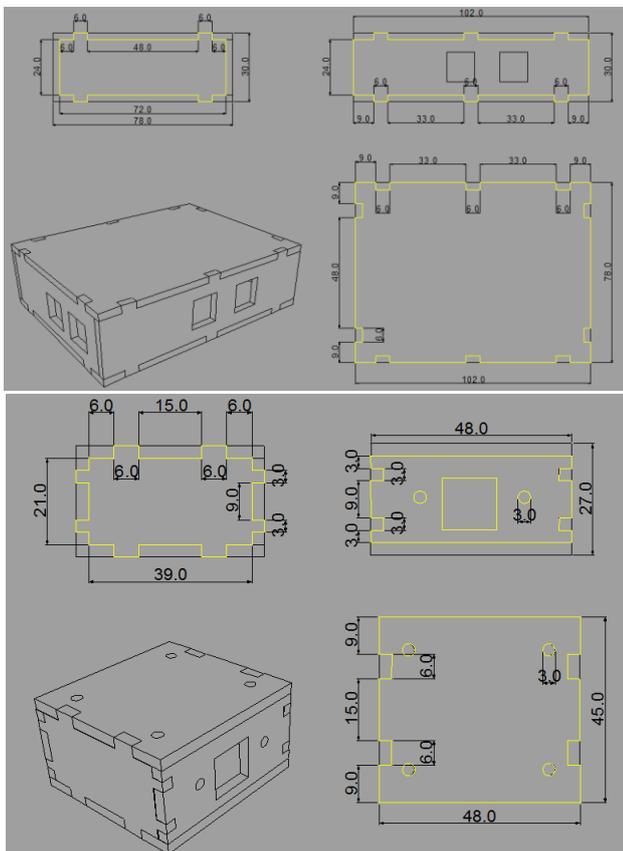


Fig 16. Planos y estructura de los contenedores.

Con estas nuevas dimensiones se realizan unos nuevos contenedores de los circuitos integrados del dispositivo Dynamo, en donde se establece como parámetro de construcción, medidas que sean múltiplos de 3 para una producción industrial y un diseño modular a partir de encajes a presión.

Con este prototipo se realizaron experiencias de usuario siguiendo un protocolo estructurado para determinar y evaluar los elementos del dispositivo a nivel visual, semiótico, cognitivo, físico y funcional, con lo cual se concluyó que el conjunto genera una actividad física entretenida para el usuario durante el desarrollo del juego, ya que los gestos realizados (correr, caminar, parar) son innatos en el entendimiento del uso de los controles y se produce una dinámica activa donde el ejercicio físico hace parte de la experiencia de inmersión e interacción, donde los usuarios tienden a jugar entre 25 minutos y 35 minutos, sin notar el cansancio físico.

Con esta experiencia de usuario se rectifica que es necesario el elemento unificador entre los componentes que se encuentran en las rodillas y en la cintura, más no es un elemento que necesite de un ajuste personalizable, ya que se puede utilizar una medida standard, dada por el percentil 50, en donde los usuarios altos y bajos de estatura puedan utilizarlos cómodamente, eliminando un paso menos en la secuencia de uso.

Por otro lado al evaluar las perillas de calibración, se determina que las perillas que realmente se utilizan son la de Correr y Delay Correr, ya que el gesto de caminar es el mismo para todos los usuarios y el avatar del juego responde perfectamente a este gesto independientemente del sexo, alturas y edades de los usuarios. Sin embargo el gesto de correr cambia en cada usuario, con lo cual tenían que modificar la perilla de Correr mínimamente, ya que aunque el gesto de correr lo realicen distinto, los datos recibidos por los acelerómetros son muy parecidos, con lo cual una vez ajustado la calibración de Correr por parte del primer usuario, los demás jugadores no tuvieron realizar mayores

cambios en la calibración para generar el funcionamiento deseado para ellos, por tanto se puede concluir que se puede utilizar una calibración standard con un rango de valores que sirva para cualquier usuario.

Una de las mayores ventajas encontradas en el uso del dispositivo Dynamo, es la división entendible entre las funciones de desplazamiento y dirección en los controles, donde el primero está dado por las acciones realizadas con las piernas y el segundo con las manos, lo cual ayuda principalmente a los jugadores inexpertos, ya que los gestos de desplazamiento son intuitivos y el proceso cognitivo de aprender el uso de los controles es rápido, de fácil recordación y fácil.

Durante el desarrollo de la experiencia con el Juego Resident Evil 4, los gestos de traslación que realiza el usuario se representan en tiempo real por el avatar del juego, con lo cual se concluye la excelente eficiencia frente a las acciones de correr y caminar, las cuales están bien definidas y no se confunden entre ellas. Sin embargo cuando los usuarios querían utilizar el Joystick del Nunchuck, no como elemento de dirección, sino como elemento para apuntar y disparar, se generaban grandes conflictos ya que el dispositivo no le permitía mover la mira verticalmente sino exclusivamente horizontalmente, con lo cual era muy difícil para el usuario apuntar frente a los avatares enemigos eficientemente.

Debido a lo anterior se determinó alterar este prototipo incluyéndole un Switch en el control del Nunchuck con el cual el usuario puede determinar durante el desarrollo del juego si desea utilizar los controles del dispositivo Dynamo para desplazarse o el Joystick para usar la mira. Con esto tanto el circuito como el control se modifican para un uso eficiente dependiendo del contexto en el que se esté desarrollando el juego.

Con la utilización del Switch es obligatorio mantener la funcionalidad que tiene el pulsador en el control Nunchuck, ya que por un lado genera la acción del avatar y por otro lado generará la funcionalidad del reinicio del sistema, ya que cuando se cambia de funcionalidad es decir la utilización de los acelerómetros o del Joystick, las propiedades del programa cambia con lo cual genera que el avatar del juego se desplace inherentemente, por lo cual después de ejecutar el switch, es obligatorio oprimir el pulsador del control para iniciar la funcionalidad que se desea ejecutar.

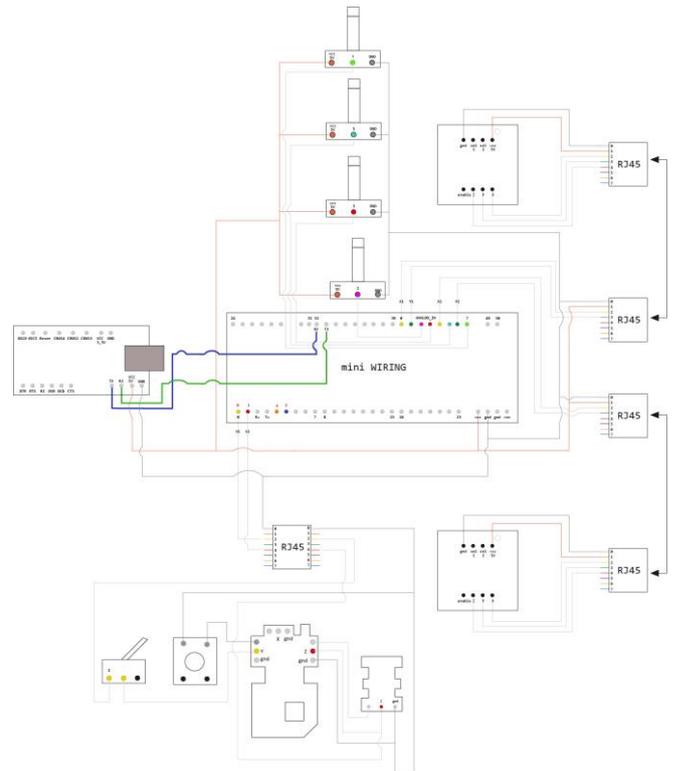


Fig 17. Cuarto esquema alámbrico del sistema Dynamo.



Fig 18. Control Nunchuck con pulsador y Switch.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Interaction design beyond human-computer interaction. Jhon Wiley. Published 2007, Sharp Rogers.
- [2] Metodología del Diseño industrial. Francisco Aguayo Gonzáles. Published 2003, RA-MA Editorial.