

# SISTEMA INTERACTIVO DE ASISTENCIA A PACIENTES DE FISIOTERAPIA

## INTERACTIVE SYSTEM TO ASSISTANCE PHYSIOTHERAPY'S PATIENT

36

### Autores

Christopher Francisco Almanza<sup>1</sup>

Prof. Asesor: Dr. Euclides Samaniego González<sup>2</sup>

### RESUMEN

El proyecto consiste en un sistema computarizado cuya finalidad es la de la interacción de un paciente de fisioterapia con el mismo. El concepto parte del uso de cámaras y sensores de profundidad en conjunto con algoritmos de reconocimiento de imágenes y procesamiento de datos, para el posicionamiento de articulaciones humanas en un flujo de datos que pueda ser utilizado por el sistema para mostrar biofeedback, con el objetivo de ayudar al fisioterapeuta en el procedimiento de mediciones de ángulos en dichas articulaciones, y de guiar al paciente en la manera correcta de ejecutar el ejercicio de terapia que se le asigna.

### PALABRAS CLAVES

Asistencia a la fisioterapia; sistemas computarizados interactivos; tecnología aplicada a la medicina.

### Área

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación  
Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales  
Universidad Tecnológica de Panamá  
Grupo de Investigación en Inteligencia Computacional– GILCOM  
Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales  
Universidad Tecnológica de Panamá

### ABSTRACT

The Project consists of a computer system whose purpose is the interaction of a physiotherapy patient with it. The concept starts with the use of cameras and depth sensors, together with image recognition and data processing algorithms in order to position human joints in a data stream that can be used by the system to display biofeedback, aiming to help the therapist in the angle measurement process on these joints, and guiding the patient in the correct way to run the therapy exercise that is assigned to him.

### KEY WORDS

Physiotherapy assistance; interactive computer systems; technology applied to medicine.

## 1. Introducción

En la actualidad, la fisioterapia es una de las áreas del conocimiento que se ve beneficiada con el avance de la tecnología. Prueba de esto son los modernos sistemas computarizados, entre ellos robots y demás, que proporcionan asistencia tanto a los pacientes como a los terapeutas, haciendo de la sesión una más interactiva e incrementando la eficiencia de las terapias, para proporcionar mejores resultados.

Los avances tecnológicos en los últimos años se han enfocado principalmente en incrementar la facilidad de uso de los dispositivos para los usuarios. Como consecuencia, se han desarrollado ideas como las pantallas táctiles capacitivas, reconocimiento de voz y las cámaras de profundidad. Esta última ha promovido la interacción del usuario con los sistemas a través de gestos con partes del cuerpo del usuario, tales como los brazos y las manos, y corresponde a un avance tecnológico que conlleva años de estudio e investigación por parte de las grandes compañías como lo es Microsoft, entre otras, en el área de reconocimiento de imágenes y aprendizaje automático (*machine learning*).

A través de las tecnologías mencionadas anteriormente, es posible el desarrollo de sistemas informáticos que proporcionen asistencia en áreas del conocimiento que involucren el estado y capacidades físicas del ser humano, tal como lo es la fisioterapia.

El presente proyecto propone el desarrollo de una aplicación que permita el uso de la tecnología como apoyo en la fisioterapia, a través del uso del Microsoft Kinect, que es una cámara de profundidad con la que se puede trabajar el reconocimiento de imágenes, con la finalidad de proporcionar asistencia en la captura de datos en terapias de rehabilitación de pacientes.

Estos datos incluyen, más no están limitados a, rangos articulares en terapias de abducción, para extremidades superiores del cuerpo como los hombros, codos y muñecas.

---

\* Corresponding author:  
euclides.samaniego@utp.ac.pa

## 2. Aspectos generales

La fisioterapia ofrece servicios a individuos y poblaciones para desarrollar, mantener y restablecer el movimiento máximo y la capacidad funcional durante la vida de la persona. Esto incluye la prestación de servicios en circunstancias en que el movimiento y la función están amenazados por el envejecimiento, lesiones, dolores, enfermedades, trastornos, condiciones o factores ambientales. El movimiento funcional es fundamental para lo que significa ser saludable.

La tele-rehabilitación es un término usado para describir la prestación de servicios de rehabilitación a distancia utilizando la tecnología de las telecomunicaciones como medio de prestación de servicios. Se trata de un subgrupo de telemedicina, que es un término general que denota todos los servicios de atención médica, ya sea clínica o educativa, que se entregan a través de medios de telecomunicación.

La telerehabilitación se refiere a los servicios prestados por una serie de disciplinas de salud, incluyendo fisioterapia, logopedia, terapia ocupacional, ingeniería biomédica y otros, y cuenta con todos los aspectos de la atención al paciente incluyendo la entrevista con el paciente, la evaluación física y el diagnóstico, el tratamiento, las actividades de mantenimiento, la consulta, la educación y entrenamiento.

La tecnología que está empujando a la tele-rehabilitación es Microsoft Kinect para Windows, un sensor de captura de movimiento 3D con una interfaz de programación de aplicación (API) abierta. Juegos de terapia pueden interactuar directamente con los pacientes e incluso seguir sus movimientos para informar a los médicos de forma remota.

### 2.1 Caracterización del problema

Panamá es un país que se encuentra en constante desarrollo. Con la llegada de inversionistas y empresarios de distintos lugares, el auge económico y el avance tecnológico de las últimas décadas, el país se ha ubicado entre los primeros lugares en América Latina en cuestión de calidad de vida. Sin embargo, uno de los

sectores que necesitan mayor apoyo, por parte de la tecnología, es el sector salud.

En la actualidad, son mínimos los centros de rehabilitación en Panamá que cuenta con sistemas tecnológicos que proporcionen apoyo en la ejecución de tareas motoras asignadas a pacientes para su recuperación, mucho menos aplicaciones informáticas que apoyen a los fisioterapeutas a la hora de capturar datos.

## 2.2 Alternativa de Solución

El proyecto propone el desarrollo de un aplicación que proporcione asistencia en el área de la fisioterapia, tanto a los pacientes como a los fisioterapeutas, en la ejecución de terapias que involucren actividad motora por parte del paciente, y en la captura de datos relevantes a la formulación de estadísticas que indiquen la mejora o desmejora del paciente, con los estándares de interfaz gráfica y experiencia de usuario que permitan una interacción amigable y eficaz entre el usuario y el programa.

Dicha propuesta abarca el manejo de la interfaz de usuario del programa, por parte del terapeuta, utilizando sus manos como medios para interactuar con el puntero, con la opción de poder interactuar utilizando el ratón, como comúnmente se suele hacer. Además, se propone el uso de comandos de voz para desencadenar eventos dentro del programa, en el que el terapeuta se encuentre ocupado, proporcionándole ayuda física al paciente (sosteniendo sus brazos, etc.) o similares.

Para la captura de datos correspondiente a la medición de ángulos para los diferentes rangos articulares del paciente, en la ejecución de las terapias, se utilizará el Microsoft Kinect. Ésta es una cámara con diversos flujos de datos (datos de profundidad, color, infrarrojo...) con el cual, internamente en el programa, se reconstruirá la imagen del paciente, y se reconocerán sus articulaciones en el espacio tridimensional; haciendo posible el cálculo del ángulo de flexión en las articulaciones del paciente, con el uso de las coordenadas (x, y, z) de la articulación en el espacio, y el teorema de cosenos.

## 2.3 Justificación

Uno de los problemas más notables en Panamá es la deficiencia en el apoyo por parte de la Ingeniería de Sistemas en el sector salud.

Son pocas las instalaciones hospitalarias que incluyen dentro de sus servicios, el uso de aparatos tecnológicos para diagnóstico y tratamiento de patologías que se encuentren a la vanguardia y en constante evolución respaldados por la investigación científica. Más aún, son menos los que se encuentran accesibles para la población de escasos recursos.

Por esta razón, es importante cultivar la pasión por la investigación y el desarrollo de sistemas computarizados que apoyen al sector salud tanto en tareas básicas como la gestión de programas de salud hasta tareas complejas como la medición cuantitativa de datos correspondientes a variables discretas para la elaboración de planes preventivos por medio de proyecciones estadísticas en cada paciente.

## 2.4 Restricciones y limitaciones

### 2.4.1 Restricciones

La aplicación debe ser programada para ambientes Windows utilizando el .NET Framework.

La aplicación utiliza el sensor Microsoft Kinect v1.

### 2.4.2 Limitaciones

La captura de datos medibles está limitada a terapias en la que el torso del paciente se encuentre perpendicular al suelo, o sea, terapias en las que el paciente se encuentre sentado o de pie.

## 2.5 Objetivos

### 2.5.1 Generales

- Diseñar y desarrollar una aplicación que proporcione apoyo a pacientes de fisioterapia y terapeutas, a la hora de realizar la ejecución de terapias con actividad motora y captura de datos relevantes a la misma.

### 2.5.2 Específicos

- Adquirir información directamente de fisioterapeutas con experiencia, para toma de

requerimientos del sistema.

- Adquisición de retroalimentación tanto de pacientes como fisioterapeutas acerca de la facilidad de uso del programa.
- Leer la documentación de las investigaciones realizadas por Microsoft acerca del reconocimiento de imágenes con el sensor Microsoft Kinect y el rastreo del esqueleto de una persona (*skeletal tracking*).

### 3. Kinect para Windows

Kinect es una línea de dispositivos de entrada para la detección de movimiento por parte de Microsoft para las consolas Xbox 360 y Xbox One y PC con Windows.

Basado en torno a un estilo de cámaras web como periféricos complementarios, permite a los usuarios controlar e interactuar con su consola o computador a través de una interfaz de usuario natural usando gestos y comandos de voz .

Se están desarrollando soluciones compatibles con Kinect para su uso en salas de operaciones, para la terapia física en el hogar y en las clínicas, y de monitorización de pacientes, mejorando una multitud de escenarios de atención médica para los pacientes y los médicos mientras que ofrece el potencial de ahorro de costes y mejores tratamientos basados en datos.

#### 3.1 Requerimientos del sistema. Arquitecturas y sistemas operativos soportados

- Windows 7
- Windows 8
- Windows Embedded Standard 7
- Windows Embedded Standard 8

Si la versión de Windows 7 es Windows 7 N o Windows 7 KN, debe instalar el Media Feature Pack, el cual es requerido por el Kinect para el Windows runtime.

##### 3.1.1 Requerimientos de Hardware

Un computador con las siguientes especificaciones mínimas:

- Procesador de 32-bit (x86) o 64-bit (x64).
- Procesador doble núcleo a 2.66 GHz o superior.
- Puerto USB 2.0 bus dedicado al sensor Kinect.

- 2 GB de memoria RAM.
- Tarjeta de video con soporte para DirectX 9.0c.
- Un sensor Microsoft Kinect for Windows.

##### 3.1.2 Requerimientos de Software

- Visual Studio 2010 o Visual Studio 2012.
- .NET Framework 4 (instalado con Visual Studio 2010), o .NET Framework 4.5 (instalado con Visual Studio 2012).
- Microsoft Speech Platform Software Development Kit (Versión 11).
- Microsoft Speech Platform Runtime (Versión 11).

#### 3.2 Instalación del Sensor Kinect

A continuación se muestran una serie de pasos para instalar el sensor Kinect:

- Montar el sensor en una superficie estable.
  - No colocar el Kinect encima o frente a una bocina o una superficie que vibre o emita sonidos.
  - Mantener al Kinect fuera de contacto directo con la luz del sol.
  - Usar el sensor dentro del rango de temperatura de operación especificado (de 5 a 35 grados Celsius).
- Instalar Kinect for Windows SDK.
- Conectar el sensor Kinect.
  - Conectar el adaptador de corriente hacia una fuente externa.
  - Conectar el sensor Kinect en un puerto USB en el computador y esperar a que Windows lo reconozca.
  - Todos los drivers y configuraciones serán cargadas automáticamente.

#### 3.3 Espacio de interacción

El espacio de interacción es un área en frente del sensor Kinect en donde los sensores infrarrojo y de color tengan una vista de todo lo que hay enfrente del sensor.

Si la iluminación no está tan alta ni tan baja, y los objetos no son tan reflexivos, se obtendrán buenos resultados.

Para incrementar el espacio de interacción, incline el sensor utilizando el motor de inclinación integrado. El mismo soporta una

inclinación adicional de +27 a -27 grados, como se muestra en la figura.

El SDK provee una sofisticada biblioteca de software y herramientas para facilitar la forma completa de lectura de datos naturales basados en Kinect, los cuales reaccionan a eventos del mundo real.

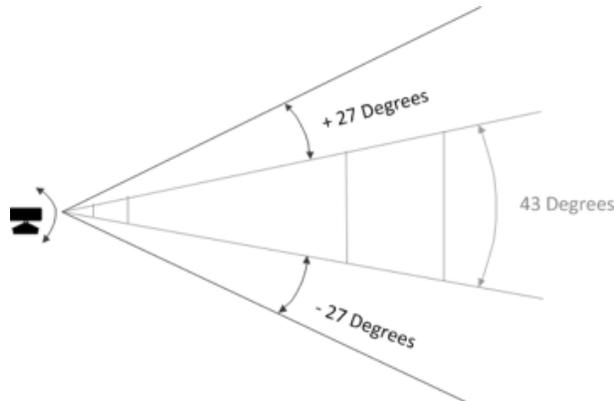


Figura 1. Extensión de inclinación.

La siguiente figura muestra como Kinect y su biblioteca de *software* interactuar con aplicaciones.

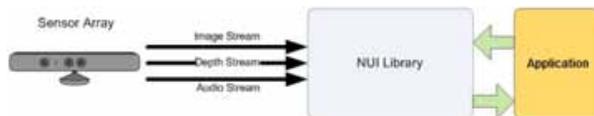


Figura 2. Interacción del Software y Hardware con una aplicación.

La siguiente figura muestra como Kinect y su biblioteca de *software* interactuar con aplicaciones.

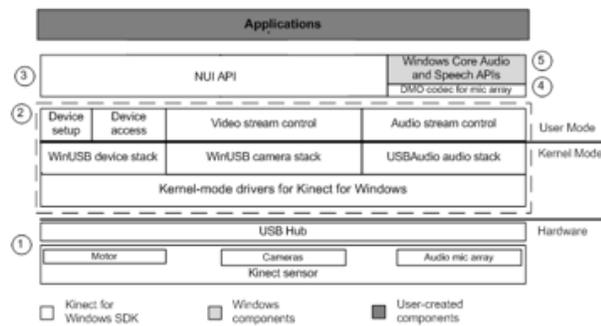


Figura 3. Arquitectura del SDK.

### Hardware Kinect

Los componentes hardware, incluyendo el sensor Kinect y el puerto USB en el que el sensor es conectado al computador.

### Drivers Kinect

Los drivers de Windows para trabajar con el sensor Kinect, que son instalados como parte del SDK, tal y como fue descrito en secciones anteriores de este documento. Los *drivers* soportan:

- Arreglo de micrófonos Kinect como dispositivo de audio que se puede acceder a través del API estándar de audio de Windows.
- Controles para *streaming* de audio y video.
- Funciones de enumeración de dispositivos para el uso de más de un sensor Kinect.
- Componentes de audio y video.
- DirectX Media Object (DMO) para análisis y localización de audio.
- APIs estándares de Windows 7 [6].

### 3.5 Componentes y especificaciones

Dentro de un sensor Kinect, se encuentran los siguientes componentes:

- Una cámara RGB que almacena 3 canales de datos en una resolución de 1280x960.
- Un emisor infrarrojo y un sensor de profundidad infrarrojo.
- Un micrófono de múltiples arreglos, que contiene 4 micrófonos para capturar sonido.
- Un acelerómetro.

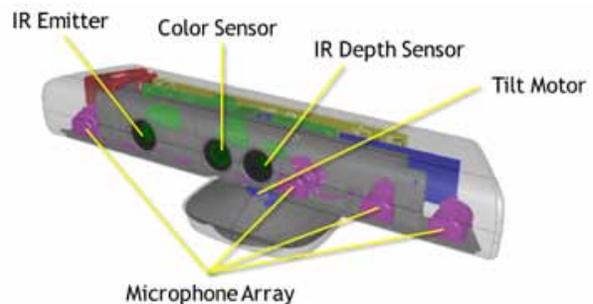


Figura 4. Componentes del Kinect.

Las especificaciones para el Kinect se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Especificaciones del Kinect.

Kinect	Especificaciones
Ángulo de visión	Campo de vista a 43° vertical y 57° horizontal
Ángulo de inclinación vertical	±27°
Velocidad de cuadro	30 cuadros por segundo
Formato de audio	16 kHz, 24 bit mono PCM
Características de entrada de audio	Arreglo de 4 micrófonos con convertidor análogo-digital de 24 bits y proceso de señal que incluyen cancelación de eco y supresión de ruido
Características de acelerómetro	Configurado para rango 2G con 1° de precisión

### 3.6 Flujo de datos

El sensor Kinect puede capturar datos de audio, color y profundidad. Para prevenir bajas en la velocidad de cuadros, la aplicación debe:

- Identificar que flujos de datos son necesarios.
- Abrir el flujo de datos.
- Asignar *buffers* para mantener los datos del sensor.
- Obtener los nuevos datos para cada flujo por cada cuadro.
- Liberar el *buffer* para poder llenarlos en el siguiente cuadro.

#### 3.6.1 Flujo de audio

El sensor Kinect incluye un arreglo lineal de 4 micrófonos como se muestra en la siguiente figura, en color púrpura.

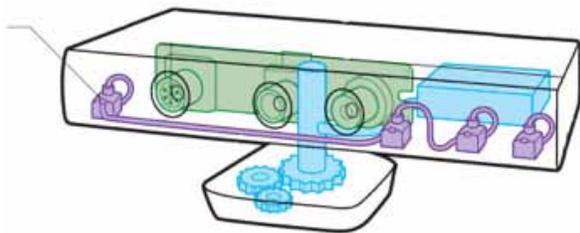


Figura 5. Arreglo de micrófonos.

Estos sensores habilitan escenarios como: captura de audio de alta calidad; enfoque de audio proveniente de una dirección en particular; identificación de la dirección de una fuente de audio; reconocimiento del habla

mejorado y datos de voz sin procesar.

#### 3.6.2 Flujo de color

Los datos del color de la imagen están disponible en diferentes resoluciones y formatos. El formato determina si el flujo de datos de imagen en color se codifica como RGB, YUV, o Bayer.

El sensor utiliza una conexión USB que proporciona una cantidad dada de ancho de banda para pasar datos. Su elección de la resolución le permite sintonizar cómo se utiliza ese ancho de banda. Imágenes de alta resolución envían más datos por trama y se actualizan con menor frecuencia, mientras que las imágenes de menor resolución se actualizan con más frecuencia, con alguna pérdida en la calidad de imagen debido a la compresión.

Tabla 2. Formatos de color

Formato de Color	Descripción
RGB	32-bit, en espacio de color sRGB
YUV	16-bit, en donde la corrección de gamma en espacio YUV es equivalente a gamma sRGB en espacio RGB
Bayer	32-bit, en espacio de color sRGB

#### 3.6.2 Flujo de profundidad

Cada cuadro del flujo de datos de profundidad se compone de pixeles que contienen la distancia (en milímetros) desde el plano de la cámara al objeto más cercano. Una aplicación puede utilizar los datos de profundidad para seguir el movimiento de una persona o identificar objetos de fondo a ignorar.

Los datos de profundidad corresponden a la distancia, en milímetros, hacia el objeto más cercano en esa coordenada (x, y) en particular en el campo de visión del sensor de profundidad. La imagen de fondo está disponible en 3 diferentes resoluciones: 640x480 (por defecto), 320x240 y 80x60.

### 3.7 Lenguaje

El reconocimiento de voz es una de las funciones claves del API. El arreglo de micrófonos del sensor Kinect es excelente para aplicaciones basadas en reconocimiento de voz.

Proporciona una mejor calidad de sonido que un micrófono único y es mucho más cómodo de usar que un auricular.

Las aplicaciones pueden utilizar el micrófono de Kinect con el API Microsoft.Speech, que soporta los últimos algoritmos acústicos. Kinect para Windows SDK incluye un modelo personalizado acústico que está optimizado para arreglo de micrófonos del sensor Kinect.

#### 4. Guía de interfaz de usuario

Al estudiar y aplicar los patrones sugeridos en las guías para el diseño de una interfaz de usuario aseguramos una interfaz consistente, evitando que el usuario pase por una curva de aprendizaje, y haciendo el uso del sistema intuitivo.

##### 4.1 Diseño de interacción

Para proveer una buena experiencia y evitar frustrar a los usuarios, se necesita un fuerte diseño de interacción con gestos y voz que cumpla una serie de requerimientos. Para empezar, la interacción debe ser algo natural, con una suave curva de aprendizaje para los usuarios. Una curva de aprendizaje más alta puede ser usada para funciones más complejas en usuarios expertos que utilizan la aplicación frecuentemente.

##### 4.2 Gestos

Se utiliza el término gesto ampliamente para referirse a cualquier forma de movimiento que se puede utilizar como una entrada o interacción para controlar o influir en una aplicación. Los gestos pueden tomar muchas formas, desde el simple uso de la mano para apuntar algo en la pantalla, a lo específico, patrones de movimiento aprendidos, a largos tramos de movimiento continuo utilizando todo el cuerpo.

Un gesto es un método de entrada emocionante de explorar, pero también presenta algunos desafíos interesantes. Los siguientes son algunos ejemplos de tipos de gestos de uso común.

##### 4.2.1 Gestos innatos

Gestos que el usuario conoce intuitivamente o que tienen sentido, basado en la comprensión

que tiene persona acerca del mundo, incluyendo las habilidades o la formación que estas personas puedan tener.

Ejemplos: Señalar para apuntar; agarrar para recoger y empujar para seleccionar.

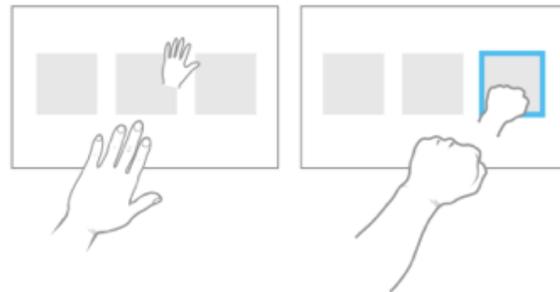


Figura 6. Gestos innatos.

##### 4.2.2 Gestos aprendidos

Gestos que se le deben enseñar al usuario antes de que puedan interactuar con Kinect para Windows.

Ejemplos: el agitar para participar: la realización de una determinada pose para cancelar una acción.

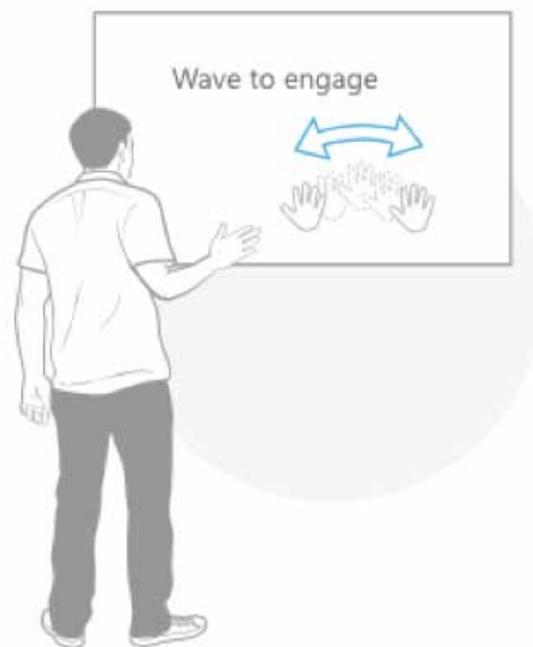


Figura 7. Gestos aprendidos.

### 4.2.3 Gestos dinámicos

Un movimiento definido que le permite al usuario manipular directamente un control u objeto en la aplicación y recibir retroalimentación de ello.

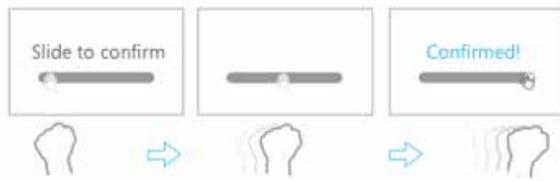


Figura 8. Gestos dinámicos.

### 4.2.4 Gestos continuos

Seguimiento prolongado de movimiento donde no se reconoce ninguna pose específica pero el movimiento se utiliza para interactuar con la aplicación.

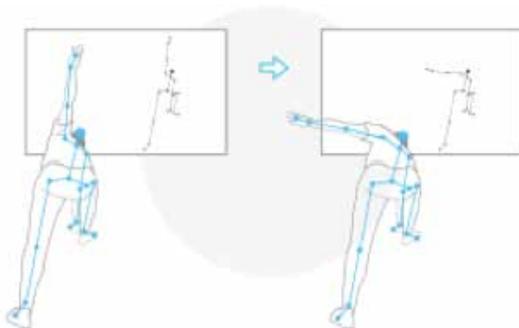


Figura 9. Gestos continuos.

## 4.3 Voz

El uso de la voz le permite elegir las palabras o frases específicas para escuchar y desencadenar eventos. Las palabras o frases que se hablan como comandos no son conversacionales y podrían no verse como una forma natural de interactuar, pero cuando la entrada de voz está bien diseñada e integrada, puede hacer que se experimente de manera rápida y aumentando la confianza con la intención del usuario.

### 4.3.1 Modos de habla

Existen dos métodos de uso de voz con el sensor Kinect: palabra clave, o siempre activa.

### 4.3.2 Palabra clave

El sensor sólo escucha una sola palabra clave. Cuando el sensor escucha esa palabra, escucha palabras o frases adicionales especificadas. Esta es la mejor manera de reducir las falsas

activaciones. La palabra clave que usted elija debe ser muy distinta para que no se malinterprete fácilmente.

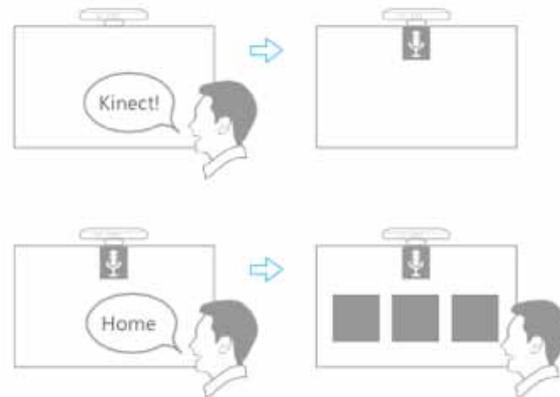


Figura 10. Activación de voz por palabra clave.

### 4.3.3 Siempre activa

El sensor está siempre a la escucha de todas las palabras o frases definidas. Esto funciona bien si la aplicación tiene un número muy pequeño de palabras o frases distintas. Pero cuanto más se tiene, más probable es que la aplicación tenga falsas activaciones.



Figura 11. Modo de voz siempre activo.

## 5. Desarrollo del Prototipo

Es importante considerar, aparte de los detalles en interfaz gráfica y experiencia de usuario, el valor que el sistema va a representar para un fisioterapeuta. Es decir, las funcionalidades mínimas que este debe tener, en concepto de procesos clínicos, para que los procesos de medición de ángulos y formulación de estadísticas tengan un valor relevante que este respaldado por un sistema de información.

Para esto es necesario adentrarse a los procesos internos que maneja un fisioterapeuta y capturar requerimientos de *software*.

### 5.1 Conceptos generales

Antes de la captura de requerimientos, es

necesario conocer los conceptos del modelo de dominio (*domain model*), de tal manera que exista un glosario de términos técnicos que defina al sistema.

Articulación medible: Son todas las siguientes articulaciones:

- Hombro derecho
- Hombro izquierdo
- Codo derecho
- Codo izquierdo
- Carrera derecha
- Carrera izquierda
- Rodilla derecha
- Rodilla izquierda.

Diagnóstico: La descripción del problema que presenta el paciente dada previamente por el doctor, que abarca las observaciones o comentarios del terapeuta aunado a las expectativas del paciente.

Movimiento Articular: Patrón de movimiento definido por un vértice, un ángulo inicial, un ángulo de tolerancia y un ángulo ideal.

Resultado de la terapia: El ángulo obtenido para cada una de las repeticiones de la terapia, junto con su tiempo de ejecución.

Sesión de terapias: Se define como una serie de N terapias que se ejecutan en un lapso indeterminado de manera secuencial.

Terapia: Número de repeticiones y series que van a ser aplicadas de un movimiento articular, tomando en cuenta parámetros extra opcionales como peso y tiempo de descanso.

## 5.2 Requerimientos de alto nivel

En esta etapa se trabaja en conjunto con el terapeuta: se analizan los objetivos que se quieren lograr con la implementación del sistema, se definen las restricciones que ha de tener, y finalmente se obtienen los requerimientos.

### 5.2.1 Objetivos

Asistir en la medición de ángulos en movimientos articulares.

Apoyar y motivar al usuario al realizar sus terapias a través de *biofeedback*.

### 5.2.2 Restricciones

El prototipo abarca procesos automáticos, es decir que todas las mediciones y valores serán obtenidos a través de algoritmos que utilicen flujo de datos provenientes del Kinect.

Se trabajan solamente movimientos articulares activos.

### 5.2.3 Requerimientos

- Captura y edición de información general del paciente.
- Búsqueda de pacientes en el sistema.
- Evaluación del paciente, tomando en cuenta las expectativas y diagnóstico médico inicial
- Selección de movimientos articulares a evaluar.
- Uso del *biofeedback* para guiar al paciente en el movimiento correcto de un ejercicio de terapia, a través de animaciones interactivas.
- Definición de sesiones de terapia con múltiples movimientos articulares previamente definidos en el diagnóstico.
- Control sobre el inicio y fin de una sesión de terapia.
- Medición automática del ángulo de una articulación en la ejecución de un movimiento articular
- Visualización de los resultados de una sesión de terapia.
- Despliegue del historial de sesiones de terapias de un paciente a través del tiempo.

## 5.3 Kinect

El núcleo del proyecto consiste en el uso del Kinect para la medición automática de ángulos en las articulaciones humanas a la hora de hacer ejercicios de fisioterapia, y del uso de *biofeedback* para que el paciente visualice y aprenda la forma correcta de realizar un ejercicio de fisioterapia. Sin embargo, la aplicabilidad del Kinect es mucho más profunda.

El uso del Kinect expande las posibles concreciones en términos de experiencia de usuario. Esto quiere decir, que a través del uso de sus componentes hardware, podemos ampliar las formas de interacción humano-computador. La siguiente imagen muestra una pantalla de evaluación para un movimiento articular. El recuadro blanco contiene un *feedback* del campo

visual del Kinect en tiempo real.



Figura 12. Pantalla de evaluación de paciente.

Como es de esperarse, es posible que el usuario esté físicamente distanciado del sistema a la hora de ejecución de un movimiento articular. Esta distancia limita la interacción del usuario con el sistema, creando un problema a la hora de dar instrucciones como “avanzar” o “finalizar”. Este tipo de problemas pueden ser resueltos a través del uso de gestos o comandos de voz, que serán reconocidos por el programa a través del Kinect, ejecutando acciones que sean relevantes al contexto.

Por ejemplo: Una sesión de terapia conste de 2 movimientos articulares de distintas articulaciones. Para finalizar la ejecución del ejercicio de uno de los movimientos y proceder con el siguiente, el terapeuta puede usar su mano como puntero y presionar un botón. De la misma manera, el terapeuta puede utilizar su voz diciendo la palabra “siguiente” y el sistema cambia al siguiente ejercicio.

#### 5.4 Escenarios de uso

El prototipo del sistema presenta dos escenarios en los que un paciente puede hacer uso del mismo.

**Uso Individual:** El paciente se posiciona en frente del dispositivo Kinect, y sigue las instrucciones para realizar la evaluación del o los movimiento(s) articular(es) correspondiente(s) a su diagnóstico. Ejemplo: telemedicina, pacientes en casa.

**Uso asistido por el terapeuta:** El terapeuta instruye al paciente en la forma correcta de

cómo realizar el movimiento articular. Ejemplo: uso en un consultorio.

#### 5.5 Beneficios

Entre los beneficios que puede traer el uso de un sistema computarizado para la asistencia en la fisioterapia tenemos:

Menor contacto físico con el paciente (para tratar casos de pacientes con lesiones de piel tales como úlceras activas, quemaduras y exudados), contribuyendo a disminuir las contaminaciones cruzadas en las áreas sanitarias.

Puede ser usado como asistencia remota en pacientes que requieran de diagnóstico en rango de movimientos activos, o sea, el que puede realizar el paciente sin ningún tipo de ayuda.

Puede ser usado para hacer tamizajes (medir las alteraciones asimétricas en los rangos de movimiento que no se habían diagnosticado).

### 6. Conclusiones

El uso de la tecnología en ramas del conocimiento, como el sector salud, son áreas en donde la Ingeniería de Sistemas puede brindar aporte para su evolución, adoptando soluciones tecnológicas que ataquen a los procesos que son ejecutados manualmente por especialistas.

El Kinect proporciona una fuente de precisa de datos capturados a través del sensor de profundidad, y ésta puede ser aprovechada a través de algoritmos de reconocimiento de imagen y procesamiento de datos para aportar, a través de la automatización de procesos por medios computarizados, valor a procesos clínicos de rehabilitación en fisioterapia, de modo que soluciones de biomedicina pueden ser brindadas a través de aplicaciones *Software* que implementen estas tecnologías.

El uso de la tecnología Kinect dentro del área de fisioterapia tiene gran potencial de crecimiento y de cubrir necesidades futuras, ya que abre paso para implementaciones de mediciones matemáticas en procedimientos técnicos que realizan los fisioterapeutas.

## 7. Recomendaciones

A pesar de que el proyecto fue desarrollado a través del uso del Kinect en su versión 1.8, las demandas y necesidades permanecen. Por lo tanto, a medida que la tecnología evolucione, no se debe dudar en actualizar las implementaciones del sistema para que este siempre esté a la vanguardia y se abran nuevas posibilidades de mejoramiento o de solucionar nuevas necesidades dentro del sector salud.

## REFERENCIAS

- [1] World Confederation For Physical Therapy (2014). Policy statement: Description of physical therapy. 18 de Junio de 2014. Sitio web: <http://www.wcpt.org/policy/ps-descriptionPT>
- [2] Australian Physiotherapy Association. Telerehabilitation. Sitio web: [https://www.physiotherapy.asn.au/DocumentsFolder/Advocacy\\_Background\\_Papers\\_Telerehabilitation.pdf](https://www.physiotherapy.asn.au/DocumentsFolder/Advocacy_Background_Papers_Telerehabilitation.pdf)
- [3] Microsoft (2009). Project Natal. 1 de Junio del 2009.
- [4] Microsoft. Kinect – Windows app development. Sitio web: <https://dev.windows.com/en-us/kinect>
- [5] Microsoft (2012). Interaction Space. 3 de Julio de 2012. Sitio web <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973071.aspx>
- [6] Wassef Karimeh (2014). Kinect for Windows Archi-tecture. 4 de Julio de 2014. Sitio web: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131023.aspx>
- [7] Microsoft. Kinect for Windows Sensor Components and Specifications Sitio web: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>
- [8] Microsoft. Data Streams – Kinect for Windows. Sitio web: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973075.aspx>
- [9] Microsoft. Speech – Kinect for Windows. Sitio web: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131034.aspx>
- [10] Microsoft. Corporation. Human Interface Guide-lines v1.8.