

Diseño e implementación de un sistema para  
captura de movimiento corporal y control de  
servomecanismos mediante Kinect y LabView

---

Design and implementation of a system to  
capture body movement and control servo-  
mechanisms using Kinect and LabView

---

Frank Alexander Ruiz Holguín

coordinacion mecatronica medellin@ecc.edu.co

Hader Norvey Gómez Gómez

hgomezg@ecc.edu.co

Sergio Andrés Estrada Mesa

sestradam@ecc.edu.co

Jesús María Muñoz Ramírez

munozr@ecc.edu.co

Andrés Felipe Correa Ruda

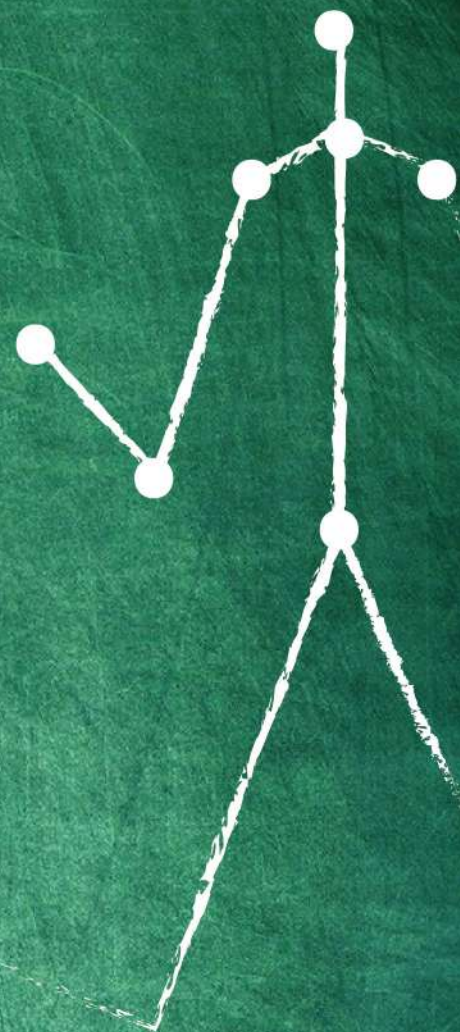
andresf.correar@ecc.edu.co

Nicolás Alejandro Restrepo Estrada

nicolas.restrepoe@ecc.edu.co

Universidad ECCI-sede Medellín

Semillero de investigación SIMATEK



## Resumen

En este proyecto se diseñó e implementó un sistema de captura de movimiento corporal basado en el controlador de juegos Kinect desarrollado por *Microsoft®*, con el objeto de controlar servomecanismos de una forma remota. Para su implementación, se usaron algoritmos de detección de movimiento y procesamiento de imágenes desarrollados en la plataforma de programación gráfica *LabView*. Se usaron los controladores libres SDK browser V2.0 (Kinect for windows) y las librerías Makerhub de Kinect y Arduino® implementadas para LabView.

Basado en la captura de imágenes tridimensionales, el sistema permitió controlar la posición de un brazo robótico *Linxmotion* de 5 grados de libertad, pudiendo así recrearse en una pantalla las acciones que un usuario desarrolla y la ejecución en tiempo real del estado de los servomotores del brazo robótico. El control para cada servomotor se basó en la implementación de una región de interés – ROI- por sus siglas en inglés (Region of Interest) sobre la interfaz de usuario. Cuando el usuario ejecuta un movimiento y genera una interrupción sobre algún ROI, el servomotor respectivo se activará el tiempo que dura dicha interrupción. Las pruebas preliminares evidenciaron el buen funcionamiento de todas las partes y el correcto control sobre cada uno de los actuadores del sistema. El prototipo desarrollado podría permitir incursionar en temas relativos a la animación, creación de contenidos en ambientes virtuales, videojuegos y realidad aumentada, control de automatismos en ambientes industriales y educativos, rendimiento deportivo, biomecánica y en aplicaciones militares o médicas.

**Palabras clave** Kinect; kinestesia; control de movimiento; ROI; robótica; control de robots

**Abstract:**

In this project, a body movement capture system based on the Kinect game controller developed by Microsoft® was designed and implemented, in order to control servo mechanisms remotely. For its implementation, motion detection and image processing algorithms developed on the LabView graphical programming platform were used. The free drivers SDK browser V2.0 (Kinect for windows) and the Makerhub libraries of Kinect and Arduino® implemented for LabView were used. Based on the capture of three-dimensional images, the system allowed to control the position of a Linxmotion robotic arm with 5 degrees of freedom, thus being able to recreate on a screen the actions that a user performs and the real-time execution of the state of the servo motors of the arm robotic. Control for each servo motor was based on the implementation of a Region of Interest (ROI) on the user interface. When the user executes a movement and generates an interruption on any ROI, the respective servomotor will be activated for the duration of said interruption. Preliminary tests evidenced the proper functioning of all the parts and the correct control over each of the actuators in the system. The developed prototype could allow venturing into topics related to animation, content creation in virtual environments, video games and augmented reality, automation control in industrial and educational environments, sports performance, biomechanics and military or medical applications.

**Key words:** Kinect; kinesthesia; movement control; ROI; robotics; robots control

## Introducción

Las técnicas tradicionales para captura de movimiento corporal requieren un despliegue de múltiples recursos económicos, invertidos en elementos tales como cámaras 2D y 3D, captadores de imagen, operadores técnicos, ausencia de luz solar, computadores para procesar video, entre otros. Adicional al método existe otra posibilidad relativamente simple y novedosa para romper los paradigmas de la captura del movimiento corporal tradicional; a partir de la sustitución de los marcadores de movimiento tradicionales (puntos o pelotas blancas a lo largo de un traje negro y múltiples cámaras de video) por acelerómetros triaxiales, sensores resistivos flexibles, o por controladores de juego inalámbricos como el Kinect.

Así, el simple escaneo del cuerpo a través de un dispositivo inalámbrico posibilita la incursión de este tipo de aplicaciones en ambientes que requieran la animación en vivo (tiempo real), control de mecanismos, eventos culturales y recreativos, videojuegos y realidad aumentada. Además, medicina, rendimiento deportivo, biomecánica, aplicaciones militares e industriales, entre otras. A su vez, reducen los costos operativos y técnicos de este tipo de sistemas.

Actualmente, la industria cinematográfica y de videojuegos, en gran medida, requiere este tipo de aplicaciones; la captura de movimientos corporales resulta ser la base para el desarrollo de su actividad económica. Sin embargo, la mayoría de las industrias locales dedicadas a la misma actividad económica, u otras, no cuentan con la posibilidad para adquirir este tipo de tecnología.

Observando otros ámbitos laborales en empresas o instituciones de cualquier índole, en la medida en que se requiera la automatización por medio de la captura de movimiento, para maximizar el trabajo del operario conservando la seguridad y posturas corporales idóneas; se justifica realizar la implementación de este tipo de sistemas, a fin de intervenir sus procesos de manufactura, desplazamiento de materiales, inmersión en espacios peligrosos, detección y estudio de movimientos. Lo anterior, con fines ergonómicos o de rehabilitación, con una inversión económica mucho menor comparada con las técnicas tradicionales para captura de movimiento corporal ofertadas en el mercado.

Existen distintas formas de registrar los cambios de posición realizados por un objeto en movimiento. Pueden incluir técnicas que dependen de un traje mecánico, sensores de movimiento, cámaras 3D, inclusive, mediante sensores de sonido. Los factores que afectan en la decisión de cual método utilizar están relacionados con el presupuesto disponible, el nivel de realismo y precisión al que se desee llegar.

Los actuales sistemas de captura de movimiento corporal (Motion Capture-MoCap) son costosos comparados con el precio del gadget Kinect One; el costo de los equipos puede oscilar entre \$3000 US y \$80.000 US. Adicional al costo, son difíciles de implementar debido a los limitantes físicos del espacio; requieren personal técnico especializado para operar los equipos y de los mismos equipos de video correlacionados en el proceso. Sin embargo, a pesar de que en el mercado existen sistemas portables e inalámbricos basados en trajes con tecnología que implementan acelerómetros, giróscopos y brújulas; también tienen un costo alto (\$700 US aproximadamente) al convertirlos a moneda local (COP), lo cual los hace inviables.

Capturar el movimiento del cuerpo humano para algún fin específico (a través de un dispositivo electrónico de bajo costo) propiciaría la generación de productos nuevos en la industria del deporte. En la industria biomecánica, para la adaptación y mejoramiento de prótesis; en aplicaciones de la robótica industrial enfocadas al control y manipulación de servo máquinas guiadas remotamente. También, en ambientes militares como es el caso del desarme de artefactos explosivos o inmersión en campos minados; en la industria de la producción cinematográfica y de televisión para la creación de personajes animados, como también en ambientes de trabajo peligrosos para el ser humano.

En realidad, el problema se enfoca en el diseño y la implementación de un sistema que, a partir de sensores como el Kinect, se pueda capturar los movimientos de una persona y enviar esa información a un computador. Trata de representar, de la mejor forma posible, el movimiento efectuado a través de un control de servomecanismos realizado en Labview. Así, minimiza su precio en el mercado y aprovecha la dinámica del movimiento para ejecutar acciones de control en automatismos.

Existen algunos sistemas comerciales de captura de movimiento corporal entre los que se destaca Tech MCS. Este sistema es una solución completa e inalámbrica para el análisis del movimiento. Basado en uno de los sensores inerciales más compactos del mercado (Tech IMU), es de gran utilidad en los campos de la rehabilitación, la investigación en biomecánica y el rendimiento deportivo (Technaid, s.f.). Su rendimiento permite la captura de información con una velocidad de muestreo de hasta 500Hz; lo convierte en un sistema ideal para el análisis del movimiento en deportes que impliquen movimientos muy rápidos. En la Figura 1, se puede ver el sistema de captura de movimiento Tech MCS.

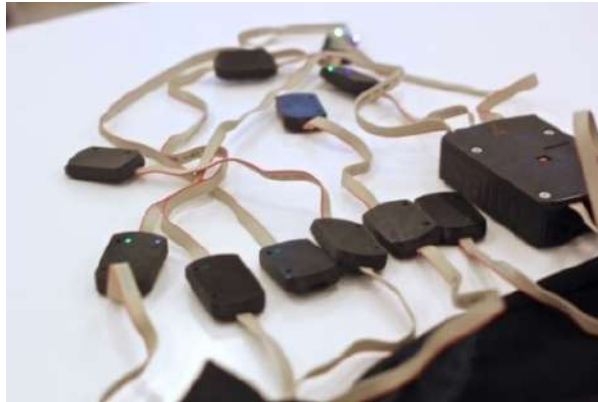
**Figura 1.** Cuantificación de Proteínas Totales por el método de Bradford



**Fuente:** Technaid, s.f

Otro sistema destacado de captura de movimiento es el de la compañía danesa Rokoko Electronics, llamado "Salto" (Realovirtual, s.f.); su sistema inalámbrico elimina cualquier problema de restricción de área. Consta de un eje y 33 sensores (19 en el traje y 7 en cada uno de los guantes). La versión básica del traje viene con 19 sensores que contienen componentes comunes en muchos teléfonos inteligentes, incluyendo un acelerómetro, giroscopio y un magnetómetro. Una vez que el traje está conectado con el software, se realiza un seguimiento de los movimientos del usuario, ya sea de forma inalámbrica a través de Wi-Fi, o por medio de un cable conectado al smartphone del usuario o equipo. La Figura 2, muestra la red de acelerómetros conectados, dentro del traje de captura de movimiento diseñado por Rokoko Electronics.

**Figura 2.** Red de sensores de posición y unidad de control para la captura de movimiento corporal del traje diseñado por Rokoko Electronics



**Fuente:** Realovirtual, "Salto: económico y sencillo traje de captura de movimiento", 2015.

Otro tipo de herramientas (o métodos para captura de movimiento corporal) está basado en el uso de dispositivos como el Kinect, un controlador de juego libre y de entretenimiento desarrollado por Microsoft para la consola de video juegos Xbox 360 (Ghonge, 2017). El Kinect permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con los mandos o controles tradicionales, mediante una interfaz natural de usuario capaz de reconocer gestos, comandos de voz, objetos e imágenes.

Existen varias iniciativas aisladas para emplear la tecnología Kinect con distintos fines a los videojuegos, específicamente como controlador de efectos visuales y "Projection mapping" (Motta & Loaiza, 2014), en eventos relacionados con música electrónica, el arte y la actividad física (Pérez & Fernández, 2017). Otra faceta interesante de este tipo de tecnología es su adopción en el mundo de la enseñanza; esta tecnología puede ser utilizada para desplegar mensajes



en pantallas a través de la lectura o interpretación de los movimientos de la mano. En este sentido, induciendo tanto al maestro como al alumno en los temas del aprendizaje activo (Martínez & Martínez, s.f.; Wilson et al., s.f.).

En el campo de la medicina diagnóstica, la manipulación de imágenes médicas suele ser otro campo de acción bastante interesante. El médico podría examinar las imágenes de una radiografía o tomografía moviendo sus manos para articular operaciones de segmentación, binarización, acercamiento o contracción de la imagen. En medicina ocupacional, el Kinect también ha sido usado para detectar posturas corporales inadecuadas de trabajadores en empresas y mejorar su salud ocupacional (Lun, 2018). En la Figura 3, se muestra algunos usos en la medicina o laboratorio, por medio del Kinect.

**Figura 3.** Imágenes de captura de movimiento con Kinect en el campo de la medicina y la robótica industrial.



**Fuente:** Computer Hoy, "Cómo funciona el Kinect aplicado a la ciencia de la medicina, s.f.

Con la liberación de los códigos de Kinect a la comunidad científica nació una nueva gama de usos para este tipo de tecnología. Son varias las empresas e instituciones que ya utilizan su software de reconocimiento facial y gestual para ser aplicado en diferentes ambientes industriales y médicos. Por ejemplo, en el quirófano la esterilidad es una condición necesaria que se asegura con la incursión de esta tecnología. Además, el cirujano podría acceder al historial del paciente, incluso, a sus radiografías durante la intervención tan sólo realizando los movimientos adecuados con su mano delante del Kinect.

En la industria de la robótica, el Kinect también es usado para controlar y programar automatismos con el fin de realizar alguna tarea específica. Este sistema capta los movimientos del programador y los transfiere en forma de comandos a la unidad central de procesamiento para que el robot realice una labor.

Otras técnicas usadas para detectar el movimiento corporal están basadas en la implementación de sensores resistivos flex, los cuales cambian su resistencia dependiendo del grado de deformidad mecánica al que sea expuesto el sensor (Cooking Ideas, s.f.). Cada vez que un usuario flexiona alguna articulación (por ejemplo, los dedos de su mano) generará una señal eléctrica proporcional a dicho movimiento. Esta información es recibida por un dispositivo microcontrolador, el cual procesará la información y, finalmente, se materializará en una acción de control sobre algún tipo de dispositivo (Instructables, s.f.). La Figura 4 muestra un guante el cual ha sido implementado usando sensores resistivos flexibles.

**Figura 4.** a). Guante con sensores resistivos flex para detección de movimiento diseñado por la UCSD. b) Implementación de un sistema de captura de movimiento usando Arduino y sensores resistivos flex



**Fuente:** Instructables, s.f

Ahora bien, enfocándonos en la tecnología Kinect, debemos resaltar que se dispone de dos (2) modelos comerciales (Díaz et al., 2015), los cuales son el Kinect 1.0 (Xbox 360) y el Kinect 2.0 (Xbox One). La versión que se optó por utilizar fue la versión 2.0; ofrece mayores prestaciones en comparación a la versión 1.0. Entre la diferencia más relevante se encuentra una mayor resolución al tener más fotogramas por segundo (fps), mejor latencia, espacio más amplio de acción, entre otros, tal como se muestra en la Figura 5.

## Metodología

En esta sección se presentan los requerimientos técnicos desde el punto de vista de software y hardware que se tuvieron en cuenta para realizar la captura de movimiento corporal. Lo anterior, afín de controlar un servomecanismo de cinco (5) grados de libertad (brazo robótico LinxMotion) mediante un dispositivo Kinect. La lista de dispositivos, controladores y drivers se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Requerimientos técnicos para realizar la captura de movimiento corporal y controlar un brazo robótico

Ítem	Requerimiento técnico	Función
1	Controlador de juegos Kinect v2.0 para consola de video juegos Xbox One	Captura de movimiento corporal a través de cámaras 3D integradas
2	Adaptador <i>Kinect</i> para PC	Conexión entre el Kinect y el PC
3	Computador portátil	Procesamiento de datos e interfaz de usuario
4	Brazo robótico <i>LinxMotion</i> de cinco (5) grados de libertad	Servo-mecanismo a controlar
5	Placa <i>Arduino UNO</i>	Sistema embebido que se comunica serialmente al PC y transfiere los datos de control a los servomotores del brazo
6	Plataforma de programación LabVIEW + drivers de comunicación serial VISA + Librerías Maker Hub (para Kinect y Arduino)	<i>Software</i> de supervisión y control del proceso
7	Drivers de comunicación SDK V2.0 Kinect for windows	Controladores para el reconocimiento de Kinect en <i>Windows</i>

**Fuente:** Elaboración propia.

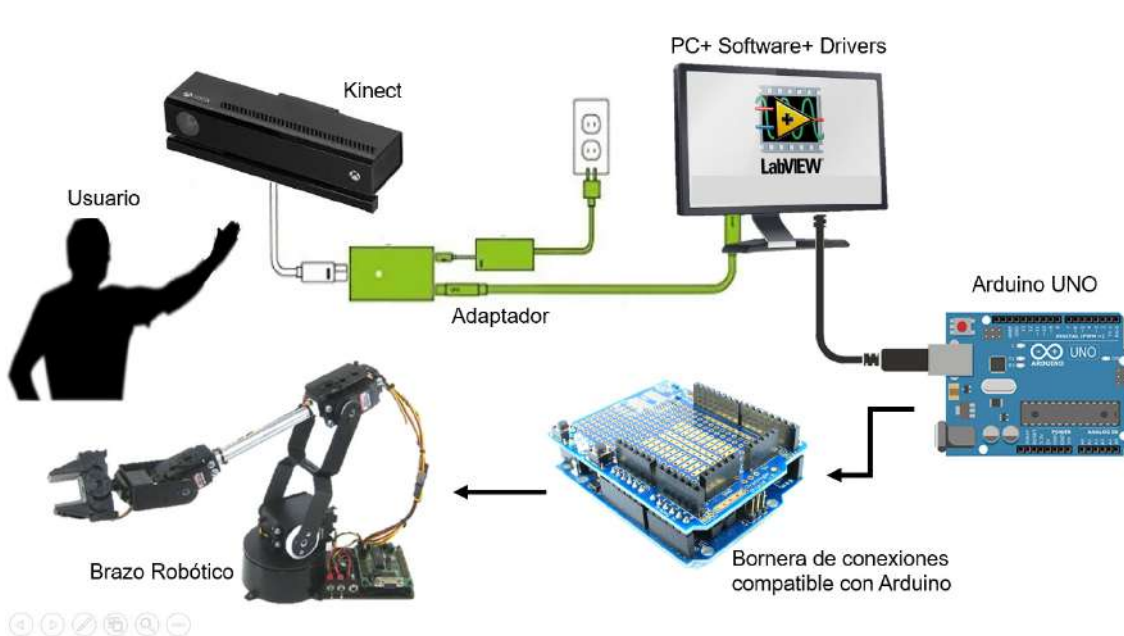
La Figura 5, evidencia las características técnicas del *Kinect* con mayor importancia para el proyecto. También, la diferencia entre las dos (2) versiones existentes; además de la capacidad del *Kinect del Xbox One* para capturar una imagen de profundidad respecto a su versión previa.

**Figura 5.** Características técnicas del Kinect



**Fuente:** <https://www.youtube.com/watch?v=Zx2E19IV2zs>

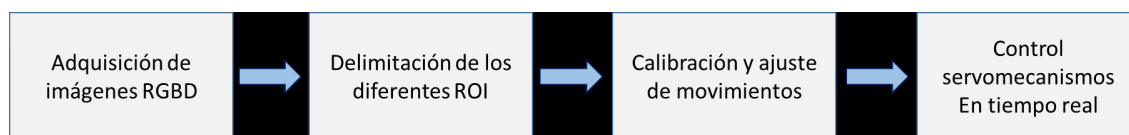
Por su parte, la Figura 6 muestra el esquema metodológico de las conexiones empleadas; así como sus distintos elementos para configurar el sistema de captura de movimiento desarrollado.

**Figura 6.** Esquema metodológico de las conexiones y componentes

**Fuente:** Elaboración propia.

En este sentido, se desarrolló una interfaz computacional usando el software LabVIEW. Dicha plataforma permite realizar monitoreo y control en todo tipo de procesos de ingeniería. Se trabajó con las librerías Maker Hub, las cuales disponen de drivers para el manejo y la captura de movimientos usando Kinect; además, proporcionan conectividad entre dispositivos programables como las tarjetas Arduino.

Por otro lado, la metodología desarrollada para el control de los servomecanismos que dieron movimiento al brazo robótico de referencia (*LinxMotion* de 5 grados de libertad), se ejecutó en cuatro (4) etapas, tal como se muestra en la Figura 7 que establece el flujograma de la toma y adquisición de datos para el control del brazo robótico.

**Figura 7.** Metodología empleada para el control del brazo robótico

**Fuente:** Elaboración propia.

### Primera etapa.

Adquisición de imágenes RGB-D (por sus siglas en inglés red, green y blue) mediante la cámara del Kinect One. Inicialmente se realizó la adquisición de las imágenes de profundidad con la cámara 3D Kinect V1, a una velocidad aproximada de 30 fps (Yang et al., 2015); nos permite obtener el valor de profundidad de las imágenes adquiridas en tiempo real con una incertidumbre menor 0.5 % de la distancia de medición (Li, 2014). Por lo anterior, se recomienda que las adquisiciones de las imágenes estén dentro de un rango de 0.8 a 3 m para una incertidumbre menor a 2 mm y de 0.8 a 3.5 m para una incertidumbre de 2 a 4 mm como lo comprobó experimentalmente Díaz et al. (2015).

### Segunda etapa.

Se realizaron diversas delimitaciones de los diferentes ROI, de estos depende la razón de cambio en los rangos de profundidad de la cámara, tal como se muestra en la Figura 8. La interfaz de calibración del ROI se encarga de reconocer los movimientos generados por los gestos del operador dentro de los límites programados para el control individual de los servomotores. Se estableció un valor igual para cada uno de los servomotores empleados en el brazo robótico pues todos poseen los mismos grados de libertad como propiedad.

**Figura 8.** Interfaz gráfica de calibración del ROI

The screenshot shows a software interface with four tabs: 'Monitoreo', 'Configuración Arduino', 'Calibración ROI', and 'Límites Servo'. The 'Calibración ROI' tab is active. It contains several rows of numerical input fields, each with a label to its right. Each input field is a 'Numeric' type with a value of 98. The labels and their corresponding values are:

Component	Field 1	Field 2	Field 3	Field 4
Servo_1	98	180	115	197
Servo_2	98	180	115	197
Servo_3	98	180	115	197
Servo_4	98	180	115	197
ADD	98	180	115	197
SUB	98	180	115	197
Pinza 1	98	180	115	197
Pinza 2	98	180	115	197

**Fuente:** Elaboración propia.

### Tercera etapa.

Se emplean los rangos adquiridos por el ROI para realizar la calibración y ajuste del movimiento de cada uno de los servomotores empleados en el brazo robótico. Con los rangos de profundidad provenientes de las imágenes obtenidas con la cámara 3D se logró que el control del robot fuera insensible a la distancia donde se ubicaba el operador y de esta manera tener una calibración auto ajustada.



La interfaz diseñada para esta función posee dos (2) columnas. En la columna del lado izquierdo introducimos el rango de pulsos que debe emitir la placa de Arduino por medio de (Modulación por ancho de pulso (PWM) para que el servo se posicione en cero grados (0°). En cambio, en la columna del lado derecho de la figura se establece el máximo número de pulsos emitidos por la placa de Arduino para que el servomotor rote 180 grados, tal como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9.** Interfaz de calibración de rotación máxima y mínima, de los servomotores del brazo robótico

Minimo	0.00	Maximo
550	0.00	2500
550	0.00	2500
550	0.00	2500
550	0.00	2500
550	0.00	2500
550	0.00	2500
2000	0.00	4000
10	0.00	10

**Fuente:** Elaboración propia.

## Cuarta etapa.

Las conexiones de los servomotores se realizaron a la placa de Arduino mediante una "shield" de potencia. Esta alimenta cinco (5) vatios a cada uno de los servomotores empleados en el brazo robótico. Posteriormente se probó la respuesta de cada uno de los parámetros de calibración en tiempo real, mediante el desarrollo de la interfaz de comunicación entre el pc y la placa de Arduino Uno, por medio de la librería Maker Hub desarrollada para el Kinect One, mediante la plataforma de comunicación en LabView, tal como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10.** Interfaz de control de los servomotores empleados en el brazo robótico

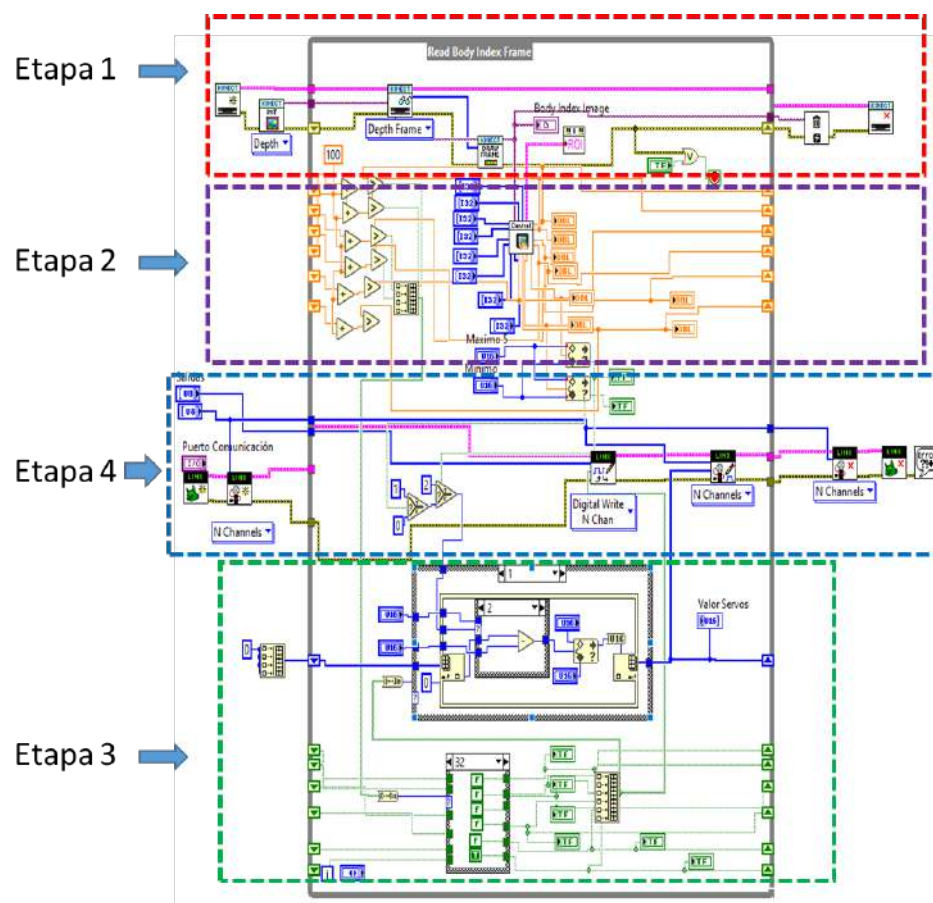


**Fuente:** Elaboración propia.

## Implementación de la Metodología en el software LabView.

Para la implementación de la metodología desarrollada y explicada en la sección anterior, se realizó un programa en LabView con la ayuda de las librerías de programación SDK 2.0 de Microsoft y la librería Maker Hub para Kinect One, como se aprecia en la Figura 11.

**Figura 11.** Programación desarrollada en “Labview” para el control de un Brazo robótico mediante gestos corporales con una cámara Kinect One



Fuente: Elaboración propia.

En la parte superior de la figura, en un cuadro rojo se resalta la primera etapa de adquisición; mediante las librerías cargadas se configura la cámara Kinect 1 para mostrar las imágenes de profundidad a 30 fps aproximadamente. La imagen obtenida pasa a la segunda etapa (resaltada en color morado) donde se establecen los ROI espaciales donde el usuario tendrá el control de los movimientos del brazo robótico ubicando las palmas de la mano de una manera estratégica; depende del servomotor que desee controlar al igual que si desea incrementar o disminuir los grados de rotación de este.

En el cuadro resaltado en color verde, se observa la tercera etapa. A partir de un algoritmo de vectores se realiza la calibración y al acceso a cada límite de rotación de las diferentes articulaciones que compone el brazo robótico. Por último, en la cuarta etapa se encuentra la interfaz de comunicación desarrollada igualmente con Maker Hub para la comunicación serial con la tarjeta de "Arduino Uno", la cual controla la etapa de potencia mediante un Shield desarrollado especialmente para la alimentación de potencia de los servomotores que controlan las articulaciones del brazo robótico.

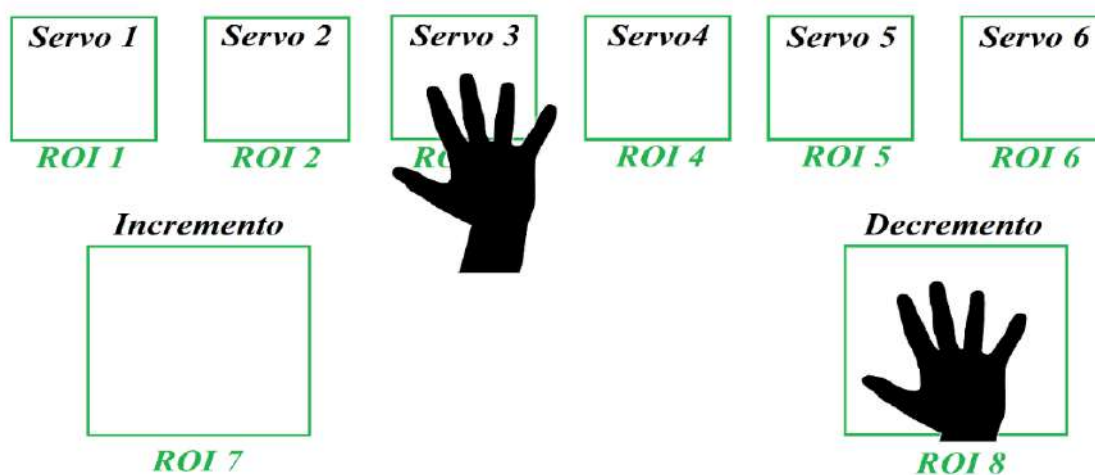
## Resultados

Los resultados obtenidos en este proyecto se centran en la materialización de un sistema electromecánico constituido principalmente por un dispositivo de captura de movimiento corporal (Kinect), el cual se conectó a un computador gestionando el control de un brazo robótico a través de una interfaz de usuario diseñada en LabView que se comunica serialmente con un microcontrolador. El servomecanismo de cinco (5) grados de libertad (brazo Linxmotion) realizó exitosamente movimientos controlados conforme se capturaba la cinemática generada por un usuario situado delante del Kinect.

Con la ubicación estratégica de ocho (8) regiones de interés (ROI), sobre la imagen principal de la interfaz de usuario, se pudo activar individualmente cada servomotor del brazo robótico. Siguiendo la lógica programada en el algoritmo, por cada interrupción que el usuario genere sobre un ROI (i) siendo i un número entero entre uno (1) y ocho (8) en la imagen; así, se activa del servomotor (i) en el brazo. El tiempo de activación y los grados que se desplaza cada servomotor, dependen del tiempo que dure la interrupción sobre los ROI que gobiernan la dirección hacia un lado u otro.

En la Figura 12 se muestra un ejemplo de la activación del servomotor tres (3) en el sentido en el que su ángulo decrece, respecto a un origen determinado. El tiempo de su activación depende del tiempo que dure la interrupción sobre el ROI (8). Para desactivar ese servomotor y activar otro diferente, tan sólo basta con realizar un movimiento e interrumpir un ROI diferente.

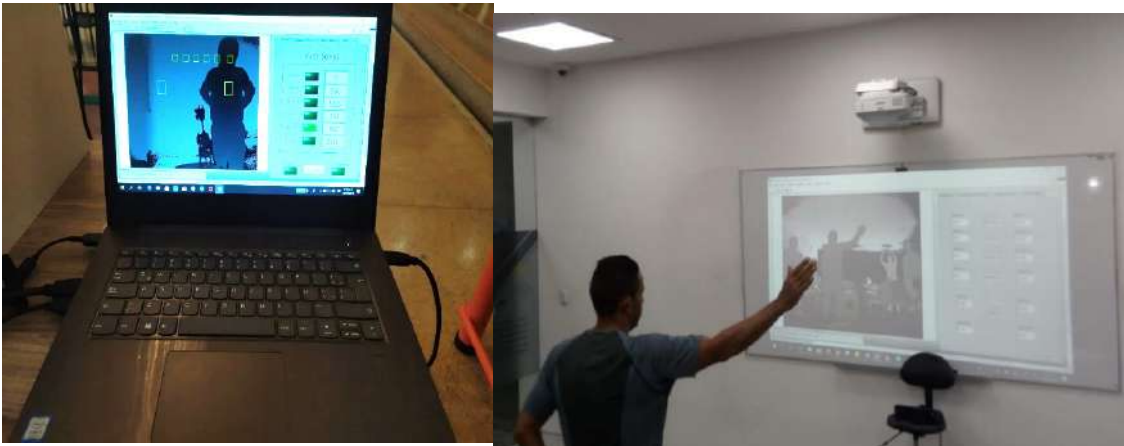
**Figura 12.** Ejemplo de activación de un servomotor realizando interrupciones sobre los ROI de la imagen



**Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 13 (lado izquierdo) se muestra la interfaz desarrollada y funcionando sobre un computador. Allí se puede apreciar la imagen de profundidad capturada por el Kinect y los LED Virtuales que identifican el estado de activación de cada servomotor. Sobre el lado derecho de la misma figura, se muestra la interacción de un usuario con la interfaz desarrollada.

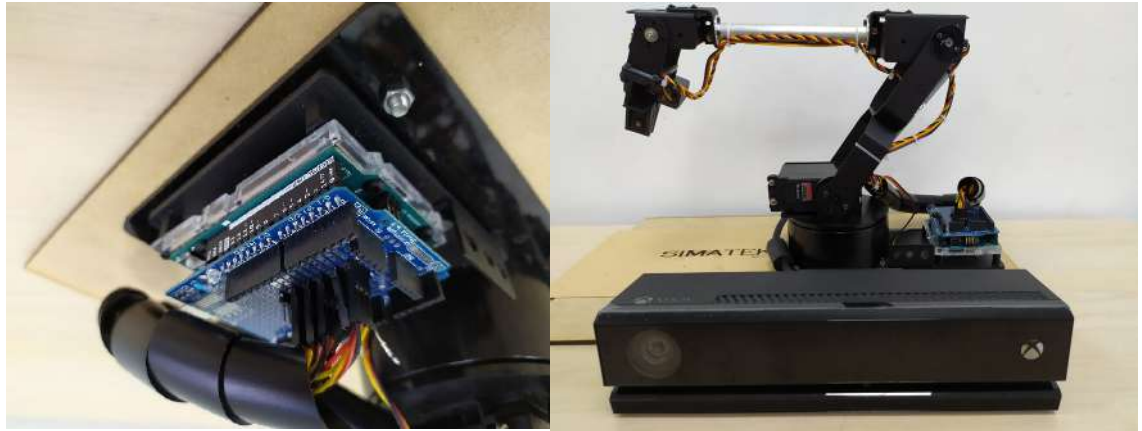
**Figura 13.** Computador portátil corriendo la aplicación desarrollada en LabView (Izquierda). Interacción de un usuario con la interfaz (Derecha)



**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 14 muestra la disposición final del brazo robótico conectado a la tarjeta Arduino UNO y su la bornera de conexiones, al igual que el dispositivo Kinect usado.

**Figura 14.** Disposición final del sistema electromecánico usado



**Fuente:** Elaboración propia.

## Discusión

Durante el inicio del desarrollo del proyecto se pensó en lograr un control kinestésico a partir de elementos existentes en el mercado, como son los acelerómetros, sensores de variación de resistencia y sensores infrarrojos. Como no se tenía conocimiento de la tecnología de captura de movimiento empleando el dispositivo Kinect; incluso, se veía como un dispositivo de videojuegos totalmente cerrado a otras aplicaciones. No obstante, al realizar una búsqueda detenida se evidenció que el dispositivo Kinect ya estaba siendo empleado para la automatización de robots y como sensor de navegación *no touch*.

---

<sup>1</sup> Para evidenciar los resultados obtenidos, consultar <https://www.youtube.com/watch?v=6N-6ZaSqXdBk>

Posteriormente, incursionamos la búsqueda en profundizar con el objetivo de hallar las herramientas necesarias para realizar dicha implementación. Como función principal, controla un brazo robótico; encontramos que Microsoft habría liberado las librerías de conexión del Kinect (*SDK V2.0*), con el fin de ser empleado en los equipos de cómputo. Esto aumentó nuestro interés, ya contando con librerías robustas y con múltiples ejemplos de aplicaciones que se podrían llevar a cabo simplemente con tener instalado Windows 10.

Ahora nos enfrentábamos con la conexión en computador a tarjeta de adquisición de datos, con el fin de poder convertir las señales capturadas por medio del Kinect, y traducirlas en señales de control para la activación de servomecanismos, los cuales se encuentran en las articulaciones del brazo robótico. Esto fue posible gracias al software LabView, cuenta con las librerías de Maker Hub y posibilitan la conexión y programación de tarjetas como lo son Arduino, Raspberry pi, entre otras.

Empleando la tarjeta de Arduino One, y mediante el diseño de una shield de potencia, se conectaron los cinco (5) servomotores que controlan el brazo robótico. Además, se desarrolló un interfaz de comunicación PC-tarjeta Arduino empleando las librerías de LabView, logrando con esto una traducción de captura de imágenes a movimiento de los servomecanismos.

El control de los servomecanismos fue ajustado por medio de la calibración del ROI, y se probaron las diferentes velocidades de respuesta. Se concluyó que la velocidad final de los movimientos del brazo estaba limitada a las cualidades de diseño de los servomotores empleados. Con esto se evidencia que el control (por medio del Kinect) superaba la velocidad de respuesta de los servomotores, en un amplio rango; abre mayores posibilidades en cuanto al control de otros elementos de mayor velocidad de respuesta como lo son los motores paso a paso.



La adopción de múltiples regiones de interés sobre la imagen abre la posibilidad de controlar diferentes tipos de procesos de ingeniería, individual o simultáneamente. Parte desde el simple control de un servomecanismo, hasta lograr numerosas acciones sobre sistemas motorizados, térmicos, sistemas domóticos o industriales. La facilidad que ofrece el Kinect (de detectar varios usuarios, distinguir sus movimientos y aislarlos a partir de software) promueve el trabajo colaborativo y permite que en una sola interfaz de usuario se puedan llevar a cabo labores independientes con la selección de los ROI adecuados.

El control implementado en este trabajo se diferencia de otros convencionales que realizan *tracking* o seguimiento; el interés particular radicó en el control minucioso y detallado de cada servomotor individualmente con el objeto de poder realizar movimientos finamente controlados. En cambio, las técnicas de *tracking* alcanzan velocidades de respuesta similares a las del usuario (aun incorporando poca latencia). Además, en la metodología implementada se logra controlar de una mejor manera usando ROI; tanto los grados de avance o retroceso de un servomotor, como su tiempo de respuesta, parámetros que dependen de la programación y del software implementado.

## Conclusiones

En este artículo se evidencia la metodología de diseño e implementación de un sistema de captura de movimiento corporal basado en el controlador de juegos Kinect desarrollado por Microsoft, con el objeto de controlar servomecanismos de una forma remota e inalámbrica. Para su implementación se usaron algoritmos de detección de movimiento y procesamiento de imágenes desarrollados en la plataforma de programación gráfica LabView. Se usaron los controladores libres SDK browser V2.0 (Kinect for windows) y las librerías Maker Hub de Kinect y Arduino implementadas para LabView.

Basado en la captura de imágenes tridimensionales, el sistema permitió controlar la posición de un brazo robótico Linxmotion de cinco (5) grados de libertad, pudiendo así recrearse en una pantalla las acciones que un usuario desarrolla y la ejecución en tiempo real del estado de los servomotores del brazo robótico. El control para cada servomotor se basó en la implementación de una región de interés (ROI) para cada uno de ellos. Las pruebas realizadas evidenciaron el buen funcionamiento de todas las partes y el correcto control sobre cada uno de los actuadores del sistema.

Como la metodología empleada para gobernar los servomotores por la activación/desactivación de regiones de interés y no por el método de seguimiento o *traking*; además, considerando que el software permite modificar a conveniencia los tiempos o velocidades de respuesta de los servomotores, se posibilitó mejorar la definición o exactitud de cada movimiento realizado por el brazo robótico.

El control de dispositivos robóticos (empleando Kinect) presenta ventajas, van desde lo económico, hasta la facilidad de implementación. Principalmente, resalta la tecnología empleada en las cámaras que lo conforman; estas superan a las cámaras diseñadas para realizar la misma función (denominadas industriales). Otro factor para resaltar es el alto nivel de precisión y la versatilidad de lecturas de imágenes en diferentes formatos; la maniobrabilidad y el amplio alcance que ofrece en las tres dimensiones. Adicionalmente, se disponen de librerías robustas y diseñadas para múltiples aplicaciones, por tal motivo, estos dispositivos son empleados como apoyo para la investigación y desarrollo.

La longevidad o resistencia al uso continuo del Kinect One, como dispositivo de captura de movimiento, es catalogado como alto es un dispositivo diseñado para desempeñarse en videojuego. Además, permite el modo multijugador, así otorga diversas lecturas de imagen; brinda la posibilidad de realizar un control de múltiples operarios, en múltiples procesos, empleando un (1) solo dispositivo con lecturas personalizadas y control independiente.

El prototipo desarrollado podría permitir incursionar en temas relativos a la animación, creación de contenidos en ambientes virtuales; eventos recreativos y culturales; video juegos y realidad aumentada; control de automatismos en ambientes industriales y educativos; rendimiento deportivo; biomecánica y en aplicaciones militares o médicas.

## Referencias bibliográficas

- Computer Hoy. (s.f.). Cómo funciona Kinect aplicada a la ciencia y la medicina. Computer Hoy. Recuperado de: [https://computer hoy.com/noticias/hardware/como-funciona-kinect-aplicada-ciencia-medicina-7596](https://computerhoy.com/noticias/hardware/como-funciona-kinect-aplicada-ciencia-medicina-7596)
- Cooking Ideas. (2017). Estos guantes 'low cost' permiten mandar wasaps usando la lengua de signos. *Cooking Ideas*. Recuperado de: <https://www.cookingideas.es/guantes-lengua-signos-20170803.html>
- Diaz, M. G., Tombari, F., Rodriguez-gonzalvez, P., & Gonzalez-aguilera, D. (2015). Analysis and Evaluation Between the First and the Second Generation of RGB-D Sensors. *IEEE*, 15(11), pp. 6507–6516.
- Ghonge, E. P. (2017). *Microsoft's Kinect*. *Icce*, pp. 355–358.
- Instructables. (s.f.). Cómo hacer un guante con sensores flex y conexión. Recuperado de: <https://www.instructables.com/id/Como-Hacer-Un-Guante-Con-Sensores-Flex-Y-Conexión-/>
- Li, L. (2014). Time-of-Flight Camera – An Introduction. *Ti*. Recuperado de: <http://www.ti.com/lit/wp/sloa190b/sloa190b.pdf?ts=1590002320192>
- Lun, R. (2018). *Human Activity Tracking and Recognition Using Kinect Sensor*. Cleveland State University. Recuperado de: <https://engagedscholarship.csuohio.edu/etdarchive/1039>
- Motta, T., & Loaiza, L. (2014). Projection Mapping for a Kinect-Projector System. *IEEE Xplore*. <https://doi.org/10.1109/SVR.2014.53>
- Martínez, B. & Martínez, J. (s.f.). KINECT en Educación Integración de Nuevas Tecnologías al Proceso de Aprendizaje. *Memorias del VIII congreso internacional en innovación educativa*, pp. 1–15. Recuperado de: <https://www.repo-ciie.cgfie.ipn.mx/pdf/680.pdf>
- Pérez, V., & Fernández, R. (2017). Uso de Kinect para el entrenamiento de actividades físicas. *Eprints*. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/44670/1/UsodeKinectparaelentrenamiento de actividades físicas.pdf>

Relaovirtual. (2015). Estás siendo desarrollado por la compañía danesa “Rokoko Electronics”, quien ha iniciado una campaña en Kickstarter.

Technaid. (s.f.). Motion Capture System. *Technaid*. Recuperado de: <https://www.technaid.com/es/productos/motion-capture-system/>

Wilson, F. B., Investigador, D., Medina, G., Angelica, M., Investigadora, D., Claudia, L. C., & Investigadora, D. (n.d.). *Tecnología kinect y el aprendizaje cognitivo en niños con discapacidad*. Retrieved from <https://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/5004.pdf>

Yang, L., Zhang, L., Dong, H., Alelaiwi, A., & Saddik, A. (2015). Evaluating and Improving the Depth Accuracy of Kinect for Windows v2. *IEEE Sensors Journal*, 15(8), pp. 4275–4285. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2416651>