

Control multimodal para el brazo robótico Openbotv v1 de los laboratorios de la Universidad Mariana

Ángela Johana Andrade Chaves¹

Daniel Felipe Fuentes Varela²

Fabio Camilo Gómez Meneses³

Jaime Andrés Riascos⁴

Resumen

Este proyecto está enfocado en el desarrollo de un control multimodal al brazo robótico OPENBOTV V1, el cual consiste en la creación y aplicación de dos sistemas independientes de control en el mismo brazo, siendo un sistema a través de aplicación móvil Android y el otro a través de una aplicación computacional y el sensor Kinect, lo que permitirá un aprendizaje e interacción intuitiva por parte de los estudiantes al momento de desempeñar tareas con estos brazos, facilitando que cualquier persona con conocimientos profundos o básicos de robótica y control pueda hacer uso de estos dispositivos.

Por este motivo, se generó unos objetivos que permiten cumplir a cabalidad con los planteamientos propuestos, empezando por, desarrollar una plataforma interactiva para el control multimodal del brazo robótico OPENBOTV V1, implementando estrategias basadas en aplicaciones móviles y el sensor Kinect. De los cuatro objetivos específicos, el primero se encarga del desarrollo del control por medio de aplicación Android y toda su interfaz; el segundo, del desarrollo de la aplicación para computador con su interfaz y la implementación del sensor Kinect para el control; el tercero procura un correcto funcionamiento de los sistemas de control en el dispositivo, generando así el control multimodal. Y el último, la comparación y evaluación de los sistemas, para verificar su eficiencia.

Este proyecto cuenta con una metodología mixta que permite la descripción de cada avance y explicación de conocimientos prácticos adquiridos durante su desarrollo. Se espera que, al implementar este proyecto, amplíe la cantidad de herramientas de aprendizaje con las que cuentan los estudiantes.

Palabras clave: OPENBOTV V1; Android; Kinect; control multimodal; brazo robot; sistema de control.

Multimodal control for the Openbotv v1 robotic arm at Mariana University laboratories

Abstract

This project is focus on the development of a multimodal control to the robotic arm OPENBOTV V1, which consists of the creation and application of two independent control systems in the same arm, being a system through Android mobile application and the other one, through a computer application and the Kinect sensor. This will allow learning and intuitive interaction

¹Correo electrónico: angeandrade@umariana.edu.co

²Correo electrónico: danfuentes@hotmail.com

³Correo electrónico: fgomez@umariana.edu.co

⁴Correo electrónico: jriascos@umariana.edu.co

by students at the time of performing tasks with these arms, facilitating that anyone with deep or basic knowledge of robotics and control can make use of these devices. For this reason, some objectives generated allow to fully comply with the proposed approaches, having as general objective, develop an interactive platform for multimodal control of the robotic arm OPENBOTV V1 implementing strategies based on mobile applications and the Kinect sensor. The four specific objectives facilitate the development and implementation of each task; the first one is responsible for the development of control through Android application and its interface. The second is responsible for the development of the computer application with its interface and the implementation of the Kinect sensor for control. The third, for the verification of the correct functioning of the control systems in the device, thus generating multimodal control, and the last objective, the comparison and evaluation of the systems to verify their efficiency. The mixed methodology of this project allows the description of each advance and explanation of practical knowledge acquired during its development. It is expected that the implementation of this project will increase the number of learning tools available to the students.

Keywords: OPENBOTV V1; Android; Kinect; multimodal control; robot arm; control system.

Controle multimodal para o braço robótico Openbotv v1 nos laboratórios da Universidade Mariana

Resumo

Este projeto está centrado no desenvolvimento de um controle multimodal para o braço robótico OPENBOTV V1, que consiste na criação e aplicação de 2 sistemas de controle independentes no mesmo braço, sendo um sistema através de uma aplicação móvel Android e o outro através de uma aplicação informática e o sensor Kinect, que permitirá a aprendizagem e interação intuitiva por parte dos estudantes no momento de realizar tarefas com estes braços, facilitando que qualquer pessoa com conhecimentos profundos ou básicos de robótica e controle possa fazer uso destes dispositivos. Por este motivo foram gerados alguns objetivos que permitem cumprir plenamente as abordagens propostas; o objetivo geral foi: Desenvolver uma plataforma interativa para o controle multimodal do braço robótico OPENBOTV V1, implementando estratégias baseadas em aplicações móveis e no sensor Kinect. Os objetivos específicos facilitam o desenvolvimento e implementação de cada tarefa; o primeiro é responsável pelo desenvolvimento do controle através da aplicação Android e da sua interface; o segundo, pelo desenvolvimento da aplicação informática com a sua interface e a implementação do sensor Kinect para controle; o terceiro permite a verificação do correto funcionamento dos sistemas de controle no dispositivo, gerando assim um controle multimodal; e o último objetivo faz a comparação e avaliação dos sistemas para verificar a sua eficiência.

Este projeto tem uma metodologia mista que permite descrever cada avanço e explicar os conhecimentos práticos adquiridos durante o seu desenvolvimento. Espera-se que a sua implementação aumente a quantidade de ferramentas de aprendizagem disponíveis para os estudantes.

Palavras-chave: OPENBOTV V1; Android; Kinect; controle multimodal; braço robótico; sistema de controle.

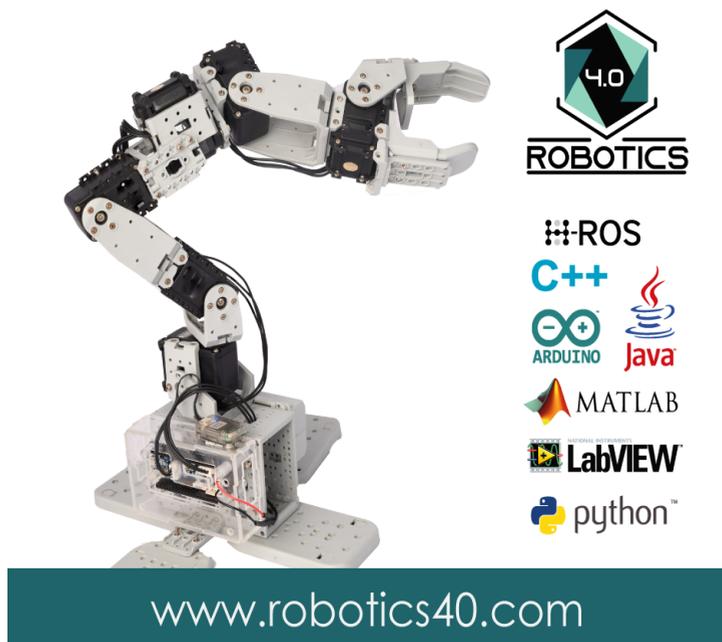
1. Introducción

El proyecto desarrolla el control multimodal, enfocándose en dos tipos de control, para su implementación en el robot educativo OPENBOTV V1 ubicado en el laboratorio de robótica de la Universidad Mariana, mejorando su funcionalidad y convirtiéndose en una herramienta educativa que permita mayor comprensión y utilización por parte de estudiantes y docentes en sus actividades y prácticas, debido a que el brazo robótico OPENBOTV V1, como menciona su fabricante, Robotics4.0, cuenta con la placa microcontroladora Opencm 9.04, que puede ser programada a través de diferentes entornos y lenguajes de programación. A pesar de ello, no cuenta con un sistema de control intuitivo que permita su óptimo funcionamiento y utilización; requiere de conocimientos avanzados y específicos de su sistema de control y configuración, motivo por el cual se les dificulta a los estudiantes su uso en diferentes actividades académicas e investigativas; el conocimiento apropiado de su funcionamiento brindaría una mayor dinámica de su uso dentro las prácticas de laboratorio, siendo éste el motivo por el cual la metodología aplicada es mixta, descriptiva y explicativa, lo que permite la documentación completa del desarrollo para la creación de conocimiento específico, el control y programación de este brazo y el desarrollo de unos controles que sean intuitivos para cualquier persona que interactúe con este dispositivo. Todo esto lleva a la definición de un control multimodal como sistema de control para el brazo, lo que implica que en el control pueden interactuar dos o más sistemas, dependiendo de la configuración del mismo, facilitando al usuario escoger cuál de ellos desea usar para la tarea a realizar.

2. Desarrollo

Problema. El brazo Openbotv V1, como se puede apreciar en la Figura 1, cuenta con la capacidad de ser programado en diferentes entornos y lenguajes, pero esto requiere de un conocimiento específico de la placa Opencm 9.04 y sus características específicas de programación, como los comandos para control de los actuadores, receptores o sensores conectados.

Figura 1
Openbotv v1



Fuente: Robotics 4.0

Como se puede evidenciar, el brazo carece de un sistema de control predeterminado que permita la interacción intuitiva con cada uno de sus componentes, para la ejecución de un movimiento o tarea; por este motivo, se ve la necesidad de crear el sistema de control que permita facilitar su uso, para lo cual, por medio de la investigación planteada, se ha tomado como referencia, interfaces de usuario existentes en el mercado, que son intuitivas y completas, permitiendo el aprendizaje y familiarización con estos sistemas en algunos casos industriales.

Objetivo general: desarrollar una plataforma interactiva para el control multimodal del brazo robótico OPENBOTV V1, implementando estrategias basadas en aplicaciones móviles y el sensor Kinect de Microsoft.

Objetivos específicos:

- Diseñar e implementar el sistema de control inalámbrico utilizando una aplicación Android para el brazo robótico.
- Diseñar e implementar sistema de control del brazo robótico utilizando un sensor Kinect de Microsoft.
- Verificar el correcto funcionamiento del brazo robótico y del control multimodal mediante pruebas de interacción con la plataforma.
- Realizar una comparación de utilidad e interacción de los dos tipos de control y su funcionamiento con los potenciales usuarios

Marco teórico – conceptual

Como definiciones importantes para el desarrollo del proyecto, se debe tener en cuenta que la Organización Internacional de Estándares (ISO, 2012), define a un robot industrial, como un manipulador multifuncional reprogramable con determinados grados de libertad, capaz de manipular y/o emplear materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables, programadas para realizar diversas tareas. Los robots son elegidos según el trabajo que vayan a realizar, ya que los hay para diferentes áreas; se debe tener en cuenta parámetros como: grados de libertad, espacios de trabajo, capacidad de carga, velocidad, repetitividad y precisión. Este proyecto se basó en un brazo antropomórfico que permite ejecutar tareas que requieren de diferentes tipos de movimientos. Los siguientes conceptos permiten la familiarización con el proyecto.

La robótica, en todas sus aplicaciones, integra diferentes disciplinas como la física, álgebra, electrónica, mecánica, informática, ingeniería de control e inteligencia artificial. El control multimodal permite aplicar diferentes sistemas de control para la ejecución de las tareas en el mismo objeto a controlar, posibilitando al usuario, seleccionar de entre ellos, el que se implementará en la tarea. Existen autores que definen diferentes tipos de sensores con sus respectivos fundamentos para el desarrollo de un robot, aplicación Android y la interface con el sensor Kinect, entre los cuales están:

- **Actuadores:** son dispositivos mecánicos que permiten realizar el movimiento o acción por medio de una fuerza o de un conjunto de elementos. Kumar Saha (2008) define que estos son seleccionados, dependiendo del trabajo que van a realizar los dispositivos robóticos, mencionando así los servomotores, que son motores DC con un mecanismo de engranes y un sistema de control. Su ventaja radica en que tener un sistema de engranajes permite obtener más fuerza y, al mismo tiempo, con un circuito de control es mucho más fácil programarlos que, con otro tipo de motores.
- **Detección de Movimiento:** Greg Borenstein (2012) expone una teoría para poder realizar la detección del cuerpo a través de la cámara Kinect y un código de programación en el software de Arduino, explicando que se puede hacer, aplicando funciones trigonométricas.
- **Android:** es un apilado de software para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, middleware y aplicaciones clave; es posible que muchos ya conozcan sus capacidades y otros aspectos (Kumar Saha, 2008).
- **Bluetooth:** es un protocolo de comunicación inalámbrica similar al wifi, pero

limitado a escenarios para aplicaciones de corto rango, alcanzando un rango de aproximadamente diez metros (Ableson, Sen, King y Ortiz, 2011). Emplea radio frecuencia para establecer conexiones entre dispositivos; hoy en día, la mayoría de dispositivos móviles cuenta con uno de estos módulos.

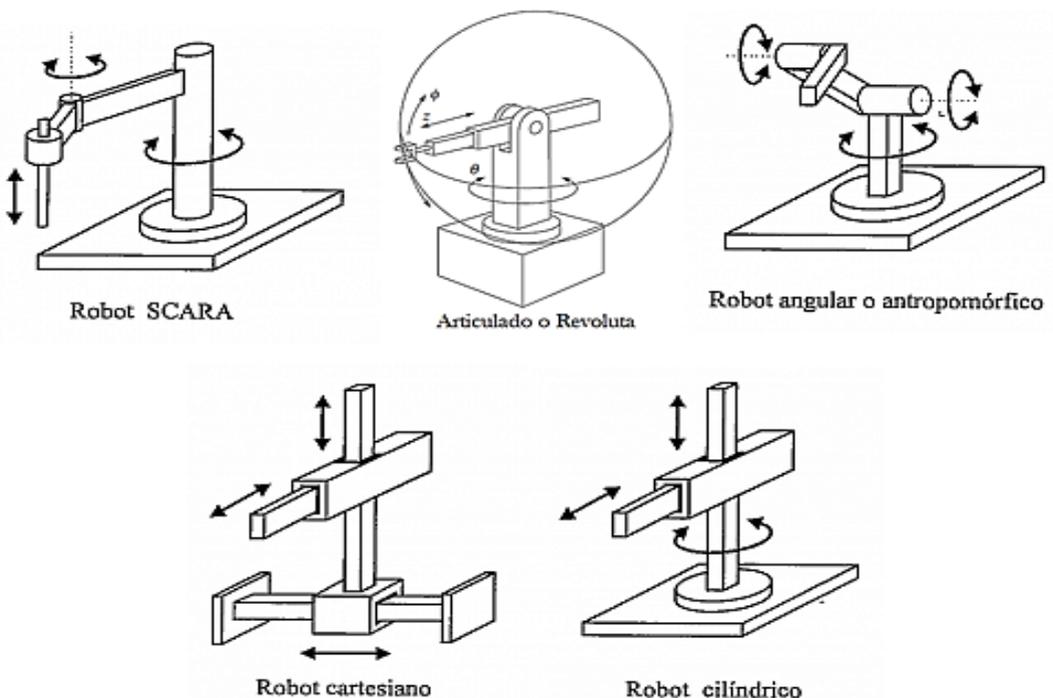
- **Cámara Kinect:** fue lanzada en Norteamérica el 4 de noviembre de 2010 por Microsoft. Bill Gates (citado por Paniagua, 2011) define este sensor como:

Kinect es un notable logro tecnológico. La capacidad de tener cámaras de vídeo, micrófonos multi-matriz y sensores de profundidad que trabajan juntos con el fin de reconocer a las personas, entender y anticipar cómo se mueven, incorporar el reconocimiento de voz y además insertarlos en los juegos, (todo ello a 30 fotogramas por segundo) eso es fenomenal. (párr. 10)

- **Clasificación de los robots.** La utilidad en el mecanismo o sistema de control es determinada por la potencia del software y flexibilidad del robot dentro de los límites del diseño mecánico y la capacidad de los sensores. Los robots son clasificados de acuerdo a su generación, lenguaje de programación, grado de control y de inteligencia. Estas clasificaciones reflejan el potencial del software en el controlador, particularmente, la sofisticada interacción de los sensores en él. El orden histórico de desarrollos en la robótica determina la generación de un robot y, entre su clasificación se encuentra: i) Robots industriales; ii) Robots de usos industriales; iii) Vehículos Guiados Automáticamente (AGV); iv) Robots caminantes y, v) Robots paralelos.
- **Clasificación de los robots por sistema de coordenadas.** Los robots también son clasificados por medio de su *workspace* (volumen geométrico de trabajo) y diseño del brazo, que permite movilizarse en diferentes coordenadas, sin tener en cuenta el efecto final (función). Los más reconocidos se encuentran en la Figura 2.

Figura 2

Sistemas de coordenadas de los robots



Fuente: Aranda (2008).

En este orden de ideas, el brazo robótico a programar cumple con las características del robot angular o antropomórfico, el cual tiene sus tres principales articulaciones de tipo Revolución (y también las restantes), con lo cual utiliza coordenadas angulares para

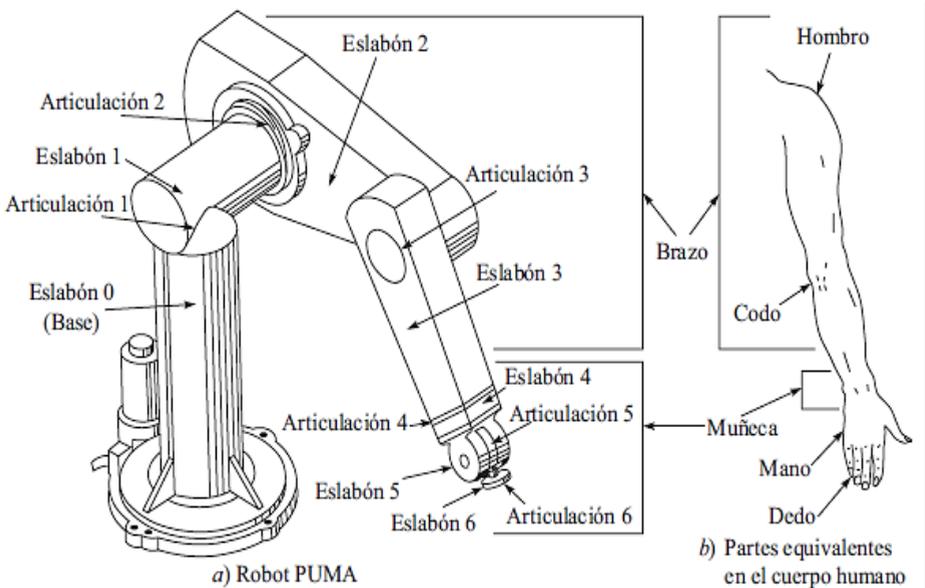
determinar las posiciones de su elemento terminal. Se denomina antropomórfico, debido a que imita los movimientos del brazo humano; el cuerpo corresponde con el primer eje; el brazo con el segundo eje; el antebrazo con el tercer eje y el resto con la muñeca-mano.

Este tipo de robot posee gran maniobrabilidad y accesibilidad; con relación al campo de trabajo que abarca, ocupa poco espacio y es rápido. Debido a sus características, es el modelo más versátil en cuanto a aplicaciones, imponiéndose a los demás, sobre todo, en células de fabricación flexible. En cuanto a inconvenientes, se puede decir que, si trabaja con carga y a velocidades altas, tiene menos precisión que otros modelos, dado que sus articulaciones deben tener juego casi nulo y producen inercias de giro difíciles de compensar, puesto que un pequeño juego angular en posición se amplifica en función de la longitud del eje correspondiente, con lo cual puede causar errores considerables.

Subsistema de movimiento. Es el sistema en el cual están los actuadores y mecanismos que se encargan de accionar el movimiento del robot. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de este subsistema.

Figura 3

Robot PUMA relacionado con las partes del brazo humano



Fuente: Aranda (2008).

Subsistema de reconocimiento. Se puede relacionar con los sentidos del ser humano, ya que se encarga de adquirir y procesar información mediante sensores y un controlador digital; para esto se requiere un convertidor analógico digital (*Analog-digital converter, ADC*), que se puede definir como:

- a. El sensor transductor; es decir, que recibe señales o información y las transmite o convierte en otras señales; tiene la posibilidad de detectar el tacto, la visión, detección de rango, proximidad, navegación, reconocimiento de voz, etc.
- b. La función de los ADC es tomar los valores analógicos o señales que varían en el tiempo, obtenidas desde el sensor, para así ser convertidas en señales digitales que pueden tener dos estados representados en código binario: Alto (1, 5 voltios) o bajo (0 voltios).

Subsistema de control. Se encuentra compuesto por diferentes dispositivos, los cuales se describe a continuación:

- **Controlador digital.** Este dispositivo posee un CPU, una memoria y, a veces, un disco duro, ya que en él se programa y archiva los datos que indican cómo se debe

mover el manipulador y efector final. Aunque tenga las mismas características de un computador, su hardware es más apropiado para realizar la interfaz con un robot. Al procesar la información emitida por el usuario, el controlador envía señales a los actuadores a través de los ADC. Los lenguajes de programación que se utiliza son: BASIC, Fortran, C, C++, entre muchos otros. Se debe tener en cuenta que no todos los robots son programados con el mismo lenguaje; existe una programación llamada 'Karel', que sirve para sistemas robóticos con características específicas.

- **Convertor digital-análogo (DAC).** Funciona al contrario que el ADC. Por lo tanto, su proceso consta en convertir una señal digital que proviene del controlador del robot, a una señal análoga para generar sus movimientos. Al ser tan débiles los comandos del controlador digital en el momento de convertirse en señales análogas, se necesita de un amplificador para poner a funcionar los actuadores del manipulador.

Marco contextual

El proyecto se desarrolla dentro de las instalaciones de la Universidad Mariana (2016), como sede principal; es una institución que cuenta con alrededor de 53 años de recorrido en la educación de los nariñenses. La sede de Alvernia está ubicada a un kilómetro y 200 metros de la universidad, siguiendo la vía a Mapachico desde la ciudad de Pasto; tiene una extensión aproximada de ocho hectáreas y consta de cinco bloques y diez espacios deportivos; cuenta con alrededor de 15 laboratorios activos para el desempeño de diferentes prácticas de distintas carreras en áreas de la salud e ingenierías; estos laboratorios tienen herramientas y maquinarias adecuadas para el desempeño de diversos procesos de aprendizaje e investigación en múltiples áreas como, análisis de suelos, ingeniería civil, procesos de manufactura, ingeniería mecatrónica, obtención de curvas de caudal y altura en bombas centrífugas, ingeniería de procesos, diagnóstico y tratamiento de pacientes, fisioterapia, entre otros.

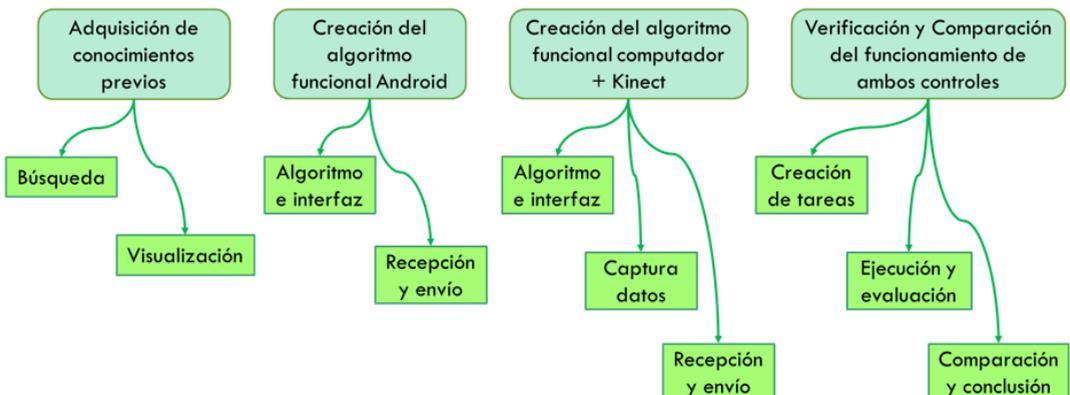
Entre los laboratorios de ingeniería se encuentra el laboratorio de robótica y control, donde reposan los dispositivos robóticos con los cuales se puede trabajar, entre ellos, el brazo robótico Openbotv v1, siendo el dispositivo principal con el que se va a desarrollar el proyecto y, el laboratorio, el sitio principal para el desarrollo y pruebas del correcto funcionamiento del proyecto.

3. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una serie de pasos descritos en la matriz metodológica de la Figura 4, que permite separar y dividir cada objetivo en subtarefas que faciliten alcanzar en plenitud la meta propuesta para el desarrollo del proyecto. La investigación a abordar en este proyecto es la investigación mixta, la cual permite, por medio de la metodología descriptiva y explicativa, demostrar detalladamente el desarrollo del proceso y explicación de los fundamentos y resultados obtenidos.

Figura 4.

Matriz metodológica



Como se puede apreciar, se ha establecido una serie de actividades basadas en los objetivos específicos, que permiten ejecutar las tareas pertinentes a cada uno de estos, dividiendo cada etapa en pasos específicos a desarrollar, lo cual ha facilitado el desarrollo del proyecto y cumplimiento de los objetivos planteados. Hasta el momento, se ha alcanzado el primer objetivo, por lo cual se tiene como resultados esperados, la completa funcionalidad del control multimodal.

4. Conclusiones

La aplicación de nuevos conocimientos de la mecatrónica, orientados a la realidad virtual, el análisis de datos, la visión artificial y la inteligencia computacional, en el ejercicio académico y productivo, mejora los procesos y actividades realizadas por máquinas y robots, como es el caso del laboratorio de Alvernia, donde se incorpora el control multimodal al brazo robótico, haciendo que el estudiante adquiera destrezas y competencias en la aplicación de tecnología.

El desarrollo de una plataforma interactiva para el control multimodal del brazo robótico utilizando aplicaciones móviles y el sensor Kinect de Microsoft, permite visualizar la necesidad de ingenieros para la solución de problemáticas del contexto.

Es importante determinar que la investigación permite solucionar requerimientos de las empresas a diferentes escalas, en la cual se identifica el mejor método de aplicación y articulación a los problemas detectados.

Desarrollar procesos tecnológicos desde la universidad, aumenta el desempeño laboral y profesional del egresado de ingeniería mecatrónica, debido a que hay una interacción con el sector productivo y académico.

Referencias

- Ableson, W., Sen, R., King, C. y Ortiz, E. (2011). *Android in action* (3rd ed.). Manning.
- Aranda, J.J. (2008). Introducción a la robótica y componentes del robot. <http://slideplayer.es/slide/2261813/>
- Borenstein, G. (2012). *Making Things See: 3D vision with Kinect, Processing, Arduino, and MakerBot*. O'Reilly.
- Kumar Saha, A. (2008). A developer's first look at Android. <https://androidcode.tistory.com/attachment/495f58525fcf7D0.pdf>
- Organización Internacional de Estándares (ISO). (2012). ISO 8373. Robots and robotic devices. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en:term:2.2>
- Paniagua, S. (2011). Kinect, un gran avance para la humanidad y la cultura hacker. <http://www.sorayapaniagua.com/1/12/27/kinect-un-gran-avance-para-la-humanidad-y-la-cultura-hacker/>
- Robotics 4.0. (2019). Openbotv-v1. <https://robotics40.com/openbotv-v1/>
- Universidad Mariana. (2016). Planta física. <http://www.umariana.edu.co/pedagogia/DOCUMENTOS-INSTITUCIONALES/VIC.%20ADMINISTRATIVA%20Y%20FINANCIERA/RECURSOS%20EDUCATIVOS/Planta%20Fisica.pdf>