

A prototype of autonomous guidance system using NFC cards

Núñez M., Vanessa., Galagarza, Leocadio
{vanessa.nunez1,leocadio.galagarza}@utp.ac.pa

Profesor Asesor: Cristian Pinzón Trejos, Ph. D en Informática con especialidad en Sistemas Inteligentes Universidad Tecnológica de Panamá, C.R. de Veraguas, Santiago, cristian.pinzon@utp.ac.pa

Abstract— Recent technological advancements in safety issues have necessitated the implementation of an intelligent video surveillance system, an area that is constantly evolving and a subject requiring research and periodic updation. This system offers us the possibility of not exposing human resources in the case of danger. The main objective of intelligent video surveillance systems is to alter the person in charge of operating the system to intervene or issue notice to the corresponding authorities. This problem is increasing at public institutions level due to the constant criminal events in our country. At the Technological University of Panama, C.R. de Veraguas, there are currently no technological tools to support the task of the safety department. In this article, a strategy of developing a prototype of an autonomous video surveillance system is proposed. Tests will be conducted as part of a case study on the Regional Center of Veraguas. This article proposes a strategy of automatic guidance of a video surveillance system, where the most important aspects for its development are exposed. Some automatic guidance strategies available in the literature are described in addition to the available technologies and hardware. Finally, the results of the automatic guidance strategy are presented through the use of NFC cards.

Keywords– *Autonomous, safety, expert systems, video surveillance, intelligent, automatic guidance.*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.293>
ISBN: 978-0-9993443-0-9
ISSN: 2414-6390

Prototipo de Sistema de Guiado Autónomo Mediante la Utilización de Tarjetas NFC

Núñez M., Vanessa., Galagarza, Leocadio
{vanessa.nunez1,leocadio.galagarza}@utp.ac.pa

Profesor Asesor: Cristian Pinzón Trejos, Ph. D en Informática con especialidad en Sistemas Inteligentes
Universidad Tecnológica de Panamá, C.R. de Veraguas, Santiago, cristian.pinzon@utp.ac.pa

Resumen— Con los recientes avances tecnológicos en tema de seguridad se ha visto la necesidad de implementar un sistema de videovigilancia inteligente, área en la cual se está en constante evolución y es tema de investigación y periódica actualización, estos sistemas nos brindan la posibilidad de no exponer recursos humanos en caso de peligro. El principal objetivo de estos sistemas de videovigilancia inteligente es el de alertar a la persona a cargo de operar el sistema para que intervenga o de aviso a las autoridades correspondientes. Problema de seguridad a nivel de las instituciones públicas cada vez más frecuente debido a los constantes sucesos delictivos en nuestro país. En la Universidad Tecnológica de Panamá, C.R. de Veraguas, actualmente no se cuenta con herramientas tecnológicas que permitan apoyar la tarea del departamento de seguridad. En este artículo se plantea una estrategia de guiado de un prototipo de un sistema de videovigilancia autónomo. Las pruebas se realizarán teniendo como caso de estudio el Centro Regional de Veraguas.

En este artículo se plantea una estrategia de guiado automático de un sistema de videovigilancia, donde se exponen los aspectos más importantes para su desarrollo. Se describen algunas estrategias de guiado automático disponibles en la literatura, así como tecnologías y hardware disponible. Al finalizar se presentarán resultados acerca del guiado automático mediante la utilización de tarjetas NFC.

Índice de Términos— Autónomo, Seguridad, Sistemas Expertos, Videovigilancia Inteligente, Guiado Automático.

I. INTRODUCCIÓN

En Panamá, cada día se registran un sin número de hurtos, agresiones y demás, tanto en propiedades públicas como privadas, por lo que las universidades no escapan de la delincuencia.

Los sistemas de seguridad en las entidades públicas no siempre son los más efectivos y hasta pueden resultar ser peligroso para el personal de vigilancia, ya que se han registrado casos de agresión hacia estas personas.

En los últimos años ha habido un desarrollo creciente en el campo de los sistemas inteligentes de videovigilancia. Estos logran detectar, reconocer y seguir objetos de manera automática a partir de secuencias de imágenes obtenidas por una cámara [1]. Esta área tiene una amplia diversidad de potenciales aplicaciones como la seguridad en edificios, vigilancia de tráfico en ciudades y carreteras, control de fronteras [2, 3, 4 y 5].

Una de las aplicaciones más importantes de estos sistemas es detectar intrusos en zonas de seguridad. Para ello, dichos sistemas suelen utilizar estrategias basadas en la detección de movimiento en la escena [6].

Estas estrategias se basan en su gran mayoría a detectar cambios en las imágenes, que pueden generar falsos positivos. Estos se producen por el cambio de iluminación, o movimiento brusco lo que provoca que no se pueda distinguir la imagen y a su vez que no coincida con los puntos de las imágenes en el registro ya establecido.

Gracias a la evolución de los ordenadores y la disponibilidad de cámaras de vídeo baratas y de alta calidad ha sido posible la consideración de modelos complejos en tiempo real de situaciones de la vida cotidiana. Sin embargo, el principal problema en la automatización de la detección y el seguimiento de personas radica en la dificultad de modelar una persona y las actividades que puede realizar, debido



Figura 3. Sección B del recorrido del robot de videovigilancia



Figura 4. Sección C del recorrido del robot de videovigilancia

III. ESTRATEGIA PROPUESTA: SISTEMA DE GUIADO AUTÓNOMO A TRAVÉS DE TARJETAS NFC

El objetivo de este sistema de guiado es indicarle al robot de videovigilancia el recorrido que tiene que realizar dentro del área de recorrido seleccionada considerando los obstáculos del entorno y el ambiente nocturno.

2.1. Componentes:

El sistema de guiado autónomo está compuesto por los siguientes componentes:

2.1.1. Raspberry PI 3: Ordenador de placa reducida que tendrá la tarea de recibir los datos obtenidos por medio de los diversos sensores y cámaras que tendrá el robot, para realizar su procesamiento y generar la siguiente acción a realizar.

15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education”, 19-21 July 2017, Boca Raton FL, United States.



Figura 5. Raspberry PI 3.

2.1.3. Raspberry PI Cámara: El módulo de la cámara Raspberry Pi es un add-on de diseño personalizado para Raspberry Pi, es el encargado de capturar las imágenes para luego enviarla al Raspberry PI 3 a la cual está conectada.



Figura 6. Raspberry PI Cámara.

2.1.4. Cámara de visión nocturna: Esta cámara permite reducir falsos positivos y permite la visión en lugares con poca luz.



Figura 7. Cámara de visión nocturna para Raspberry.

2.1.6. Tarjeta NFC: Es una placa que irá indicando el camino trazado al robot.



Figura 8. Tarjeta NFC.

2.1.7. Sensor Ultrasónico: Estos sensores deben ser capaces de medir las distancias entre objetos durante el recorrido.



Figura 9. Sensor Ultrasónico.

2.1.8. Controlador para Motores: Este controlador será el encargado de actuar como puente entre el Raspberry Pi y los motores del robot.

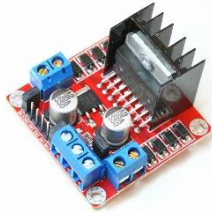


Figura 10. Controlador para motores.

2.1.9. Giroscopio y Acelerómetro: Este sensor será el encargado de medir la velocidad de rotación angular y la inclinación del robot para obtener una mayor precisión en su recorrido.

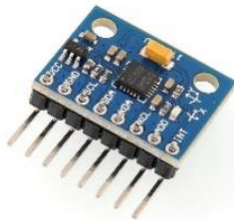


Figura 11. Módulo Giroscopio y Acelerómetro

IV. COMPARATIVA DE SISTEMAS DE GUIADO

Existen múltiples sistemas de guiado entre los que podemos mencionar están [10]:

- Sistema de guiado láser por reflectores.
- Sistema de guiado láser por contorno
- Sistema de guiado por puntos magnéticos
- Sistema combinados (láser + puntos magnéticos)
- Sistema combinados (láser + láser de contorno)
- Sistema de guiado por banda magnética
- Sistema combinados (Láser + banda magnética)
- Sistema combinados (Láser + filoguiado)
- Sistema de guiado óptico
- Sistema de guiado por visión artificial

En la tabla 1. Se presenta una comparativa de los sistemas de guiado incluyendo el sistema guiado con tarjetas NFC.

Tabla 1. Cuadro comparativo de los sistemas guiados existentes.

Características	Sistema de guiado óptico	Sistema de guiado láser por contorno	Sistema de guiado por banda magnética	Sistema propuesto con tarjeta NFC
Entorno de trabajo	Área de producción y logística	Área de producción y logística	Área de producción y logística	Utilizado en múltiples entornos de trabajo.
Complejidad	El sistema óptico recorre un trazado de una línea, consiguiendo una circulación suave en las curvas, sin ruidos ni vibraciones, con ayuda de cámaras.	Es difícil atravesar túneles. Necesita siempre, por lo menos, tres de las balizas para determinar su posición.	Parada condicionada. Cambio de velocidad. Estado del pin de acople. Seguir recto, girar derecha, girar izquierda. Cambio mapa seguridad. Estado de los relés.	Colocación de las tarjetas en puntos estratégicos. Velocidad de los motores reducida para lograr leer el código de cada tarjeta que le indicará la dirección.
Precisión	Nivel de precisión alto	Nivel de precisión alto	Nivel de precisión alto	Nivel de precisión alto
Aplicación	Para el transporte de personas, gran aplicaciones en trenes.	Para movimiento de cargas.	Para movimiento de cargas.	Utilizados para enviar y recibir datos a corta distancia, tiene gran variedad de usos.

Para la realización de este trabajo se han tomado como caso de estudio el sistema guiado óptico, por puntos magnéticos, con láser por contorno y el sistema guiado con tarjetas NFC.

Las principales entradas sensoriales son los datos recolectados por el lector NFC y el módulo del giroscopio. Mediante estos mecanismos el sistema adquiere los datos para controlar los accionadores del robot.

La instrumentación necesaria para el guiado incluye una Raspberry Pi, que actuará como centro de control, un lector NFC, un módulo de giroscopio y acelerómetro, sensores ultrasónicos, sistema de visión y el controlador para los motores. En la siguiente figura se muestra el sistema de control desarrollado para coordinar el funcionamiento de los dispositivos.

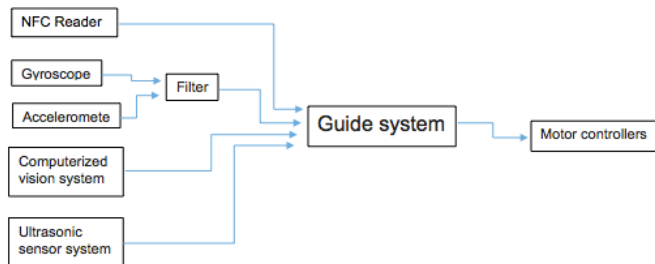


Diagrama 1. Sistema de Guiado

El sistema de guiado del robot se modela mediante la implementación de reglas y variables borrosas que corrigen las desviaciones en la trayectoria y velocidad del robot. Esto se consigue comparando los datos obtenidos por los sensores ultrasónicos y el módulo del giroscopio acelerómetro con la posición indicada por la lectura del módulo del NFC.

El sistema incluye una interfaz de comunicación con una base de datos para guardar los registros de los sensores y una interfaz de usuario para interactuar con los encargados de los robots.

V. PRUEBA DEL SISTEMA DE GUIADO AUTÓNOMO.

Una vez definido el sistema de control para manejar los accionadores del robot es necesario recopilar información sobre cómo sería la corrección de la dirección de un vehículo realizada por una persona, para poder emular ese comportamiento dentro del sistema de control.

Conociendo la posición de las tarjetas NFC sobre la trayectoria que debe recorrer el robot. La implementación del módulo de lectura NFC permitirá al robot saber en qué parte de la ruta está. Sin embargo, para superar los problemas de precisión que pueda presentar el robot, es preciso añadir sensores complementarios para lograr un desplazamiento más preciso sobre la ruta.

En nuestro caso, hemos añadido los sensores del giroscopio y del acelerómetro. Con estos datos

podemos obtener la posición del robot con respecto a la ruta trazada en el suelo.

El módulo elegido para la lectura NFC es el RFID-RC522. El RC522 utiliza un sistema avanzado de modulación y demodulación para todo tipo de dispositivos pasivos de 13.56Mhz [11]. Este módulo estará situado en la parte inferior del robot, para poder realizar la lectura de las tarjetas situadas a lo largo del camino trazado en el suelo.

A partir de los valores obtenidos en la lectura, el robot debe saber cuál es el próximo punto de control del recorrido. Para mantener el robot alineado con la ruta se ha elegido el módulo MPU-6050, es una IMU de 6DOF. Esto significa que lleva un acelerómetro y un giroscopio, ambos de 3 ejes (3+3 = 6DOF) [12]. Con los datos obtenidos del módulo del giroscopio y acelerómetro, el sistema debe poder corregir la orientación y alineación del robot sobre la ruta trazada. Para corregir las interferencias sobre el acelerómetro se utilizará el filtro de Complementario o Complementary Filter [13].

El Filtro Complementario es en realidad una unión de dos filtros diferentes: un High-pass Filter para el giroscopio y un Low-pass Filter para el Acelerómetro. El primero deja pasar únicamente los valores por encima de un cierto límite, al contrario que el Low-pass filter, que sólo permite a los que están por debajo [13].

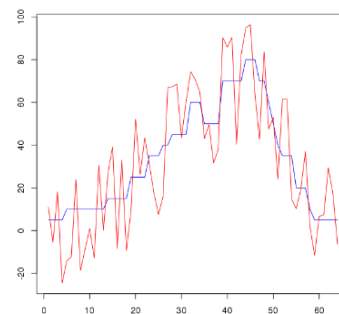


Figura 12. Datos del acelerómetro. La línea roja representa la medición real y la línea azul la medición ideal.

La fórmula resultante de combinar (complementar, de aquí el nombre) los dos filtros es:

$$\text{Ángulo} = 0.98 * (\text{Ángulo} + \text{ÁnguloGyro} * \Delta t) + 0.02 * \text{ÁnguloAccel}$$

Dónde ÁnguloGyro es el ángulo del Giroscopio que hemos calculado previamente, y ÁnguloAccel

con el ángulo del Acelerómetro calculado con la fórmula de la tangente. Δt es el tiempo que ha pasado (en segundos) desde la última vez que se ha calculado el filtro. Esta fórmula es la misma para el eje X, Y.

Una vez obtenidos los valores filtrados del módulo MPU-6050, se procede a realizar la verificación de las reglas para completar el alineamiento del robot.

Para la verificación de las reglas, primero se definió (subjetivamente) la velocidad de desplazamiento del robot: baja, alta, etc. Esto con el fin de especificar las funciones pertenecientes al conjunto difuso.

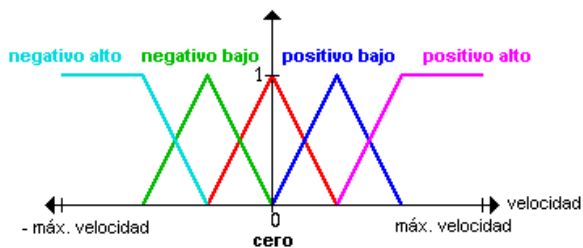


Figura 13. Definición subjetiva de la velocidad de desplazamiento.

Este cálculo se realizó con el ángulo de desvío y el ángulo de corrección y velocidad de corrección.

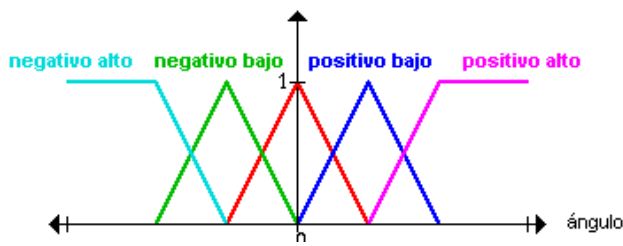


Figura 14. Definición subjetiva del ángulo de desplazamiento.

Con el fin de ejemplificar lo que se describe en los puntos anteriores se procedió a definir algunas reglas para situaciones concretas. En el primer caso se considera que el robot se está desplazando a una velocidad media y su ángulo de desplazamiento es cero, por lo tanto, su ángulo de corrección y su velocidad de corrección serán cero. Esta sería la situación ideal por lo tanto el robot continúa su desplazamiento de forma normal.

En el segundo caso la velocidad de desplazamiento es media y el ángulo de desvío es

positivo bajo, entonces su velocidad de corrección es media y su ángulo de corrección es negativo bajo. Naturalmente lo que se busca es volver a tener el robot alineado.

De esta forma se ha constituido dos reglas que pueden ponerse en una forma más formalizada como esta:

- Si el ángulo es cero y la velocidad de desplazamiento es media entonces la velocidad de corrección y el ángulo de corrección serán cero.
- Si el ángulo es positivo bajo y la velocidad de desplazamiento es media entonces la velocidad de corrección es media y el ángulo de corrección será negativo bajo.

Con el fin de evitar afectación hacia el robot o las personas que se puedan cruzar en su recorrido, el sistema contará con un sistema de visión computarizada y sistemas de sensores ultrasónicos.

El sistema de visión computarizado contará de dos cámaras, una cámara estándar para condiciones de alta luminosidad y una cámara infrarroja para condiciones de baja luminosidad, la implementación de ambas cámaras permitirá reducir los falsos positivos a la hora de identificar si existe algún elemento al frente de robot. Para realizar el procesamiento de las imágenes el sistema utilizará algoritmos provistos por OpenCV [14], que nos es más que un conjunto de librerías para el procesamiento de imágenes.

Los sistemas de sensores ultrasónicos del dispositivo se utilizan para determinar a qué distancia se encuentran los objetos con respecto al robot.

Las mezclas de estos dos sistemas permiten evitar que el robot pueda perder su ruta establecida y que se pueda ver afectado por algún elemento externo.

VI. RESULTADOS

Luego de realizar las pruebas del sistema con el lector NFC sólo y con el lector NFC junto al módulo del giroscopio. Se obtuvieron resultados muy positivos del sistema de guía planteado.

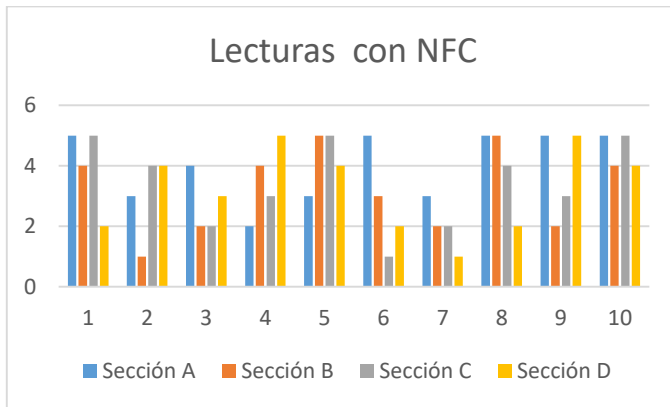


Gráfico 1. Gráfico de lecturas con el NFC unicamente.

Como se observa en la figura la tasa de lectura de las tarjetas NFC fue bastante bajo en algunas de las secciones, en las que se dividió el circuito de estudio, esto se debió a las diferentes condiciones en las que se encontraba el área. No obstante con la implementación del módulo, que contiene un giroscopio y acelerómetro, los resultados fueron mejores sin tener en cuenta las condiciones del área. Los resultados de las pruebas con el módulo se presentan en el siguiente gráfico.

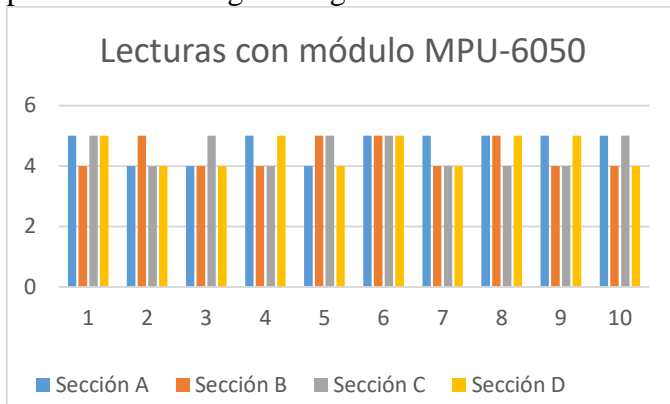


Gráfico 2. Gráficos de lectura con el NFC y el módulo MPU-6050.

Al comparar los resultados de ambas pruebas se pudo ver como aumentaba la tasa de lectura para cada una de las secciones del circuito, en el siguiente gráfico se muestra cuanto se incrementó el porcentaje de acierto en las lecturas.

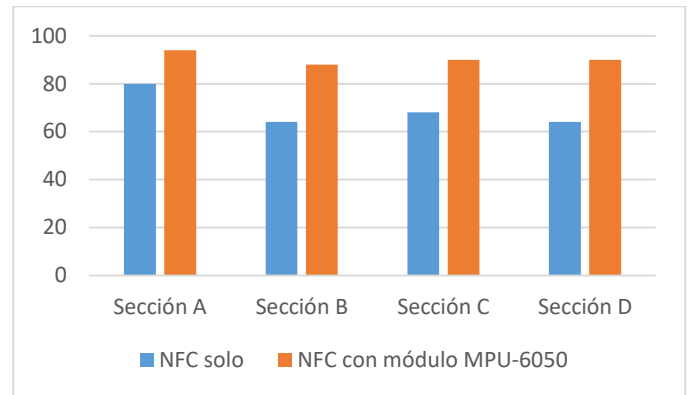


Gráfico 3. Comparación entre las formas de lectura.

VII. CONCLUSIONES

El problema de la seguridad de las instalaciones públicas y privadas es crucial para proteger los bienes, y cada estrategia nueva de seguridad ayuda a persuadir a los amigos de los ajeno de sus intenciones.

En este trabajo se presentó una estrategia de guiado automático para un robot autónomo de videovigilancia, considerando que uno de los componentes complejos es el guiado y ubicación del robot en su recorrido.

Importante resaltar del proyecto presentado como aporte:

- Una estrategia de guiado por NFC que puede resultar interesante para ciertos entornos y sobre todo de bajo costo respecto a otras estrategias.
- Es posible adaptar otros complementos al guiado NFC para mejorar la precisión del recorrido del robot.
- Se propone una estrategia de guiado autónomo en un entorno de seguridad que puede ser aplicado a otros entornos tales como en líneas de producción, empresas, hospitales sin necesidad de grandes cambios en las instalaciones.
- Los resultados obtenidos a través de un prototipo desarrollado indica que la estrategia de guiado es viable.

Con el trabajo propuesto, bajo el enfoque de Seguridad en las instalaciones y la utilización de tecnología de bajo costo, se abrieron nuevas líneas de investigación. En el caso que nos ocupa de construir un prototipo móvil y autónomo de videovigilancia se ha indagado acerca de las

estrategias de navegación, visión artificial, reconocimiento de patrones y concepto de sistemas expertos. Se requiere ampliar la investigación propuesta para nuevos resultados.

RECONOCIMIENTOS

Agradecer al Centro Regional de Veraguas, Universidad Tecnológica de Panamá por facilitar las instalaciones para el desarrollo del proyecto propuesto.

REFERENCIAS

- [1] M. Valera and S. Velastin, *Intelligent distributed surveillance systems: a review*, 2nd ed. United Kingston: Kingston University, UK, 2005, p. 152.
- [2] N. Ronetti and C. Dambra, *Multimedia Video Based Surveillance Systems*, 1st ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000, pp. 13-20.
- [3] A. Pellegrini and P. Tonani, *Advanced Video-based Surveillance Systems*, 1st ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [4] A. Pozzobon, G. Sciutto and V. Recagno, *Advanced Video-based Surveillance Systems*, 1st ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [5] R. Evans and E. Brassington, *Video Motion Processing For Event Detection And Other Applications*, 1st ed. Inglaterra: IEE Annual Conference on Visual Image Engineering, 2003.
- [6] F. Nilsson, *Intelligent network video*, 1st ed. Axis Communications, 2008.
- [7] E. Garzón G., "Análisis de imágenes: Sistema de Seguimiento de Personas", Lic., Universidad Pontificia Comillas, 2010.
- [8] J. Ojeda and E. Pineda, "AGV (Vehículo Automáticamente Guiado). Implementación de Sistema de control Retroalimentado utilizando sensores", *Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, 2017. [Online]. Available: [http://AGV \(Vehículo Automáticamente Guiado\). Implementación de Sistema de control Retroalimentado utilizando sensores](http://AGV (Vehículo Automáticamente Guiado). Implementación de Sistema de control Retroalimentado utilizando sensores). [Accessed: 05- May- 2016].
- [9] J. Moreno V. and L. Ribas-Xirgo, "Vehículos-Robot de Guiado Automático para Almacenes y Plantas de Manufacturación", *Depósito digitales de documentos UAB*, 2012. [Online]. Available: https://ddd.uab.cat/pub/treecpro/2012/hdl_2072_212656/PFC_JoseMiguelMorenoVillafranca.pdf. [Accessed: 05- Jun- 2016].
- [10] E. San José, "Desarrollo de un sistema HMI para un almacén automatizado.", Licenciatura, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, 2012.
- [11] "Arduino Playground - MFRC522." [Online]. Available: <http://playground.arduino.cc/Learning/MFRC522>. [Accessed: 14-Dec-2016].
- [12] "Arduino Playground - MPU-6050." [Online]. Available: <http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>. [Accessed: 14-Dec-2016].
- [13] L. Llamas, "Medir la inclinación con IMU, Arduino y filtro complementario", *Luis Llamas*, 2017. [Online]. Available: <https://www.luisllamas.es/medir-la-inclinacion-imu-arduino-filtro-complementario/>. [Accessed: 05-Sep- 2017].
- [14] OpenCV.org. (2017). *OpenCV library*. [online] Available at: <http://opencv.org> [Accessed 6 Aug. 2016]