

# Tecnologías bluetooth aplicadas al control de vehículos terrestres no tripulados para aspersión de agroquímicos en plantas ornamentales

Omar Cristian **Vargas-González**<sup>1</sup>

Nicandro **Farías-Mendoza**<sup>1</sup>

Eduardo **Flores-Gallegos**<sup>1</sup>

Carlos Enrique **Maciel-García**<sup>2</sup>

Ernesto **Cárdenas-Zanabria**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Colima  
Departamento de Posgrado en Sistemas Computacionales  
Av. Tecnológico 1, Villa de Alvarez Colima, CP 28000.  
MEXICO.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán  
Departamento de Electrónica e Instrumentación  
Av. Tecnológico 100, Ciudad Guzman Jalisco, CP 49100.  
MEXICO.

correos electrónicos (emails): cristian.vargas@itcolima.edu.mx  
nfarias@itcolima.edu.mx  
g154600@itcolima.edu.mx  
cemaciel@itcg.edu.mx  
ernezt56@hotmail.com

Recibido 13-12-2016, aceptado 24-03-2017.

## Resumen

La aplicación de innovaciones científicas y tecnológicas en la agricultura es conocida como "agricultura de precisión". Un ejemplo de estas aplicaciones es la utilización de desarrollos tecnológicos como los vehículos terrestres no tripulados (UGV) para la realización de diversas actividades de la agricultura, en este ámbito, México presenta escaso desarrollo, por lo que algunas de estas actividades de producción todavía son realizadas artesanalmente o con maquinaria obsoleta. En este artículo se desarrolló el prototipo de un vehículo terrestre no tripulado operado a distancia para la aplicación de agroquímicos en viveros de plantas ornamentales. Para la construcción de este vehículo se requirió el desarrollo de un sistema de control de conducción que utiliza las consignas enviadas desde una aplicación instalada en un smartphone o una tableta utilizando bluetooth para la comunicación y el control a distancia de los actuadores electromecánicos del

vehículo, de tal manera que se realicen recorridos y se ejecute la aplicación segura de agroquímicos por aspersión en plantas de ornato, reduciendo drásticamente la exposición humana a sus elementos químicos nocivos.

**Palabras clave:** agricultura de precisión, vehículo no tripulado terrestre (UGV), bluetooth.

## Abstract (Bluetooth Technologies Applied for Control of Unmanned Ground Vehicles (UGV) for Agrochemicals Aspersation on Ornamental Plants)

The application of scientific and technological innovations on agriculture is known as "precision agriculture". An example of these applications is the utilization of Unmanned Ground Vehicles (UGV) for diverse agricultural activities, in this scope, Mexico lacks of development on this matter, as a result some of these activities of production are still handcrafted or using obsolete machinery. In this paper was developed the prototype of an unmanned terrestrial vehicle remote operated for safe application of agrochemicals in ornamental plants vivariums. The construction of this vehicle required the development of a driving control system that receives instructions from a smartphone or tablet app using Bluetooth for communicating and signaling actions remotely to the electromechanical actuators of the vehicle in such a way that routes are realized executing the main task of agrochemicals safe spraying on ornamental plants. This research contributes with a succinct design approach on control systems for UGVs utilizing Bluetooth communication technologies obtaining as a result full driving control of the unmanned vehicle, additionally, because of using a recreational tractor vehicle as the motored powerbase and other electronic low cost components, makes it more affordable to agricultural activities compared to other similar proposed developments.

**Index terms:** precision agriculture, Unmanned Ground Vehicle (UGV), bluetooth.

## 1. Introducción

En los últimos años, la agricultura ha experimentado el desarrollo de avances tecnológicos y nuevos métodos estratégicos y

de producción. Esta especialización tecnológica de la agricultura es llamada en la actualidad agricultura de precisión, esto es: el manejo de la variabilidad agrícola para mejorar los beneficios económicos y reducir el impacto tecnológico en el medio ambiente [1].

Los principales beneficios de la agricultura de precisión son:

- Una mejor gestión de la producción y una optimización de recursos humanos.
- Permite reducir costes al hacer un uso más racional de los insumos agrícolas.
- Mejora la rentabilidad de los cultivos y disminuye el impacto ambiental, ya que la aplicación de agroquímicos es dirigida y ajustada a los requerimientos reales de cultivo.

En la actualidad, la integración de tecnologías en los procesos de cultivos es indispensable pues presentan una gran oportunidad de aumentar la calidad y producción de las plantas, automatizar procesos y así como de eficientar de los recursos disponibles para su producción. Nuevos conceptos se están desarrollando para permitir que la automatización agrícola prospere y pueda entregar todo su potencial. En algunos aspectos, esto requiere cambios de paradigmas. La automatización avanza de forma gradual, de tal manera que los nuevos dispositivos mejoran a sus predecesores, este ha sido un enfoque exitoso pero ignora otras alternativas de solución al mismo problema y en ese aspecto emerge una oportunidad que los científicos están estudiando para cambiar la automatización de las labores agropecuarias con grandes maquinarias, por nuevas máquinas inteligentes de pequeñas dimensiones [2].

Un ejemplo de esta aplicación de avances tecnológicos en la agricultura es el uso de vehículos no tripulados para la realización y automatización de diversas tareas de producción en el campo. En los últimos años, la utilización de estos vehículos terrestres no tripulados en la agricultura de precisión se ha desarrollado vertiginosamente. Países como Colombia [3], España [4], China [5], Estados Unidos [6] e India [7], entre otros, realizan importantes innovaciones en el campo de los vehículos terrestres no tripulados para la realización de diversas actividades de agricultura tales como el nivelado del terreno, detección de hierbas, irrigación y dispersión de agroquímicos. En México, como en el caso de los demás países en vías de desarrollo, las actividades agropecuarias se han caracterizado por ser artesanales con un escaso aprovechamiento de la tecnología y muchas veces con actividades agrícolas de subsistencia [2], por tal motivo, la existencia de vehículos terrestres no tripulados para la realización de actividades en la agricultura es prácticamente nula.

Los vehículos no tripulados son herramientas que no llevan piloto o son controladas remotamente. Adicionalmente pueden portar cámaras, sensores e incluso armas [8]. Los vehículos no tripulados serán los dispositivos más importantes al servicio de la humanidad en el futuro cercano. Se clasifican en 4 tipos: vehículos submarinos no tripulados (*Unmanned Underwater Vehicles*, UUV), vehículos marinos no tripulados (*Unmanned Surface Vehicles*, USV), vehículos aéreos no tripulados (*Unmanned Aerial Vehicles*, UAV) y los vehículos terrestres no tripulados (*Unmanned Ground Vehicles*, UGV) [9]. Estos vehículos son utilizados actualmente en diversos ámbitos como: el militar, la inspección y vigilancia de líneas eléctricas y de tuberías, el patrullaje de fronteras, las misiones de rescate, el monitoreo de regiones, la búsqueda de petróleo y gas natural, la prevención de incendios, la topografía y desastres naturales, la agricultura, la entrega de paquetes, etcétera [10]. Además, estos vehículos pueden ser usados en algunas situaciones que incluyan algún riesgo de seguridad para los seres humanos [11].

Un vehículo terrestre no tripulado (UGV) es un vehículo operando en contacto con la tierra, cargando equipo o materiales y suplementos, sin presencia humana a bordo [12]. Generalmente, hay dos clases de vehículo terrestres no tripulados (UGV): los operados remotamente y los vehículos autónomos. Un vehículo terrestre no tripulado de operación remota es aquel que realiza acciones con base en las instrucciones dadas por un operador en un lugar remoto a través de un enlace de comunicación. Todos los movimientos son determinados por el operador de acuerdo a información sensorial de entrada como puede ser observación en línea de visión o video cámaras digitales. Por otra parte, un vehículo autónomo utiliza inteligencia artificial (IA) en todo su curso de acciones [13].

En los vehículos autónomos operados remotamente, el control remoto puede llevarse a cabo vía infrarrojo, radiofrecuencia RF (bluetooth, Wi-Fi) o tecnología GSM [14], cada una de estas tecnologías de comunicación tienen diferentes características que las hacen más idóneas para cierto tipo de aplicación. Mientras que los sistemas de comunicación infrarrojo no pueden proveer comunicación a través de obstáculos y los sistemas de radio frecuencia tienen un área de trabajo limitada, la tecnología GSM se sobrepone fácilmente a estas limitaciones [15], sin embargo, al depender completamente de la disponibilidad y cobertura de la red mundial GSM en el lugar donde se utilice, la convierte en una opción tecnológica no viable para el vehículo aquí propuesto, puesto que está destinado principalmente para su uso en zonas rurales remotas, donde existe poca o nula cobertura del servicio GSM.

De acuerdo a las características del ambiente de trabajo (zonas rurales en su mayoría) y a las necesidades de comunicación donde se utilizará el vehículo terrestre no tripulado se propone el establecimiento de una red móvil de comunicación de bajo costo para el intercambio de información de control entre solo dos dispositivos (punto a punto, operador a distancia máxima de 50 m), así como la facilidad de poder utilizar casi cualquier dispositivos móvil comercial como tabletas o teléfonos celulares para el control del vehículo terrestre no tripulado propuesto, se designó el protocolo de comunicación bluetooth como el más adecuado en este proyecto. La tecnología bluetooth está diseñada como una solución de conectividad de corto alcance para dispositivos electrónicos personales y portátiles [16]. Es una propuesta de especificación disponible públicamente para radiofrecuencia (RF), de rango corto, para la transferencia punto a multipunto de voz y datos; también soporta conexiones punto a punto. Opera en la banda de 2.4 GHZ ISM (industrial, científica y médica) y está basada en un enlace de radio de corto alcance y bajo costo que facilita conexiones *ad hoc* para ambientes de comunicación estacionarios y móviles [17].

Con el propósito de automatizar y eficientar las diversas actividades de producción agrícola en nuestro país y haciendo uso de las ventajas que ofrece la tecnología actual para el control y automatización de vehículos no tripulados, se propone el desarrollo de un prototipo de un vehículo terrestre no tripulado controlado remotamente vía bluetooth mediante una aplica-

ción instalada en un smartphone o tableta para la aplicación segura de agroquímicos en plantas de ornato.

El prototipo del vehículo terrestre no tripulado propuesto (véase Fig. 1) está conformado por un microcontrolador ArduinoMega 2560 como módulo electrónico de control y procesamiento, encargado de recibir las señales de control emitidas vía bluetooth desde una aplicación Android (GUI) para la conducción del vehículo. Posteriormente, la unidad de control procesa esta información a través del algoritmo de programación elaborado y la traduce en los impulsos electrónicos necesarios para el control de tres parámetros básicos de conducción: aceleración, frenado y dirección, llevados a cabo por un motor de corriente continua de 12v para el sistema de tracción y un servomotor de 12v acoplado al sistema de dirección para el control de la dirección del vehículo recreacional del tipo tractor, que sirve de plataforma estructural para el prototipo de vehículo no tripulado presentado en este artículo.

La aplicación de agroquímicos es realizada por el subsistema de aspersión mediante una bomba electrónica encendida a discreción de manera remota, a través de la utilización de dos pistolas de aspersión tipo varilla alimentada por un tanque de 50lts dispuesto a bordo del UGV y colocadas una por cada lado del vehículo. Finalmente, la programación del controlador y los ajustes necesarios se realizan a través de una laptop en conexión directa o bien mediante la utilización de un módulo de telemetría de 533 Mhz con un receptor conectado a la tarjeta del microcontrolador ArduinoMega, designado para el sistema de control del vehículo.

## 2. Desarrollo

El tipo de investigación empleada para este artículo es la investigación aplicada o tecnológica. Como lo definen Jorge *et al.* [18], la investigación aplicada tiene como objetivo crear nueva tecnología a partir de los conocimientos adquiridos a través de la investigación estratégica para determinar si estos pueden ser útilmente aplicados con o sin mayor refinamiento para los propósitos definidos.

### 2.1. Sistema desarrollado y sus componentes

Para el desarrollo de este vehículo no tripulado fue necesario determinar las restricciones y las condiciones del ambiente de tra-

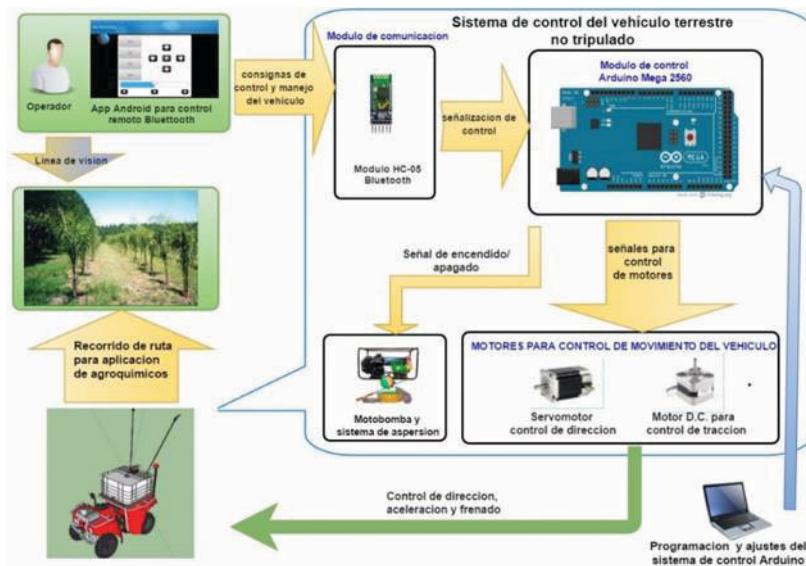


Fig. 1. Esquema de propuesta de solución.

bajo donde desempeñará sus funciones, buscando definir un tipo específico de cultivo de plantas de ornato para ajustar el prototipo del vehículo autónomo propuesto a las condiciones específicas de estos plantíos (altura, follaje, tipo de terreno, distancia entre líneas de cultivo, etcétera).

Como resultado de este análisis preliminar, se seleccionó un plantío de palmeras en desarrollo (altura máxima de 5 m) como cultivo base para la realización de pruebas de este prototipo, cuya característica principal es que cuenta con una distancia promedio de 1 m entre líneas de plantas (ancho de ruta), considerando esta información como básica para el diseño de un vehículo no tripulado acorde a las características físicas de este tipo de cultivos.

### 2.1.1. Diseño estructural y de control de movimiento del vehículo

El diseño estructural de este prototipo se basó en la elección y adaptación de un vehículo eléctrico tipo tractor provisto de un motor eléctrico de corriente continua de 12v para la tracción trasera y de dirección manual para el cambio de dirección (véase Fig. 2).

Para dar cumplimiento al propósito de transporte de agroquímicos y ejecución de la tarea de aplicación por aspersión, el vehículo debe contar con suficiente capacidad de carga para transportar un pequeño tanque de agua de 50 l provisto con una bomba y dos pistolas para aspersión del tipo varilla. De acuerdo a estas características se diseñó un modelo 3D del prototipo en Skechthup para mostrar la colocación del equipo de aspersión propuesto (véase Fig. 3).



Fig. 2. Vehículo eléctrico tipo tractor.



Fig. 3. Modelo 3D del prototipo del vehículo terrestre propuesto.

Para la automatización del sistema de dirección manual, se requirió el diseño de un sistema de dirección electrónica asistida que consta de un marco estructural de solera de aluminio comercial fabricado a medida, acoplado al eje actual de plástico del vehículo, así como de la adaptación de una columna de dirección y un motor de cc de 12v con un torque de 50kg/cm para el control del giro de la dirección por medio de impulsos electrónicos (véase Fig. 4).

### 2.1.2 Diseño del sistema electrónico de control y comunicación por bluetooth

Para el sistema de control electrónico y de comunicación por Bluetooth se requirieron varios componentes electrónicos, todos de costo muy accesible y que pueden encontrarse con facilidad en la mayoría de las tiendas de robótica y electrónica o de aficionados a vehículos de radio control.



Fig. 4. Componentes para el control de dirección del vehículo: marco de aluminio y columna de dirección con motor cc acoplado.

El control y la programación requerida para el manejo de los motores es realizado por un microcontrolador ArduinoMega 2560, los comandos de encendido de motores y movimiento del vehículo son enviados utilizando una aplicación Android instalada en una tableta y la cual está enlazada con un módulo de comunicación inalámbrica bluetooth HC05, conectado al puerto de comunicación serial ST1 del Arduino como se muestra en la figura 5.

El diseño del circuito necesario para abastecer con suficiente potencia al motor de tracción del vehículo requirió del uso de una batería de 12V de motocicleta con capacidad de 5A, así como de un puente H Dual VNH2SP30 motor Driver Carrier que tiene como características principales un voltaje de 12V y una tolerancia de picos de corriente de hasta 30A en las dos salidas provistas para el control eficaz de ambos motores.

### 2.1.3. Programación del sistema de control

La programación requerida por el sistema de control Arduino para el establecimiento de la comunicación inalámbrica bajo el estándar bluetooth y el reconocimiento de comandos para el control electrónico de motores ,enviados por la aplicación de control y manejo del vehículo instalada en la tableta Android, consta de una secuencia de código programado en C++ que utiliza condicionales *if* y la espera de un carácter enviado por la aplicación Android para la identificación de la instrucción de control deseada que puede ser: Avance, Retroceso, Giro a la Derecha, Giro a la Izquierda, encendido general del vehículo (para ambos motores de corriente directa de tracción y dirección) y el encendido y apagado del subsistema de aspersión de agroquímicos.

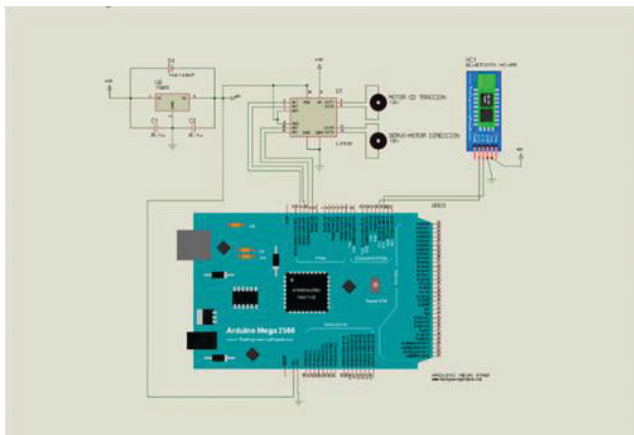


Fig. 5. Esquema del sistema de control electrónico y de comunicación.

En la figura 6 se muestra una sección del código correspondiente a la recepción del carácter identificador de la instrucción seleccionada por el operador en la aplicación de control de conducción Android instalada en la tableta o smartphone. Dicho carácter de control es recibido por el puerto serial 1 de comunicación enlazado al módulo bluetooth, el carácter es procesado para su identificación a través de los condicionales *if* con la finalidad de realizar la secuencia de instrucciones correspondientes al comando de control seleccionado, así como la retroalimentación al puerto serial para mostrar el comando seleccionado en la interfaz de control del operador.

### 2.1.4. Aplicación Android para el control de conducción del vehículo

La interfaz gráfica requerida para el control y la conducción del vehículo fue elaborada en una aplicación Android configurable para el desarrollo de diversas prácticas electrónicas de control con bluetooth, registrada con el nombre de *Bluetooth Electronics*, de descarga gratuita en Google Store.

Como puede apreciarse en la figura 7, esta interfaz configurada a medida consta de botones para el avance, retroceso, giro a la derecha, giro a la izquierda, encendido y apagado general de motores así como para el encendido del subsistema de aspersión (bomba eléctrica de 12v), además consta de tres monitores rectangulares colocadas al centro las cuales muestran información respecto a las instrucciones en ejecución, a manera de suministrar retroalimentación al operador.

```
void loop()
{
    // datos disponibles en el buffer
    if( Serial1.available() )
    {
        int inByte = Serial1.read();
        Serial.write(inByte);

        // Procesar comando de un solo byte
        if( inByte == 'F' )
        {
            digitalWrite(ledpin1, HIGH);
            digitalWrite(ledpin2, LOW);
            delay(300);

            Serial.println("FORWARD");
            Serial.println("fFORWARD*");
        }

        if( inByte == 'R' )
        {
            digitalWrite(ledpin3, HIGH);
            digitalWrite(ledpin4, LOW);
            digitalWrite(ledpwm, HIGH);
            delay(30);
            digitalWrite(ledpwm, LOW);
            digitalWrite(ledpin3, LOW);

            Serial.println("RIGHT");
            Serial.println("sRIGHT*");
            delay(100);
            Serial.println("s  ");
        }
    }
}
```

Fig. 6. Sección de código del sistema de control.



Fig. 7. Interfaz de control de conducción del vehículo.

### 3. Resultados

#### 3.1. Comunicación inalámbrica bluetooth

Se realizaron varias pruebas de comunicación bluetooth entre el sistema de control y la interfaz de conducción, con él envió de los comandos de encendido y apagado del vehículo, así como los comandos de avance, retroceso, derecha e izquierda fueron efectuadas con la finalidad de determinar la distancia máxima de alcance en dos tipos básicos de terrenos, a campo abierto (terreno despejado) y en terrenos con características similares al cultivo base seleccionado.

La distancia máxima de comunicación de acuerdo al estándar IEEE 802.15.1 para redes inalámbricas de Área Personal (WPAN) Bluetooth establece un límite de alcance de 100 m en condiciones ideales, sin embargo, con las pruebas efectuadas al vehículo en los dos tipos de terrenos especificados anteriormente, se determinó que el límite de distancia entre la estación base y el vehículo no debe rebasar los 80 m, esto con la finalidad de evitar la pérdida momentánea de comunicación así como la no respuesta del sistema de control del vehículo a los comandos enviados, constatada en las pruebas efectuadas con distancias mayores de 90 y 100 metros, además, es necesario que el operador mantenga línea de visión con el vehículo, lo que también reduce el límite máximo de operación a una distancia no mayor a los 50 m para evitar colisionar el vehículo con las plantas u otros objetos dispuesto en la ruta de trabajo.

#### 3.2. Diseño estructural del vehículo y sistema de control de movimiento

Las pruebas realizadas al vehículo, correspondientes al diseño estructural, de piezas adaptadas y motores para el control

de movimiento del vehículo y para soporte de la carga, muestran que el vehículo y sus componentes puede soportar sin problema el peso de carga designado que es de aproximadamente 50 kg manteniendo una velocidad crucero de 1 m/s.

Los motores de tracción y de dirección mostraron una respuesta rápida a los comandos de encendido y apagado, avance y retroceso, giro a la izquierda y la derecha del vehículo aun en las condiciones de carga máxima con el tanque de agroquímicos lleno y los componentes necesarios para la aspersión.

#### 3.3. Sistema de aspersión de agroquímicos

El sistema de aspersión de agroquímicos cumplió con las expectativas de operación para el cultivo de palmeras propuesto (altura de 5 m). Sin embargo, será necesario mejorar el sistema de aspersión que manera que se pueda modular la dosificación de acuerdo al tipo de planta requerido, en lugar de realizar una dosificación estándar que en ciertos cultivos incrementaría el desperdicio de agroquímicos.

### 4. Conclusiones

El uso de vehículos autónomos para la realización de diversas actividades en diferentes campos de aplicación se ha incrementado en los últimos años. Muchos de estos UGV son desarrollados en varios países por universidades, compañías privadas e instituciones militares. Aunque actualmente estos vehículos no tripulados están migrando de la operación remota a la autonomía móvil robótica, siguen siendo herramientas indispensables para relevar al humano de la realización de actividades peligrosas o repetitivas.

En este contexto, ha sido construido un prototipo funcional de un vehículo no tripulado controlado remotamente vía bluetooth cuyo propósito principal es el de recorrer plantíos y aplicar agroquímicos en plantas de ornato, siguiendo un enfoque de bajo costo, el uso de este vehículo reducirá de manera significativa los problemas de salud de los trabajadores responsables de la aplicación de agroquímicos, atendiendo las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. El prototipo del vehículo tipo tractor fue construido para la aspersión de agroquímicos en plantas ornamentales; sin embargo, puede ser utilizado en otro tipo de cultivos con requerimientos similares, mostrando una amplia adaptabilidad para su uso.

El vehículo fue desarrollado a nivel de prototipo, presentado limitaciones de autonomía y distancia para su control, sin embargo representa un primer paso para la experimentación con vehículos terrestres no tripulados.

Para continuar con esta investigación, en lo futuro se recomienda mejorar el sistema de comunicaciones empleado (bluetooth) para reducir las limitaciones de distancia y autonomía actuales, así como la utilización de tecnologías sensoriales como son GPS, ultrasonido y sensores de video, para lograr que el vehículo realice recorridos preprogramados de manera autónoma.

### Agradecimientos

Se agradece al CONACyT (México) por la beca recibida para los estudios de posgrado. Se agradece al TecNM por el apoyo financiero brindado para el desarrollo del proyecto del Sistema Unificado para la Trazabilidad de la Producción y Comercialización de Plantas Ornamentales. Se agradece al Instituto Tecnológico de Colima y al Instituto Tecnológico de Ciudad Guzman por las facilidades otorgadas para el uso de instalaciones y equipo para el desarrollo del proyecto.

### Referencias

- [1] B. Blackmore, "A systems view of agricultural robots," en 6th *European conference on precision agriculture (ECPA) Proceedings*, pp. 23-31, Skiathos, Grecia, 3-6 junio, 2007. [en línea]. Disponible en: <http://hotgram1.filmiro.com/31/43/53/46340386431435364.pdf>
- [2] I. Ramírez, B. Ruilova y J. Garzón, *Innovación Tecnológica en el Sector Agropecuario*, Ecuador: UTMACH, 2015. [en línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Ivan\\_Ramirez\\_Morales/publication/308938342\\_Innovacion\\_tecnologica\\_en\\_el\\_sector\\_agropecuario/links/57f8f60408ae280dd0dbabf9.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ivan_Ramirez_Morales/publication/308938342_Innovacion_tecnologica_en_el_sector_agropecuario/links/57f8f60408ae280dd0dbabf9.pdf)
- [3] P. Martín-Gómez, O. Hernández-Mendoza, & J. Toquica-Arenas, "Diseño y simulación de un vehículo prototipo para la distribución automática de fertilizantes agrícolas," *Épsilon*, núm. 24, pp. 49-70, enero 2015. Disponible en: <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ep/article/view/2227>
- [4] A. Ruiz-Larrea, J. Roldan, M. Garzón, J. Del Cerro, & A. Barrientos, "A UGV Approach to Measure the Ground Properties of Greenhouses," *Robot 2015: Second Iberian Robotics Conference*. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 418. Springer, Cham. [en línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-27149-1>
- [5] P. Wang, L. Yubin, L. Xiwen, Z. Zhiyan, Z. Wang, & Y. Wang, "Integrated sensor system for monitoring rice growth conditions based on unmanned ground vehicle system," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 7, núm. 2, pp. 75-81, abril 2014. [en línea]. Disponible en: <http://search.proquest.com/openview/64665b09c9e01774580b0d1747ccf1f0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2028921>
- [6] P. Tokekar, J. Hook, D. Mulla, & V. Isler, "Sensor Planning for a Symbiotic UAV and UGV System for Precision Agriculture," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 32, núm. 6, pp. 1498-1511, diciembre 2016. [en línea]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7587351/> Consultado: 12 Marzo, 2017.
- [7] B. Sridevi, G. P. Kumar, & P. Omprakash, "Design of sovereign unmanned ground vehicle for manfree agriculture based on hue navigation algorithm using raspberry pi2.," *International Journal of Research in Advanced Technology - IJORAT*, vol. 1, núm. 7, pp. 14-19, julio 2016. [en línea]. Disponible en: <http://ijorat.com/papers/Vol1Issue7p04.pdf>
- [8] R. Yan, S. Pang, H. Sun and Y. Pang, "Development and missions of unmanned surface vehicle," *Journal of Marine Science and Application*, vol. 9, núm. 4, pp. 451-457, diciembre 2010. [en línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11804-010-1033-2>
- [9] L. Seyfi, & I. Akbulut, "Implementation of unmanned ground vehicle with a smartphone," *International Journal of Computer Science and Mobile Applications*, vol.2, núm. 11, pp. 01-10, noviembre 2014. [en línea]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/290168067\\_Implementation\\_of\\_Unmanned\\_Ground\\_vehicle\\_with\\_a\\_Smartphone](https://www.researchgate.net/publication/290168067_Implementation_of_Unmanned_Ground_vehicle_with_a_Smartphone)
- [10] K. P. Valavanis, *Advances in Unmanned Aerial Vehicles*, Netherland: Springer, 2007. [en línea]. Disponible en: <http://www.springer.com/gp/book/9781402061134>
- [11] P. Fofilos, K. Xanthopoulos, E. Romanos, K. Zikidis, & N. Kanellopoulos, "KERVEROS I: An Unmanned Ground Vehicle for Remote-Controlled Surveillance," *Journal of Computations & Modelling*, vol.4, núm. 1, 2014, pp. 223-236, [en línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Konstantinos\\_Zikidis/publication/259503287\\_KERVEROS\\_I\\_An\\_Unmanned\\_Ground\\_Vehicle\\_for\\_Remote\\_Controlled\\_Surveillance/links/00b4952c5866c9902e000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Konstantinos_Zikidis/publication/259503287_KERVEROS_I_An_Unmanned_Ground_Vehicle_for_Remote_Controlled_Surveillance/links/00b4952c5866c9902e000000.pdf)
- [12] G. K. Dey, R. Hossen, M. Noor, & K. T. Ahmmed, "Distance controlled rescue and security mobile robot," en *2013 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, pp. 1-6, Dhaka, Bangladesh, 17-18 mayo 2013. [en línea]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6572602/>
- [13] S. Mithleysh, A project report on "Unmanned Ground Vehicle," bachelor, Rajiv Gandhi Institute of Technology, Cholanagarr, Hebbal, Bengaluru, India, 2011. [en línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/8361656/Unmanned\\_Ground\\_Vehicle\\_UG\\_thesis\\_full\\_version](https://www.academia.edu/8361656/Unmanned_Ground_Vehicle_UG_thesis_full_version)
- [14] S. Banerji, "Design and Implementation of an Unmanned Vehicle using a GSM network with Microcontrollers," *International Journal of Science, Engineering and*

- Technology Research*, vol. 2, núm. 2, pp. 367-374, junio 2013. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/241278692\\_Design\\_and\\_Implementation\\_of\\_an\\_Unmanned\\_Vehicle\\_using\\_a\\_GSM\\_Network\\_without\\_Microcontrollers](https://www.researchgate.net/publication/241278692_Design_and_Implementation_of_an_Unmanned_Vehicle_using_a_GSM_Network_without_Microcontrollers)
- [15] A. Kelkar, "Implementation of Unmanned Vehicle using GSM Network with Arduino," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 4, núm. 4, pp. 509-516, abril 2014. Disponible en: [https://www.ijarcsse.com/docs/papers/Volume\\_4/4\\_April2014/V4I4-0385.pdf](https://www.ijarcsse.com/docs/papers/Volume_4/4_April2014/V4I4-0385.pdf)
- [16] C. Bisdikian, "An overview of the Bluetooth wireless technology," *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, núm. 12, pp. 86-94, diciembre 2001. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=968817&isnumber=20896>
- [17] R. Shorey, & B. A. Miller, "The Bluetooth technology: merits and limitations," en *2000 IEEE International Conference on Personal Wireless Communications. Conference Proceedings* (Cat. No.00TH8488), Hyderabad, India, 6 agosto 2000, pp. 80-84. [en línea]. Disponible en: doi: 10.1109/ICPWC.2000.905777
- [18] J. Tam-Malaga, G. Vera, & R. Oliveros-Ramos, "Tipos, métodos y estrategias de investigación científica," *Pensamiento y acción*, vol.1, núm.5, pp.145-154, 2008. [en línea]. Disponible en: [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj\\_modela\\_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf).

# Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de  
América Latina y el Caribe,  
España y Portugal

[www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)