



## **Componente de siembra con sistema electrónico para dosificación precisa de semillas de tamaño medio**

Sowing component with electronic system for dosing  
medium size seeds

**Raúl Vidal García Hernández**

Universidad Autónoma Chapingo

0000-0003-3859-584X | [vidal.raulgh@gmail.com](mailto:vidal.raulgh@gmail.com)

**Noé Velázquez López**

Universidad Autónoma Chapingo

[0000-0001-5128-4929](mailto:nvelazquezl@chapingo.mx) | [nvelazquezl@chapingo.mx](mailto:nvelazquezl@chapingo.mx)

**Pedro Cruz Meza**

Universidad Autónoma Chapingo

[0000-0001-8375-9642](mailto:pcruzmeza@yahoo.com.mx) | [pcruzmeza@yahoo.com.mx](mailto:pcruzmeza@yahoo.com.mx)

**Gilberto de Jesús López Canteñs**

Universidad Autónoma Chapingo

[0000-0002-7789-5880](mailto:glopezc@chapingo.mx) | [glopezc@chapingo.mx](mailto:glopezc@chapingo.mx)

**Guillermo García Sánchez**

Universidad Autónoma Chapingo

[0000-0001-6041-5046](mailto:san_gatica@hotmail.com) | [san\\_gatica@hotmail.com](mailto:san_gatica@hotmail.com)

**Alan Hernández Mercado**

Universidad Autónoma Chapingo

[0009-0003-0391-7201](mailto:alanhzmo@gmail.com) | [alanhzmo@gmail.com](mailto:alanhzmo@gmail.com)

## **Componente de siembra con sistema electrónico para dosificación precisa de semillas de tamaño medio**

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un cuerpo de siembra con control electrónico en la dosificación de semilla de tamaño medio. Se diseñó con cincel recto para abrir el suelo, se programó código abierto Arduino para dosificación variable y calibración de profundidad. Se adaptó un enganche de tercer punto y un dosificador de plato vertical. Se usó un motor eléctrico a pasos nema 34 y un actuador lineal para el enganche con 10 cm de recorrido. Se acopló una rueda con perímetro conocido y se instrumentó con encoder incremental para medir la distancia recorrida. Se programó una tarjeta Arduino ATmega 2560. Para la evaluación se usó un suelo con labranza convencional con 5 surcos de 25 m y tres repeticiones. Finalmente se obtuvo un cuerpo de siembra con enganche al tercer punto. La velocidad máxima medida del robot agrícola fue de 4.6 km h<sup>-1</sup> en campo con una capacidad de arrastre superior a la requerida por el cuerpo de siembra. El peso total fue de 10 kg, con 60 cm de longitud y 25 cm de ancho. Se logró tener siembra variable monograno de 10 a 30 cm de separación entre semillas y hasta 10 cm de profundidad.

**Palabras clave:** Control, Arduino, encoder, motor eléctrico, robot agrícola

### **Abstract**

The objective of this work was to develop a seed drill with electronic control for medium-sized seed metering. It was designed with a straight chisel to open the soil, open source Arduino was programmed for variable metering and depth calibration. A third-point hitch and a vertical disc metering device were adapted. A NEMA 34 stepper motor and a linear actuator with a 10 cm stroke were used for the hitch. A wheel with a known perimeter was attached and instrumented with an incremental encoder to measure the distance traveled. An Arduino ATmega 2560 card was programmed. For the evaluation, conventionally tilled soil was used with five 25 m furrows and three repetitions. Finally, a seeding body with a third-point hitch was obtained. The maximum measured speed of the agricultural robot was 4.6 km h<sup>-1</sup> in the field with a towing capacity greater than that required by the seeding body. The total weight was 10 kg, with a length of 60 cm and a width of 25 cm. Variable single-seed planting was achieved with 10 to 30 cm spacing between seeds and up to 10 cm depth.

**Keywords:** Control, Arduino, encoder, electric motor, agricultural robot

## **Introducción**

En México, la agricultura es un pilar fundamental en la vida de los productores, por lo cual, coadyuva en un papel tradicional que va más allá de la producción de alimentos. De acuerdo con Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2022), el 72.8% de los productores tenía más de 45 años y el 29.3% tenía más de 65 años. Además, la expectativa de vida promedio en el país es de 75.5 años, asimismo con un período productivo de 10 años. Sin embargo, se ha notado un incremento en el parque vehicular de tractores, con un total de 4.3% durante los años 2007-2022. Actualmente, la agricultura de precisión aumenta el beneficio para mejores rendimientos, con la variabilidad espacial y temporal a nivel inter parcelario para optimización de los gastos y con menores efectos ambientales (Fountas et al., 2005; Torres et al., 2018).

En el caso de la calidad de la siembra, Piveta et al. (2016) mencionan que el desempeño del equipo está directamente vinculado con la geometría de los tubos de descarga y la distancia de caída, y que ambos afectan en la distribución de las semillas depositadas en el suelo. Por otro lado, Parizotto et al. (2022), menciona que el daño mecánico en los dosificadores puede llegar hasta un 4%, en conjunto con el porcentaje de germinación de las semillas. Por lo tanto, los dosificadores mecánicos horizontales se evitan en equipos de precisión y se utilizan dosificadores neumáticos para mayor eficiencia (Bottega et al., 2018). De tal manera que, la calidad de la siembra representará el inicio del éxito en la agricultura, sin embargo, es esencial considerar que, en una cama de siembra homogénea y en condiciones de humedad óptima en el suelo, donde importante será una emergencia vigorosa y la ubicación de las semillas para labores posteriores. De acuerdo con Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2014), las sembradoras eléctricas son tecnologías emergentes entre las empresas líderes del mundo. En consecuencia, la precisión en la dosificación de semillas constituye una de las tareas más importantes al momento de establecer un cultivo.

Actualmente, el monitoreo inteligente del proceso de siembra comprende de manera oportuna la calidad de la siembra, y podría predecir en caso de que falten semillas o el tubo de descarga de semillas esté obstruido (Xie., 2021). Por lo tanto, la robótica se emplea en labores agrícolas, en la siembra de semillas y en otras tareas, lo que reduce la necesidad de mano de obra (Jayakrishna et al., 2018). De manera similar, el control automático de la profundidad de siembra es una tecnología que modifica este parámetro en tiempo real en función de las condiciones del suelo. Este sistema utiliza sensores y actuadores para mantener una profundidad constante, sin importar las variaciones del terreno. Se estima que las sembradoras autómatas pueden incrementar hasta tres veces la eficacia de siembra en comparación con las sembradoras manuales (Azmi et al., 2023).

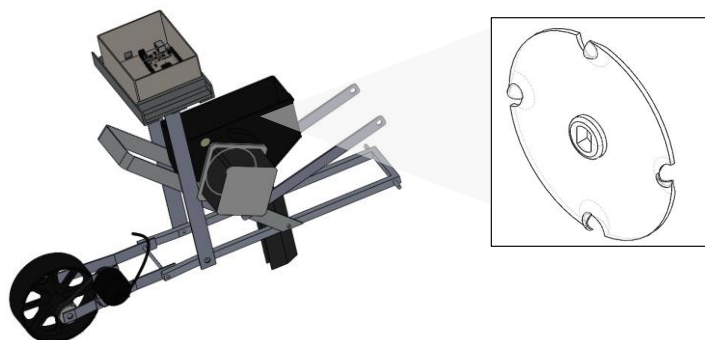
De acuerdo con lo anterior, el propósito fue diseñar e instrumentar un sistema de dosificación de semillas en un cuerpo de siembra, utilizando componentes electrónicos, para ofrecer versatilidad operativa para diferentes cultivos de grano medio.

## Componente de siembra con sistema electrónico para dosificación precisa de semillas de tamaño medio

### Materiales y métodos

Se llevo a cabo una revisión del estado actual del arte y se analizaron las tecnologías propuestas en artículos científicos, desarrolladas por empresas y documentadas por productores de la región. Posteriormente, se realizó el diseño del dosificador utilizando el software SolidWorks 2024®, en conformidad con los principios de la metodología del diseño mecánico. Se consideró la morfología de la semilla como parámetro principal y se diseñó un disco con cuatro cangilones para su transporte, a través de un sistema monograno (Ortíz, 2003). Con respecto con lo anterior se muestra la Figura 1.

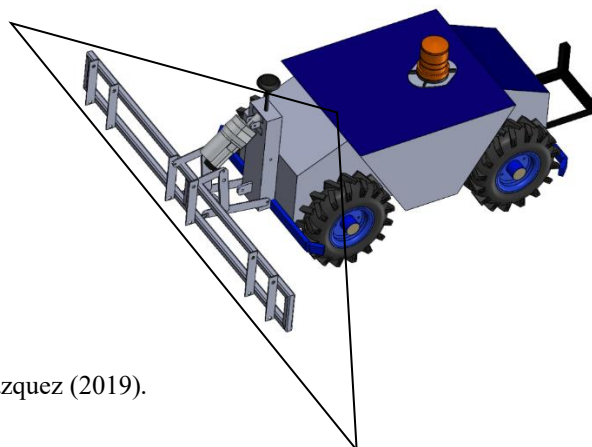
**Figura 1.** *Sembradora eléctrica multifuncional acondicionada y plato dosificador.*



**Fuente:** Patente MX/u/2019/000091(Velázquez-López y García-Hernández, 2021; García-Hernández, Cruz-Meza y Chávez-Aguilera, 2020)

El cuerpo de siembra se acopló al vehículo agrícola autónomo desarrollado en la Universidad Autónoma Chapingo por Reyes-Amador y Velázquez-López (2019) y en dónde Sánchez-Chávez et al. 2024 mencionan que la unidad robótica agrícola tiene menor consumo de energía con respecto en versiones anteriores. Para este propósito, se diseñó un sistema de enganche similar al de un tercer punto de un tractor agrícola. Este sistema permite un comportamiento libre, lo que facilita su adaptación al relieve del suelo por donde se desplaza el vehículo robótico, así como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.** *Enganche tercer punto porta cuerpo de siembra.*



**Fuente:** Reyes y Velázquez (2019).

El vehículo agrícola autónomo fue fundamental, ya que los parámetros de fuerza horizontal (arrastre) y altura, se utilizaron para parametrizar el levante del cuerpo de siembra. Además, se tomó en cuenta la máxima velocidad de operación, la cual residió en 4.6 km h<sup>-1</sup>, con base en ello se programó el encoder y motor a pasos como lo mencionó García-Hernández et al. (2020) y Sánchez-Chávez et al. (2020) en el apartado de la programación del sistema de dosificación. Se utilizó el método de odometría para calcular la distancia recorrida y activar el motor a pasos cuando se alcanzara la distancia programada y hacer girar el plato dosificador para descargar la semilla de manera precisa.

## Resultados

Se obtuvo un enganche de cuatro barras para el cuerpo de siembra acoplado en la parte trasera del robot como se muestra en la Figura 3. Este sistema realizó movimientos descendiente y ascendente según el relieve del terreno agrícola, lo cual ayudó al viraje en las cabeceras. También, cumplió con las especificaciones técnicas para trabajar en conjunto robot-sembradora para dosificación variable y profundidades de 5 a 10 cm, el portaherramientas presentó la versatilidad para acoplar varios implementos o que se integren dos cuerpos de siembra y se logró el aprovechamiento de la fuerza de arrastre del robot agrícola, evitando el patinaje en terrenos agrícolas.

**Figura 3.** *Cuerpo de siembra con enganche de tercer punto al robot agricultor.*



El cuerpo de siembra funcionó con una batería de 12 Volts como fuente de energía, suficiente el accionamiento del motor a pasos y el actuador lineal (pistón) del tercer punto. Para el circuito de Arduino se energizó con un banco de baterías con 5 Volts (2.1 A) de salida, lo que permitió que el sistema trabajara de manera automática. En el siguiente Cuadro 1 se mencionan las caracterización física y técnica del cuerpo de siembra evaluada en campo.

**Componente de siembra con sistema electrónico para dosificación precisa de semillas de tamaño medio**

**Tabla 1.** *Caracterización física y técnica del cuerpo de siembra.*

| Características               | Valor                  |
|-------------------------------|------------------------|
| Masa                          | 10 kg                  |
| Enganche                      | Tercer punto           |
| Longitud                      | 60 cm                  |
| Ancho                         | 25 cm                  |
| Altura                        | 50 cm                  |
| Distancia entre semilla       | Variable               |
| Profundidad de siembra        | 5 a 10 cm              |
| Duración de batería           | 51 minutos             |
| Velocidad máxima de operación | 4.6 km h <sup>-1</sup> |

**Discusión**

Soza et al. (2011) fundamentan que, la dosificación de una semilla por golpe en coincidencia con una conducción recta y de poca altura de caída presenta un mejor comportamiento. Por tal motivo, Trupt-A. y Jayashree-S. (2017) mencionan un dispositivo con una rueda giratoria que deja caer semillas desde un tambor en contacto con el suelo y al igual que el vehículo autónomo sembrador no presentó pérdidas significativas de semillas. Sin embargo, el tambor sembrador mencionó los problemas en la dosificación, debido a que al tener diferencia en el patinaje no logra la precisión o la distancia predispuesta entre semillas. Por otro lado, López-Gómez et al. (2024) evaluaron dos cuerpos de siembra electrónico con enganche fijo al robot y mencionan que obtuvieron densidades menores debido a que no liberó semilla donde se patinaba la rueda de medición.

Tal es el caso de Ayane et al. (2018) que describen un vehículo autónomo que deposita semillas cada 10 cm por una compuerta, mencionan la dificultad en la operación y problemas al detenerse debido a que no tiene control para detener el funcionamiento. Además, la profundidad de los abre surcos influye significativamente en la resistencia del suelo y en la fuerza de tracción durante la siembra. Por lo que, entre más profundos, ocasionan alteración del suelo y una mayor demanda de potencia, especialmente en suelos compactados (López-Gómez et al., 2024; Trentin et al., 2018; Berthona et al., 2015).

Actualmente, se está dando la pauta de la agricultura 4.0 con el fin de optimizar recursos para producir y dentro de este ámbito se encuentran las sembradoras robóticas autónomas, equipadas con escáneres láser 2D y mecanismos de siembra de semillas, minimizan la participación humana y los errores, utilizando accionamiento diferencial y control PID para navegación y colocación precisa de semillas (Amir et al., 2019).

## Conclusiones

Se concluyó que el componente de siembra con dosificación variable automática presentó fácil acople al vehículo agrícola autónomo y logrando una velocidad máxima de operación de 4.6 km h<sup>-1</sup>, sin presentar problemas mecánicos debido a su manufactura con materiales de aluminio y acero. Además, se puede calibrar en un rango de 10 a 30 cm con utilidad para diferentes especies de grano medio que requieran una distribución de semilla por golpe. Con el sistema de control de profundidad se obtuvo un rango máximo de 10 cm, y con dispositivos para colocar la sembradora en forma horizontal al suelo.

A nivel mundial las sembradoras eléctricas muestran un creciente interés y enfoque de tecnologías emergentes que se derivan para desarrollo e implementación de la robótica agrícola. Tal es el caso del beneficio en la agricultura inteligente para mejorar la productividad y la sostenibilidad.

## Referencias

- Amir, A., Muhammad, Z., & Syed-Atif, M. (2019). An autonomous seeder for maize crop. <https://doi.org/10.1145/3373724.3373737>
- Ayane, S., Bhor-Rajashri, A., & Madane-Kajal, A. (2018). Agricultural robot for automatic seeding. \*International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology\*, \*7\*(3), 2531–2535. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2018.0703096>
- Azmi, M. A., Mohammad, R., & El Pebrian, D. (2022). A computer-based mapping approach for evaluating straight-line accuracy of autopilot tractor traversing the oil palm field terrain. \*Smart Agricultural Technology\*, \*2\*, 2772–3755. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100033>
- Bottega, E. L., Rosolem, D. H., Oliveira Neto, A. M., von Linsingen Piazzetta, H., & Guerra, N. (2014). Qualidade da semeadura do milho em função do sistema dosador de sementes e velocidades de operação. \*Global Science and Technology\*, \*7\*(1), 114. <https://doi.org/10.14688/1984-3801/gst.v7n1p107-114>
- Fountas, S., Søren, M. P., & Simon, B. (2005). ICT in precision agriculture: Diffusion of technology. The Royal Veterinary and Agricultural University. <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-main.html>
- García-Hernández, R. V., Velázquez-López, N., Cruz-Meza, P., & Chávez-Aguilera, N. (2020). \*Desarrollo de un sistema de siembra para un vehículo autónomo\* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Institucional Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx>
- INEGI. (2022). \*Estadísticas de población\*. <https://www.inegi.org.mx/>

## **Componente de siembra con sistema electrónico para dosificación precisa de semillas de tamaño medio**

- INTA. (2014). \*Dosificadores eléctricos, el nuevo paradigma de la siembra directa\* [Ficha técnica]. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://inta.gob.ar/documentos/dosificadores-electricos-el-nuevo-paradigma-de-la-siembra-directa>
- Jayakrishna, P. V. S., Reddy, M. S., Sai, N. J., Susheel, N., & Peeyush, K. P. (2018). Autonomous seed sowing agricultural robot. \*International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)\*, India. <https://doi.org/10.1109/ICACCI.2018.8554622>
- López-Gómez, J. A., Patiño-Espejel, J. E., Velázquez-López, N., Sánchez-Chávez, D. I., & Van Loon, J. (2024). Design and comparison of two maize seeders coupled with an agricultural robot. \*Machines\*, \*12\*(12), 935. <https://doi.org/10.3390/machines12120935>
- Ortiz, C. J. (2003). \*Las máquinas agrícolas y su aplicación\* (6ª ed.). Editorial Mundi Prens. <https://scholar.google.com/>
- Parizotto, N. F., Marques, F. A. C., Oliveira, M. V., Souza, F. L. P., & Silva, P. R. A. (2022). Can dosing mechanisms affect the physical quality of corn seeds at different seeding speeds? \*Revista de Agricultura Neotropical\*, \*9\*(3), 7–11. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i3.6823>
- Piveta, C. D., dos Santos, A. A., Rodrigo, F. T., Josue, F. C., Potrich, B. M., & Dias-da Costa, M. O. (2016). Effect of different conductor tubes on the longitudinal distribution of soybean seeds. \*Australian Journal of Crop Science\*, \*10\*(8), 1144–1150. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.08>
- Reyes-Amador, A., & Velázquez-López, N. (2020). Sistema de suspensión para vehículos terrestres autónomos o no autónomos (Patente No. MX 4369 B). <https://siga.impi.gob.mx/>
- Sánchez-Chávez, D. I., Velázquez-López, N., García-Sánchez, G., Hernández-Mercado, A., Avendaño-López, O. A., & Berrocal-Aguilar, E. (2024). Robot for navigation in maize crops for the Field Robot Event 2023. \*Agricultural Sciences\*, \*21\*, 35–45. <https://doi.org/10.18690/agricsci.21.1.4>
- Soza, E. L., Quiros, P., Agnes, J. D., & Montenegro, N. V. (2011). Variabilidad de una sembradora experimental alistada con dos sistemas de dosificación en la implantación de soja. \*Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires\*, \*31\*(3), 193–201. <https://scholar.google.com/>
- Torres, S. J., Romantchik, K. E., López, C. I. I., & López, C. G. de J. (2018). Sistema mecatrónico para el control de los dosificadores de fertilizante y pesticida granulados de una sembradora-fertilizadora. \*Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas\*, \*9\*(21), 4355–4369. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1536>

- Trupt-A., S., & Jayashree-S, A. (2017). Design and development of automatic seed monitoring system. \*International Journal of Electronics and Communication Engineering\*, \*India\*, 2348–8549. <https://scholar.google.com/>
- Xie, C. J., Zhang, D. X., Yang, L., Cui, T., He, X., & Du, Z. (2021). Precision seeding parameter monitoring system based on laser sensor and wireless serial port communication. \*Computers and Electronics in Agriculture\*, \*190\*, 106429. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106429>
- Velázquez-López, N., & García-Hernández, R. V. (2021). Sembradora eléctrica multifuncional (Patente No. MX/u/2019/000091). <https://siga.impi.gob.mx/>