

Particularidades del Desafío

En este documento se presentan una serie de particularidades que debieran considerarse al momento de abordar el desarrollo de una solución para abordar y resolver el desafío.

En primera instancia, el robot debiera diseñarse para desenvolverse en los lotes agrícolas de Argentina y la región (Uruguay, Paraguay, Bolivia, y Brasil) en los que se siembran cultivos de cosecha anual. Típicamente, los lotes son relativamente planos (pendientes entre 0% y 3%). No obstante en determinadas regiones pueden encontrarse lotes con hasta 10% de pendiente.

También deberán considerarse las particularidades de los rastrojos de los principales cultivos de cosecha anual que se siembran en la región; cultivos de grano fino (principalmente, trigo y cebada) y cultivos de grano grueso (principalmente, Soja, Maíz, Girasol y Sorgo). En la **Imagen 1** se presenta una serie de imágenes para visualizar las características de los rastrojos de cultivos de granos finos y gruesos.

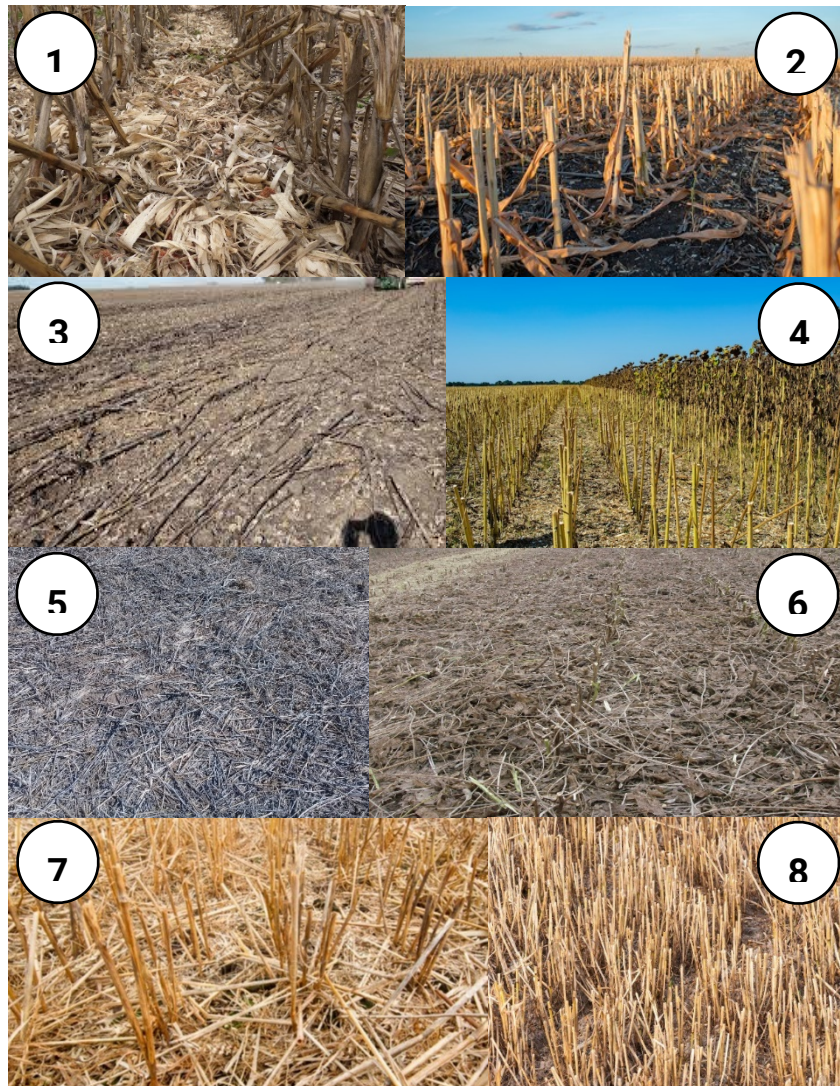


Imagen 1. Tipos de Rastrojos. 1) y 2) Rastrojos de Maíz, 3) y 4) Rastrojos de Girasol, 5) y 6) Rastrojos de Soja, 7) y 8) Rastrojos de Trigo.

Conocer las particularidades de los rastrojos resulta clave para poder diseñar una máquina que, efectivamente sea capaz de desplazarse sobre los mismos. Y reviste especial importancia en la operación de siembra, donde el órgano de siembra de la maquinaria debe realizar la labor desplazando o atravesando esa cobertura (la de los rastrojos) para lograr una labor de calidad.

En la **Imagen 2** se presentan fotos de sembradoras convencionales realizando labores de siembra sobre distintos tipos de rastrojos. Las soluciones que se propongan deberán ser capaces de portar o remolcar sembradoras que trabajen sobre la base de los mecanismos de siembra convencionales, o bien proponer nuevos desarrollos para lograr labores de siembra de calidad.



Imagen 2. Sembradoras sembrando sobre diferentes tipos de rastrojos. **1)** Sembrando sobre rastrojo de Soja, **2)** Sembrando sobre rastrojo de cultivo de servicios **3)** y **4)** Sembrando sobre rastrojo de maíz.

Solo a modo de referencia y con fines ilustrativos, en la **Imagen 3** se presentan dos ejemplos de trenes de siembra factibles de hallarse en sembradoras de siembra directa.



Imagen 3. Tren de Siembra de Sembradoras de Siembra directa. **1)** Esquema conceptual del tren de Siembra (1. Doble disco fertilizador que localiza al fertilizante

separado de la semilla. 2. Cuchilla ondulada. 3. Abre surco (doble disco plantador). 4. Ruedas limitadoras de la profundidad. 5. Bajada de fertilizante junto con la semilla. 6. Rueda aprieta semilla. 7. Rueda tapadoras. **2)** Imagen del tren de siembra ejecutando la labor de siembra.

También se deberá contemplar que el robot y la sembradora que porte o remolque el robot, deberá ser capaz de sortear algunos impedimentos típicos que se presentan en los lotes agrícolas en los que se siembran cultivos de cosecha anual. En la **Imagen 4** se presentan algunos de esos impedimentos. Vale aclarar que en ocasiones, incluso para la maquinaria convencional, los impedimentos resultan insalvables y deben resolverse ejecutando una labor previa, que posibilite, posteriormente, el trabajo de las sembradoras (i.e.: si las huellas que deja una cosechadora son muy profundas, deben removerse con una labranza).



Imagen 4. Inconvenientes que deben sortear las sembradoras convencionales para llevar a cabo las labores de siembra. **1)** Cordones de acumulación de rastrojo en las colas de las cosechadoras. **2)** Huellas dejadas por las ruedas de las cosechadoras cuando la labor de cosecha con malas condiciones de piso.

También deberá contemplarse los espaciamientos entre hileras típicos con los que se siembran los cultivos en la región. En el caso de los cultivos de cosecha fina como el trigo y la cebada, las distancias entre hileras típicas son 17,5, 19 o 21 cms., aunque en situaciones particulares, esos cultivos pueden sembrarse con distanciamientos entre hileras más amplios. En cultivos de Soja, los distanciamientos entre hileras típicos son 42, o 52 cms., aunque no es raro encontrar siembra con distanciamientos entre hileras de 19 o 21 cms. (utilizando las maquinas con las que se siembran cultivos de grano fino como el trigo y la cebada), 35 cms. y 70 cms. En cultivos de maíz, las distancias entre hileras típicas son 52 cms. y 70 cms., aunque en algunos sistemas de producción se siembran con distancias entre hileras de 104 (dejando un surco sin sembrar) y hasta de 156 cms. (dejando dos surcos sin sembrar). En los cultivos que se siembran con distanciamientos entre hileras de 104 y 156 cms. pueden sembrarse dos hileras de maíz relativamente juntas (separación de

pocos cms. entre líneas de siembra y luego distancia de 104 o 156 cms. con las otras dos líneas de siembra que vuelven a sembrarse relativamente juntas).

Esta información es muy importante para dimensionar el ancho de pisada del rodado, las orugas, o el sistema de tracción que tenga la solución (i.e.: lo ideal es que el sistema de tracción utilice el espacio entre surcos de siembra sin pisar plantas de cultivo) y las posibilidades de ajuste de regulación de trocha. En la **Imagen 5** se presentan algunas imágenes donde se pueden observar distintos distanciamientos entre hileras en distintos cultivos.

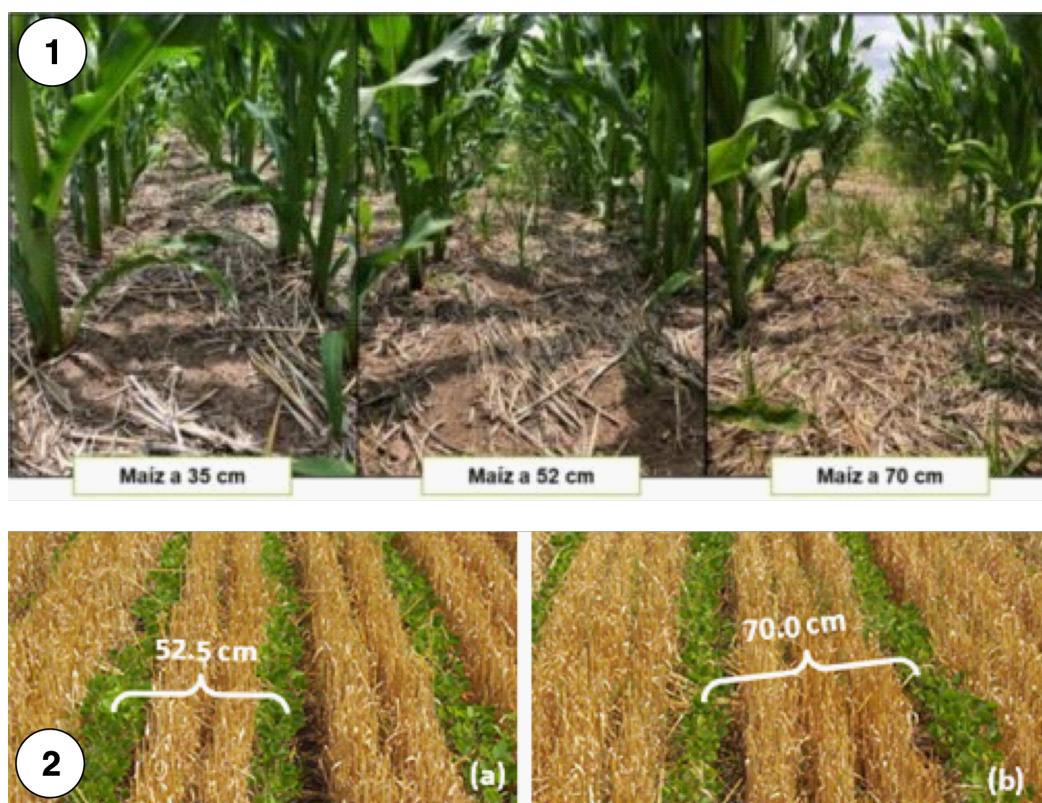


Imagen 5. Inconvenientes que deben sortear las sembradoras convencionales para llevar a cabo las labores de siembra. **1)** Cordones de acumulación de rastrojo en las colas de las cosechadoras. **2)** Huellas dejadas por las ruedas de las cosechadoras cuando la labor de cosecha con malas condiciones de piso.

También es importante considerar el tamaño de las plantas. En estadios avanzados de desarrollo las plantas de cultivos de cereales de invierno como el trigo y la cebada tienen una altura de 100-120 cms., las plantas de los cultivos de Soja pueden alcanzar alturas de 140-160 cms, las plantas de girasol entre 140 y 200 cms. y las plantas de sorgo y maíz pueden superar los 200 cms.

Decimos que es importante considerar el tamaño de las plantas en estadios avanzados de desarrollo porque incluso en esos momentos, en ocasiones es necesario realizar labores (principalmente labores de control de plagas y

enfermedades). Y esto es clave para considerar el diseño de las maquinarias que deberá portar o remolcar el robot.

En la **Imagen 6**, a modo ilustrativo, se presentan algunas de las formas en las que se lleva a cabo la fertilización de los cultivos (i.e.: se presentan imágenes donde se presenta con distintos tipos de fertilizantes –sólidos y líquidos-, utilizando distintos mecanismos para fertilizar, en distintos momentos del ciclo de los cultivos y en distintos cultivos).



Imagen 6. Distintos formas de llevar a cabo la fertilización de cultivos. **1)** Fertilización al voleo, **2)** Fertilización incorporada, **3)** Fertilización neumática, **4)** Fertilización líquida (chorreada).

Las **Imágenes 7, 8, 9, 10 y 11**, permiten visualizar pulverizaciones en rastrojos y cultivos de trigo, Soja, Maíz y Girasol en estadios iniciales y avanzados de desarrollo.



Imagen 7. Pulverizaciones en rastrojos. **1)** En un barbecho de Soja (menos voluminoso), **2)** En un barbecho de Maíz (más voluminoso).



Imagen 8. Pulverizaciones en Trigo. **1)** En estadios tempranos de desarrollo, **2)** En estadios avanzados de desarrollo.



Imagen 9. Pulverizaciones en Soja. **1)** En estadios tempranos de desarrollo, **2)** En estadios avanzados de desarrollo.



Imagen 10. Pulverizaciones en Maíz. 1) En estadios tempranos de desarrollo, 2) En estadios avanzados de desarrollo.



Imagen 11. Pulverizaciones en Girasol. 1) En estadios tempranos de desarrollo, 2) En estadios avanzados de desarrollo.

Vale aclarar que en estadios avanzados de desarrollo de los cultivos, suele ser relativamente común que las aplicaciones de insecticidas y funguicidas se realicen con aviones (aplicaciones aéreas). Incluso durante los últimos años viene incrementándose el uso de aplicaciones con drones. Esto es importante para trabajar en el desarrollo de la solución; una solución cuyo diseño permita reemplazar las aplicaciones aéreas torna más polivalente a la plataforma del robot y lo torna más competitivo frente a las opciones que habilita la maquinaria agrícola convencional. No obstante, si el desarrollo de una alternativa se tornara demasiado complejo o inviable, es bueno saber que, en ocasiones, estas labores ni siquiera las ejecutan las maquinarias agrícolas terrestres convencionales. En la **Imagen 12** se presentan imágenes de aplicaciones terrestres y aéreas en cultivos de soja y maíz que se encuentran en estadios avanzados de desarrollo.



Imagen 12. Pulverizaciones en estadios avanzados del ciclo de los cultivos. **1)** Pulverización terrestre en Soja, **2)** Pulverización aérea en Soja, **3)** Pulverización terrestre en Maíz, **4)** Pulverización aérea en Maíz.

Por último, la **Imagen 13** muestra el parque de maquinarias que comúnmente se despliega para llevar a cabo una labor particular, en este caso una labor de siembra. En este caso la foto corresponde a un equipo de contratistas de maquinaria agrícola que está conformado por dos personas, el maquinista (que es el encargado de ejecutar la labor) y el auxiliar de siembra (que normalmente resuelve todas las cuestiones logísticas –reaprovisionamiento de semilla y fertilizantes, elaboración de las comidas, aseo de la casilla de campaña, etc.). En las labores de fertilización y pulverización, las conformaciones de los equipos de contratistas suelen ser similares (i.e.: pulverizador + auxiliar de pulverización, fertilizador + auxiliar de fertilización). Adjuntamos la imagen para ayudar a dimensionar la magnitud del equipo que normalmente opera la maquinaria convencional. Estimamos que puede resultar de utilidad al proceso de diseño de una solución alternativa que eficiente aún más la mano de obra vinculada a la tarea.



Imagen 13. Equipo de Siembra y Fertilización. De derecha a izquierda: Camioneta, Tolva la semilla, Casilla, Chimango, Tractor, Sembradora, Tolva para fertilizantes, Tanque de combustible.