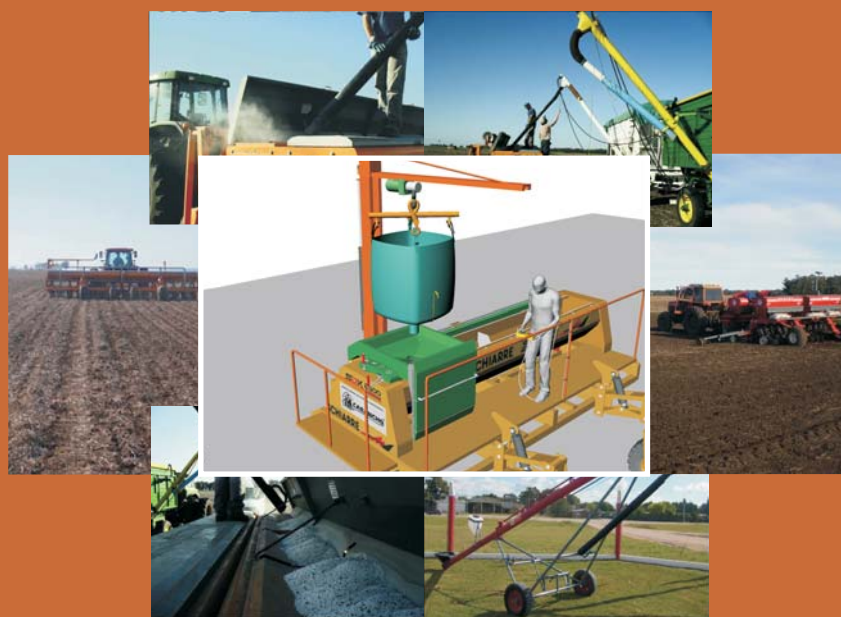


Diseño industrial de un sistema de abastecimiento de insumos para máquinas sembradoras y fertilizadoras

Juan D´Amico / Nicolás Bonicelli / Omar Tesouro / Angel Romito / Marcos Roba

Instituto de Ingeniería Rural - CIA - CNIA - INTA Castelar
Proyecto Específico Innovaciones en Implantación para la Producción de Granos y Forrajes

Informe Técnico de Siembra N° 20
Diciembre 2011



Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Informe técnico de siembra
ISSN 1852-3080
No. 20, Diciembre, 2011

“Diseño industrial de un sistema de abastecimiento de insumos para
máquinas sembradoras y fertilizadoras”

Instituto de Ingeniería Rural

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Editor responsable: Ing. Agr. Mario Omar Tesouro

Avda. Pedro Díaz 1798

Hurlingham - Buenos Aires - Argentina

C.C. 25 B1712 JHB Castelar

Tel/fax 4665-0495

ingrura@cni.inta.gov.ar
<http://www.inta.gov.ar/iir>

Contenido

I. Introducción	2
II. Problemática	3
II. a. El trasvase de producto a granel	3
II. b. El diseño de la sembradora como condicionante del aprovisionamiento de insumos	4
II. c. Maquinas complementarias en el aprovisionamiento de insumos	7
III Tecnología de Big Bag como alternativa en la manipulación de insumos agrícolas	8
III a. El envase Big Bag	8
III b. Cambios asociados a la utilización del Big Bag	9
IV. Diseño de un sistema de manipulación de Big Bag montado en la sembradora	9
IV. a. Desarrollo conceptual	10
IV. b. Mecánica de la operación	10
IV. c. Particularidades del diseño	12
V. Consideraciones Finales	16

I. Introducción

La sembradora moderna de cultivos extensivos presenta un diseño y estructura directamente relacionados con la producción en planteos de no labranza. Por otra parte, su complejidad va en aumento debido a múltiples causas entre las que se pueden mencionar: la mayor cantidad y diversidad de insumos que la maquina almacena, traslada, dosifica y distribuye en el campo; la gran diversidad de ambientes y condiciones de trabajo que debe afrontar en pos de ampliar la oportunidad de labor del equipo, la mayor capacidad de trabajo y autonomía.

Una problemática que se ha generado en los últimos años y que se ve incrementada llegando a ser una seria limitante en la operatividad eficiente de los equipos de siembra, es el aprovisionamiento de insumos.

Antiguamente las tipologías de sembradoras estaban bien definidas. Las sembradoras de grano gruesos estaban constituidas por tolvas individuales y las de grano fino estaban dotadas de una tolva única (monotolva). Estas estructuras también definieron en gran medida la posibilidad de manejar la semilla en bolsas o a granel.



Sembradoras de tolvas individuales frecuentemente aprovisionadas manualmente con bolsas.

Las sembradoras de granos finos dieron origen a las sembradoras duales, con capacidad de sembrar también granos gruesos, que surgieron como una evolución de las sembradoras conocidas inicialmente como "sembradoras de fina con kit de gruesa". Esta evolución trajo aparejada la difusión del sistema monotolva para una gran variedad de diseños de máquinas, incluyendo a las que sólo sembraban grano grueso únicamente, que de esta forma podían ser aprovisionadas con semillas y/o fertilizantes mediante un manejo a granel de los productos.



Sembradoras monotolva auto trasportadas comúnmente conocidas como "tiro de punta". Izq: posición de trabajo; Der: posición de transporte.

II Problemática

II. a. El trasvase de producto a granel

El manejo a granel de los productos, ya sea semillas o agroquímicos sólidos particulados, se realiza por trasvase mediante el empleo de una máquina conocida como "Sin Fin", que técnicamente es una máquina gravimétrica helicoidal denominada Tornillo de Arquímedes.

Aún cuando esta máquina tenga mas de 2000 años de antigüedad, su eficacia y simplicidad le han permitido alcanzar una gran difusión. En el caso particular de la manipulación de semilla su uso es bastante cuestionado por el deterioro mecánico que puede ocasionar con impacto en el poder germinativo. Algunas alternativas tecnológicas, como la incorporación de cepillos o la utilización de pendientes menos pronunciadas, hicieron posible reducir estos efectos negativos sosteniendo así su vigencia. Sin embargo su reemplazo por cintas transportadoras o sistemas de conducción neumática es una tecnología difundida en países cuya agricultura está más tecnificada.

Por otra parte y como una razón fundamental para propender al reemplazo del "Sin Fin" cabe mencionar la peligrosidad que implica su funcionamiento para los operadores de estas máquinas. Aún cuando no se presenten estadísticas al respecto, no caben dudas que es una de las máquinas agrícolas que ocasiona mayor cantidad de lesiones graves, o muerte, en el trabajo rural.

En estas condiciones, aún cuando esta máquina sea reemplazada por equipos de cinta o conducción neumática, no es posible suprimir la operación de trasvase a cielo abierto. Durante esta acción se dan diferentes hechos. Como primera medida el producto trasvasado toma contacto con el ambiente durante la operación, lo que implica que éste pueda verse afectado debido a la incidencia de radiación, el humedecimiento o mojado, etc. También puede ocurrir que el producto afecte al ambiente mediante la liberación de polvos o gases, lo cual debe atenderse especialmente en referencia al entorno cercano al operador.



Izq: Para las tareas de aprovisionamiento de la sembradora, los equipos pueden no contar con los lugares de tránsito apropiados ni con los elementos de fijación. Der: La liberación de polvo, gases u olores es prácticamente inevitable en la operación de trasvase a cielo abierto.

Otro aspecto es la gran frecuencia con que se producen derrames de mayor o menor magnitud, que además de la pérdida de producto propiamente dicha, pueden provocar contaminación con consecuencias para el medio y las personas.

II. b. El diseño de la sembradora como condicionante del aprovisionamiento de insumos

La configuración de tolva única, muy generalizada actualmente en las máquinas nacionales supone la facilidad del manejo a granel de los insumos. Sin embargo las modificaciones que se han venido dando en su estructura a la hora de hacer frente y resolver las demandas inicialmente planteadas como las diferentes condiciones de trabajo, la oportunidad de labor, la autonomía y la diversidad de insumos generan limitantes serias para el aprovisionamiento.

A fin de orientar en cierta medida el análisis, conviene abordar la problemática sobre un tipo de máquina en particular como las sembradoras autotrasportables de ruedas orientables, conocidas como "tiro de punta" que son las de mayor difusión en la actualidad.

II. b.1. Capacidad de paso en suelos con gran volumen de cobertura

Dado que en este tipo de máquina la conducción de la semilla es gravitacional, necesariamente la tolva debe ubicarse por encima de los cuerpos de siembra garantizando que la disposición y geometría de los conductos no alteren el correcto flujo del material.

En la búsqueda de incrementar la capacidad de paso de la sembradora, las unidades de siembra se disponen en dos planos de acción. En este sentido y en pos de minimizar el riesgo de atoramientos, los fabricantes buscan la mayor separación posible entre los cuerpos delanteros y los traseros a fin de facilitar el desplazamiento del rastrojo entre los órganos activos de siembra y fertilización. Esta característica es muy apreciada por la demanda, a punto tal de ser un argumento de venta significativo.

Sin embargo, al incrementar la separación entre el plano delantero y trasero la posición de los cuerpos se desfasa y ya no se ubican por debajo de la tolva, lo que genera una menor pendiente de los tubos de conducción que afecta el movimiento de la semilla y el fertilizante.

Frente a esa limitante, la solución más sencilla y empleada actualmente por los fabricantes es elevar la tolva para lograr que los tubos de conducción adquieran la pendiente necesaria para no entorpecer el adecuado flujo del insumo. Otra alternativa algo más compleja, es la colocación de una tolva delantera y una tolva trasera, separadas comúnmente por la pasarela de inspección.

En cualquiera de los casos, estas alternativas implican una mayor altura de descarga para el "Sin Fin" que no se resuelve aumentando la pendiente de su inclinación porque ello incrementa el daño mecánico y condiciona seriamente la capacidad de trabajo. Consecuentemente se debe recurrir a elevadores de mayor longitud con los condicionantes que ello implica y que exceden el análisis presentado.



La pendiente del Sin Fin tiene impacto directo en la capacidad de elevación y en el daño mecánico que le provoca al material movilizado.

II. b. 2. Capacidad de trabajo: Ancho de labor

La siembra es una labor que tiene una oportunidad de realización acotada, impuesta por las condiciones agronómicas, la especie, el ambiente, la época del año, etc. En este contexto, la capacidad de trabajo del equipo resulta una característica técnica relevante y de las más valoradas por los usuarios.

Considerando que la velocidad de avance es uno de los parámetros que más afecta la calidad de siembra, el camino más directo para aumentar la capacidad de trabajo es incrementar el ancho de labor del equipo.

Este mayor ancho de labor se logra con máquinas de mayor tamaño, o con la disposición de dos o más máquinas apareadas. En este sentido cabe mencionar que la configuración de máquina tipo "tiro de punta" es prácticamente la única que permite este montaje modular de equipos.



Con equipos de gran ancho de labor es necesaria la colocación de una manga orientable en el sin fin que permita conducir el flujo de material

Ya sea que se trate de máquinas de gran ancho de trabajo, o de varios módulos apareados, se cuenta con una tolva rectangular de gran longitud. Esta geometría requiere el llenado en varios puntos para colmar su capacidad ya que el propio ángulo de rozamiento interno de las partículas impide un desplazamiento fluido con la consecuente formación de un talud cónico.

Para salvar este inconveniente, los fabricantes de sinfines suelen colocar en la boca de salida un conducto flexible que permite orientar el flujo de descarga. Este componente viene a salvar sólo en parte el problema pero demanda una mayor altura de descarga.

II. b. 3. Autonomía: Capacidad de las tolvas y Diversidad de Insumos

Otra característica técnica que define en gran medida la capacidad de trabajo es la autonomía del equipo. En definitiva una mayor autonomía se traducirá en una menor proporción de tiempos muertos destinados a la carga propiamente dicha y a los eventuales traslados necesarios al punto de abastecimiento.

La diversidad de insumos aplicados durante la operación de siembra requiere que la máquina deba contar con una tolva, o al menos un compartimento, por cada producto aplicado. Además de lo cual, es necesario que sus capacidades mantengan una relación adecuada en proporción a las dosis empleadas, a fin de que se puedan cargar todos los insumos en una única detención del equipo.



Tolvas con compartimientos interiores rebatibles para adecuar la capacidad de almacenamiento de cada insumo

Este aspecto también condiciona la capacidad de las tolvas que dada la geometría comentada anteriormente y su descarga gravitacional genera limitantes como una mayor altura de la boca de carga y la imposibilidad de aprovisionar varios insumos simultáneamente.

II. c. Maquinas complementarias en el aprovisionamiento de insumos

Un aspecto que merece cierta atención es el parque de maquinaria complementario. El "Sin Fi" puede contar con motorización propia o depender de la potencia entregada por un tractor mediante la toma posterior de potencia o el sistema hidráulico. En otras configuraciones es un componente del carro granelero que almacena el insumo. En este caso el mismo tractor que tracciona el carro es proveedor de la potencia para su accionamiento.



Los carros graneleros equipados con Sin Fin hidráulico han cobrado gran difusión entre el parque de maquinas destinadas al abastecimiento de sembradoras y fertilizadoras.

En cualquier caso, es necesario al menos un tractor adicional al que tracciona la sembradora. También se requiere de tantos carros graneleros como insumos se pretenda aplicar. Por otra parte, y considerando algunas máquinas en particular como el tractor adicional, es de hacer notar que su utilización es sólo requerida en momentos puntuales de la jornada y por tiempos

muy acotados. Sin embargo, su disponibilidad requiere en muchos casos que deba ser destinado exclusivamente a estas tareas durante el tiempo que se realice la labor.

La baja potencia demandada, la intermitencia en las prestaciones requeridas y el hecho de considerar al aprovisionamiento de insumos como una tarea menor, contribuyen a que el parque de máquinas involucrado sea antiguo, generalmente en mal estado y sin las medidas de protección mínimas.

Por razones similares a las expuestas para estas máquinas complementarias, debe mencionarse que los operarios destinados a estas tareas, generalmente tienen escasa o nula capacitación acerca del manejo de maquinaria y la prevención de accidentes, no cuentan con la vestimenta adecuada ni con los elementos de protección personal.

III Tecnología de Big Bag como alternativa en la manipulación de insumos agrícolas

III a. El envase Big Bag

La logística de productos de una gran diversidad de industrias como la de alimentos y la construcción dispone actualmente de tecnología y elementos compatibles con el movimiento de semilla y otros insumos agrícolas. En este sentido, los recipientes de gran capacidad denominados comúnmente Big Bag presentan una gran potencialidad para el sector agrícola. En el caso particular de semilla, en el año 2011 el INASE habilitó a los semilleros la comercialización de soja en Big Bag de mas de 100 Kg de capacidad. Esta medida se suma a la paulatina difusión que estos envases están teniendo en la comercialización de fertilizantes minerales.



Dentro de la oferta de Big Bags, existe una variedad importante en cuanto a dimensiones, sistemas de llenado y vaciado, materiales y capacidades.

III b. Cambios asociados a la utilización del Big Bag

III b.1 Cambios en relación al insumo manipulado.

El cambio fundamental que se produce con la incorporación del big bag es que se elimina la operación de trasvase a cielo abierto forzado mecánicamente. Este hecho tiene una gran cantidad de implicancias, entre las que se pueden mencionar:

- No se produce daño mecánico a la semilla ni rotura de las partículas de fertilizantes.
- Se reduce al significativamente el tiempo de exposición entre el producto y el medio ambiente, limitando las posibilidades de efectos adversos en uno u otro sentido.
- Se disminuye el riesgo de derrames, responsables de pérdidas y contaminación.

Considerando todo el ciclo del producto, desde que este sale del semillero o de la planta fraccionadora hasta que es colocado en la tolva de la máquina, las operaciones de trasvase son varias, consecuentemente los puntos mencionados anteriormente cobran aún mayor relevancia.

III b. 2 Cambios en relación al parque de maquinarias

Desde el punto de vista de la maquinaria agrícola, esta tecnología permite prescindir del elevador "Sin Fin" y de los carros graneleros, aunque demanda la incorporación de un sistema capaz de movilizar los Big Bag.

Por otra parte, y aunque exceda al análisis de esta publicación, puede mencionarse que la tecnología de movimiento de este tipo de envases en el ámbito de plantas fraccionadoras o procesadoras está totalmente resuelta, por lo que no implica ninguna limitación para los proveedores de insumos su incorporación.

IV. Diseño de un sistema de manipulación de Big Bag montado en la sembradora

Con el fin de dar respuesta a una de las necesidades concretas que se presenta a la hora de incorporar esta tecnología, se generó un desarrollo conceptual de equipamiento integrado a la máquina sembradora.

Las restricciones básicas que se plantearon como premisa de diseño fueron las siguientes:

- El big bag contenedor debe poder manejarse sin necesidad de ser abierto hasta que no está montado en la sembradora.
- El punto de carga en la sembradora debe ser único, sin necesidad de movilizar maquinaria ni carros durante la operación de abastecimiento.
- El sistema debe ser compatible con el manejo de insumos sólidos particulados o pulverulentos.

- El sistema debe poder incorporarse a la sembradora a modo de kit sin que su utilización sea indispensable para la operación de la sembradora.

IV. a. Desarrollo conceptual

En función de las condiciones impuestas se planteó el desarrollo sobre una sembradora de diseño "tiro de punta", tomando como estudio de caso la sembradora Schiarre SDX 2500 Tekno con la que cuenta el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural, INTA Castelar.



Vistas de la sembradora equipada con el sistema de aprovisionamiento de insumos diseñado.

El diseño se planteó fijando la posición de carga desde un lateral de la máquina cuando está en posición de trabajo. Esta posición permite cumplir con la premisa de efectuar la carga sin movimiento de equipos, aún cuando se trate de una sembradora de gran ancho de labor.

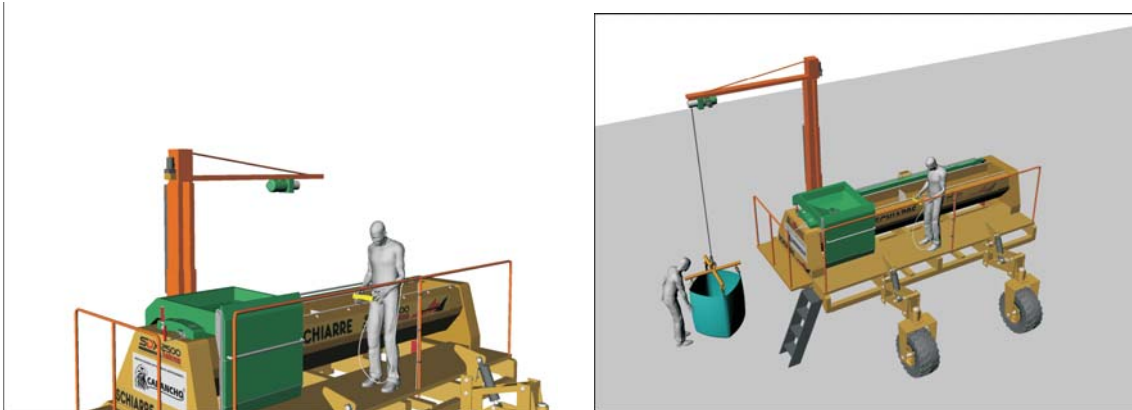
IV. b. Mecánica de la operación

Con la máquina posicionada de tal manera que el conjunto de Big Bags a elevar queden dispuestos a un lado de la línea de marcha y cercanos al punto de elevación, se realiza el alistamiento del equipo. Se abren las tapas correspondientes y se despliega la pluma elevadora.



Apertura de la tolva y la batea recibidora para realizar el aprovisionamiento de insumos.

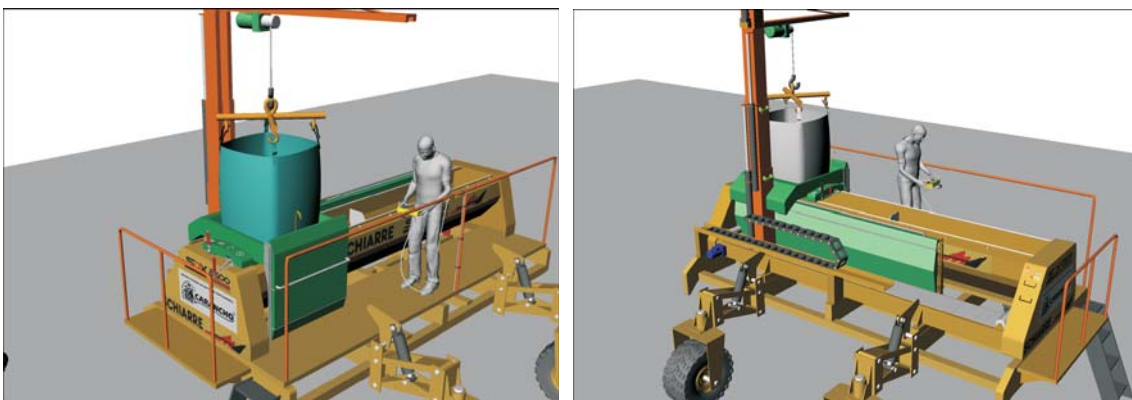
Posteriormente se vincula el Big Bag por medio de sus propios elementos de fijación a los ganchos de la linga y se lo eleva.



Posicionamiento del elevador y fijación del Big Bag.

La masa propia de la sembradora, y la posición de su centro de gravedad, hace posible la elevación y el movimiento de objetos con pesos importantes sin el requerimiento de patas o seguros para evitar el vuelco del conjunto.

Una vez elevado, el recipiente es posicionado en una batea recibidora sobre la cual descansa parcialmente dado que es sujetado también por la linga. Luego, el conjunto batea y pluma se desplaza a lo largo de la tolva, motorizado por un dispositivo controlado por el operador, mientras se vacía el recipiente. La existencia de diseños de Big Bag con manga de apertura inferior hace posible su descarga gravitacional.

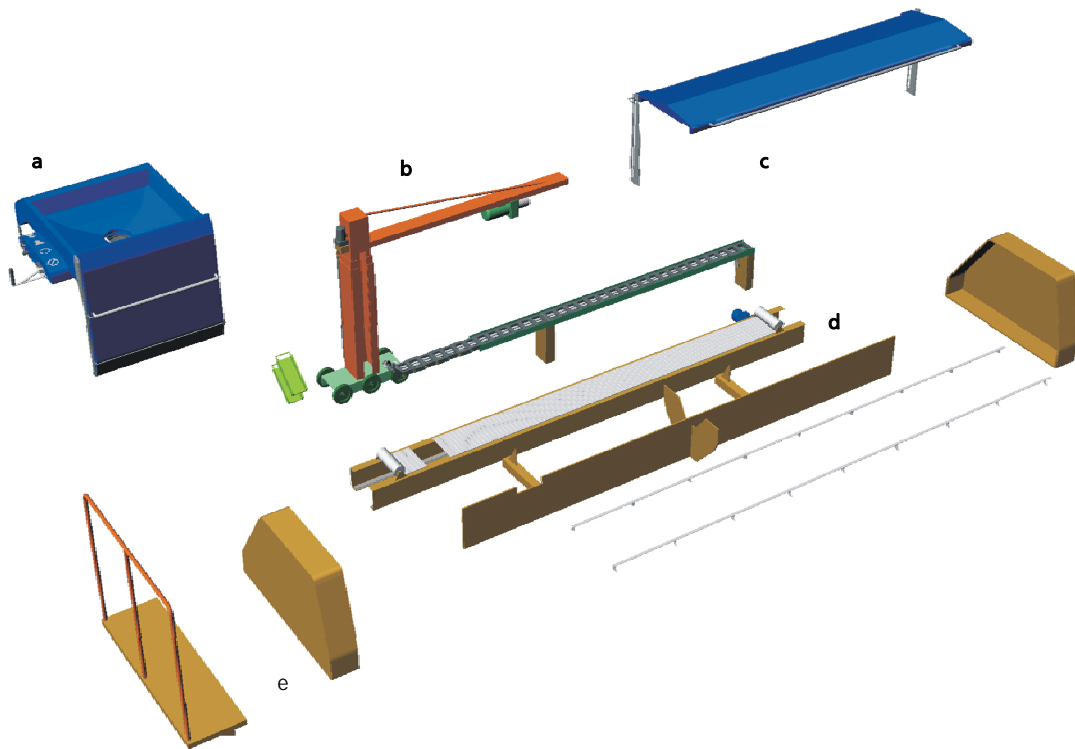


Posicionamiento del big bag en la batea recibidora y movilización del conjunto a lo largo de la tolva.

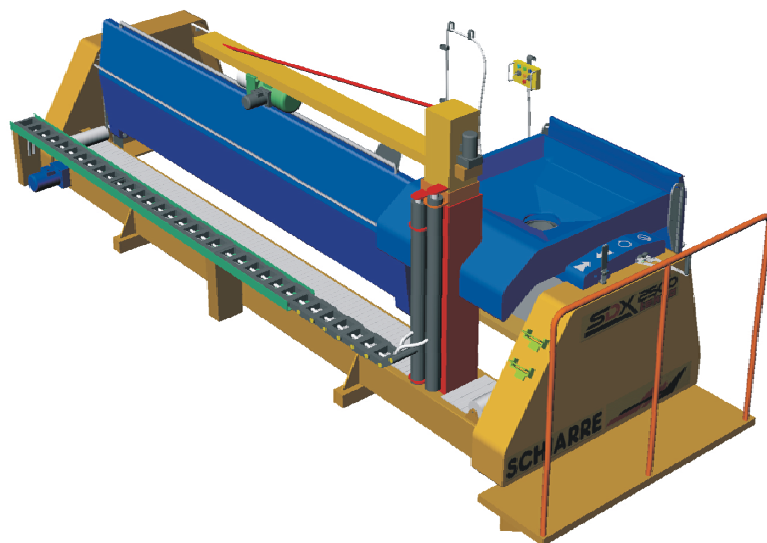
Una vez vaciado el contenido, el operador desengancha el recipiente para iniciar nuevamente la mecánica de carga hasta completar la capacidad de la tolva.

IV. c. Particularidades del diseño

Para realizar este desarrollo se intervino sobre una cierta cantidad de elementos teniendo en cuenta otra de las restricciones del proyecto, que hacen referencia a la condición de kit opcional para ser colocado por el fabricante y la de ser prescindible en el uso normal de la sembradora.



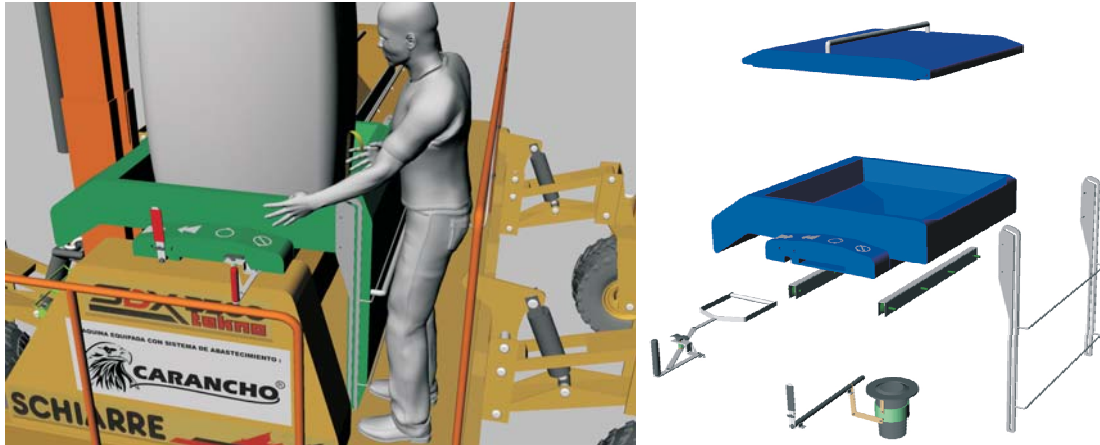
Conjuntos y dispositivos que conforman el sistema diseñado: a: Batea recibidora; b: Sistema de elevación y movilización del Big Bag; c: Tapa de la tolva; d: estructura de soporte y guía del sistema de elevación y movilización; e: Elementos de sujeción y seguridad para el operador.



Vista del ensamblaje del sistema diseñado.

IV. c. 1. Batea recibidora

Además de soportar parcialmente el peso del recipiente, el diseño de la batea recibidora permite al operador realizar diversas acciones. Entre sus funcionalidades se encuentra la posibilidad de obturar el flujo de material desde el Big Bag a la tolva mediante un sistema de estrangulamiento de la manga de descarga.



Izq: Operación de los comandos alojados en la batea recibidora. Der: Vista general del despiece de este dispositivo donde se puede apreciar los comandos, la tapa, y un segmento de las guías por las que transita.

Mediante otro comando también incorporado en la batea el operador puede dirigir el flujo de material a fin de cargar alternativamente el compartimento de semillas o el compartimento de fertilizantes de la tolva.

Con estos elementos el sistema resulta compatible con múltiples insumos y adquiere una gran versatilidad e independencia respecto de las capacidades de los recipientes en cada caso.

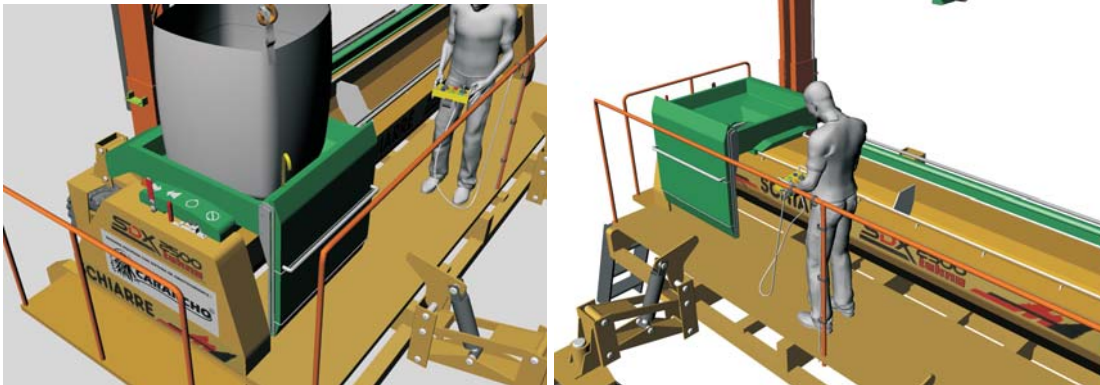
IV. c. 2. Sistema de elevación y movilización

El radio de acción de este sistema permite enganchar todos los recipientes necesarios para la carga completa de la tolva, sin necesidad de reposicionar la máquina.

Además de las cuestiones propias de la resistencia de materiales, capacidad de elevación y adecuación a elementos estándar en su constitución, es de hacer notar que el diseño se basa en el hecho de que el Big Bag es sujetado por la linga durante toda la operación.

Desde el punto de vista estructural, los esfuerzos se transfieren a la estructura principal de la máquina. Por otra parte, esta configuración de guías inferiores resulta más propicia para el desarrollo de un sistema de movilización seguro y lo suficientemente protegido y distante del operador. Por último, la permanente sujeción que se realiza sobre el recipiente permite que mantenga su forma original a medida que pierde su contenido, lo que favorece su rápido y completo vaciado, evitando derrames por vuelco o plegado del envase.

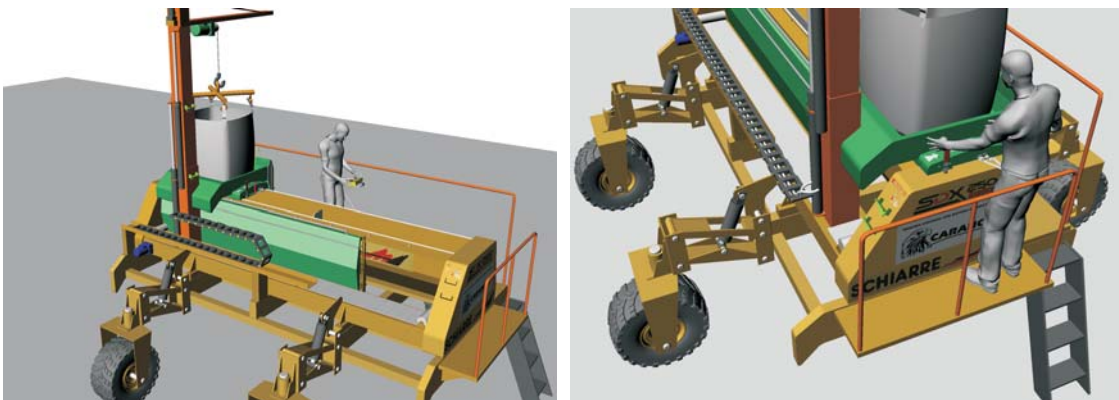
El equipamiento del sistema cuenta con un monocomando eléctrico, a fin de garantizar comodidad y seguridad en la operación mediante un dispositivo remoto que puede acompañar el desplazamiento del sistema.



Operación del comando remoto en la elevación y movilización del big bag.

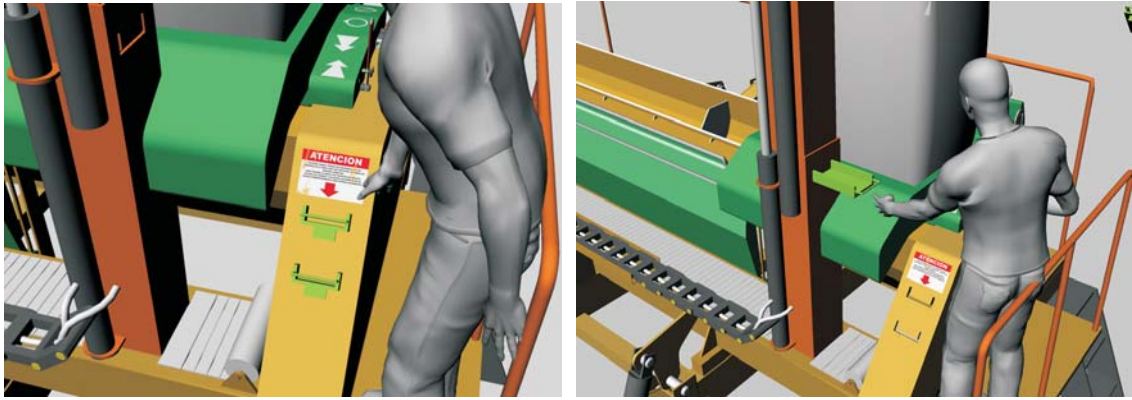
IV. c. 3. Elementos de seguridad

De manera integral el sistema cuenta con un diseño que permite el trabajo seguro del operador. La ubicación del sistema de los elementos móviles del conjunto de elevación y movilización se encuentran convenientemente ubicados hacia el lado de la tolva donde no transita el operador. La operación de los comandos ubicados en la batea receptora y en el dispositivo remoto, se realiza desde posiciones seguras constituidas por plataformas antideslizantes y barandas.



Izq: Ubicación del operador a resguardo de elementos móviles del sistema de elevación y movilización. Der: Provisión de plataformas y barandas para el acceso a las posiciones de operación.

El diseño cuenta con las correspondientes trabas de seguridad para fijar los elementos en posición de trabajo. Por otra parte, la ubicación de estos elementos cuando no se utilizan es inequívoca y al alcance del operador para facilitar su empleo y evitar el extravío de los mismos.



Provisión de trabas de seguridad con los correspondientes alojamientos de servicio y de guarda para garantizar su correcto uso y evitar el extravío.

V. Consideraciones Finales

La eliminación del trasvase de insumos a cielo abierto en el aprovisionamiento de máquinas sembradoras o fertilizadoras redundará en una mayor seguridad para el operario, menores riesgos de contaminación y una mayor preservación de los insumos contra efectos adversos del medio.

El reemplazo del elevador de tornillo "Sin Fin" como herramienta básica de esta operación, permitirá disminuir el daño mecánico sufrido por el producto manipulado y eliminará una de las máquinas con mayor participación en accidentes con lesiones graves o muerte.

La tecnología de los Big Bag se encuentra suficientemente desarrollada y difundida, como para ser incorporada en el manejo y logística de insumos envasados en origen y transferidos por todas las instancias de acopio y comercialización hasta llegar al lote donde serán distribuidos.

El desarrollo conceptual presentado, fruto del trabajo interdisciplinario de la Ingeniería Rural y el Diseño Industrial, intenta abrir una nueva línea de innovación, superadora de la tecnología existente en la industria nacional, con el fin de posicionar de manera más competitiva la maquinaria agrícola en el mercado nacional e internacional.

Como una estrategia de comunicación y sensibilización acerca de que esta tecnología permite el reemplazo del "Sin Fin", comúnmente denominado "Chimango" en vastas regiones del país, el sistema fue bautizado con el nombre de "Carancho" en alusión a otra ave autóctona que puebla el ámbito rural argentino y es comúnmente avistada por el hombre de campo mientras realiza su labor.

Este desarrollo, realizado en el marco de la carrera de Diseño Industrial por el Sr. Nicolás Bonicelli, es el fruto del trabajo conjunto realizado por el cuerpo docente del Taller de Diseño Industrial 5 de la Facultad de Bellas Artes de la UNLP y el equipo técnico del Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural del INTA.

La presente publicación integra una serie de Informes Técnicos publicada por el Proyecto Específico Innovaciones en Implantación para la Producción de Granos y Forrajes. Estos informes tienen como finalidad poner a disposición de los profesionales oficiales y privados, la información generada en el Instituto de Ingeniería Rural y en las Estaciones Experimentales que integran el mencionado proyecto.



**Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca**
Presidencia de la Nación