

# Innovaciones en sistemas de transferencia de carga a los trenes de distribución

Omar Tesouro / Angel Romito / Juan D'Amico / 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° 18  
Junio 2011



## Ediciones

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



Informe técnico de siembra  
ISSN 1852-3080  
No. 18, Junio, 2011

Innovaciones en sistemas de transferencia de carga a los trenes de  
distribución

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](mailto:ingrura@cni.inta.gov.ar)  
<http://www.inta.gov.ar/iir>

# Contenido

<b>I. Introducción y Objetivo</b>	<b>2</b>
<b>II. Materiales y Métodos</b>	<b>3</b>
<b>III. Resultados</b>	<b>6</b>
3.1. Relaciones Carga – Posición en el cuerpo estándar	6
3.2. Relaciones Carga – Posición en el cuerpo estándar equipado con sistema de cilindro neumático	8
3.3. Relaciones Carga – Posición en el cuerpo rediseñando con resorte	11
3.4. Análisis comparativo de los diseños dotados de resortes	13
<b>IV. Consideraciones Finales</b>	<b>15</b>
<b>V. Bibliografía</b>	<b>15</b>

## I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO:

Independientemente de sus componentes y su diseño, existen dos aspectos críticos a considerar en los trenes de distribución de semillas. Ellos son su posibilidad de desplazarse en sentido vertical a fin de poder copiar correctamente las irregularidades que presente la superficie del suelo y paralelamente, mantener una carga suficiente sobre el cuerpo de siembra para poder alcanzar la profundidad de trabajo deseada.

En la mayoría de las sembradoras con unidades individuales de siembra, la carga necesaria para que los órganos activos del tren de siembra penetren en el suelo está dada por una transferencia desde el chasis de la propia máquina a partir de un sistema de articulación dotado de uno o más resortes.

Pese a que estos sistemas muestran una escasa capacidad de mantener una presión más o menos constante de los trenes de distribución sobre el suelo, no se han realizado desarrollos importantes, o al menos no se han difundido diseños que permitan una mejora en sus prestaciones

Diversos autores han demostrado las ventajas de los sistemas de transferencia de cargas que permiten al cuerpo de siembra ejercer una presión constante sobre el suelo cuando transita copiando un relieve irregular por su influencia en el logro de una profundidad de siembra uniforme (Chen et al. 2002; Chouhadry et al. 1985; Morrison 1988b). En otros casos relatan el menor desgaste que sufren los componentes del tren de distribución

Para dar respuesta a ello, desde hace más de 20 años las alternativas tecnológicas que se buscaron para resolver la inestabilidad de cargas estuvieron basadas principalmente en sistemas neumáticos o hidráulicos (Morrison 1988a; Morrison 1988b; Fink and Currence 1995) con resultados muy promisorios respecto de los logrados con los sistemas de resortes.

Sin embargo en nuestro país la difusión de esta tecnología es prácticamente nula, circunscripta sólo a prototipos experimentales o a unos pocos modelos comerciales que no alcanzan a cubrir el 1% de la oferta de equipos nacionales. Esta escasa adopción por parte de los fabricantes puede estar justificada en la excesiva complejidad de los sistemas y el gran número de componentes que se agregan a la sembradora.

En este contexto en el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural (INTA Castelar) se diseñó y desarrolló un sistema mecánico de transferencia de cargas dotado únicamente de resortes que tiene la capacidad de lograr una presión uniforme de los trenes de siembra sobre el suelo a lo largo de un amplio recorrido vertical.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar comparativamente el diseño de transferencia de carga desarrollado respecto del sistema estándar comercial y de uno de idéntica geometría pero equipado con

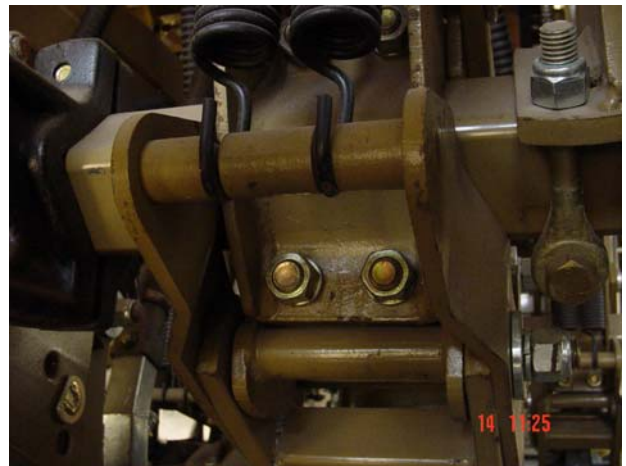
## II. MATERIALES Y MÉTODOS:

El ensayo fue realizado en el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural (INTA Castelar). Se utilizó una sembradora Schiarre SDX 2500 Tekno, que posee en cada cuerpo de siembra un sistema para transferir cargas compuesto de una palanca regulable que actúa sobre el paralelogramo deformable y dos resortes anteriores de tracción con una tara de 1,10 kg / mm (Figuras 2.1 y 2.2). La regulación de la palanca consiste en cuatro posibilidades de colocación de un perno removible, lo cual determina que los resortes actúen durante un mayor o menor rango de desplazamiento vertical del paralelogramo.

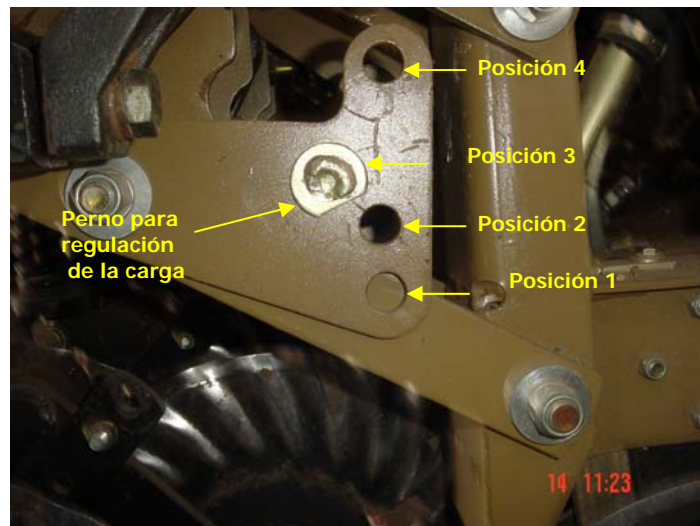
Las determinaciones fueron hechas en cada una de las posiciones del perno. A la ubicación en el orificio inferior se las denominó "Posición 1" y luego, consecutivamente, posiciones 2, 3 y por último la 4, a la más alta de todas correspondiente al orificio superior (Figura 2.3)



**FIGURA 2.1.:** Sistema palanca para la transferencia de carga al cuerpo de la sembradora.



**FIGURA 2.2.:** Resortes anteriores que actúan sobre cada cuerpo de siembra.



**FIGURA 2.3.:** Sistema de regulación de la carga ejercida sobre el cuerpo de la sembradora. En la figura puede observarse las cuatro posiciones posibles. En este caso, el perno se encuentra colocado en la posición 3.

Para determinar la carga actuante, se colocó una balanza electrónica con dos plataformas por debajo de un gato hidráulico, el cual fue utilizado para elevar el cuerpo mencionado. Una vez ubicado el gato hidráulico, la balanza fue tarada a cero para que cualquier carga registrada con posterioridad sea

registrada dado que se corresponde con el peso que potencialmente puede ejercer el cuerpo sobre el suelo.

El desplazamiento vertical fue medido considerando como punto de referencia al eje de la biela de regulación de las ruedas limitadoras de profundidad del cuerpo de siembra. Debido a que el ángulo que forman los brazos del paralelogramo con la horizontal depende del despeje que posea el bastidor portaherramientas sobre la superficie del suelo, en el presente informe los resultados del desplazamiento vertical (variable altura) se expresan considerando un valor de cero cuando el paralelogramo se encuentra en posición horizontal. De este modo, la variable altura adquirirá valores positivos cuando los brazos del paralelogramo estén inclinados hacia arriba y negativos, cuando lo estén hacia abajo.

Una vez concluidas las pruebas sobre el cuerpo estándar, fueron removidos los resortes y se colocó en su lugar un cilindro neumático fabricado por la firma *Eneumat* S.R.L. el cual trabajó a la tracción. El cilindro posee un diámetro externo de 90 mm y un desplazamiento de 150 mm.



**FIGURA 2.4.:** Reemplazo de los resortes por el cilindro neumático.



**FIGURA 2.6.:** Manifold utilizado para entregar presiones de 0 a 5 bar al cilindro neumático.



**FIGURA 2.5.:** Cilindro neumático en expansión ante la elevación del cuerpo de siembra.

La presión del aire entregada al cilindro fue regulada mediante un compresor y un manifold marca Soil Moisture Inc. En la entrada de aire del cilindro fue colocado un segundo manómetro para monitorear pérdidas de carga o posibles cambios puntuales de la presión, los cuales no se manifestaron. El rango de trabajo utilizado fluctuó entre 0 y 5 bares a intervalos de 1 bar.

En base a los resultados obtenidos se procedió al estudiar la geometría del sistema con especial atención en el diseño de la palanca de transferencia que vincula al resorte con el paralelogramo deformable. En este sentido se trabajó en el marco de un convenio de Vinculación Tecnológica con la empresa Schiarre S.A. quien proveyó en una primera instancia los planos de los componentes originales que fueron empleados para generar los componentes en tres dimensiones mediante el programa informático Solid-Works de manera de poder simular su comportamiento dinámico una vez modificados.

Se planteó como objetivo un sistema íntegramente mecánico con un diseño que permitiera la menor cantidad posible de modificaciones en la máquina y el reemplazo de un número mínimo de componentes. En cuanto a las prestaciones se buscó una variación de carga inferior al 10% para una amplitud de recorrido vertical igual al máximo rango registrado para el sistema estándar.

En el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural se realizó el diseño de los componentes y se comprobó mediante simulación el desempeño del sistema. Posteriormente se remitieron los planos a la empresa quien procedió a la fabricación del mismo. Los criterios y particularidades del diseño realizado exceden el alcance del presente informe.

Una vez concluida la fabricación el prototipo fue instalado en la sembradora empleada en el ensayo del sistema estándar para realizar la evaluación de la carga transferida en función del posicionamiento de la unidad de siembra siguiendo la misma metodología operada en la evaluación del dispositivo original. Paralelamente se realizó la solicitud de patente ante el Instituto de Propiedad Industrial.



**FIGURA 2.7.:** Sistema de transferencia de carga diseñado en el Laboratorio de Terramecánica e Implantación de Cultivos del Instituto de Ingeniería Rural (INTA Castelar). El montaje sobre una máquina comercial permite apreciar las diferencias respecto del diseño estándar.

### III. RESULTADOS:

**3.1. Relaciones Carga – Posición en el cuerpo estándar:** En la figura 3.1 están representadas las variaciones de la carga que ejercería el cuerpo de la sembradora en relación con su posición (altura). En dicha figura puede observarse que cuando el perno fue ubicado en el orificio inferior de la palanca de transferencia de carga (Posición 1) y tomando como referencia la distancia vertical en la cual los brazos del paralelogramo se encuentran horizontales, el sistema de transferencia de cargas actúa acompañando el descenso del surcador dentro de un rango de 14,5 cm. Más allá de este límite, es factible el descenso en tres centímetros más, pero en ésta distancia gravita sólo el peso propio del cuerpo. A partir de allí, el cuerpo permanece suspendido por el bastidor.

Volviendo al punto de referencia (brazos del paralelogramo horizontales y altura igual a cero), el sistema de transferencia de cargas acompaña el ascenso del surcador dentro de un rango de 4,5 cm. Al alcanzar este límite, la palanca se apoya contra el bastidor, imposibilitando una mayor elevación del paralelogramo (Figura 3.2).

El valor absoluto de la pendiente en el rango de transferencia de cargas es de 8,6 kg/cm, lo cual significa que dicha transferencia se reduce en aproximadamente 125 kg al descender el cuerpo 14,5 cm, respecto del valor de 260 kg que se obtiene cuando los brazos del paralelogramo se encuentran horizontales. En el otro sentido, se incrementa en 39 kg al elevarse 4,5 cm, alcanzando una carga de 300 kg aproximadamente.

Con el perno ubicado en las posiciones intermedias (2 y 3), se obtiene la relación más equilibrada de transferencia frente al descenso o el ascenso del surcador, alcanzando en ambas posiciones una variación de altura de aproximadamente +/- 10 cm. Al igual que en el caso anterior, por debajo del límite inferior de transferencia, actúa el peso propio del cuerpo mientras que, al alcanzar el límite superior, nuevamente el contacto de la palanca con el bastidor impide una mayor elevación del surcador. Debido a que la pendiente es casi coincidente con la anterior (8,16 kg/cm para la posición 2 y 7,79 kg/cm para la 3) la adición o sustracción de peso a partir de la posición de referencia, se encuentra en el orden de los 80 a 100 kg.

Puede observarse en la figura 3.1, que con el perno colocado en el orificio superior (Posición 4), no existe transferencia de carga durante toda la etapa de descenso del surcador. Sólo se manifiesta una zona de regulación entre 2,5 y 11,5 cm por encima del punto de referencia. En este caso, el límite superior de desplazamiento está dado por el contacto entre la parte anterior del paralelogramo y el bastidor.



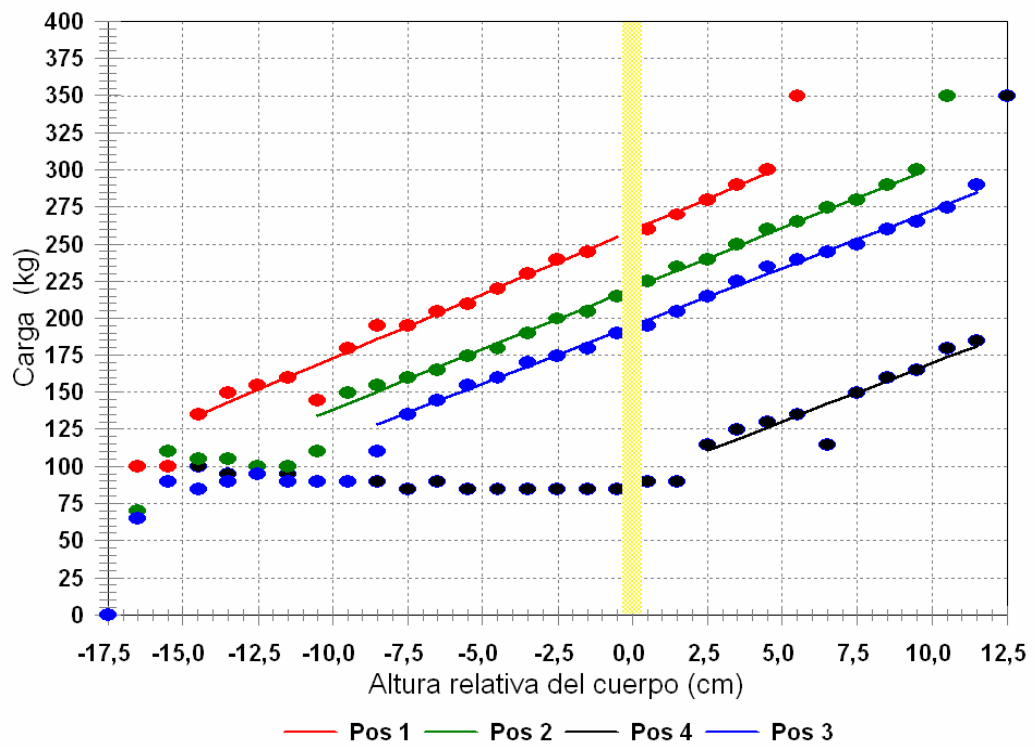


FIGURA 3.1: Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Cuerpo estándar. Referencias: Pos1 a 4: posición del perno de regulación de la carga.



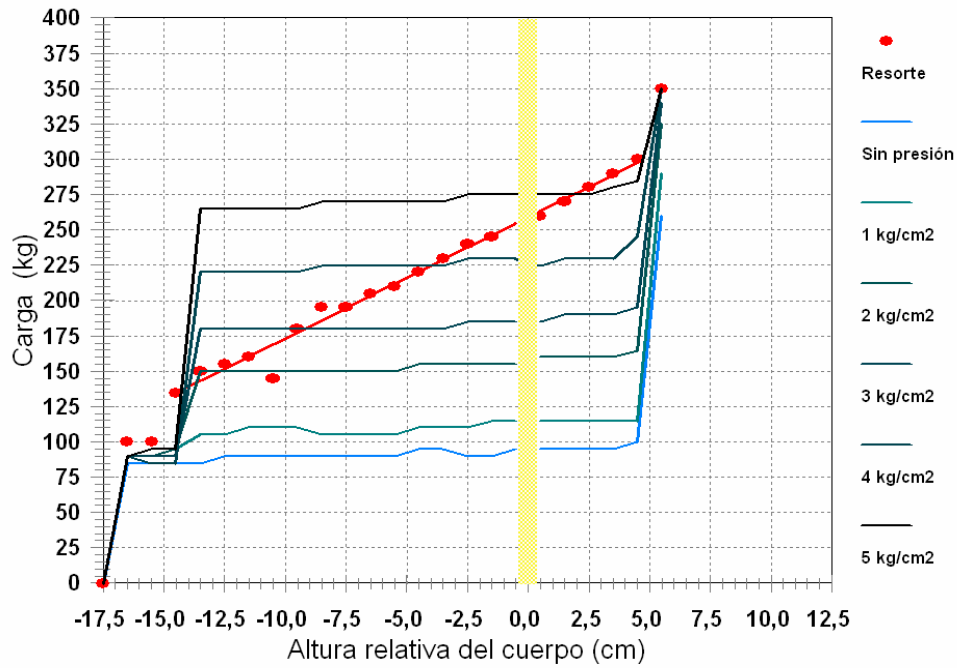
FIGURA 3.2: Límite superior de elevación del cuerpo de siembra: contacto entre la palanca de transferencia de y el bastidor. En esta figura el perno de regulación se encuentra en la posición 3.

Los resultados obtenidos en el presente ensayo al evaluar el sistema estándar de resortes son consecuentes con observaciones previas de ocasionales fallas en la implantación del cultivo, en correspondencia con depresiones en la superficie del suelo. Estas fallas, se manifestaron con mayor frecuencia cuando fue necesario utilizar separadores en los cilindros hidráulicos, al colocar la máquina en posición de trabajo. Si la barra portaherramientas queda a una altura tal que determina que los brazos del paralelogramo permanezcan la mayor parte del tiempo de trabajo con una inclinación mayor a la normal, se reduce notablemente la capacidad del cuerpo de descender manteniendo una carga no limitante para la penetración del surcador. Esta situación se tornaría más crítica cuanto más alto se coloque el perno de regulación.

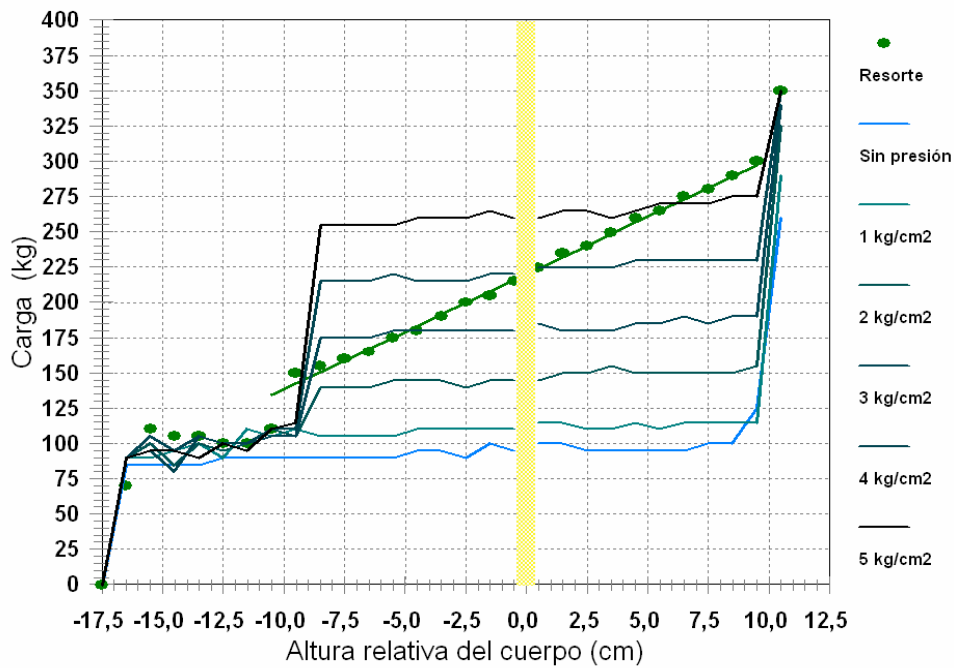
En las posiciones 2 y 3 se logra que el rango de transferencia de carga tenga un intervalo de desplazamiento vertical de +/- 100 mm aproximadamente. Sin embargo, entre ambos extremos, es esperable una variación de la carga actuante sobre el surcador del orden de los 180 a 200 kg. Lo que representa variaciones de entre un 100% y un 125% respecto de la carga registrada en posición horizontal. Esta diferencia significa que en el límite superior, el cuerpo puede estar sometido a esfuerzos excesivos que en el largo plazo pueden perjudicar su integridad estructural mientras que, en el límite inferior y tal como fuese mencionado anteriormente, es altamente probable que no llegue a penetrar en sitios deprimidos que normalmente son más húmedos y presentan mayores niveles de rastrojo.

Independientemente de la posición que adopte el paralelogramo en el momento de la siembra, no ha sido posible encontrarle utilidad práctica a la posición 4 del perno de regulación, ya que no hay transferencia de carga durante el descenso del cuerpo y por otra parte, éste no alcanza una mayor elevación ya que el límite superior es casi coincidente con el de la posición 3, aunque el tope físico sea diferente. Ante la necesidad de anular la línea de siembra, la posición 4 tampoco puede ser utilizada para mantener el cuerpo suspendido.

**3.2. Relaciones Carga – Posición en el cuerpo estándar equipado con sistema de cilindro neumático:** En la figuras 3.3 a 3.6 se comparan las transferencias de cargas obtenidas con diseño comercial estándar con resortes y mediante la variante dotada de cilindro neumático, para diferentes posiciones del perno de regulación.



**FIGURA 3.3:** Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Perno en posición inferior (Posición 1) Cuerpo estándar y con cilindro neumático.



**FIGURA 3.4:** Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Perno en posición 2. Cuerpo estándar y con cilindro neumático.

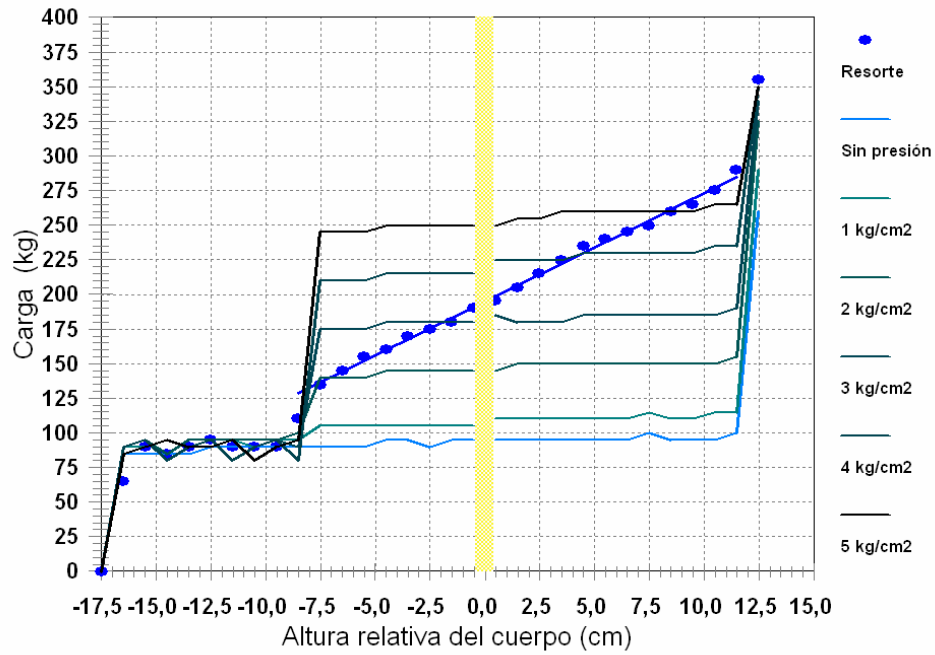


FIGURA 3.5: Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Perno en posición 3. Cuerpo estándar y con cilindro neumático.

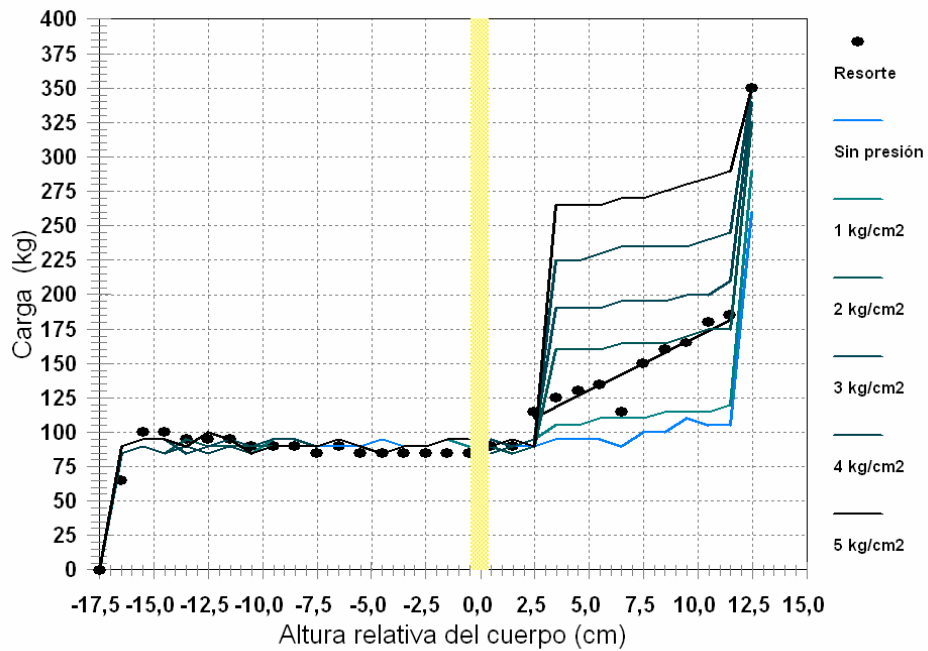


FIGURA 3.6: Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Perno en posición 4. Cuerpo estándar y con cilindro neumático.

Resulta evidente que las limitaciones al recorrido se deben a las propias restricciones que la geometría del sistema original, no obstante e independientemente de la posición del perno, las cargas actuantes sobre el

cuerpo de siembra con diferentes presiones de trabajo en el cilindro neumático se detallan en el siguiente cuadro:

Presión de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga en el cuerpo de siembra (kg)
0	85 a 95
1	100 a 115
2	140 a 160
3	175 a 185
4	210 a 235
5	255 a 285

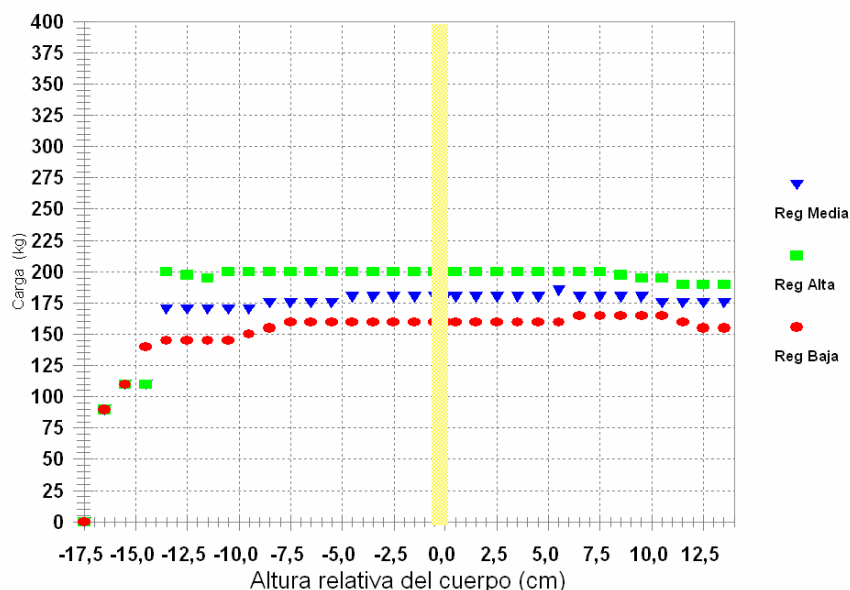
**CUADRO 3.1:** Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de la presión de trabajo utilizada en el cilindro neumático.

Aunque no fue representada gráficamente, también se probó una presión de trabajo de 6 kg/cm<sup>2</sup>, con la cual se alcanzaron cargas en el cuerpo de siembra que fluctuaron entre los 285 y 305 kg.

Las mediciones estáticas realizadas en este trabajo muestran que un actuador neumático podría ser eficaz en al menos tres aspectos: mantener razonablemente constante la carga ante variaciones en la altura del cuerpo; modificar la carga actuante sobre el cuerpo incrementando o reduciendo la presión de trabajo del cilindro y por último, si la geometría del cuerpo no es limitante, podría obtenerse un mayor desplazamiento vertical ya que la expansión del cilindro es significativamente mayor a la extensión que podría alcanzar el resorte.

**3.3. Relaciones Carga – Posición en el cuerpo rediseñando con resorte:** En la figura 3.6 se representan los esfuerzos que la unidad de siembra realiza sobre el suelo en cada una de ellas a medida que se desplaza verticalmente. Respecto del recorrido sobre este plano, la geometría de la palanca de transferencia diseñada permite que la unidad cuente con carga transferida en su descenso hasta los 13,5 cm por debajo de la horizontal del paralelogramo. En su ascenso la carga sobre la unidad se mantiene hasta el final de su recorrido a los 13,5 cm por encima de la horizontal.

A diferencia de lo registrado en las determinaciones realizadas sobre el sistema estándar, la amplitud de recorrido que permite el sistema diseñado resulta independiente de la regulación de carga operada. Las magnitudes de esfuerzo transferido en cada caso no muestran prácticamente variación a lo largo de un recorrido de 27 cm.



**FIGURA 3.7:** Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Cuerpo diseñado en el IIR en las tres regulaciones posibles de carga.

Carga transferida			
Altura (cm)	Regulación de Máxima Carga (kg)	Regulación de Carga Media (kg)	Regulación de Mínima Carga (kg)
-13,5	200	180	160
-10,5	200	180	160
-5,5	200	180	160
0	200	180	160
5,5	200	180	165
10,5	200	175	165
13,5	190	175	155
<b>Máxima diferencia para +/- 13,5 cm</b>	<b>5%</b>	<b>2,7%</b>	<b>6,2%</b>

**CUADRO 3.2:** Carga transferida por el dispositivo diseñado por INTA en función de la altura relativa de la unidad de siembra en cada una de las tres regulaciones. Máxima de diferencia para +/- 13,5 cm: Diferencia entre el máximo y el mínimo valor de carga registrado expresado en % respecto del valor registrado para altura = 0.

Para la regulación de mayor transferencia, se registró una carga en la posición horizontal de 200 kg, presentando valores extremos de 190 y 200 kg en todo el recorrido. Estas diferencias representan una variabilidad del sistema de 5%.

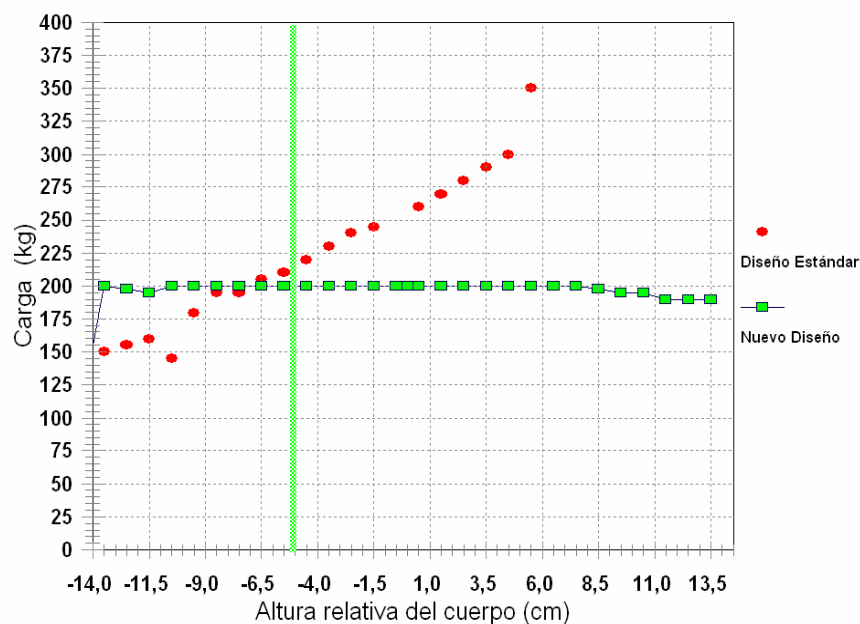
En la regulación intermedia la carga registrada cuando los brazos del paralelogramo están en posición horizontal fue de 180 kg; este valor también fue el máximo, mientras que el mínimo valor registrado fue de 175 kg. En la posición de menor transferencia la carga en el nivel 0 fue de 160 kg, registrándose una máxima de 165 kg y un mínimo de 155 kg. En este caso se observa una diferencia de 10 kg que en términos relativos representa una desviación respecto del punto de referencia del 6,2%.

**3.4 Análisis comparativo de los diseños dotados de resortes:** En función de la configuración del chasis de la maquina evaluada, la altura normal de trabajo de las unidades de siembra es aproximadamente 5 cm. por debajo de la posición de referencia considerada en esta experiencia como altura relativa del cuerpo igual a cero.

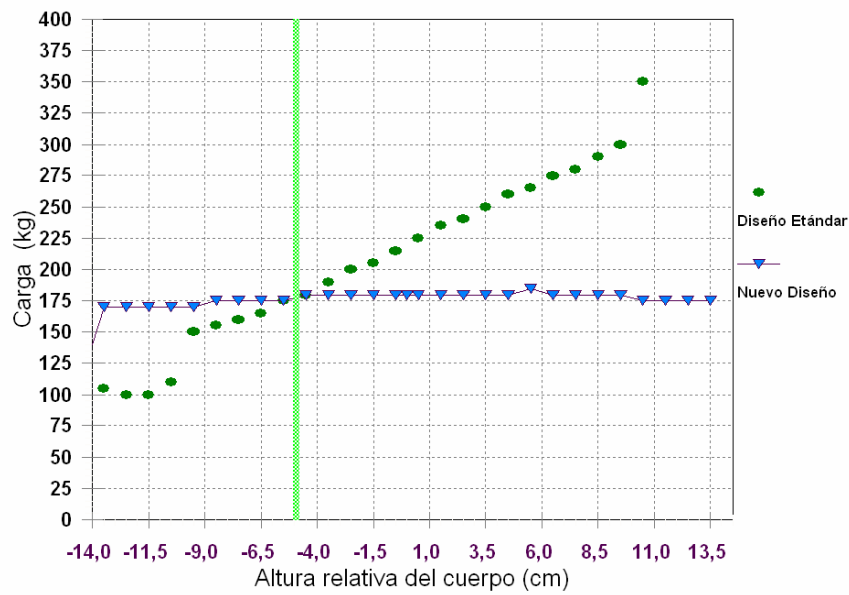
Como puede apreciarse en la figura 3.8 la diferencia en la carga transferida por uno y otro diseño cuando la unidad de siembra se ubica en la posición normal de trabajo es despreciable. A medida que la posición es más baja el diseño estándar pierde capacidad de transferencia llegando a niveles de carga que representan el 75% de la registrada con el nuevo diseño a la altura -13,5cm (8,5cm por debajo de la posición normal de trabajo).

A medida que el cuerpo de siembra se eleva el nuevo diseño logra mantener prácticamente constante la transferencia realizada sobre la unidad de siembra hasta unos 18,5 cm por encima de la posición normal de trabajo, mientras que para el diseño estándar se registran valores que superan en un 75% a las observadas para el nuevo diseño cuando la altura es de 9,5 cm por encima de la posición normal de trabajo. En este punto el diseño estándar no permite mayor recorrido ascendente como fuera explicado en el apartado 3.1.

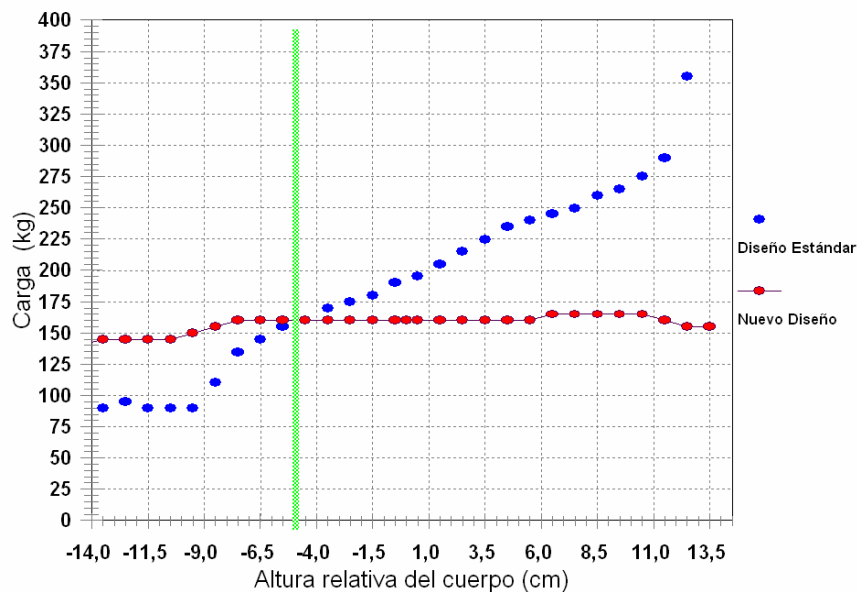
En términos de desplazamiento vertical, el dispositivo diseñado por el INTA permite ampliar el recorrido alrededor de 8 cm lo que representa un incremento del 50%.



**FIGURA 3.8:** Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Cuerpo estándar en posición con el perno en la posición 1 y Cuerpo diseñado en el IIR alistado en la regulación de carga alta.



**FIGURA 3.9:** Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Cuerpo estándar en posición con el perno en la posición 2 y Cuerpo diseñado en el IIR alistado en la regulación de carga media.



**FIGURA 3.10:** Carga ejercida por el cuerpo de la sembradora en función de su posición vertical. Cuerpo estándar en posición con el perno en la posición 3 y Cuerpo diseñado en el IIR alistado en la regulación de carga baja.

Para las otras dos regulaciones operadas en ambos diseños la carga transferida en posición normal de trabajo es coincidente. Puede apreciarse que de igual manera a lo observado en la regulación de mayor carga el nuevo diseño no solo logra constancia en la transferencia de esfuerzos respecto del sistema



estándar sino que también permite un mayor recorrido vertical de la unidad de siembra con carga efectiva. En ambos casos el incremento del rango de desplazamiento es de un 35%.

#### IV. CONSIDERACIONES FINALES:

Es oportuno hacer un comentario más acerca de lo favorable que puede resultar que el cuerpo de siembra tenga la libertad de un amplio recorrido vertical. Esta posibilidad de movimiento no debe asociarse solamente a que el cuerpo pueda superar o adaptarse a una irregularidad superficial puntual, como podría ser la huella de un neumático, un camellón o una taipa. Ciertas características del tren rodante, tales como las dimensiones de sus neumáticos y la considerable separación existente entre ellos, le confieren a la máquina una excelente estabilidad durante su desplazamiento. Sin embargo, este mismo efecto genera distancias considerables entre los puntos de apoyo de la sembradora y los órganos activos por lo que, pequeñas diferencias en el relieve pueden generar variaciones importantes en el plano vertical. Es esperable que en la medida que se incremente el ancho de labor de la máquina, esta diferencia de cota, que en el diseño estándar está indisolublemente asociada a variaciones de carga en el cuerpo, adquiera mayor relevancia.

Por otra parte la estabilidad en la carga transferida se traducirá en una mejora agronómica de las condiciones de siembra y una menor sollicitación de los materiales al desgaste y a la rotura dado que se reducen sensiblemente la probabilidad de ocurrencia de cargas puntuales extremas.

#### V. BIBLIOGRAFÍA:

Chen, Y., D. Lobb, C. Cavers, S. Tessier, D. Caron and F. Monero. 2002. Straw incorporations through tillage practices under heavy clay soil conditions. Final Report submitted to Covering New Ground Program. Carman, MB: Manitoba Agriculture and Food.

Choudhary, M.A., G.P. Yu and C.J. Baker. 1985. Seed placement effects on seedling establishment in direct-drilled fields. *Soil and Tillage Research* 6: 79-93.

Fink, J.T. and H.D. Currence. 1995. No-till drill adjustable seed furrow openers. *Applied Engineering in Agriculture* 11(6): 811-816.

Morrison, J.E. 1988a. Interactive planter depth control and pneumatic downpressure system. *Transactions of the ASAE* 31(1): 14-18.

Morrison, J.E. 1988b. Hydraulic downpressure system performance for conservation planting machines. *Transactions of the ASAE* 31(1): 19-23.

*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