

## MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Cálculo de la franja de viraje de los tractores

## *Calculation of the fringe for turning of tractors*

Dr.C. Arcadio Ríos Hernández; M.Sc. Luisa Villarino Fernández

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** El espacio que debe dejarse sin laborar en las cabeceras y en los lados de las parcelas es un área que generalmente se desaprovecha, por lo cual es necesario disponer de agregaciones de tractores con sus máquinas e implementos que viren en el espacio más reducido posible. Esto es especialmente necesario en espacios muy reducidos como es el interior de las casas de cultivos protegidos. Se analiza la fundamentación teórica y el procedimiento de cálculo de la franja de viraje mínimo de los tractores, así como los factores condicionantes. Se muestra su aplicación con dos modelos representativos de tractores de pequeñas dimensiones, el MTZ-321 y el Carraro, en preparación de suelo dentro de casas de cultivos, con arado, subsolador y rotoacanterador. Los cálculos y su comprobación práctica demostraron que con esos tractores es posible obtener una franja de viraje mínima  $E_{t\ min}$  de 4,95 m y 3,84 m respectivamente.

**Palabras clave:** tractor, cultivo protegido, preparación de suelos.

**ABSTRACT.** The space that should be left without tillage in the heads and in the sides of the parcels it is an area generally wasted, being necessary to have aggregations of tractors with their machines and implements that turns round in a space as reduced as possible. This is especially necessary in the interior of the houses for protected cultures. In this paper are analyzed the theoretical basis and the procedure of calculation of the minimum fringe of turning of the tractors, as well as the conditioning factors. Their application is shown with two representative models of tractors of small dimensions, MTZ-321 and Carraro, in soil tillage inside the houses for protected cultures, with plow, deep scarifier and rotating plough. The calculations and their practical verification demonstrated that with those tractors it is possible to obtain a fringe of minimum turning  $E_{t\ min}$  of 4.95 m and 3.84 m respectively.

**Keywords:** tractor, protected cultures, soil tillage.

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos protegidos consisten en la utilización de las llamadas “casas de tapado” que permiten el cultivo de hortalizas todo el año, especialmente en los meses más cálidos y de sol intenso (Funes, 2001). Esta forma de producción es importante por asegurar el suministro de hortalizas frescas de alta calidad al mercado de frontera, turismo y población (FAO, 2000). Hoy en día cultivo protegido en el mundo se reconoce como una tecnología agrícola de avanzada (ONU, 2013; Cuba, 2006).

Por ser el sistema de producción de cultivos protegidos relativamente nuevo y de características diferentes a la producción abierta, no existen definidos implementos, máquinas, ni tecnologías para enfrentar la ejecución de estas labores, pues la mecanización en Cuba está basada en el empleo de tractores de potencia media y alta, los que por sus características no pueden trabajar en estas instalaciones (Ríos, 2012).

El máximo aprovechamiento del espacio disponible dentro de las casas de cultivo es una de las premisas para la selección de los tractores y sus máquinas e implementos agregados (Ríos, 2009).

La longitud del área es uno de los aspectos de mayor influencia, por lo cual es necesario minimizar las zonas de viraje en las cabeceras para aprovechar el espacio disponible, dado que no se puede girar fuera del campo por encontrarse cubiertos los laterales con las telas que protegen la casa y que no se deben alzar para evitar la contaminación con plagas y enfermedades.

La franja de viraje mínima o espacio de giro es una parte del terreno de trabajo en la cual el agregado realiza los virajes. Es una franja que no puede ser laborada por el tractor y su implemento, ubicada en las cabeceras de la parcela interior de la casa de cultivo. En realidad estas franjas también se utilizan, pero tienen que ser roturadas haciendo operaciones adicionales con la maquinaria y con labores manuales (Ríos, 2011). Por ello es importante disponer de un tractor que tenga un radio de giro mínimo (NC ISO 789-3: 2006; NC ISO 4004: 2006).

Por estos motivos se desarrolló un trabajo investigativo para determinar los tractores con mejores características dimensionales y parámetros funcionales para trabajar en esas condiciones.

## MÉTODOS

**Procedimiento metodológico.** El procedimiento metodológico empleado fue determinar las franjas de virajes para los diferentes tipos de tractores con sus implementos y seleccionar los que tienen una menor franja de viraje, donde el ancho mínimo de ésta no puede ser menor que el ancho cinemático del agregado  $d_c$ .

Para el cálculo se utiliza la expresión empleada para calcular el ancho mínimo de la franja de viraje  $E_{min}$  para giro sin lazo (González, 1998):

$$E_{min} = e + R_{gcond} + d_c \approx 1,5 R_{gcond} + e, m. \quad (1)$$

donde:

$e$  – es aproximadamente igual a la longitud de salida  $l_s$  por ser en nuestro caso un agregado integral y que dimensionalmente no es muy largo. La longitud de salida del agregado es la distancia que tiene que recorrer el agregado en el campo antes de comenzar a girar para efectuar el siguiente paso de trabajo, en  $m$ . En este caso se toma  $e=0$ ;

$d_c$  – ancho cinemático del agregado,  $m$ ;

$R_{gcond}$  – radio de giro condicional,  $m$ .

Con la expresión (1) se obtiene la franja de viraje mínima  $E_{min}$ , pero se considera que además es necesario dejar un pequeño espacio adicional para evitar que algún desplazamiento del tractor por causas no intencionales del operador pueda dañar la malla de la pared de la casa de cultivo. En ese caso a la expresión (1) se le añade una distancia adicional  $l$  de 0,6 m, para obtener la franja de viraje total mínima  $E_{tmin}$ , quedando de la siguiente manera:

$$E_{tmin} \approx 1,5 R_{gcond} + e + l, m. \quad (2)$$

donde:

$l$  – distancia adicional,  $m$ .

$$R_{gcond} = R_{gmin} + \frac{K_g}{\pi \cdot R_{gmin}}, m \quad (3)$$

donde:

$R_{gmin}$  – radio de giro mínimo del agregado. Es el radio de giro permisible mínimo según las condiciones agrotécnicas y la seguridad de trabajo,  $m$ ;

$K_g$  – capacidad de giro del agregado,  $m^2$ .

$$K_g = \frac{L \cdot V_a}{\omega}, m^2 \quad (4)$$

$L$  – batalla del tractor,  $m$ ;

$V_a$  – velocidad promedio del agregado,  $m/s$ ;

$\omega$  – velocidad angular promedio de rotación de las ruedas directrices en un tiempo  $t$ ,  $r/s^1$ .

**Criterios para la selección de los tractores, implementos y máquinas.** Los tractores y sus agregados sobre los cuales se realizaron las investigaciones del espacio de viraje en las casas de cultivo se seleccionaron en base a los parámetros de altura libre y diámetro de giro, y los implementos en base a la potencia disponible con el tipo de tractor seleccionado y a su acoplamiento con él (Villarino y Ríos, 2013). Estos parámetros son fundamentales para dar cumplimiento a una franja de giro mínima y cumplir los requisitos de seguridad establecidos en las normas cubanas correspondientes (NC ISO 4254-1: 2010; NC ISO 26322-1: 2010).

**Modelo de casa de cultivo seleccionado.** En Cuba hay dos modelos fundamentales de casas de cultivos protegidos, la BK-2 de 540  $m^2$ , y la BK-1 de 800  $m^2$  (Casanova, 2003). Se tomó como referencia este último tipo de casa por ser la más pequeña, lo que implicaría que los resultados alcanzados en ella pueden ser empleados en la de mayor tamaño. El área de muestreo dentro de la casa se realizó de modo aleatorio.

**Comprobación del radio de giro de los tractores seleccionados.** La investigación incluyó comprobar en condiciones de campo el radio de giro real de los tractores seleccionados, basado en lo que establece la norma cubana NC ISO 789-3: 2006, y compararlo con los resultados obtenidos en los cálculos teóricos.

**Áreas para las investigaciones.** Las investigaciones se realizaron en casas de cultivos protegidos del tipo BK-2 de 540  $m^2$ , que se encuentran ubicadas en la provincia La Habana cubiertas en su techo y laterales con malla.

**Selección de los tractores, máquinas e implementos.** Se analizaron las características dimensionales de los modelos y tipos de tractores más representativos y se decidió realizar las investigaciones con los tractores MTZ-321 y Carraro, agregados a subsolador Renter modelo Desmo 3J, rotoacanterador Renter modelo RTM-1400 y multiarado M-140 (Villarino y Ríos, 2013).

**TABLA 1. Principales características de los tractores e implementos utilizados**

| Indicador                      | Unidad | Tractores |       | Implementos  |                 |              |
|--------------------------------|--------|-----------|-------|--------------|-----------------|--------------|
|                                |        |           |       | Subsolador   | Rotoacanterador | Multiarado   |
| Marca                          |        | Carraro   | MTZ   | Renter       | Renter          | IAgric       |
| Modelo                         |        | 4300      | 321   | Desmo 3J     | RTM-1400        | M-140        |
| Ancho                          | mm     | 1 400     | 1 390 | 1 400        | 1 630           | 1 310        |
| Largo                          | mm     | 2 920     | 3 210 | 430          | 1 150           | 430          |
| Potencia entregada o requerida | hp     | 35        | 33,3  | 30... 40     | 30... 35        | 30... 35     |
|                                | kW     | 26,09     | 24,8  | 22,3... 29,8 | 22,3... 26,1    | 22,3... 26,1 |

**Estudio del radio de giro.** Cuando un equipo (tractor u otro vehículo) se desplaza a alta velocidad en el cálculo de su radio de giro hay que considerar una importante componente,  $\omega$  = velocidad angular promedio de rotación de las ruedas directrices en un tiempo  $t$ . Pero en este caso, en que el vehículo es un tractor de baja velocidad este componente tiene poca influencia.

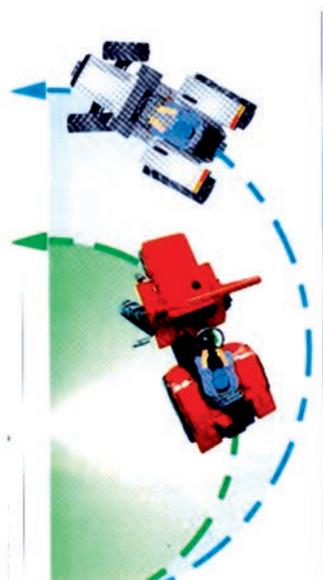


FIGURA 1. Representación de radios de giro de dos tractores similares.

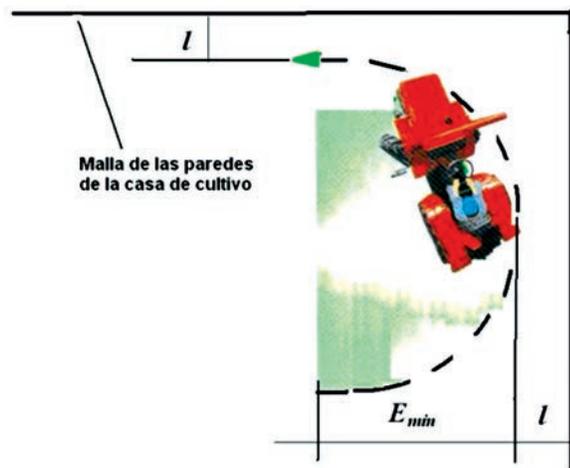


FIGURA 2. Espacio mínimo de giro y franja de seguridad.

Otro aspecto que influye es si el tractor tiene o no articulación central. En la investigación se utilizaron tractores no articulados, pero esto es un aspecto que pudiera tenerse en cuenta para futuras investigaciones.

En la Figura 1 se muestran dos tractores semejantes, pero con diferentes radios de giro. En la Figura 2 se representa el espacio adicional  $l$  que se debe considerar para que el tractor no dañe la pared de malla de la casa de cultivo si se produce un desplazamiento mayor de modo involuntario para el operador.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Determinación de la franja de viraje.** Para determinar la franja que queda sin roturar en la cabecera, la cual está en dependencia del radio de giro de los tractores con sus implementos, se realizaron los cálculos en base a las expresiones (2), (3) y (3).

En la Tabla 2 aparecen los resultados obtenidos para los dos modelos de tractores utilizados con los implementos que se seleccionaron para la investigación.

El tractor MTZ-321 cuando se agrega con el rotoacanterador RTM-1400 y el multiarado M-140, requiere una franja total mínima de viraje  $E_{t\min}$  de 4,95 m y 4,96 m respectivamente. Estos valores para el tractor Carraro con los mismos implementos son de 3,84 m.

Por tal motivo puede concluirse que el tractor Carraro resultaría más conveniente desde el punto de vista constructivo, aunque en la decisión de su compra o no pueden influir otros factores, por ejemplo, de tipo comercial.

Comprobación experimental de la franja de viraje. Se determinó experimentalmente el radio de viraje real de los tractores con sus máquinas e implementos seleccionados, así como su comportamiento en cuanto a la franja adicional de protección considerada para las cabeceras y laterales de las casas de cultivo.

TABLA 2. Cálculo de la franja de viraje de los tractores con sus implementos

| Tractor | Implemento               | e<br>m | L<br>m | V <sub>a</sub><br>m/s | ω<br>r/s | R <sub>g min</sub><br>m | K <sub>g</sub> | R <sub>g cond</sub><br>m | E <sub>t min</sub><br>m | l<br>m | E <sub>t min</sub><br>m |
|---------|--------------------------|--------|--------|-----------------------|----------|-------------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|--------|-------------------------|
| MTZ-321 | Rotoacanterador RTM-1400 | 0      | 2,1    | 0,75                  | 1,71     | 2,80                    | 0,92           | 2,90                     | 4,35                    | 0,60   | 4,95                    |
| MTZ-321 | Multiarado M-140         | 0      | 2,1    | 0,73                  | 1,67     | 2,80                    | 0,94           | 2,91                     | 4,36                    | 0,60   | 4,96                    |
| Carraro | Rotoacanterador RTM-1400 | 0      | 1,9    | 0,69                  | 1,75     | 2,04                    | 0,75           | 2,16                     | 3,24                    | 0,60   | 3,84                    |
| Carraro | Multiarado M-140         | 0      | 1,9    | 0,72                  | 1,83     | 2,04                    | 0,75           | 2,16                     | 3,24                    | 0,60   | 3,84                    |

TABLA 3. Radio de giro y franja de viraje de los tractores con sus implementos

| Tractor | Implemento               | E <sub>t min</sub><br>m | R <sub>g</sub> del tractor, según<br>fábrica, m | R <sub>g</sub> del tractor con el implemento,<br>según pruebas, m |
|---------|--------------------------|-------------------------|---|---|
| MTZ-321 | Rotoacanterador RTM-1400 | 4,95                    | 2,80  | 3,95  |
| MTZ-321 | Multiarado M-140         | 4,96                    | 2,80  | 3,90  |
| Carraro | Rotoacanterador RTM-1400 | 3,84                    | 2,04  | 3,10  |
| Carraro | Multiarado M-140         | 3,84                    | 2,04  | 3,05  |

En la Tabla 3 se ve que en todos los casos los tractores seleccionados cumplen satisfactoriamente los parámetros determinados para la franja de viraje mínima por ser inferiores a los valores de  $E_{t\min}$  calculados.

## CONCLUSIONES

- La franja de viraje obtenida en las casas de cultivo protegido para el tractor MTZ-321 es de 3,90 m a 3,95 m, y con el Carraro de 3,05 m a 3,10 m.
- Estos valores son menores a la franja de viraje mínima de 4,95 m y 3,84 m respectivamente obtenida en los cálculos, lo que permite aprovechar racionalmente el espacio disponible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASANOVA, A.: *Manual para la producción protegida de hortalizas*, Ed. Instituto de Investigaciones Hortícola “Liliana Dimitrova”, La Habana, Cuba, 2003.
- FAO: *La Agricultura Urbana y Periurbana*, 312pp., Comité de Agricultura, 15° Período de Sesiones (1999), Tema 9, Ed. FAO, Roma, Italia, 2000.
- FUNES, F.: *El movimiento cubano de agricultura orgánica*. pp. 15-33. En: Funes, F., García, L., Bourque, M., Pérez, N. y Rosset P. (eds). *Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible*, Ed. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (AC-TAF), La Habana, Cuba, 2001.
- GONZÁLEZ, R.: *Explotación del parque de maquinaria*, 318pp., Editora Félix Varela, La Habana, Cuba, 1998.
- IIMA: *Informe de Pruebas Código 10.4674.8/2000 Motocultivador Corsaro con arado de vertederas RT-F180; surcador-aporcador RT-F-100; semirremolque RT-500 y fresa de suelo RT-800*, Instituto de Inv. de Mec. Agropecuaria (IIMA), Ed. INFOIIMA, La Habana, Cuba, 2000.
- CUBA, MINISTERIO DE LA AGRICULTURA: *Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos*, 144pp., Grupo Nacional de Agricultura Urbana, Ed. INIFAT, La Habana, Cuba, 2006.
- NC ISO 26322-1: *Tractores para la agricultura y la silvicultura — Seguridad — Parte 1: Tractores estándar*, Vig. Julio, 2010.
- NC ISO 4004: *Máquinas agrícolas y forestales — Tractores agrícolas — Anchos de vía*, Vig. Julio, 2006.
- NC ISO 4254-1: *Máquinas agrícolas — Seguridad — Parte 1: Requisitos generales*, Vig. Julio, 2010.
- NC ISO 789-3: *Máquinas agrícolas y Forestales — Tractores agrícolas — Procedimientos de ensayo — Parte 3: Diámetros de giro y despeje*, Vig. Julio, 2006.
- ONU ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS: *World Economic and Social Survey, Capítulo I [en línea] 2013, Disponible en: <http://www.un.org/esa/analysis/wess/wess2013chap1.pdf> [Consulta: septiembre 18 2003]*.
- RÍOS, A.: *Actualización de la estrategia del desarrollo de la mecanización en el Minag*, 82pp., Ed. INFOIIMA, La Habana, Cuba, 2009.
- RÍOS, A.: *La Agricultura en Cuba. Apuntes históricos*. 256pp., Ed. INFOIIMA. La Habana, Cuba, 2012.
- RÍOS, A.: *Máquinas agrícolas, tracción animal y labores manuales*, 70pp., Ed. INFOIIMA. La Habana, 2011.
- VILLARINO, L., y A. RÍOS: “Fundamentación de fuentes energéticas de baja potencia en casas de cultivos protegidos”. *Revista Ingeniería Agrícola*, 3(2): 3-10, 2013.

**Recibido:** 15 de julio de 2013.

**Aprobado:** 27 de diciembre de 2013.

Arcadio Ríos Hernández, Investigador Titular, Asesor, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2 ½, Rpto. Abel Santamaria, Boyeros, La Habana, Cuba. Tel: (53) (07) 691-2533; 691-2665, Correos electrónicos: [iagriccolaboracion@minag.cu](mailto:iagriccolaboracion@minag.cu) y [asesor@iagric.cu](mailto:asesor@iagric.cu)

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.