

Diseño de brazos de subsolador dinamométricos para la ejecución de ensayos en canal de suelos

Construction of four arms of subsoiler dynamometer for testing performance of Soil Channel

Roberto Amado Albóniga Gil¹, Calixto Domínguez Vento², Ciro Enrique Iglesias Coronel³
y Astrid Fernández de Castro Fabre⁴

RESUMEN. La experimentación en un Canal de Suelos, aplicando la Teoría de los Modelos y de la Semejanza y el Dimensionamiento, para la evaluación de órganos de preparación de suelos, requiere la utilización de captadores de las fuerzas que se originan durante los ensayos, para relacionarlas con otros parámetros que intervienen en el diseño del experimento. En el presente trabajo se expone la preparación de brazos de un implemento de preparación de suelos, de forma que puedan ser utilizados como dinamómetros extensométricos, durante la ejecución de los ensayos de los órganos de un implemento destinado a tal fin en agricultura de conservación.

Palabras clave: Ensayos extensométricos, teoría de los modelos, implementos agrícolas.

ABSTRACT. Soil Channel experimentation, applying the theory of models and the similarity and the dimensions for the evaluation of soil preparation bodies, requires the use of sensors of the forces that arise during the tests related to the rest of the parameters involved in the experimental design previously developed. This paper presents the preparation of the arms of an implement for soil preparation, so that they can be used as dynamometers gauges during tests run of the organs of an attachment for that purpose in agriculture conservation.

Keywords: Strain Testing, Theory of models, agricultural implements.

INTRODUCCIÓN

Aunque no se puede determinar con precisión su inicio, la experimentación en modelos a escala, con el surgimiento de las computadoras, tomó una gran fuerza, más aún en los últimos años, con el boom de las “Mega Construcciones”. Son muchas las ventajas que proporciona poder experimentar sobre algo que se desea construir, en un modelo reducido (Martínez, 2004), que cumpla con todas las exigencias y que se empleen menos recursos, ya que resulta muy costoso y defraudante invertir grandes sumas y medios en una construcción que pueda fracasar por algún factor imprevisto. Este es el caso de los grandes rascacielos, los superbarcos, aviones, autos o cualquier otro objeto que se desee materializar. Al utilizar esta técnica en la maquinaria agrícola, (Upadhyaya, 2006; Gill, 1968, Iglesias y Herrera, 2001) es posible optimi-

zar los órganos de trabajo hasta lograr un mayor rendimiento y fiabilidad en su operación.

Una de las vías para enfrentar el cambio climático, el deterioro de los campos agrícolas y la grave crisis alimentaria que presenta el Mundo es introduciendo en la agricultura métodos conservacionistas en las labores de preparación de suelos para los cultivos. Esto requiere de un cambio de paradigma, en el modo de pensar y actuar, de quien produce la maquinaria y del que la emplea. Se requieren nuevos implementos, menos agresivos al suelo, y en específico prestar una atención especial al diseño de los órganos de preparación que interactúan directamente con este (Baker, 2007).

Para lograr este objetivo, es necesario trabajar en el diseño de órganos capaces de cumplir con exigencias que contemplan, como principal premisa, una mejor calidad de labor, reducir el gasto energético y preservar el medio ambiente.

Recibido 25/01/10, aprobado, 12/06/11, trabajo 41/11, Investigación.

¹ Ing., Inv., Centro de Investigaciones de Construcción de Maquinaria (CICMA). SIME, La Habana, Cuba, E-✉: astrid@isch.edu.cu

² Ing., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), UCTB Pinar del Río, Cuba,

³ Dr.C., Prof. e Inv. Titular, Universidad Agraria de La Habana-CEMA, Mayabeque, Cuba.

⁴ M.Sc., Inv., Universidad Agraria de La Habana-CEMA, Mayabeque, Cuba.

Esto requiere nuevos diseños y mucha experimentación, donde se utilicen como recursos, las modernas técnicas de diseño y para la experimentación, los canales de suelo, donde es posible crear condiciones artificiales muy próximas a la realidad e involucrar e imponer los parámetros que se deseen acentuar acorde a un diseño de experimentos previamente elaborado.

Uno de los parámetros que requiere mayor atención, es el referido a las fuerzas actuantes sobre el órgano de trabajo durante el proceso de experimentación, por su interrelación con otros que se presentan en el medio natural con una alta incidencia y determinación: como el tipo de suelo, la compactación, la humedad y la velocidad a la que se efectúa la operación y muchos otros factores que pueden incidir sobre la calidad de labor. Para la medición de las fuerzas, se pueden emplear diferentes sensores, obteniéndose mayor o menor precisión en la medición acorde a la disponibilidad de recursos en medios técnicos o financieros, pudiéndose emplear desde dinamógrafos convencionales de muelle hasta extensométricos, como es el caso de los dinamómetros de anillos extendidos mostrado en la Figura 1.



FIGURA 1. Dinamómetro de anillos extendidos empleado en la evaluación de un órgano escarificador.

Cuando en un canal de suelos se quieren evaluar varios órganos de forma simultánea, puede no disponerse de varios dinamómetros o el espacio para colocarlos ser muy reducido, un recurso a emplear puede ser, construir el propio órgano a evaluar como elemento sensor o dinamómetro extensométrico, midiendo las deformaciones que se producen al actuar sobre las fuerzas propias del proceso y compararlo con el resultado de una calibración previa.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar el proceso de diseño, construcción y calibración de varios brazos de subsolador construidos como dinamómetros extensométricos a escala que fueron utilizados en la experimentación en un canal de suelos (Figura 2) para optimizar sus parámetros constructivos.



FIGURA 2. Canal de Suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El principio de medición empleado, para la ejecución de la investigación es el de Extensometría por Resistencia Eléctrica (Lucas, 1977; Omega, 1990; Dally, 1991, NESM 6705:006 1994). Para la construcción de los brazos extensométricos se partió del diseño original del brazo delantero del descepador cañero C 101 llevado a escala 2:1 y de la Norma NC-ISO 5680:2005, (Figura 3) respetando todos los parámetros de diseño tanto para el brazo a escala natural, como las rejas y cuchillas laterales, aplicando los métodos de semejanza y dimensionamiento (Martínez, 2004, Upadhyaya, 2006; Gill, 1968, Iglesias y Herrera, 2001) y el cálculo mediante elementos finitos para crear los concentradores de tensión donde se colocarían los extensómetros de resistencia eléctrica que actuarían como sensores.

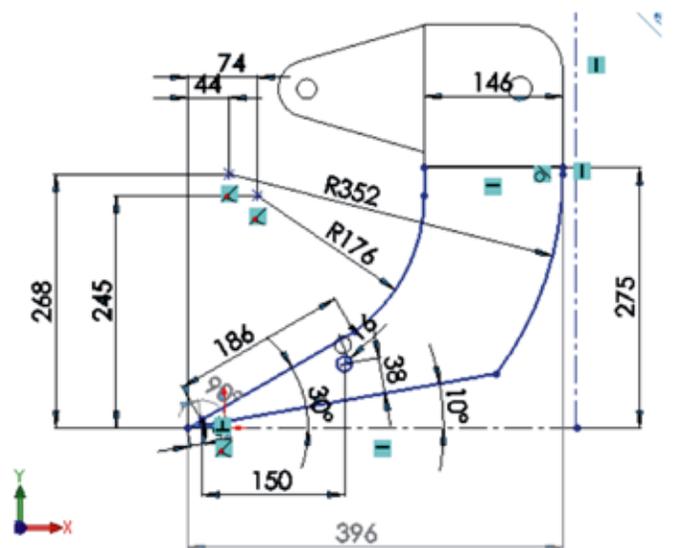


FIGURA 3. Dimensiones originales utilizadas para el diseño de los brazos.

A cada brazo se le pegaron cuatro extensómetros (Figura 4a) y se conectaron en configuración de puente completo con

las características siguientes: Fabricante: Kyowa Electronic Instruments; Lote: 108; Tipo: KFC 5 C1-11; Resistencia: $120 \Omega \pm 0,6$; Factor del extensómetro: $2,00 \pm 1\%$; Derivación Térmica: $\pm 1,8 \mu s 1^\circ C$; Corrimiento del factor del extensómetro con la temperatura: $0,015\% 1^\circ C$.

Todos los materiales y procedimientos empleados en la instalación están amparados por la Norma NESM 6705:007 1994 y Manual de Procedimientos (Kyowa, 2004) que regulan esta actividad. Para la calibración, comprobación y posterior medición se utilizaron el Indicador de Esfuerzos Estáticos SMD-60D y el Amplificador de Esfuerzos Dinámicos DPM-

600 de la propia firma (KYOWA, 1984) (Figura 4c). Para el registro de la calibración y los ensayos se utiliza una tarjeta de conversión AD, PCLAB 918 de la firma Advantech, instalada en una PC (Figura 4d) la que además se utiliza para el procesamiento de la información. (Albóniga, 2006). Para la calibración de cada brazo se realizó un montaje sobre el propio vehículo portaimplemento del Canal de Suelos (Figura 4c), quedando todos los brazos de forma horizontal y mediante un platillo se colocaban las masas calibradas de 50 kN cada una. Figura 4.

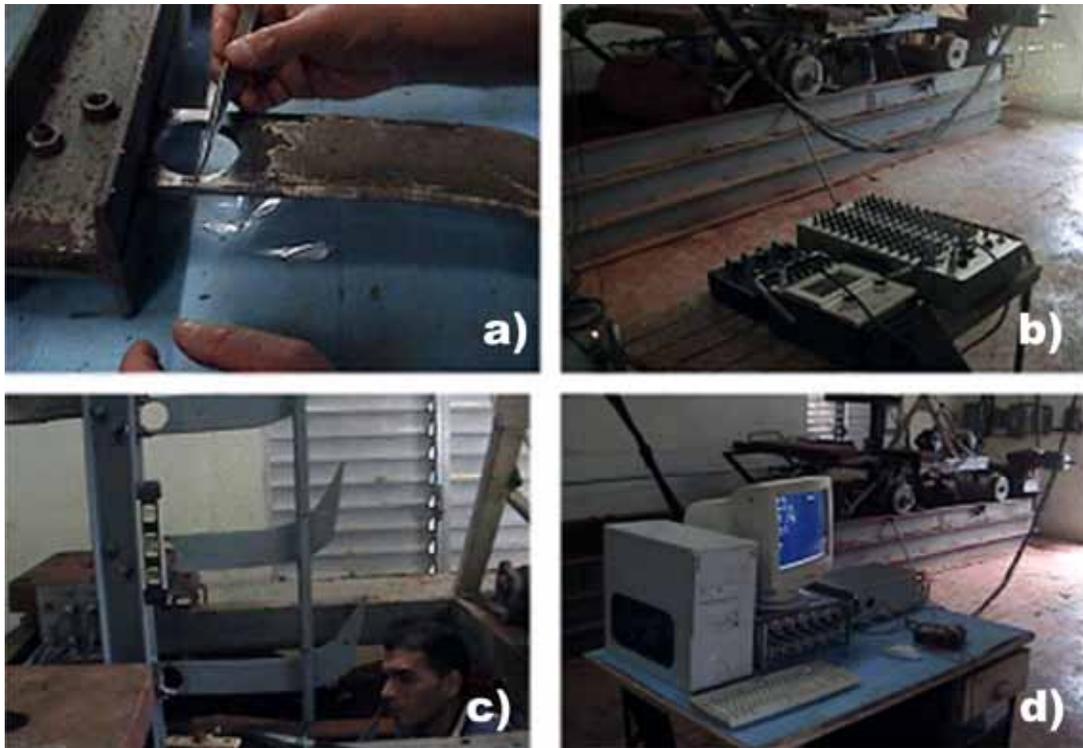


FIGURA 4. Diferentes pasos en la preparación y calibración de los brazos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acorde a las características de la investigación se prepararon cuatro brazos con diferentes alturas para lograr la variación en profundidad y cuatro rejas con diferentes dimensiones de las cuchillas laterales para variar el ancho de labor, según el diseño del experimento previamente establecido. Como el interés principal era medir las fuerzas horizontales que incidían en cada brazo se realizó el análisis aplicando elementos finitos del comportamiento del brazo para lograr dos zonas de concentración de tensiones de igual magnitud y diferente dirección comportándose una a tracción y la otra a compresión como muestra la Figura 5.

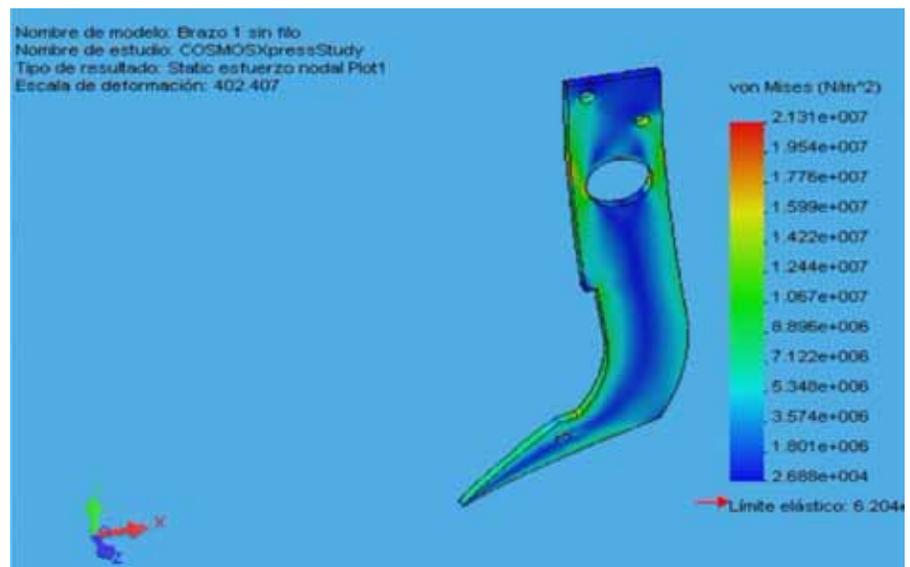


FIGURA 5. Comportamiento del brazo por Elementos Finitos.

A cada brazo se le colocaron cuatro extensómetros de resistencia eléctrica para formar un puente de Wheatstone que respondiera exclusivamente a las deformaciones provocadas por las fuerzas que actuaran de forma horizontal y descartar cualquier otro tipo de componente (vertical o transversal), pues un estudio previo realizado, donde se evaluó el comportamiento de un brazo con su reja y cuchillas laterales, demostró que estas componentes resultan no significativas por su magnitud respecto a la componente fundamental que incidía de forma horizontal y no resultaba de interés su registro.

La calibración de los brazos se realizó utilizando masas calibradas de 50 kN cada una, empleando como soporte el propio vehículo portaimplementos del canal de suelos.

El gráfico y la tabla de los resultados de la calibración se muestran en la Figura 6, donde se puede apreciar la linealidad en la respuesta de cada brazo y el incremento de la pendiente en proporción con el incremento de la longitud de cada uno.

La calibración se realizó de forma estática en tres repeticiones y los promedios aparecen reflejados en la tabla de la Figura 6.

La calibración fue comprobada utilizando el equipamiento para mediciones dinámicas integradas por cuatro canales del amplificador de esfuerzos dinámicos DPM-600 y comparados contra la señal de escala que posee cada canal, la que se utilizó durante la ejecución de los ensayos dinámicos.

CONCLUSIONES

- El proceso de diseño, construcción y calibración de cuatro brazos de subsolador como dinamómetros extensométricos

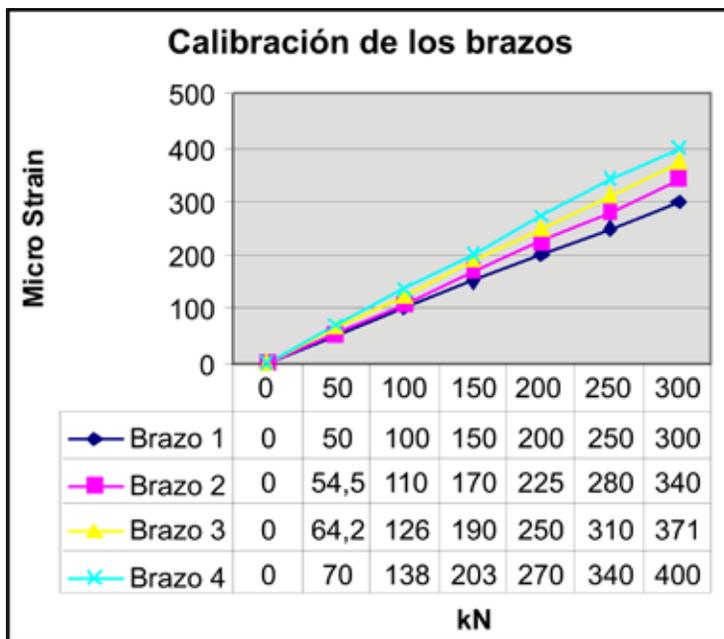


FIGURA 6. Gráfico y Tabla de resultados de la calibración de los brazos.

para la experimentación en Canal de Suelos, demuestra que es factible su construcción sin depender de firmas internacionales, que monopolizan esta actividad en el mundo y lo comercializan a muy altos precios.

- La experimentación en Canal de Suelos brinda la posibilidad de optimizar los elementos constructivos de diferentes objetos que interactúan con el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBÓNIGA, G.; R., A. FERNÁNDEZ DE CASTRO, C. IGLESIAS; A. MARTÍNEZ y E. VELARDE: “Diseño y construcción de equipo de medición y procesamiento multicanal de ensayos extensométricos dinámicos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(4): 59-63, 2006.

BAKER, C.J. and W. SAXTON: *No-tillage seeding in Conservation Agriculture*, 326 pp., 2da. edición. FAO, ISBN 92-5-105389-8, Roma, Italia, 2007.

DALLY, J.W. and W. F. RILLEY: *Experimental stress analysis*, 639pp., Mc Graw Hill International Editions, ISBN 0-07-100825-X, USA, 1991.

GILL, W. R.: *Soil Dynamics in Soil-Machine Systems*, Cap. 9, pp. 447-459, USA, 1968.

IGLESIAS, C. C.E. y M. HERRERA: “Fundamentación del empleo de la Teoría de la Semejanza y el Dimensionamiento en la investigación de modelos de órganos para el escarificado y subsolado de los suelos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 10(3): 15-19, 2001.

ISO 4565-1979 *axial load fatigue testing machines- dynamic force calibration- strain gauge technique*, Vig. Julio 1979.

ISO 5725-1986 *Precision of test methods - determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests*, Vig. Julio 1986.

KYOWA ELECTRONIC CO. LTD: *Manual de instrucciones: “Strain gage and temperature sensor”*, Japan, 2004.

KYOWA ELECTRONIC CO. LTD: *Manual de instrucciones: Indicador de Esfuerzos Estáticos SMD-60D*, Japón, 1985.

KYOWA ELECTRONIC CO. LTD: *Manual de instrucciones y operación: Amplificador de Esfuerzos Dinámicos DPM-600*, Japón, 1985.

LUCAS, J.: *Curso de extensometría estática*, 2pp., Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), La Habana, Cuba, 1977.

MARTÍNEZ, J.: *Análisis dimensional*, Escuela Politécnica de Oviedo, España, 2004.

NC-ISO 5680:2005: *Máquinas agrícolas y forestales-Equipamiento para laborar el suelo- Brazos y rejas para cultivadores- Principales dimensiones de fijación* Vig. Julio 2005.

NESM 6705: 006 1994. *Aseguramiento metrológico. Técnica de mediciones extensométricas*, Vig. Julio 1994.

NESM 6705: 007 1994. *Aseguramiento metrológico. Puntos de mediciones extensométricas, Método de preparación*, Vig. Julio 1994.

OMEGA: *The pressure strain and force*, Handbook, USA, 1990.

UPADHYAYA, S.K.: *Dimensional Analysis and Similitude Applied to Soil-Machine Systems*. ASABE., USA, 2006.