

NOTA TÉCNICA

DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29319.19363>

# Evaluación de un equipo de nivelación de terrenos mediante GPS

## *Evaluation of an equipment land leveling with GPS*

Dr. Gilberto de Jesús López-Canteñs, M.I. Francisco Raúl Hernández-Saucedo, M.I. Bonifacio Gaona-Ponce, Dr. Noel Chávez-Aguilera, M.I. Julio C. Castillo-Zapata, M.I. José E. Ramírez-Meza

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Texcoco, Estado de México, México.

**RESUMEN.** La evaluación de los equipos de nivelación de terrenos se recomienda para contar con un análisis de ventajas y desventajas, que coadyuve con la elección del que sea más conveniente para las condiciones y requerimientos agrícolas. El objetivo de la presente investigación es evaluar un equipo de nivelación de terrenos mediante GPS, para determinar los parámetros técnicos y económicos que le permitan al agricultor tomar decisiones en cuanto a calidad de trabajo y rentabilidad. Se niveló una parcela con un sistema Field Level II AgGPS y se hicieron los levantamientos topográficos antes y después de realizada la labor, con una estación total LeikaTS02, encontrándose que el error promedio fue de 5 mm.

**Palabras clave:** topografía; precisión; calidad.

**ABSTRACT.** The assessment of land leveling equipment is recommended to have an analysis of advantages and disadvantages, which assists with the choice of the most convenient method for agricultural requirements. The aim of this research is to evaluate a land leveling GPS equipment, to determine the technical and economic parameters that allow the farmer to make decisions regarding work quality and profitability. A plot leveled with a Field Level II AgGPS system and topographical surveys were conducted before and after the leveling work, with a Leika TS02 total station, finding that the average error was 5 mm.

**Keywords:** topography; precision; quality.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología requiere cumplir un propósito común e importante, que es: facilitar los procesos de producción para disminuir tiempos, recursos económicos, recursos humanos, aumentar rendimientos y ganancias generales (INEGI, 2015). Utilizar el sistema de posicionamiento global (GPS) para algún proceso engloba el propósito principal de una tecnología, ya que inmediatamente facilita cualquier tipo de trabajo (Lowenberg, 2012; CLAAS, 2009; NOVARIANT, 2009; Daughtry *et al.*, 2005; Lowenberg, 2000)

En la actualidad los equipos de nivelación de terrenos en la agricultura han evolucionado en correspondencia con el desarrollo tecnológico y los avances en la geomática<sup>1</sup>, basando su funcionamiento en los GPS, como es el caso del sistema Field

Level II AgGPS de Trimble<sup>2</sup> (Trimble, 2006).

El sistema GPS determina las diferencias de alturas referidas a una superficie de referencia matemáticamente definible, lo que determina el GPS son las diferencias entre las alturas elipsoidales entre dos puntos y no las diferencias entre las alturas ortométricas existentes entre ellos, que es en definitiva el valor que se desea conocer (Argenlaser, 2015);

Debido a que la nivelación con GPS es reciente y el equipo es más costoso en comparación con los equipos tradicionales o laser, es necesario conocer todas sus ventajas y desventajas, que permitan su elección para satisfacer las necesidades agrícolas<sup>3</sup> (OMNISTAR, 2009, Serbin *et al.*, 2009). Para poder contrastar un equipo con otro, es necesario determinar las relaciones

<sup>1</sup> CASANOVA M. L.: Topografía plana, 283pp., Primera edición. Taller de Publicaciones de Ingeniería. Venezuela, 2002.

<sup>2</sup> TRIMBLE NAVIGATION LIMITED: Guía de levantamiento para nivelación G.P.S. 10pp., Texcoco, Estado de México, 2015.

<sup>3</sup> HERNÁNDEZ S.F.R.; SÁNCHEZ B.J.R.: Nivelación de tierras: Manual para el diseño de pequeñas zonas de riego. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, 2007.

existentes entre precisión del trabajo vs tiempo y tiempo vs costos, entre otros parámetros técnicos y económicos<sup>4</sup>. Debido a lo anterior, el objetivo de la investigación es evaluar un equipo de nivelación GPS., Field Level II AgGPS de Trimble, para obtener los parámetros requeridos por el agricultor para tomar decisiones en cuanto a calidad de trabajo y rentabilidad.

## MÉTODOS

### Área Experimental

La nivelación del terreno se realizó en una parcela ubicada en el campo experimental “Horno” que tiene una superficie de 1.5 ha y el suelo franco arcilloso preparado. La parcela se preparó con un pase de subsuelo y dos de rastra.

### Levantamientos topográficos de referencia

Se dividió la parcela en cuadrículas de 20 x 20 m, colocando en cada intersección una estaca, finalmente se realizó el levantamiento topográfico utilizando la Estación Total Leika TS02.

El primero levantamiento de referencia se realizó después

del rastreo de la parcela, y el segundo levantamiento se hizo al finalizar la nivelación con el equipo GPS. Una vez terminado el levantamiento topográfico del terreno, se extraen los datos con una memoria USB de la Estación Total y se realizan los planos de las curvas de nivel con ayuda del software *Surfer 10*.

### Levantamiento topográfico y nivelación con equipo G.P.S.

Se utilizó un tractor marca New Holland T7060 de 213 CV, equipado con la estación móvil de nivelación Field Level II AgGPS de marca Trimble. La antena RTK se encuentra en la parte superior de la cabina del tractor, el modulo ordenador va instalado en el interior de la cabina, al alcance del operador, y la antena GNSS va montada en el mástil eléctrico que se encuentra en la escrepa. (Figura 1).

La escrepa que se utilizó es modelo LFES-12, marca BILSON con capacidad de 7.6 m<sup>3</sup> y un ancho de corte de 3.65 m.

Para realizar la nivelación en campo con equipo GPS, lo primero que se debe hacer es instalar la estación base en un área despejada y se procede a dar de alta el punto de referencia, para que se puedan enviar las correcciones de posición a la estación móvil.



a) Estación Base (Fija)



b) Tractor y escrepa con la estación móvil

FIGURA 1. Equipo de nivelación GPS.

El levantamiento topográfico con equipo de nivelación GPS inicia posicionando el tractor con la escrepa fuera de la parcela de trabajo, y posteriormente, se procede a ingresar en el software los datos del proyecto de nivelación (Deventer *et al.*, 1997)

Antes de iniciar el levantamiento topográfico se crea un “punto de control” en el software, este punto de control se localiza fuera de la parcela de trabajo. Primero se realiza el recorrido perimetral del terreno con la escrepa levantada a su punto máximo por el lindero del terreno; después se hace un recorrido al interior del terreno en cuadrícula (zigzag) para hacer el levantamiento de las cotas al interior.

Una vez terminado el recorrido al interior se selecciona la opción AutoPlane (Figura 2), y después la opción “Mejor

adaptación”; esta última mostrará la dirección y magnitud de las pendientes proyecto, así como los volúmenes de corte y relleno que necesita el terreno donde se realizó el levantamiento.

La nivelación inicia en la franja de color verde, por lo que se traslada el tractor y la escrepa hacia esta zona. Para empezar a nivelar se selecciona la opción “Automático”, en el software, para que el sistema AgGPS controle automáticamente la cuchilla de la escrepa en base a la posición del tractor.

La profundidad de corte de la cuchilla se controla con la opción “GROCERO” (Figura 3), que se encuentra en la ventana principal del proyecto en el software, por ello antes de iniciar la nivelación se anotó el valor que marcaba el contador cuando la cuchilla estaba a ras de suelo en la zona verde, que fue -0.910 m.

<sup>4</sup>FRANQUET J.M.; QUEROL A.: Nivelación de tierras por regresión tridimensional, 488pp., Primera edición. Eud-Tortosa. España, 2010.

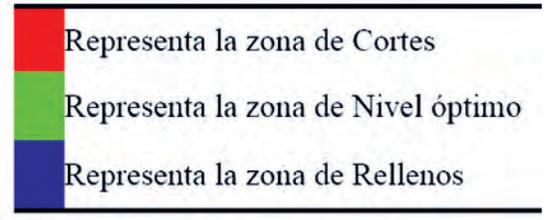


FIGURA 2. Ventana de AutoPlane.

Se iniciaron los recorridos colocando el valor en el contador de -0.810 m y posteriormente se aumentó el valor a -0.830, -0.860, -0.890 -0.910 m (Figura 4), para hacer los cortes de tierra poco a poco y evitar que se sature la escropa. Cuando se llegó al valor de -0.910 m se cambió la opción “GROSERO” a “FINO”, para dar los últimos recorridos al terreno haciendo cortes más finos.

se introdujo el valor de -0.900 m con el fin de que la afinación quedase de la mejor manera ya que la cuchilla iba a ras de suelo solo recogiendo los excedentes. Una vez terminada la nivelación del terreno se cierra el campo de trabajo en el ordenador.



FIGURA 3. Contador de la opción “GROSERO”.



FIGURA 4. Modificación de los valores en la opción “GROSERO”.

El movimiento de tierra se inició con recorridos transversales en todo el terreno en el sentido Sur-Norte, partiendo de la zona color rojo. También se hizo en el sentido Este- Oeste; ambos tipos de recorridos se intercalaron después de moverse el tractor y la escropa por todo el terreno en cada sentido. La velocidad varió de 7 a 9 km/h, dependiendo del volumen de tierra que transportara la escropa.

### Obtención de los parámetros de evaluación

Los datos de los dos levantamientos topográficos realizados con Estación Total, son analizados con el software SINIVET plus, obteniendo así el “error promedio de nivelación” mediante la división del valor residual de volumen de corte entre la superficie de cortes del terreno (0.5 ha para valores unitarios por ha).

También se determinaron los siguientes parámetros técnicos-económicos: Tiempo de nivelación, Gasto de combustible, Cotas topográficas, Pendientes y Volumen de corte.

Los costos de los factores que implican un gasto económico, para la labor de nivelación, que se utilizaron son:

- Costo de diésel por Litro: 14.20 M.N.
- Costo por renta, mantenimiento y reparación de maquinaria agrícola y equipo de nivelación: 1,200 M.N.
- 200 pesos mexicanos por hora de trabajo, estimado con el sueldo del operador, por lo que restando del total este factor se obtiene el parámetro citado.
- Salario del operador por jornada laboral: sueldo de 600 M.N. por día laboral considerado de 8 horas de trabajo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del levantamiento topográfico de la parcela antes y después de la nivelación se obtuvieron los planos de curvas de nivel que se muestran en la Figura 5.

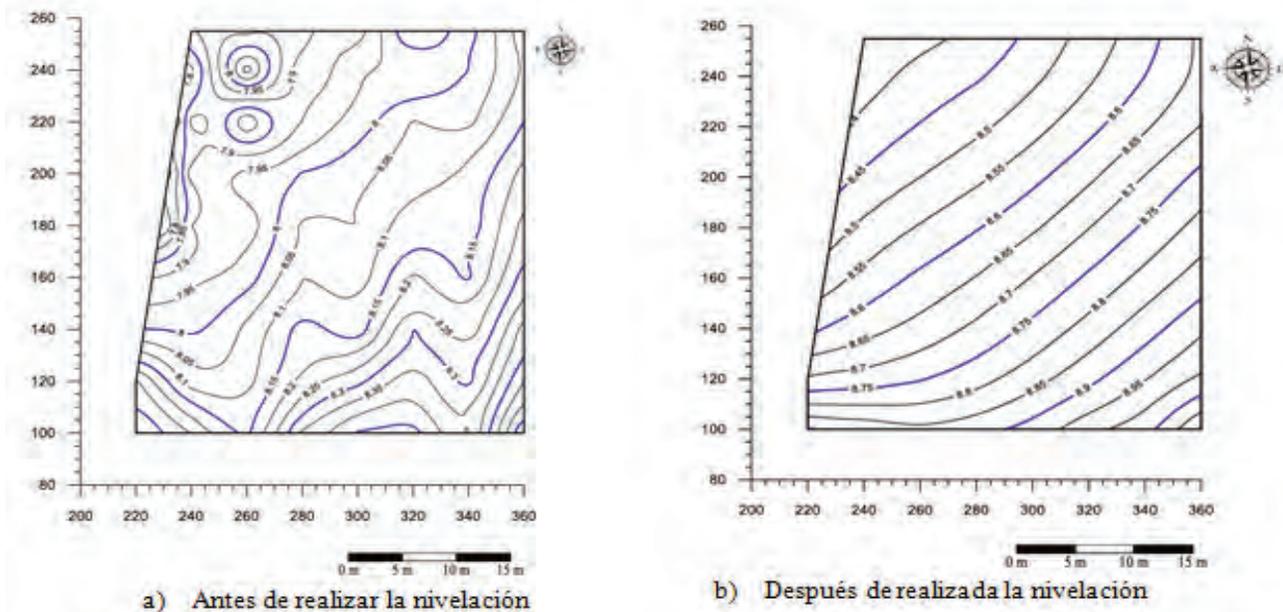


FIGURA 5. Planos de curvas de nivel con equipo G.P.S.

El plano que se muestra en la Figura 5b describe la topografía en declive regular desde la esquina sureste hacia la esquina noroeste, indicando la calidad de la nivelación realizada, respetando siempre las pendientes naturales para evitar la remoción de la capa arable y la materia orgánica del suelo.

Otro de los parámetros que se midieron es el tiempo que requiere cada paso del proyecto de nivelación (Cuadro 1).

CUADRO 1. Tiempo en que se realizó la nivelación

Parámetros evaluados	G.P.S. (min)
Instalación de componentes	20
Levantamiento perimetral	5
Calculo de pendientes	
Levantamiento zigzag	15
Calculo de movimiento de tierras	
Nivelación y afinado de superficie	503
<b>TOTAL</b>	<b>543</b>

En todo el proceso de nivelación el consumo de combustible por el tractor fue de 200 litros, teniendo en cuenta los costos, explicados anteriormente, se obtuvo el Cuadro 2.

CUADRO 2. Costo de la nivelación

Análisis de costos	GPS (M.N.)
Costo de operador por tiempo de labor	678.75
Costo de operación por horas de trabajo	10,181.25
Costo de combustible consumido	2840.00
<b>Total (M.N.)</b>	<b>13,700.00</b>

A manera de resumen se muestra en el Cuadro 3 el análisis

de los datos obtenidos en los levantamientos topográficos, realizados con la Estación Total. Se observa una diferencia en el rango de desnivel de 0.20 m en las cotas finales con respecto a las cotas iniciales, de donde se considera un trabajo de nivelación con cambio de cotas en todo el terreno y la desaparición de zonas intermitentes con montículos o cauces.

CUADRO 3. Parámetros técnicos y económicos evaluados

Parámetros	Antes de nivelar	Después de nivelar
Cota topográfica mínima	7.80	8.4
Cota topográfica máxima	8.70	9.1
Pendiente en X (O-E)	0.2256	0.2854
Pendiente en Y (S-N)	-0.2661	-0.2876
Volumen de corte por ha (m <sup>3</sup> )	225.369	23.368
Volumen total de corte (m <sup>3</sup> )	473.276	22.433
Combustible por unidad de tierra movida (l/m <sup>3</sup> )		0.42
Combustible por hora de labor (l/h)		22.09
Costo por hectárea (M.N.)		8,562.5
Costo por hora (M.N./h)		1,513.8
Error Promedio de Nivelación (m)		0.005

El volumen de corte por hectárea es reducido después de nivelar, considerando que el valor del volumen después de nivelar es calculado sobre el área interior del terreno, tomada como la parte trabajada al 100% por el equipo, obteniéndose un valor residual de cortes sin trabajar que a la postre nos deriva en un error promedio de nivelación.

El error promedio es de 5 mm por hectárea, siendo este un valor que no representa alteraciones considerables en la calidad de nivelación del terreno pues no se observan montículos o cauces que alteren el paso del agua de riego u obstruyan las pendientes trabajadas en el plano de curvas de nivel, Figura 5b.

## CONCLUSIONES

- Los cálculos para la nivelación son realizados automáticamente por el ordenador GPS, por ello la nivelación requiere poco tiempo de trabajo, además de que los costos por hectárea y por hora de trabajo se pueden considerar bajos.
- La comparación visual entre los planos de curvas de nivel nos indica un trabajo de nivelación de buena calidad, observándose en el plano final una pendiente bien definida, sin montículos o cauces que interfirieran en el movimiento superficial del agua en la parcela. Esto se valida con el error de nivelación de 5 mm calculado para el equipo GPS, el cual se encuentra dentro del rango de precisión con que trabaja este sistema.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENLASER: "Nivelación GPS". [en línea] 2015, Disponible en: [http://www.argenlaser.com.ar/nivelacion\\_gps.html](http://www.argenlaser.com.ar/nivelacion_gps.html) [Consulta: marzo 15 2015].
- CLAAS: *Laser Pilot*. [en línea] 2009, Disponible en: <http://www.claas.es> [Consulta: marzo 15 2015].
- DAUGHTRY, C. S. T., R. HUNT, Y. DORAISWAMY & E. III MCMURTREY: "Remote sensing the spatial distribution of crop residues", *Agronomy Journal*, ISSN: 0002-1962, E-ISSN: 1435-0645, 97: 864-871, 2005.
- DEVENTER, A. P., D. WARD, H. GOWDA & J.G. LYON: "Using Thematic Mapper Data to Identify Contrasting Soil Plains and Tillage Practices", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, ISSN: 0099-1112, 63(1): 87-93, 1997.
- INEGI: *Uso del suelo y vegetación*, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [en línea], Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/Default.aspx> [Consulta: marzo 15 2015].
- LOWENBERG-DE BOER, J.: *Precision farming overview*, 32pp., Site-Specific Management Center Purdue University, USA, [en línea] 2012, Disponible en: <http://www.agriculture.purdue.edu/ssmc/DTCworkshop.pdf> [Consulta: marzo 15 2015].
- LOWENBERG-DE BOER, J.: Making precision agriculture practical and profitable. Site Specific Management Center. [en línea] University Purdue. USA, September [en línea] 2000, Disponible en: <http://www.agriculture.purdue.edu/ssmc/Frames/Sept2000.htm> [Consulta: marzo 15 2015].
- NOVARIANT. *Technologies: precision position*, [en línea] 2009. Disponible en: [http://www.novariant.com/resources/technologies/precision\\_position.cfm](http://www.novariant.com/resources/technologies/precision_position.cfm) [Consulta: marzo 15 2015].
- OMNISTAR: *About OmniSTAR World wide DGPS Service*, [en línea] 20 de julio de 2009, Disponible en: <http://www.omnistar.com/Applications.aspx> [Consulta: marzo 15 2015].
- SERBIN, G. E., R. HUNT, T. DAUGHTRY, W. MCCARTY & P.C. DORAISWAMY: "An Improved ASTER Index for Remote Sensing of Crop Residue", *Remote Sensing of Environment*, ISSN: 0034-4257, 1: 971-991, 2009.
- TRIMBLE, G. *Agricultura de precisión* [en línea] 2006, Disponible en: <http://www.agrosap.es/pdf/Agtrimble.pdf>. [Consulta: marzo 15 2015].

**Recibido:** 28/04/2016.

**Aprobado:** 21/09/2016.

Gilberto de Jesús López Canteñis, Profesor e investigador, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México- Texcoco km. 38.5, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230, México. Correo electrónico: [alelopez10@hotmail.com](mailto:alelopez10@hotmail.com)

Francisco Raúl Hernández Saucedo, Correo electrónico: [alelopez10@hotmail.com](mailto:alelopez10@hotmail.com)

Bonifacio Gaona Ponce, Correo electrónico: [bgaonap@hotmail.com](mailto:bgaonap@hotmail.com)

Noel Chávez Aguilera, Correo electrónico: [alelopez10@hotmail.com](mailto:alelopez10@hotmail.com)

Julio C. Castillo Zapata, Correo electrónico: [alelopez10@hotmail.com](mailto:alelopez10@hotmail.com)

José E. Ramírez Meza, Correo electrónico: [alelopez10@hotmail.com](mailto:alelopez10@hotmail.com)

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.