


# Normativa y equipamiento de los centros para la evaluación y prueba de tractores agrícolas: Una visión actual

*Regulations and equipment of centers of the evaluation and testing of agricultural tractors: A current view*

<sup>1</sup>Walter Carvajal Cedeño

*Maestría en Agronomía mención Mecanización Agrícola, Instituto de Postgrado, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador*


✉ [wcarvajal0573@utm.edu.ec](mailto:wcarvajal0573@utm.edu.ec)

 ORCID: 0000-0001-7077-398X

<sup>2</sup>Miguel Herrera Suárez

*Carrera de Mecánica. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí*

✉ [miguel.herrera@utm.edu.ec](mailto:miguel.herrera@utm.edu.ec)

 ORCID: 0000-0003-4567-5872

Recepción: 10 de noviembre de 2021 / Aceptación: 18 de enero de 2022 / Publicación: 04 de marzo de 2022

## Resumen

Los centros para la evaluación y prueba de tractores, las normativas e instrumentación empleada en dichas pruebas han sido ampliamente referenciados en la literatura especializada, sin embargo, no existe un documento que refleje la situación actual sirviendo como de guía o referencia para el análisis y la capacitación en estos temas, por lo que el objetivo del trabajo es analizar la situación actual de los centros, normativas y equipamiento para la evaluación y prueba de tractores agrícolas. Se realizó una investigación documental que abarcó las principales bases que contienen información referente a las pruebas de tractores, tales como: Science Direct, Scopus, Research Gate, Scielo, Latindex, y Google Académico, entre otros. De igual forma, se consultaron los sitios web de las estaciones y centros de pruebas de máquinas y tractores a nivel global, recopilándose de manera selectiva la información básica sobre dichos centros. Los resultados muestran un análisis histórico lógico del desarrollo de estos centros, así como, su situación actual y perspectivas de trabajo, estándares o normativas empleadas durante las pruebas. Por último, se realizó una descripción del equipamiento que emplean poniéndose de manifiesto que los mismos están condicionados por el procedimiento de prueba empleado, el lugar de realización de estas y los tipos de facilidades utilizadas. Estos resultados permitieron concluir que, la universalización del uso de los tractores agrícolas ha propiciado el desarrollo de centros, normativas e instrumentación para la realización de pruebas en función de elevar la comercialización, intercambiabilidad y adaptabilidad a las distintas condiciones de trabajo.

**Palabras clave:** estándares; bancos de pruebas; prueba acelerada; tractor dinamométrico, condiciones de prueba.

## Abstract

The centers for the evaluation and testing of tractors, the regulations and instrumentation used in said tests have been widely referenced in the specialized literature, however, there is no document that reflects the current situation serving as a guide or reference for the analysis and training on these issues, so the



objective of the work is to analyze the current situation of the centers, regulations and equipment for the evaluation and testing of agricultural tractors. A documentary research was carried out that covered the main databases that contain information regarding tractor tests, such as: Science Direct, Scopus, Research Gate, Scielo, Latindex, and Google Scholar, among others. Similarly, the websites of the stations and test centers for machines and tractors were consulted globally, selectively compiling the basic information on said centers. The results show a logical historical analysis of the development of these centers, as well as their current situation and job prospects, standards or regulations used during the tests. Finally, a description of the equipment they use was made, showing that they are conditioned by the test procedure used, the place where they are carried out and the types of facilities used. These results allowed us to conclude that the universalization of the use of agricultural tractors has led to the development of centers, regulations and instrumentation for carrying out tests in order to increase commercialization, interchangeability and adaptability to different working conditions.

**Keywords:** standards; testing bench; accelerated test; dynamometric tractor, test conditions

### Introducción

Desde la primera fase del surgimiento de las máquinas agrícolas se han desarrollado múltiples investigaciones encaminadas a determinar los parámetros de operación que caracterizan la calidad del trabajo, rendimiento y fiabilidad, entre muchas otras (Lanças et al., 2020).

La necesidad de extender la utilización de estas máquinas a disímiles condiciones de operación y lograr resultados en las evaluaciones que puedan ser comparados o estandarizados propicio el desarrollo de normas que establecen los procedimientos a seguir durante las pruebas o evaluaciones (Lanças et al., 2020).

Los tractores son la fuente de energía móvil en la agricultura moderna, por lo tanto, conocer sus características técnicas es fundamental para garantizar el máximo rendimiento (Cutini et al., 2016; Raikwar et al., 2018).

De forma análoga a las máquinas agrícolas las pruebas de tractor permiten generar información precisa e imparcial, sobre el rendimiento y capacidad de operación del tractor siguiendo procedimientos estandarizados que han sido previamente reconocidos y aceptados por los órganos competentes, ya sea a nivel mundial, estatal, o por instituciones especializadas en la actividad (Liljedahl et al., 1989; Renius, 2020).

El objetivo principal de las pruebas de tractores agrícolas es generar información científicamente fundamentada sobre los sistemas y mecanismos del tractor, como son: rendimiento del motor, capacidad del sistema de transmisión, capacidad de tracción, protección estructuras, ergonomía y eficiencia energética (Renius, 2020).

Las pruebas de tractores y maquinarias agrícolas se realizan por solicitud y para satisfacer las necesidades de los fabricantes, organismos estatales e instituciones de investigación (Mialhe, 1996), dentro de los que se destacan las universidades y centros de investigación. Estas pruebas las realizan especialistas debidamente acreditados.

El surgimiento de los centros de pruebas de tractores está relacionado con el desarrollo del tractor agrícola, pues a pesar de que los primeros tractores se desarrollaron a finales del siglo XIX, no fue hasta el 1910 que comienza a aceptarse a nivel global y son adoptados para el uso agrícola, dada una serie de mejoras en su estructura, masa y fuente energética, entre muchos otros (Broehl, 1988).

En una etapa inicial, los centros de pruebas y desarrollo de máquinas existentes cubrieron las necesidades inmediatas de realización de pruebas a los nuevos tractores. Superada esta etapa inicial, su desarrollo propició el surgimiento de nuevos centros de pruebas de tractores, así como, su expansión a nivel global.

Los centros o estaciones de pruebas de tractores agrícolas por lo general pertenecen a universidades, centros de investigación, entidades estatales o privadas, como son el INRAE, Nebraska, Silsoe, CENEMA, las estaciones de pruebas del IAGRIG, Volga, Kuban, y la Siberiana, que se encuentran situados en Francia, E.E.U.U, Reino Unido, México, Cuba, Rusia, respectivamente (Splinter et al., 1973; Pelzer, 1980; Youren & Leviticus, 1990; Iglesias et al., 1999; Takao, 2002; Ayala Garay, Audelo Benítez, et al., 2013; Lanças et al., 2020; University of Reading, 2021). Estos centros son los encargados de emitir certificaciones y valoraciones del funcionamiento y calidad del trabajo de tractores agrícola, entre otros, rigiéndose por normativas o estándares establecidas internacionalmente, aunque algunos tienen sus propias normas, las mismas que dependen habitualmente del país o la entidad donde se realicen las pruebas, como es el caso particular de Nebraska (Splinter et al., 1973; Youren & Leviticus, 1990).

Las grandes empresas dedicadas a la fabricación de tractores y máquinas agrícolas en la mayoría de los casos tienen sus propios medios para realizar pruebas y evaluaciones con el fin de mejorar su funcionamiento, sin embargo, finalmente requieren de la evaluación y certificación por instituciones legalmente reconocidas que emitan opiniones neutrales, según los estándares reconocidos internacionalmente (Iglesias et al., 1999).

Dentro de estos estándares, se destacan las normas internacionales ISO y los codex de la OCDE Unión Europea (Manby & Matthews, 1973). Las normas estatales como las rusas Gossudarstwenny Standart (GOST), y los estándares de la Asociación de Ingenieros Agrícolas y Bioingenieros Americanos ASABE para el caso de la evaluación de tractores (Candee & Walters, 1980; ASABE, 2021). Normas propias como las que usa el instituto de Nebraska (biblio). Algunos países de América Latina han creado sus propias normas como el caso de Cuba que ha desarrollado normas cubanas NC-ISO compatibilizadas con las Normas ISO (Iglesias et al., 1999), las normas Argentina IRAM (De Simone et al., 2017) y mexicanas NMX (Ayala Garay, Cervantes Osornio, et al., 2013), por solo citar algunos ejemplos .

Actualmente el desarrollo tecnológico ha propiciado la incorporación de nuevos mecanismos y tecnologías a los tractores, como son los tractores eléctricos y las tecnologías asociadas a la agricultura 4.0 (He et al., 2004; Hui-Song et al., 2019; Donesky, 2021), por lo que se hace necesario evaluar su funcionamiento tanto en condiciones controladas como condiciones de operación, lo cual obliga además, a crear nuevos métodos y estándares de prueba que se ajusten a los nuevos de desarrollos (Pranav et al., 2010; Kumar et al., 2012; Mattetti et al., 2012; Farias et al., 2016; Raikwar et al., 2018; Mattetti et al., 2019).

Tanto para las evaluaciones como para las pruebas se han creado gran cantidad de equipamiento que permiten la recogida de datos ya sea en las condiciones de operación o en las condiciones controladas de los laboratorios o bancos de pruebas.

Por otra parte, en la literatura disponible, a saber, no existe un documento o material bibliográfico que permita a estudiantes, profesionales, técnicos, productores y demás usuarios tener una visión integral y actualizada de la evolución histórica y situación actual de los centros para la evaluación y prueba de tractores agrícolas, las normativas y estándares establecidos para estos fines, así como, el equipamiento y facilidades desarrollados empleados, entre muchos otros.

Tomando en cuenta estos aspectos se decide realizar el presente trabajo que tiene como objetivo analizar la situación actual de los centros, normativas y equipamiento para la evaluación y prueba de tractores agrícolas.

### **Metodología**

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo y de tipo exploratorio. Se realizó una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos donde se publica información referente a las pruebas de tractores y agrícolas (1990-2020), tales como: Science Direct, Scopus, Research Gate, Scielo, Latindex, y Google Académico, entre otros. Consultándose autores como, Albert (2021), Audelo et al., (2013), Ayala et al., (2013), Cuntini (2016), De Simone et al., (2017), Faleye et al., (2014), Farias et al., (2016), Grigioni et al., (2019), Hui et al., (2019), Junior et al., (2012), Kabir et al., (2014), Kocher et al., (2016), Lancas et al., (2020), Mattetti et al., (2019), Nation (1967), Pranav (2010) y Raikwar et al., (2018). Se eligieron de forma selectiva aquellos documentos que contienen información fundamental sobre el tema objeto de estudio.

De igual forma, se consultaron los sitios web de las estaciones y centros de pruebas de máquinas y tractores a nivel global, recopilándose la información básica de dichos centros.

El método de investigación empleado fue el histórico lógico, el cual permitió analizar la trayectoria o proceso de evolución de los centros de pruebas de tractores, las normativas o estándares, así como del equipamiento utilizado, en el transcurso del tiempo. Se analizó de manera coherente y lógica los procesos, hechos y circunstancias vinculadas a las distintas etapas de desarrollo, además de, los principales factores que cronológicamente propiciaron la sucesión de dichas etapas de desarrollo y por consiguiente las conexiones históricas.

### **Resultados**

#### **Caracterización de los principales centros de pruebas y evaluación de la maquina agrícola**

La adopción de tractores agrícolas actualmente debe pasar por pruebas de estandarización que se encarguen de hacer controles de calidad bajo estándares nacionales o internacionales que permitan su intercambio y comercialización, por ello se requiere contar con centros especializados que se encarguen de evaluar a los tractores de manera integral, para determinar parámetros como su fiabilidad, rendimiento, parámetros de operación, o los aspectos negativos a solucionar, entre muchos otros (Negrete, 2018; Lanças et al., 2020; Morley et al., 2021).

Cuando se trata esta temática es importante identificar de manera indistinta los términos prueba y evaluación. El término prueba se refiere al análisis del funcionamiento del tractor en condiciones ideales, siguiendo ciertas normas o estándares con el propósito de obtener información confiable y repetible de la misma. La evaluación de igual forma se analiza el funcionamiento de los tractores, pero en las condiciones de operaciones reales de operación para la cual fueron diseñadas.

Los centros para la evaluación, prueba y certificación de tractores, incluyen los tractores agrícolas en algunos de los casos. Las evaluaciones se realizan tanto a los tractores de fabricación nacional como extranjera en diferentes etapas de su desarrollo con el propósito de mejorar sus modelos y prototipos, así como para acumular información que permita nuevos desarrollos de dispositivos y mecanismos, entre otros.

Los centros de pruebas tractores agrícolas son independientes a la hora de expresar el criterio de sus análisis, sin la influencia de algún interés comercial, independientemente de que estén asociados o no a una entidad estatal o particular (Renius, 2020).

En sus inicios, los centros de pruebas de tractores formaron parte de centros de investigación, así como, de los centros de evaluación del tractor agrícola ya existentes, los cuales asumieron esta nueva función. Se reconoce como el centro más antiguo al laboratorio de pruebas de tractores de Nebraska, que fue construido en 1919 con el fin de satisfacer las necesidades de la ley de tractores en ese Estado (Marquez, 2011).

Entre los centros pioneros también se encuentra el INRAE ubicado en Paris, Francia, el cual fue el primer centro de investigación agrícola en Europa (1888), y el segundo a nivel mundial (Pelzer, 1980). Posteriormente en 1924 en la Universidad de Oxford (Reino Unido), se creó un centro de pruebas de tractores en el entonces llamado "Instituto de ingeniería agrícola", el cual fue pasando por transformaciones hasta que en 1991 fue denominado "Instituto de Investigación Silsoe", el cual cesó sus operaciones a fines del 2006, habiendo cumplido 80 años de operación (University of Reading, 2021).

En el periodo de los años 1920 a 1930, inicia la creación de una gran cantidad de centros de pruebas de tractores, además, se adecuaron centros de pruebas de máquinas agrícolas para la realización de las pruebas de los tractores. Uno de los países que mayor esfuerzo realizó en este sentido fue la antigua URSS, la cual, ante la necesidad de fomentar la producción nacional de tractores y dar soporte técnico a las brigadas de tractores de los Koljoses inició la creación de estaciones de pruebas. Según Iglesias et al. (1999), para la década de los años 80 se habían establecido 30 estaciones de pruebas en toda la antigua URSS.

Estas estaciones, sirvieron además de soporte para la capacitación de profesionales y técnicos de los países del antiguo bloque del CAME, lo cual fue la base para la creación de otras estaciones en dichos países. Actualmente, Rusia cuenta trece estaciones de prueba (MIS) y, dentro de estas se destacan las estaciones del Volga, Kuban, Negra Central, Estación de pruebas Maquinaria Noreste, Siberiana, Altai, Vladimirskaia, Rosinformagrotech, Povolzhskaya, Podolskaya, Caucásica del norte, y el Centro estatal de entrenamiento, (Takao, 2002; AIST, 2021). Todo este accionar propició la creación de la Asociación de probadores de Maquinaria y Tecnologías Agrícolas" (AIST).



El desarrollo de los centros de pruebas en la región europea propició que en el año 1999 se creara la Red Europea para el Ensayo de las Máquinas Agrícolas (ENTAM) en la que participan centros de Alemania, Austria, Dinamarca, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Polonia, Reino Unido, República Checa y Suiza. Dichos centros realizan tanto pruebas de máquinas agrícolas como de tractores (CSAM, 2015).

En esta red, se integran centros de gran antigüedad y prestigio en toda Europa, los cuales han resistido el embate de la evolución de la técnica de los tractores. Los más destacados, son: el CEMAGREF (INRAE) instituto francés; el instituto de Silsoe del Reino Unido; el centro de pruebas DLG en Gross-Umstadt con su estación de campo en Potsdam-Bornim (Alemania), fundado en 1885, siendo uno de los más importantes de Europa, la Estación de Mecánica Agrícola (EMA) para ensayos en tractores, máquinas forestales y máquinas para el movimiento de tierras, creada en 1904; el Instituto de Construcción y Maquinaria Agrícola (IAMC) fundado en 1937 por el Ministerio de Agricultura griego como una estación de prueba para equipos de maquinaria agrícola. El Instituto Industrial de Ingeniería Agrícola dedicado a la investigación, desarrollando y pruebas de máquinas y tractores agrícolas en Polonia desde 1946.

Se debe precisar, que muchas de estas estaciones o centros fueron creadas antes del surgimiento o expansión del tractor agrícola (Broehl, 1988), el cual se llevó a cabo a partir del 1910. Estos tenían como función la evaluación del desempeño y perfeccionamiento de máquinas agrícolas de tracción animal o aperos de labranza.

La región de Asia y el Pacífico se ha convertido en el mayor mercado de ventas de maquinaria agrícola, alcanzando cifras superiores a los 50 mil millones de USD con valores de producción alrededor 120 mil millones de dólares, de los cuales China y la India abarcan los mayores porcentajes (CSAM, 2015). Todo este accionar ha creó el escenario perfecto para el desarrollo y expansión de la Red de Asia y el Pacífico para la prueba del tractor agrícola (CSAM, 2015), la cual posibilita y apoya el establecimiento de centros de prueba y armonización de protocolos de prueba en la región, como un elemento esencial para facilitar el comercio de tecnologías de mecanización en los ámbitos regionales y mundiales. Esta red está integrada por 14 países, encabezados por China e India, donde se incluye Rusia como otra potencia en el desarrollo de los tractores (CSAM, 2015).

Muchos de estos países en las etapas iniciales recibieron capacitación y colaboración de la experiencia acumulada de las estaciones de prueba rusas, ya sea dentro de bloque del CAME o fuera de este. Los centros de prueba de más renombre en estos países son: El Centro para la Mecanización Agrícola Sostenible de la CESPAP con sede en China, Filipinas y Nepal (CSAM, 2015). De igual forma que en los países de Europa y América, el vínculo de las universidades y centros de investigación ha sido un elemento fundamental para el desarrollo de las pruebas, evaluaciones, e investigaciones.

En Latinoamérica, a saber, se destacan la Estación de Prueba de Tractores y Maquinaria Agrícola de Cuba del Instituto de Investigaciones (IAGric), del Ministerio de la Agricultura cubana, y el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) mexicano, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Dichos centros en la actualidad están en funcionamiento y son capaces para emitir certificación sobre las pruebas y evaluaciones a los tractores agrícolas.

La Estación de pruebas del IAgriC, fue creada por la dirección de Mecanización del antiguo Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) cubano en el año 1967. En 1976 pasa a ser parte del nuevo Instituto de Investigación de Mecanización Agrícola (IIMA) y el cual en 2010 se convierte en el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgriC), hasta la actualidad. Este centro pasó a ser la institución encargada de evaluar, probar y certificar todos los tractores agrícolas y la maquinaria que se compraba o importaba por intercambio en Cuba (Iglesias et al., 1999).

En las primeras décadas recibió una gran colaboración de técnicos y profesionales de los países del antiguo CAME, en especial de la entonces Unión Soviética. Favoreciendo la formación de especialistas, es decir la capacitación de profesionales y técnicos, la adquisición de equipamiento de pruebas o mediciones. De igual forma, se trabajó en el desarrollo de las normas que rigen estas pruebas (Iglesias et al., 1999).

En marzo de 1991 que se conforma el Centro Nacional de Estandarización Agrícola (CENEMA), que se encuentra en las afueras de la ciudad de México DF. El surgimiento de este centro se debió a un proceso de desarrollo y establecimiento del sistema de estandarización y certificación de la maquinaria agrícola en México, como resultado de la iniciativa de fabricantes y comercializadores, ante la necesidad de establecer normas mexicanas para estimular la mejora de la calidad y desempeño del tractor agrícola en México.

La cooperación japonesa ayudó mucho con la capacitación de personal mexicano y la adquisición de equipamiento. La puesta en marcha del CENEMA propició la creación también del Organismo de Certificación de Maquinaria Agrícola OCIMA, (Ayala Garay, Cervantes Osornio, et al., 2013). El CENEMA aún está en funcionamiento con ayuda gubernamental.

El instituto de Investigaciones de Tecnología Agropecuaria (INTA) argentino, es otra institución de América Latina de gran prestigio y tradición en el evaluación del tractor agrícola, que posee los laboratorios y el equipamiento necesario para la evaluación de tractores agrícolas (De Simone et al., 2017). En el continente africano, a saber, el Centro Nacional de Mecanización Agrícola (NCAM) de Nigeria, fue creado con el objetivo de potenciar las pruebas de tractores y máquinas agrícolas y regularizar su importación y adaptabilidad para su operación en las distintas condiciones de operación (Faleye et al., 2014).

Este centro ha adoptado los códigos OECD para la evaluación de tractores, aunque hay una serie de países de este continente también se han acogido a la utilización de dichos códigos, tales como, África del Sur, Egipto, Tanzania, Zimbabue y Sambia, entre muchos otros. El desarrollo de las entidades encargadas de probar el tractor agrícola ha propiciado la creación de procedimientos o normativas para la realización de dichas pruebas, con el objetivo de aumentar la confianza en los resultados, la estandarización de las pruebas, y la universalización de los resultados.

### **Principales normas que se emplean en la evaluación de los tractores agrícolas**

La necesidad homologar los resultados de las pruebas de tractores con vistas a elevar su comercialización, la intercambiabilidad de elementos, así como, la adaptabilidad a las distintas condiciones de trabajo, ha obligado al desarrollo de un conjunto de normas que regulen los principales parámetros tecnológicos y de operación, independientemente del origen de fabricación de la máquina o del tractor.

Independientemente de los cambios y transformaciones que han tenido lugar en la industria de los tractores agrícolas, los gobiernos han mostrado gran interés en establecer políticas encaminadas a regularizar procesos obligando a la industria a introducir métodos para garantizar la calidad bajo los estándares ISO 9000, pues se establecen especificaciones y criterios sobre el desempeño con un nivel de calidad exigido, con vistas a incrementar la comercialización y fortalecer el mercado.

Según De Simone et al. (2017), en la normación de las pruebas de tractores está relacionado con la creación de una normativa para el ensayo de homologación de potencia en el año 1920. La misma fue desarrollada por la Universidad de Nebraska en los Estados Unidos, pues el gobierno de ese estado había aprobado una ley que obligaba a los fabricantes, a someterlos a un ensayo que conduciría esta Universidad. Si los resultados de las pruebas de homologación cumplían con el estándar establecido se permitía sacar el tractor en al mercado.

La responsabilidad de la elaboración de esta primera normativa recayó en la Sociedad Americana de Automotores (SAE), de conjunto con la antigua Sociedad Americana de Ingeniería Agrícola (ASAE) hoy conocida como ASABE. De acuerdo con De Simone et al. (2017), esta normativa evolucionó homologándose con los códigos internacionales internacional (ISO).

En el año 1927 los técnicos de la propia ASAE, desarrollaron normas que regulan los parámetros constructivos y de funcionamiento del árbol toma de fuerza (PTO) de los tractores, estableciendo un convenio del sentido de giro, así como, las dimensiones del acoplamiento. Sobre el 1939, se crearon otras normas para el dimensionamiento del enganche en tres puntos para tractores.

Estas normas son conocidas actualmente como los estándares de la ASABE, dentro de estas, no solo se incluyen normativas referidas a tractores, máquinas y aperos agrícolas, también se extienden a otras actividades del sector agropecuario (ASABE, 2021).

Las normas estadounidenses de ensayo de tractores son el resultado de la conjunción de los códigos establecidos en las normas SAE, ASAE e ISO (Candee & Walters, 1980; De Simone et al., 2017). Según Iglesias et al. (1999), todo el proceso de desarrollo de las estaciones de pruebas y su organización en la URSS, propició el establecimiento de los estándares GOST como el resultado de un arduo trabajo de normalización que abarcó el procedimiento de innumerables pruebas de tractores agrícolas.

La colaboración entre los países del antiguo bloque socialista también fue un paso importante para la creación de normas estatales para la evaluación de tractores en las condiciones de cada uno de estos países. Estas normas en sus inicios fueron derivadas de los estándares establecidos en la GOST: ejemplo de estos son las normas cubanas NC, las cuáles actualmente han sido homologadas con los estándares ISO pasando a ser las NC-ISO.

En el año 1959, la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OECD), comienza a trabajar en la creación de criterios unificados para la evaluación de tractores agrícolas, entre muchos otros (Marquez, 2011), dando lugar a la creación de los mundialmente reconocidos Códigos OCDE para la evaluación de tractores de uso agrícola.



Los códigos de la OCDE para la evaluación de tractores son reconocidos en 27 países de los cuales 22 son miembros activos de la OCDE, los cinco países restantes (no miembros), se agrupan algunos de los principales productores de tractores en el ámbito mundial, como Rusia, China, Brasil, India, y Serbia (Marquez, 2011).

Estos códigos también han sido adoptados por los países que forman parte de la Red Europea para el Ensayo de las Máquinas Agrícolas (ENTAM), en la que participan centros de Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Polonia, Reino Unido, República Checa y Suiza.

En la actualidad los códigos de la OCDE son los más empleados en el ámbito mundial para la evaluación de tractores, pues los mismos han sido adoptados por las principales estaciones de pruebas del mundo, esto incluye el NTNL de Nebraska, varias de las estaciones rusas, y las que forman parte de la red asiática (ANATM) para la evaluación de tractores y máquinas agrícolas (Marquez, 2011). Estos códigos son una fuente de información valiosa y gratuita, que puede ser adoptada incluso por países no miembros de esta organización.

Como un proceso de intercambio y retroalimentación se realiza una conferencia organizada por los países miembros (OCDE-Tractores). Estas conferencias permiten el intercambio de experiencias, revisión de procedimientos de prueba y las propuestas de actualización. Además, se propicia la verificación de los informes de prueba realizados por el Centro Coordinador, que sirve de enlace entre las estaciones de prueba nacionales y la OCDE para cuestiones técnicas (Marquez, 2011).

Por la importancia de homogenizar los estándares para la evaluación de tractores, La Organización Internacional para la Estandarización (ISO), creó el comité de “Tractores y Maquinaria Agrícola y Forestal”, el cual fue denominado TC 23, con el objetivo de crear las normas o regulaciones en estas esferas (infoAgro, 2021). Las normas ISO que involucran a los tractores agrícolas, han sido elaboradas en su mayor parte por los subcomités TC 23 / SC 4 “Tractores”, aunque otras proceden de SC 2 “Ensayos comunes” y SC 3 “Seguridad” (infoAgro, 2021).

Este comité ha desarrollado un total de 25 normas que regulan procedimientos generales, especificaciones técnicas, hasta métodos para la evaluación y realización de pruebas (infoAgro, 2021). Una gran parte de las normas estatales que se han creado para la evaluación de tractores en los distintos países han sido homologadas por las normas ISO.

La mayoría de los países que poseen estaciones de pruebas han creado sus propias normas estatales, o normas específicas, que tratan de adecuar los procedimientos y normativas de evaluación a las condiciones de estos países y sus distintas regiones, por solo citar los casos más generales, en este caso se encuentran las normas del NTLL, las normas alemanas (DIN), británicas (BS), italianas (COPAN) españolas (UNE), la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (ESE), mexicanas (NMEX), argentinas (IRAM), las cubanas compatibilizadas con el estándar internacional NC-ISO, (Youren & Leviticus, 1990; Ayala Garay, Cervantes Osornio, et al., 2013; Kabir et al., 2014; De Simone et al., 2017; Grigioni et al., 2019).

Los principales procedimientos de pruebas que norman estos estándares se muestran en la Tabla 1. Según el código OECD, algunos son de carácter obligatorios y otros son opcionales (Marquez, 2011).

**Tabla 1.** Principales procedimientos de pruebas que norman los códigos OCDE

<b>Carácter</b>	<b>Procedimiento de Pruebas</b>
Obligatorio	Ensayo de árbol toma de fuerza principal (PTO) y cinco puntos de medidas para determinar características de consumo
Obligatorio	Potencia hidráulica y fuerza de elevación en el enganche de tres puntos
Obligatorio	Potencia a la barra
Obligatorio	Consumo de combustible del tractor sin lastrar
Opcional	Ensayo directo del motor
Opcional	Ensayo complementario en la toma de fuerza (tipo económico)
Opcional	Ensayo complementario de la potencia hidráulica
Opcional	Prestaciones de polea y correa
Opcional	Prestaciones en atmósfera caliente
Opcional	Arranque a baja temperatura
Opcional	Potencia a la barra del tractor con lastre
Opcional	Ensayo de tracción lastrado (10 h)
Opcional	Potencia en los ejes de las ruedas motrices
Opcional	Radio de giro y zona de viraje
Opcional	Posición del centro de gravedad
Opcional	Frenado de Tractores de ruedas
Opcional	Medida del ruido emitido al ambiente
Opcional	Ensayos de trafabilidad en suelos inundados

En algunos países se han desarrollado otras normas que dan un tratamiento al procedimiento para la evaluación de tractores, pues no solo se limitan a las pruebas de funcionamiento de los mecanismos, como una vía para determinar sus parámetros, establecen el procedimiento para la realización de una serie de pruebas en función de determinar el rendimiento durante la operación y los aspectos económicos como herramientas fundamentales en la toma de decisiones durante la selección del tractor y la valoración de su adaptabilidad a las diferentes condiciones de operación (NC 34-37: 2003; NC 34-38: 2003).

Como un complemento de este proceso se han desarrollado normas que rigen procedimientos para caracterizar las condiciones de la realización de la evaluación, así como, el peritaje técnico al tractor, como un requisito previo al inicio de las pruebas (NC 34-37: 2003; NC 34-41:2004). Elementos necesarios para controlar una serie de variables que pueden incidir directamente en los resultados.

### **Equipamiento utilizado para la realización de pruebas y evaluaciones del tractor agrícola.**

De acuerdo con la duración del proceso de ejecución las pruebas de tractores se pueden clasificar como normales o aceleradas. En las pruebas normales, durante la ejecución se mantienen los plazos normales de operación, sin alterar el proceso de trabajo y su intensificación. Durante las pruebas aceleradas tanto los métodos como las condiciones de realización permiten obtener el volumen necesario de información en un plazo más corto que en las condiciones habituales de operación (Boltz, 1972; Mattetti et al., 2012; Mattetti et al., 2019).

De acuerdo con la duración del proceso de ejecución las pruebas de tractores se pueden clasificar como normales o aceleradas. En las pruebas normales, durante la ejecución se mantienen los plazos normales de operación, sin alterar el proceso de trabajo y su intensificación. Durante las pruebas aceleradas tanto los métodos como las condiciones de realización permiten obtener el volumen necesario de información en un plazo más corto que en las condiciones habituales de operación (Boltz, 1972; Mattetti et al., 2012; Mattetti et al., 2019).

Según la utilización futura de los tractores, las pruebas pueden ser de tipo destructivas y no destructivas (Iglesias et al., 1999). Durante las pruebas destructivas, se actúa sobre la estructura del tractor para destruirla y determinar los esfuerzos o cargas admisibles para determinar la confiabilidad de las partes componentes, como es el caso de las cabinas.

Las pruebas se pueden realizar en recursos internos o externos. Los primeros pueden ser laboratorios o instalaciones estacionarias con condiciones controladas. Los recursos externos por lo general están relacionados con polígonos de pruebas, bancos móviles, o las condiciones de reales de operación.

Hay pruebas especiales que se realizan en instalaciones especializadas como bancos para imitación acelerada mediante mecanismos para la reproducción de los fondos suelo-camino, de tipo de pulsadores o vibradores, movimiento del material tecnológico en ciclo cerrado. Este tipo de pruebas se le realiza a la técnica móvil durante su movimiento con imitadores que reproducen los fondos suelo-camino, la interacción con obstáculos y la resistencia a la tracción, entre otros.

Los medios de medición que se utilizan en las pruebas deben estar certificados por las entidades competentes o calibrados según las especificaciones de las normativas respectivas (Iglesias et al., 1999). En la Tabla 2, se resumen los tipos de facilidades e instrumentación a utilizar en las principales pruebas de tractores agrícolas, poniéndose en evidencia que la instrumentación a utilizar está muy ligada al procedimiento a seguir y el tipo de facilidad que se emplee.

**Tabla 2.** Facilidades, instrumentación utilizadas en las pruebas de tractores agrícolas

Facilidades	Instrumentación	Procedimiento de Pruebas
Exterior Interior	Banco de pruebas con freno dinamométrico para evaluar la potencia del árbol toma de fuerza, (Kabir et al., 2014)	Ensayo de árbol toma de fuerza principal (PTO) y cinco puntos de medidas para determinar características de consumo
Exterior Interior	Banco de pruebas, (Iglesias et al., 1999; De Simone et al., 2017)	Potencia hidráulica y fuerza de elevación en el enganche de tres puntos
Exterior	Carro o tractor dinamométrico, celdas de cargas para medir fuerza, radar Doppler para medición de velocidad, o quinta rueda, (Nation, 1967; Stange et al., 1984)	Potencia a la barra
Exterior Interior	Flujómetros, caudalímetros, (Kocher et al., 2016)	Consumo de combustible del tractor sin lastrar
Interior Interior	Banco de pruebas, (Iglesias et al., 1999)	Ensayo directo del motor
Interior Interior	Banco de pruebas, freno dinamométrico, Tacómetros, dinamómetros, torsiómetros, (Iglesias et al., 1999)	Potencia en los ejes de las ruedas motrices
Exterior Interior	Acelerómetros, (Albert, 2021)	Nivel de vibraciones
Exterior Exterior	Banco de pruebas, (Standardization, 2021b)	Posición del centro de gravedad
Exterior Exterior	Banco de pruebas, (Audelo Benítez et al., 2013; Troyanovskaya & Kalugin, 2018; Li & Ayers, 2021)	Seguridad de las cabinas en accidentes
Interior Exterior	Sonómetro, (Junior et al., 2012; Ramos et al., 2021)	Nivel de ruido
Exterior interior	Analizador de gases, (Standardization, 2021a)	Emisión de gases
Exterior	Banco de prueba, dinamómetro, (Standardization, 2021b)	Centro de gravedad

## Discusión

El surgimiento y evolución de los centros ha estado ligado al desarrollo del tractor, su aceptación como fuente energética para la agricultura y su expansión, sumado a la necesidad de perfeccionar los diseños y comprobar la calidad del trabajo bajo rigurosas condiciones de operación, hacen indispensable la aplicación continua de controles que garanticen la fiabilidad de este tipo de equipo. En este sentido, Morley et al. (2021) sostiene que las recomendaciones emanadas de los resultados de las pruebas y evaluaciones tienen como objetivo garantizar una mayor calidad de los equipos y su adaptabilidad a las distintas condiciones de operación durante el trabajo directamente en el campo, además emitir las conclusiones y recomendaciones que permitan tomar decisión sobre las posibilidades de operación, fabricación y la conveniencia o no, de su importación.

Los procesos de evaluación de los tractores agrícolas y sus implementos han sido sustentados en su mayoría por las normas ISO, sin embargo, en la actualidad a nivel mundial debido a su accesibilidad se emplea con más frecuencia los códigos de la OCDE y algunos países de acuerdo a sus necesidades han creado sus propias normas. Tal es el caso de Estados Unidos que, según Simone et al., (2017) surgen del análisis de las normas SAE, ASAE, ISO y GOST. En el caso de México según Ayala et al., (2013) existe un comité que a lo largo de los años ha trabajado en la revisión y actualización de las normas con la finalidad de obtener mejores resultados en las evaluaciones de tractores para beneficio de los diferentes involucrados.

Por otra parte, el equipamiento que se emplea en la realización de las pruebas o evaluaciones dependen del procedimiento a desarrollar, las condiciones de realización de dichas pruebas y las características del tractor a evaluar. Según Iglesias et al. (1999), el término prueba, se refiere a análisis del desempeño del tractor bajo estándares o normas en condiciones de trabajo u operación ideales, con el fin de precisar sus parámetros de operación. Sin embargo, el término evaluación se refiere al análisis del desempeño de una máquina bajo condiciones de operación reales para las cuales fue diseñada.

### Conclusiones

El surgimiento y posterior evolución de los centros o estaciones de prueba de tractores está estrechamente relacionado con el desarrollo y expansión de del tractor como la principal fuente energética para la realización de las actividades agrícolas.

La necesidad de estandarizar los resultados de las pruebas de los tractores agrícolas ha propiciado la homologación de las distintas normas y estándares que se han desarrollado en función de elevar la comercialización, intercambiabilidad de elementos y su adaptabilidad a las distintas condiciones de trabajo.

La base instrumental para la realización de las pruebas y evaluaciones de los tractores agrícolas se ha desarrollado en función de los procedimientos metodológicos establecidos en los programas, los objetivos que se persiguen y las condiciones de prueba o evaluación.

Durante la evaluación de los tractores en los escenarios de operación reales se hace imprescindible determinar las condiciones de operación o ensayos, así como la realización de una inspección o peritaje técnico de estos equipos.

### Referencias bibliográficas

- AIST. (2021). Asociación de probadores de maquinaria y tecnologías agrícolas (AIST). Retrieved from [http://www.aist-agro.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=29&Itemid=103](http://www.aist-agro.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=29&Itemid=103)
- Albert, H. (2021). Tractor—Driving Towards More Diverse Genetic Tests. *Clinical OMICs*, 8, 29-29. doi:10.1089/clinomi.08.02.22
- ASABE. (2021, 23 de septiembre de 2021). Estándares publicados. Retrieved from <https://asabe.org/Publications-Standards/Standards-Development/National-Standards/Published-Standards>
- Audelo Benítez, M. A., Ayala Garay, A. V., Jiménez Regalado, R., Cervantes Osornio, R., & Vargas Sállago, J. M. (2013). Evaluación del funcionamiento las estructuras de protección contra volcaduras (ROPS) montadas en tractores agrícolas que se comercializan en México. *Revista*



- Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22, 81-85. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000500015&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500015&nrm=iso)
- Ayala Garay, A. V., Audelo Benítez, M. A., Sánchez Hernández, M. Á., Cervantes Osornio, R., Velázquez López, N., Vargas Sállago, J. M., . . . Mijangos Santos, M. (2013). Impacto de las pruebas de tractores agrícolas en México: determinación de potencia a la toma de fuerza, levante hidráulico, cabinas y marcos de seguridad. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22, 6-14. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000500001&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500001&nrm=iso)
- Ayala Garay, A. V., Cervantes Osornio, R., Audelo Benítez, M. A., Velázquez López, N., & Vargas Sállago, J. M. (2013). La normalización y certificación de tractores agrícolas en México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22, 86-93. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000500016&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500016&nrm=iso)
- Boltz, G. (1972). *Accelerated Tractor Testing at Minimum Cost*.
- Broehl, W. (1988). Robert C. Williams. Fordson, Farmall, and Poppin' Johnny: A History of the Farm Tractor and Its Impact on America. Urbana: University of Illinois Press. 1987. Pp. ix, 232. \$24.95. *The American Historical Review*, 93, 1130-1130. doi:10.1086/ahr/93.4.1130-a
- Candee, R., & Walters, F. (1980). *History of Society of Automotive Engineers Agricultural Tractor Test Code*.
- CSAM. (2015) Agricultural Mechanization and Testing of Agricultural Machinery in the Asia-Pacific Region In, (pp. 129). Beijin, China.
- Cutini, M., Costa, C., & Bisaglia, C. (2016). Development of a simplified method for evaluating agricultural tractor's operator whole body vibration. *Journal of Terramechanics*, 63, 23-32. doi:10.1016/j.jterra.2015.11.001
- De Simone, M. E., Draghi, L. M., Jorajuría, C. D., & Hilbert, J. (2017). Capítulo XII. Ensayos de los tractores agrícolas. In E. INTA (Ed.), *"El tractor agrícola. Fundamentos para su selección y uso"* (Vol. II, pp. 322). Argentina.
- Donesky, A. (2021). Tractor Instrumentation System: Hitch and PTO, and Row Crop Tractor Electrification Considerations.
- Faleye, T., Farounbi, A. J., Ogundipe, O. S., & Adebija, J. A. (2014). Testing and evaluation of farm machines: an essential step for developing mechanization in Nigeria *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 42(2), 47-50. doi:<http://dx.doi.org/10.14303/irjas.2014.012>
- Farias, M., Schlosser, J., Solis Estrada, J., Frantz, U., & Rodrigues, F. (2016). Evaluation of new agricultural tractors engines by using a portable dynamometer. *Ciência Rural*, 46, 820-824. doi:10.1590/0103-8478cr20150406
- Grigioni, M., Dona, F., & Bonino, M. (2019). Seguridad en el uso de maquinaria agropecuaria: conductas y prácticas de los productores rurales de las provincias argentinas de Santa Fe y Córdoba. *RIA Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(3), 454-463.
- He, Y., Li, Z., & Cai, J. (2004). Study on tractor test instrument based on virtual instrument. 35.
- Hui-Song, G., Lu, L., Jin-Lin, X., & Yong-Nian, Z. (2019). Research on the shift prediction of electric tractor test bench based on fuzzy control. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 81, 143-154.
- Iglesias, C. E., Paneque, P. P., & Shkiliova, L. (1999). *Evalauación y prueba de tractores y máquinas agrícolas* (Vol. 1). Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.

- infoAgro. (2021). La normalización en los tractores agrícolas. Retrieved from [https://www.infoagro.com/maquinaria/normativa\\_tractores.htm](https://www.infoagro.com/maquinaria/normativa_tractores.htm)
- Junior, C., Delmond, J., Cunha, J., Couto, R., Leonídio, D., & Reis, E. (2012). Análise espacial do nível de ruído emitido por trator agrícola. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7, 514. doi:10.5039/agraria.v7i3a1228
- Kabir, M., Chung, S.-O., Kim, Y.-J., & Shin, S.-H. (2014). Comparison of Test Standards for the Performance and Safety of Agricultural Tractors: A Review. *Journal of Biosystems Engineering*, 39, 158-165. doi:10.5307/JBE.2014.39.3.158
- Kocher, M., Wold, M., Hoy, R., Lammers, A., & Blankenship, E. (2016). Calibration Procedure for Fuel Flow Meters at the Nebraska Tractor Test Lab. 32. doi:10.13031/aea.32.11436
- Kumar, A. R., Pandey, K., & Srinivasarao, A. M. (2012). Design of digital weight transfer display for agricultural tractors. *African Journal of Agricultural Research*, 7.
- Lanças, K., Filho, A., Moura, M., Damasceno, F., & Balestrin, D. (2020). Agricultural Tractor Test. *Revista Ciência Agronômica*, 51. doi:10.5935/1806-6690.20200104
- Li, Z., & Ayers, P. (2021). Strength Test for Pre-ROPS Tractor Axle Housings. In (pp. 303-307).
- Liljedahl, J., Turnquist, P., Smith, D., & Hoki, M. (1989). Tractor Tests and Performance. In (pp. 403-443).
- Manby, T., & Matthews, J. (1973). *Development and Operation of OECD Tractor Test Code*.
- Marquez, L. (2011) El ensayo de los tractores según los códigos de la OCDE. In, (pp. 6). Madrid: Agrotécnica.
- Mattetti, M., Maraldi, M., Sedoni, E., & Molari, G. (2019). Optimal criteria for durability test of stepped transmissions of agricultural tractors. *Biosystems Engineering*, 178, 145-155. doi:10.1016/j.biosystemseng.2018.11.014
- Mattetti, M., Molari, G., & Sedoni, E. (2012). Methodology for the realisation of accelerated structural tests on tractors. *Biosystems Engineering*, 113, 266-271. doi:10.1016/j.biosystemseng.2012.08.008
- Mialhe, L. (1996). *Máquinas agrícolas. Ensaio y certificação*. São Paulo - Brasil: Fealq.
- Morley, A., Tortorella, M., & Schueller, J. (2021). *Some Recent Trends in Tractor Test Performance*.
- Nation, H. (1967). A load vehicle for tractor testing under sub-tropical conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research - J AGR ENG RES*, 12, 238-245. doi:10.1016/S0021-8634(67)80024-6
- NC 34-37: 2003. Metodología para la evaluación Tecnológico - explotativa. *Máquinas Agrícolas y Forestales*.
- NC 34-38: 2003. Metodología para la evaluación económica. In *Máquinas Agrícolas y Forestales* (pp. 15). Cuba: Norma Cubana.
- NC 34-41:2004. Metodología para la realización del peritaje técnico. In *Máquinas Agrícolas y Forestales*. CUBA.
- Negrete, J. (2018). *Introducción a la evaluación y pruebas de máquinas agrícolas*.
- Pelzer, P. (1980). CNEEMA [Centre National d' Etudes et d' Experimentation de Machinisme Agricole]: la machine et l' agriculture [France].
- Pranav, P. K., Pandey, K., & Tewari, V. K. (2010). Digital wheel slipmeter for agricultural 2WD tractors. *Computers and Electronics in Agriculture - COMPUT ELECTRON AGRIC*, 73, 188-193. doi:10.1016/j.compag.2010.05.003

- Raikwar, S., Wani, L., Kumar, S., & Rao, M. (2018). Hardware-in-the-Loop test automation of embedded systems for agricultural tractors. *Measurement*, *133*, 271-280. doi:10.1016/j.measurement.2018.10.014
- Ramos, F., Valero, C., & Puig-Mauri, J. (2021). El problema del ruido en los tractores agrícolas.
- Renius, K. (2020). Tractor Tests. In (pp. 261-275).
- Splinter, W., Steinbruegge, G., Lane, D., & Larsen, L. (1973). *Nebraska Tractor Test-Programs and Philosophy*.
- Standardization, G. (2021a). Agricultural tractors: test procedures. Pt. 4: Measurement of exhaust smoke. *XF2006228679*.
- Standardization, G. (2021b). Agricultural tractors; test procedures. Pt. 6: Centre of gravity. *XF2006226823*.
- Stange, K., Christianson, L., Thoreson, B., Alcock, R., & Vik, B. (1984). MICROCOMPUTER GOES TO THE FIELD TO GATHER TRACTOR TEST DATA. *65*, 21-25.
- Takao, C. (2002). The origin of the Machine Tractor Station in the USSR : A New Perspecti. *Acta Slavica Iaponica*, *19*, 117-136. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2115/3938>
- Troyanovskaya, I., & Kalugin, A. (2018). Certification tests of a protective device such as ROPS to ensure safe usage of tractors. *MATEC Web of Conferences*, *224*, 02061. doi:10.1051/mateconf/201822402061
- University of Reading. (2021). Instituto de Investigación Silsoe. Retrieved from <https://merl.reading.ac.uk/collections/silsoe-research-institute/>
- Youren, B., & Leviticus, L. (1990). Analysis of tractor test procedure at the Nebraska Tractor Test Laboratory. *21*, 15-20.

### Contribución de los Autores

Autor	Contribución
<sup>1</sup> Walter Carvajal Cedeño	<sup>1</sup> Revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
<sup>2</sup> Miguel Herrera Suárez	<sup>2</sup> Concepción y diseño del contenido del artículo. Revisión y corrección del contenido del manuscrito, corrección de estilo.

### Citación/como citar este artículo:

Carvajal, W. y Herrera, M. Normativa y equipamiento de los centros para la evaluación y prueba de tractores agrícolas: Una visión actual. *La Técnica*, Edición Especial, 53-68. DOI: [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i0.4146](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4146)