

Propuesta de proceso tecnológico industrial para la producción de alimento ensilado cubano (AEC)



Proposal of Industrial Technological Process for the Production of Cuban Silage Feed (CSF)

<http://opn.to/a/nhBdl>

MSc. Arelys Vázquez-Peña ^I, Dr.C. Antihus Hernández-Gómez ^{II}, Dr.C. Pedro Lezcano-Perdigón ^I, MSc. Alexis Rodríguez-Bolaños ^{III}, Ing. Elaimis Díaz-Mirelis ^{III}, Dr.C. Fermín Raúl Cobo-Cuña ^I

^IInstituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II}Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III}Empresa Azucarera Mayabeque, Güines, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: El presente trabajo se realizó con el objetivo de efectuar propuesta tecnológica para obtener a escala industrial AEC. Alimento alternativo que se logra al ensilar productos agrícolas (yuca, boniato, plátano, ñame) aptos o no para el consumo humano, en una mezcla de miel B, crema de levadura *Saccharomyces* y vinaza de destilería. La tecnología para producir a gran escala dispone de áreas de: pesaje, recepción y muestreo de materias primas, almacenamiento, transportación y molinado, mezclado, ensilaje, despacho, laboratorio y socio-administrativo. Agroindustria equipada con: báscula (hasta 30 t), rampa de descarga (60 m de largo), cinco depósitos horizontales (33 m³), transportador de banda (21 m de largo), molinos de cuchillas y martillos (10 t/h), mezclador vertical (15,75 m³), nueve silos (40 m³) que transforman la mezcla de las materias primas, bombas con caudal de 32 m³/h, 98,7 m³/h, 63,5 m³/h y 140 m³/h que garantizan: trasiego de melaza, recirculación de vinaza y crema, y bombeo de la mezcla y del AEC. Once agroindustrias existentes en Cuba de igual tecnología obtienen un alimento inocuo, con ahorro por sustitución de importaciones de maíz superior a los 7 millones de USD en 5 años y reducción de más de 12 000 t de CO₂ al medio ambiente.

Palabras clave: proceso tecnológico, alimento animal, desechos, impacto.

ABSTRACT: The present work was carried out with the objective of making a technological proposal to obtain a CSF at an industrial scale. Alternative food that is achieved by silage agricultural products (cassava, sweet potato, banana, yams) suitable or not for human consumption, in a mixture of honey B, *Saccharomyces* yeast cream and distillery vinasse. The technology to produce on a large scale has areas of weighing, receiving and sampling raw materials, storage, transportation and milling, mixing, silage, dispatch, laboratory and socio-administrative. Agroindustry is equipped with scale (up to 30 t), unloading ramp (60 m long), five horizontal tanks (33 m³), conveyor belt (21 m long), mills of blades and hammers (10 t / h) , vertical mixer (15.75 m³), nine silos (40 m³) that transform the mixture of raw materials and pumps with a flow rate of 32 m³ / h, 98.7 m³ / h, 63.5 m³ / h and 140 m³ / h, that guarantee transfer of molasses, recirculation of vinasse and cream, and pumping of the mixture and the CSF. Eleven existing agroindustries in Cuba of the same technology obtain an innocuous food, with savings by import substitution of corn higher than 7 million of USD in 5 years and reduction of more than 12,000 tons of CO₂ to the environment.

Keywords: technological process, animal feed, waste, impact.

*Autor para correspondencia: Arelys Vázquez-Peña, e-mail: avazpe2015@gmail.com

Recibido: 15/07/2018

Aceptado: 25/02/2019

INTRODUCCIÓN

Según la [FAOSTAT \(2017\)](#), el planeta tierra se incrementará para el 2050 hasta 9500 millones de habitantes. Se acentuará la competencia por los alimentos población entre el hombre y los animales, y por otra parte se incrementa la incidencia negativa del cambio climático para hacer la producción eficiente de cereales. La alimentación es una cadena de hechos que comienzan con el cultivo, selección y preparación del alimento, hasta las formas de presentación y su consumo para la alimentación humana y la producción animal. La carne de cerdo es una de las más producidas y de mayor consumo per cápita a nivel mundial, con una producción estimada en el año 2015 y 2016 de alrededor de 110 millones de toneladas de carne, según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. La cría de cerdos aporta aproximadamente el 37% de la proteína animal consumida en todo el mundo ([FAO-FAOSTAT, 2011](#)).

La situación anterior invita a buscar soluciones científicas en el área tropical y subtropical donde están ubicados la mayoría de los países en vías de desarrollo. Es necesario incrementar los rendimientos agrícolas, la búsqueda de nuevos alimentos, el aprovechamiento eficiente de estos para alcanzar un mejor nivel de vida. Al mismo tiempo, estos alimentos también llamados alternativos, generalmente cuando se extraen de la tierra sino se emplean rápidamente tienden a descomponerse, provocando pérdidas importantes para los productores ([Lezcano et al., 2017](#)).

Las producciones de raíces y tubérculos en Cuba han ido en aumento en los últimos años, según reporta la [ONEI \(2017\)](#), entre ellas se destaca la producción de boniato, con crecimiento continuo desde el año 2011, aunque en el año 2015 existió un ligero decrecimiento, asociado a las condiciones climáticas y a la infestación por Tetuán. En el 2017 la producción de boniato se incrementó en un 94,67% con respecto al año 2012.

En el año 2011, Lezcano y un Grupo Multidisciplinario crearon un alimento alternativo que denominaron alimento ensilado cubano (AEC), que por sus características se conserva en el tiempo y es utilizado con un efecto positivo en la alimentación de los cerdos. Por lo anteriormente expuesto el siguiente trabajo tiene como objetivo realizar la propuesta tecnológica para obtener a escala industrial el AEC.

MÉTODOS

Para proponer el proceso tecnológico industrial se tuvo en cuenta los antecedentes de otras agroindustrias dedicadas a la producción de alimento animal en Cuba con las áreas que la conforman; lo referidos [Parr \(1988\)](#); [McEllhiney \(1995\)](#); [FAO \(2003\)](#), con la selección del lugar, normas de seguridad y regulaciones ambientales; las premisas de trabajo a cumplir, la producción a pequeña escala y las propiedades físicas de las materias primas y del producto final [Silva et al. \(2017\)](#).

Se establecieron premisas de trabajo, con el objetivo de que la nueva tecnología fuese sostenible, contribuyera con la sustitución de importaciones de maíz, utilizara infraestructuras inactivas, equipos y materias primas nacionales, que el producto que se obtuviese sea inocuo, se conserve en el tiempo y que no se generaran contaminantes del medio ambiente, que los cerdos tuviesen una respuesta productiva positiva, que la capacidad potencial de las agroindustrias fuesen de 45 t/d y que trabajasen 300 días efectivos en el año, que pertenezcan al Grupo azucarero AZCUBA y que el porcentaje de aprovechamiento de la capacidad de operación para las agroindustrias sean de 75% el primer año, 85% y 90% el segundo y tercero año respectivamente.

Concepción para la producción agroindustrial del AEC

Los criterios para la propuesta industrial y de los equipos que componen la misma, estuvieron dados según [Pahl y Beitz \(2013\)](#), por las actividades que realizan, la capacidad de producción, las condiciones de trabajo, consumo de energía, parámetros (corriente, voltaje y frecuencia), seguridad y protección y otros aspectos como: eficiencia técnica-económica y

garantía del trabajo para las condiciones ambientales del lugar de acuerdo a [Paneque \(1988\)](#).

Las áreas que conforman la agroindustria son: muestreo, recepción y almacenamiento de materias primas, transportación y molinaje, mezclado, ensilaje, despacho, laboratorio y socio-administrativo.

El área de pesaje es donde se pesan los medios de transporte (cargados o no); la de muestreo es la encargada de verificar las cargas (para su recepción o no) y dar entrada a las materias primas para su almacenamiento. El área de transportación y molinaje, transporta los productos agrícolas desde tolva receptora hasta los molinos para ser fraccionados y molidos hasta el tamaño de partícula (4 ± 2 mm) propuesto; la de mezclado, homogeniza todas las materias primas para que no exista acumulación de grumos apelmazados que dificulten el proceso de ensilado. En área de igual nombre ocurre el proceso de conservación de los productos agrícola en la mezcla de los líquidos. El área de despacho, es la encargada de la salida del producto final y laboratorio y socio-administrativo son áreas vinculadas a la calidad del proceso y a las condiciones de trabajo del personal.

Para la recepción de materias primas se tuvo en cuenta los criterios emitidos por [Bates et al. \(1995\)](#); [Khajareem, y Khajareem \(1999\)](#); [Jones \(2000\)](#) y se efectuaba si cumplían con los requisitos establecidos, garantizándose producción diaria y cobertura de trabajo, con buena distribución del espacio ([Brennan, 2006](#); [Oldshue, 2014](#); [Silva et al., 2017](#)).

La capacidad de almacenamiento se seleccionó teniendo en cuenta las características de las materias primas, la distancia de las fuentes de suministros, las condiciones ambientales, los niveles de acceso y la disponibilidad de transporte automotor.

La propuesta del transportador tuvo en cuenta, factores técnicos, como: productividad de la máquina, propiedades (físico-mecánica) relacionadas con las condiciones de la carga, características del proceso tecnológico, dirección, longitud, forma del recorrido que realizó la carga, método en que se depositó en el transportador y las condiciones del medio ([Paneque, 1988](#)).

Entre los criterios para la propuesta de los molinos, estuvieron: las características del proceso tecnológico, la productividad (t/h), forma de dosificación, características y tamaño de partícula a obtener, dimensiones y limpieza de los molinos ([Pahl et al., 2007](#); [Pahl y Beitz, 2013](#)).

Para el diseño del mezclador se tuvo en cuenta los criterios de [Brennan \(2006\)](#) y de [Oldshue \(2014\)](#), que estaban dado por: características de las materias primas y del producto a obtener, cantidad a mezclar, forma y tipo de dosificación; tipo y proporciones del mezclador, agitador a utilizar, velocidad de agitación y forma de impulsar la mezcla a los silos.

Las materias primas tienen diferentes características y desiguales proporciones dentro de la mezcla. La dosificación se realizó por volumen, la vinaza y la crema llegan por gravedad al mezclador, la miel B es impulsada por bomba rotatoria de engrane y los productos agrícolas molidos caen libremente por la posición que ocupa el molino de martillos con respecto al mezclador. La mezcla es impulsada hasta los silos con bomba centrífuga de impelente abierto.

El proceso de ensilaje ocurre al transformarse las materias primas ya mezcladas en silos verticales. La capacidad del área de ensilaje se propone en función de producción diaria y cobertura de almacenamiento. Los silos se seleccionan teniendo en cuenta: su forma de alimentación, características de la mezcla y del producto a obtener, cantidad de producto a ensilar, tiempo de duración del proceso, tiempo en que sedimenta el producto final, método de recirculación y seguridad del personal. La selección del tanque de despacho se realizó por las características del AEC, la forma de alimentación al tanque, la capacidad establecida, el tiempo de permanencia, homogeneidad y seguridad del área.

El laboratorio con condiciones mínimas para efectuar muestreos de materias primas, formulación de AEC, análisis para la certificación del producto (ρ , pH, SSt, °Brix) con sus procedimientos, conserva las muestras testigos. Un socio-administrativo con oficina y local para complementar otras actividades y zona de parqueo son de las áreas que se complementan en la agroindustria.

La selección de las tuberías, válvulas y accesorios se realizó fundamentalmente teniendo en cuenta las presiones que deben soportar en condiciones normales de trabajo; los sistemas de bombeo para las condiciones más críticas, según las características de cada producto, los caudales (m^3/h) y cargas (m.c.a) que se necesitan desde el punto más distante, previendo como terminar el proceso de producción ante fallas o rotura de alguno de los sistemas según [Pérez \(1999\)](#); el compresor por las condiciones extremas y el volumen de aire que se necesita durante 15 min para remover los sólidos en el fondo de los silos. Los equipos fueron accionados con motores asincrónicos de jaula de ardilla trifásicos, con una tensión de alimentación de 440 v, 60 Hz, teniendo en cuenta para su selección: las características del ambiente, la carga y el motor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propuesta del proceso agroindustrial

El área de pesaje dispone de local para operario y pesa mecánica de brazo (hasta 30 t), con sistema de bolas. Es utilizada en medios de transportes de hasta 15 m de largo.

El muestreo de las materias primas se realiza desde los propios medios de transporte y se reciben la crema de levadura y la vinaza desde camión cisterna que se posiciona en rampa de descarga, los productos agrícolas desde tolva receptora (40 m^3) o estibas en sacos y la miel B desde tolva de ferrocarril con bomba eléctrica rotatoria de engrane de desplazamiento positivo con caudal $32 \text{ m}^3/\text{h}$.

El área de almacenamiento de materias primas presenta 5 depósitos horizontales de acero al carbono de 33 m^3 (diámetro de 2,54 m y largo 6,56 m) para almacenar los líquidos, equidistantes unos de otros (1,30 m por encima del nivel $\pm 0,00 \text{ m}$), con registro, respiradero, válvulas y tuberías de acero al carbono, todos recubiertos en su interior con pintura epóxica, dos tolvas de ferrocarril (40 t cada una) para traslado y almacenamiento de la miel B y una tolva receptora (inclinada 20°) de gran capacidad para 35 t (1,0 m por encima del nivel $\pm 0,00 \text{ m}$), con estera transportadora de tablillas que se mueve con suavidad ($0,011 \text{ m/s}$) y sin ruidos, y

aditamento de empuje a todo lo ancho. Las tablillas estampadas de chapa de acero (espesor 4 mm) están unidas con tornillos a las cadenas. La capacidad de almacenamiento garantiza la cobertura de trabajo para 7 días los productos agrícolas, 7 días la vinaza, 3 días la crema y 18 días para la miel B.

La crema de levadura y la vinaza tienen que ser recirculadas para lograr la homogeneidad requerida, la operación se realiza con bomba eléctrica centrífuga (BSA 90-10) de impelente abierto de producción nacional.

El área de transportación y molinaje con transportador de banda de goma (largo 21 m, ancho 0,7 m) de productividad de 10 t/h, trabaja de forma discontinua, trayectoria inclinada ($3,3^\circ$) y baja velocidad ($0,04 \text{ m/s}$), siendo menor que la recomendada por [Paneque \(1988\)](#), para evitar excesos de los productos agrícolas en la entrada del molino. La carga se le deposita a granel y en el extremo hasta llegar a molino de cuchillas (diseñado en 1973 y modificado en el 2011) de igual productividad, que presenta cuatro juegos de cuchillas atornilladas, con posibilidades de cambio y dispuestas a 90° unas de otras.

Por la talla de los productos agrícolas son troceados para reducir su tamaño (aproximadamente 8 veces), para facilitar su entrada al molino de martillos, acción que prolonga la vida útil de los martillos por el desgaste mecánico. El molino de martillos (10 t/h) industrial, es sometido a una molienda húmeda por los martillos tener los bordes con filos como cuchillas, lo que permitió moler material fibroso y aún pegajoso ([Litster et al., 2004](#)). Molino de fácil limpieza, con martillos intercambiables, sufrideras y criba.

Mezclador cilíndrico vertical (diámetro 4,3 m y altura 1,1 m) de grandes dimensiones que mezcla 15 t por cada templa, se diseñó con agitador que trabaja con baja frecuencia de rotación ($1,39 \text{ s}^{-1}$), centrado de paletas en forma de reja y placas deflectoras, que le confieren movimiento circulatorio a la mezcla porque genera mayor turbulencia, lo que hace que mejore el proceso de mezclado y la no formación

de vórtices. Propuesta constructiva en acero al carbono de 6 mm, con fondo plano, que se dosifica por volumen, está tapado las – partes del área superior, con baranda y escalera para acceso seguro del personal, con tapa desmontable para efectuar mediciones y tomar muestras de las templa. Dos bombas centrífugas de impelentes abiertos de producción nacional (BSA 40-15), tienen la función de extraer la mezcla del mezclador e impulsarla hasta los silos. Una de las bombas trabaja de forma auxiliar, ante fallas o roturas de la bomba principal o por mantenimiento de esta.

El área de ensilaje se propuso con 9 silos verticales, de acero al carbono de 41 m³ (1,25 m por encima del nivel ±0,00 m) cada uno, con llenado por la parte superior y fondos cónicos con sistema de descarga, todos equidistantes unos de otros, recubiertos en su interior con pintura epóxica, con registros, respiradero, toma de muestras, sistema de recirculación e inyección de aire, tuberías de acero al carbono y válvulas de guillotina bridada. Área con compresor de aire para inyectar aire a la válvula de salida de cada silo, ante apelmazamiento de los sólidos en el fondo de los silos y dos bombas centrífugas de impelentes abiertos (BSA 140-25) de producción

nacional, acopladas a motor eléctrico, para trasiego y recirculación del ensilaje.

El despacho se efectúa desde un área que cuenta con tanque de almacenamiento de acero al carbono, recubierto en su interior con pintura epóxica, dispuesto horizontalmente, de 77 m³ (1,0 m por encima del nivel ±0,00 m), con sistema de llenado, registro y respiradero por la parte superior, sistema de descarga, tuberías de acero al carbono, válvulas de guillotina bridada, toma muestras y sistemas de seguridad. Operación que se realiza con las bombas del área de ensilado.

El laboratorio se dispuso ventilado, con mesetas, agua las 24 h, estantes y gaveteros. Con pH metro digital portátil, refractómetro de mano, centrífuga de mesa y balanza analítica digital.

Área socio-administrativo como infraestructura local, con condiciones necesarias para el buen desarrollo de las actividades, con accesos limitados al área de producción.

Proceso tecnológico en la agroindustria

El proceso agroindustrial va desde la recepción y muestreo de las materias primas, hasta la salida del AEC (Figura 1) y se propuso teniendo en cuenta los estudios realizados.

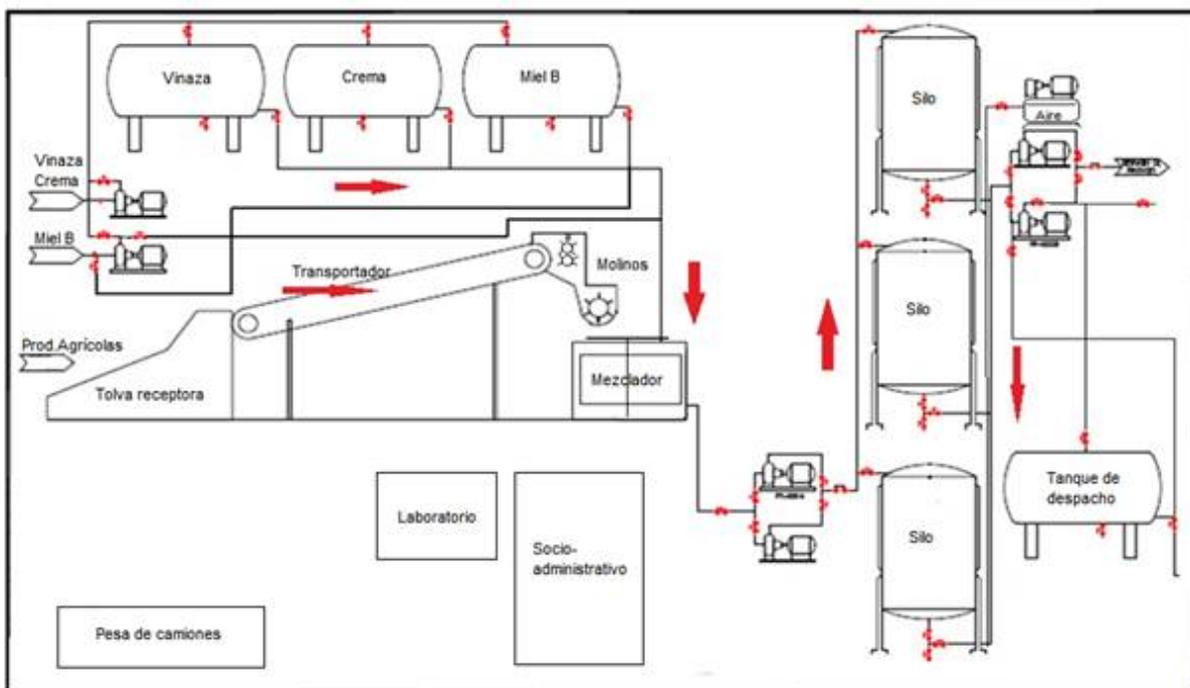


FIGURA 1. Proceso tecnológico de la agroindustria.

CONCLUSIONES

- Se diseñó una tecnología agroindustrial capaz de producir 45 t/d de alimento ensilado, provista de sistema de muestreo, recepción y almacenamiento, transportación hasta el molinado, mezclado y ensilaje, con despacho de producto terminado.
- Con la tecnología propuesta trabajan 11 agroindustrias en Cuba, con ahorro por sustitución de importaciones de maíz, superior a los 7 millones de USD en 5 años y reducción de más de 12 000 t de CO₂ al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, L.S.; AKIYAMA, D.M.; SHING, L.R.: *Aquaculture Feed Microscopy Manual*, Ed. American Soybean Association, Singapore, 49 p., 1995.
- BRENNAN, J.G.: *Mixing, emulsification and size reduction*, Ed. Food Processing Handbook, (J.G Brennan ed, Wiley-VCH ed., Germany, 513-558 p., 2006, ISBN: 978-3-527-63438-5.
- FAO: *Orientaciones técnicas para la pesca responsable*, Ed. FAO, Roma, Italia, 58 p., 2003.
- FAO-FAOSTAT: *FAO. Dirección de Estadística, [en línea]*, Inst. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Rome, Italy, 2011, *Disponible en:* Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/576/DesktopDefault.aspx?PageID=576#anchor> , [Consulta: 20 de julio de 2018].
- FAOSTAT, F.: *Dirección de Estadística 2017*, Inst. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Rome, Italy, 2017.
- JONES, F.T.: “Quality control in feed manufacturing”, *Feedstuffs Reference Issue, Feedstuffs*, 72(29): 85-89, 2000.
- KHAJARERN, J.; KHAJARERN, S.: *Manual of feed microscopy and quality control*, Ed. American Soybean Association and US Grains Council, Klang Nana Wittaya Co. Ltd, Third Edition ed., Khon Kaen, Thailand, 256 p., 1999.
- LEZCANO, P.; MARTÍNEZ, M.; VÁZQUEZ, A.; PÉREZ, O.: “Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical areas. Cuban experience”, *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 2017, ISSN: 2079-3480.
- LITSTER, J.; ENNIS, B.; LIU, L.: *The Science and Engineering of Granulation Processes*, Ed. Kluwer Academia Publishers, 2004, ISBN: eBook 978-94-017-0546-2.
- MCELLHINEY, R.: *Quality control in feed manufacturing*, Ed. American Soybean Association, Brussels, USA, 1-20 p., 1995.
- OLDSHUE, J.Y.: *Agitación*, Ed. C.C. Todaro y H.C. Vogel, eds. Elsevier, 3th. ed., vol. Fermentation and Biochemical Engineering Handbook, Oxford, USA, 109-133 p., 2014.
- ONEI: “Capítulo 9: Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca”, *Anuario Estadístico de Cuba 2016*, 2017.
- PAHL, G.; BEITZ, W.: *Engineering design: a systematic approach*, Ed. Springer Science & Business Media, 2013, ISBN: 1-4471-3581-4.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.H.: *Engineering Design*, 3rd. ed., USA, 616 p., 2007.
- PANEQUE, R.P.: *Transportadores en la Agricultura*, Ed. Félix Varela, Ministerio de Educación Superior , La Habana, Cuba, 276 p., 1988.
- PARR, W.H.: *The small-scale manufacture of compound animal feed*, Ed. Overseas Development Natural Resources Institute, vol. Bulletin No.9, Chatham, UK, 87 p., 1988.
- PÉREZ, F.D.: *Máquinas Hidráulicas Rotodinámicas*, Ed. Empresa Nacional de Producción y Servicios del Ministerio de Educación Superior Editorial ENPSES, La Habana, Cuba, 1999, ISBN: 03887-3887.
- SILVA, D.L.J.; HERNÁNDEZ, L.Y.; VÁZQUEZ, P.A.; PÉREZ, O.G.; PÉREZ, D.: “Design of an Automation System for the Silage Plant “Héctor Molina””, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(4): 109-120, 2017, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.

Arellys Vázquez-Peña, investigadora, Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: avazpe2015@gmail.com

Hernández Gómez, e-mail: antihus@unah.edu.cu

Pedro Lezcano-Perdigón, e-mail: avazpe2015@gmail.com

Alexis Rodríguez-Bolaños, e-mail: avazpe2015@gmail.com

Elaimis Díaz-Mirelis, e-mail: avazpe2015@gmail.com

Fermin Raúl Cobo-Cuña, e-mail: avazpe2015@gmail.com

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

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.