

**DISEÑO DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA EL MANEJO Y CONTROL DE LA CAJA DE VELOCIDAD VOTILLE EN COCHE MOTORES CB-10**  
**DESIGN OF A MECHANICAL SYSTEM FOR THE HANDLING AND CONTROL OF THE VOTILLE SPEED BOX IN MOTORS CAR CB-10**

**Autores:** Carlos Miguel Sánchez Monteserín<sup>1</sup>

Yasiel Aguilera López<sup>2</sup>

Roberto Jimenez López<sup>3</sup>

**Institución:**<sup>1</sup>Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

<sup>2</sup>AZCUBA

<sup>3</sup>Mitrans. Unión de Ferrocarriles de Cuba. Técnico, Cuba

**Correo electrónico:** monte@unica.cu

[yasiel@unica.cu](mailto:yasiel@unica.cu)

**RESUMEN**

El presente trabajo tuvo como objetivo el diseño y fabricación de los elementos mecánicos del sistema de palancas para el cambio de marchas en el manejo y control de la caja de velocidad Votille de los Coche Motores de pasajeros CB-10 de fabricación rusa ensamblados en la Empresa de Construcciones Mecánicas Valdés Reyes del Municipio de Varadero provincia de Matanzas en las condiciones del Taller de Mantenimiento de la UEB Talleres Ferroviarios Morón, los que presentaron problemas de funcionamiento dados por las holguras no permisibles en la caja selectora de marchas colocada en el pupitre de mando del motorista, ineficiencias en la transmisión y entrada de las velocidades en la caja de velocidad, que no permitían su óptimo funcionamiento y la no transportación de pasajeros, por lo que fue necesaria la búsqueda de soluciones tecnológicas que permitieran modificar parte del diseño de fábrica y construir un dispositivo adaptador con una rótula que posibilitara el movimiento de giro para colocar en la cabina del motorista la palanca de cambio de marcha, diseñar y construir un dispositivo de apoyo para proteger el tubo que une la rótula con la caja de velocidad y un adaptador de entrada a la caja de velocidad, para ello se realizó el cálculo de reacciones de apoyo, la confección de las diferentes metodologías y procesos tecnológicos para cada una de las soluciones planteadas, el análisis

de los materiales a utilizar para cada tarea y se calculó el costo de fabricación del sistema diseñado.

**Palabras clave:** Caja de velocidad, Coche motor, Diseño de elementos mecánicos, Palanca de cambio, Sistema de control y manejo.

## **ABSTRACT**

The present work had the objective of designing, manufacturing the mechanical elements of the levers system for the change of gears in the handling and control of the Votille of the Car CB-10 Russian-made passenger assembled in the Mechanical Constructions Company Valdés Reyes of the Municipality of Varadero province of Matanzas under the conditions of the Maintenance Workshop of the UEB Workshops of Railways Moron, those that presented operational problems due to the non-permissible clearances in the gear selector box located at the driver's control desk, inefficiencies in transmission and entry of speeds in the gearbox, which motivated the non-functioning of the Vehicles and the non-transportation of passengers for which they were built, and cannot be Their working capacities were checked, making it necessary to search for technological solutions that would allow to modify part of the factory design and to construct an adapter device with a patella that allowed the turning movement to place in the cabin of the rider the lever of gear change, to design And to construct a support device to protect the tube that joins the patella with the speed box and an adapter of entrance to the box of speed, stops that it was realized the calculation of reactions of support, the confection of the different methodologies and technological processes For each of the solutions proposed, the analysis of the materials to be used for each task and the cost of manufacturing was calculated.

**Key words:** Car engine, Control and steering system, Gearbox, Mechanical elements design, Shift lever,

## **INTRODUCCIÓN**

Cuba fue el primer país de América Latina en tener ferrocarril y primero también que España, fue el segundo en las Américas solo después de Estados Unidos y su historia comienza oficialmente el 12 de octubre de 1834, cuando la Reina de España Isabel II, autorizó la construcción de la primera línea que debía unir La

Habana con Güines, fue el principal promotor de este ferrocarril Claudio Martínez de Pinillo, el Conde de Villanueva.

Es de significar que el transporte ferroviario a lo largo de la historia, ha sido una de las actividades económicas más importante del país por sus características propias, de país estrecho y largo que permite la transportación de un gran volumen de pasajeros y cargas de origen a destino de una sola vez, si lo comparamos con otros tipos de transporte, pero para ello se necesita lograr una buena formación del tren, que exista la disponibilidad de coches de pasajeros y vagones de carga necesarios, además de que su estado técnico garantice el uso eficiente de los mismos. (Martínez, 1983:12)

En el año 2015, luego de ser ensamblados en la Empresa de Construcciones Mecánica "Valdés Reyes" de Matanzas, se reciben en la provincia de Ciego de Ávila y quedan ubicados en el territorio de Morón, en la UEB Talleres Ferroviarios Morón y dentro de esta el Taller de Manteamiento a Locomotoras, con gran experiencia, toda vez que desde los años 50 del pasado siglo prestó servicios de reparación y mantenimiento de coches motores marca BUDD de fabricación norteamericana, cinco coches motores tipo CB-10 y sus respectivos remolques. (*Manual de Explotación del Coche Motor CB-10*, 2014).

En estos coche motores, se manifestaron deficiencias en su funcionamiento debido al juego y las imprecisiones existentes en la palanca de la caja selectora colocado en el pupitre del motorista, lo que hacía que las marchas no entraran con la precisión requerida, afectando el movimiento armónico y seguro de los cambios y por tanto los inconvenientes en el manejo y control del coche motor al no entrar las velocidades a pesar de que trabajará el sistema de mando semiautomático, pero no permitía la comunicación entre los microchip del sistema y las electroválvulas que hacen desplazar los pistones de los cilindros de forma vertical y horizontal, produciéndose cambios bruscos en la entrada de las velocidades.

Además, el sistema de mando original presenta una estructura constructiva compleja, que no permite realizar con facilidad los trabajos de reparación y

mantenimiento por la falta de condiciones y capacitación del personal que debe realizar estas actividades, de igual modo en el sistema eléctrico el número de líneas no coincidía con el físico del plano, todo ello hace que el sistema de manejo y mando no fuera funcional para las condiciones de explotación de los coche motores, trayendo como consecuencia que no se había podido realizar la transportación de pasajeros, debido a los inconvenientes anteriormente señalados.

Ante esta situación el Taller de Mantenimiento de Locomotoras de la UEB Talleres Ferroviarios Morón, cumpliendo con el Lineamiento 135 de la Política Económica de la Revolución Cubana aprobados en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba y ratificados en el VII Congreso, trabajó en la investigación para buscar soluciones técnicas que permitieran poner a funcionar dichos coche motores y garantizar la transportación de pasajeros, constituyendo el **objetivo** de la investigación diseñar un sistema mecánico para el manejo y control de la caja de velocidad Votille en Coche Motores CB-10 empleando las normas y metodologías establecidas que permitan su fabricación para el mejoramiento de la transportación de pasajeros en la provincia de Ciego de Ávila.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para realizar la investigación, según refiere Sánchez, (2013), es necesario determinar la población y la muestra del objeto de investigación, por lo que la población, estuvo formada por los cinco Coches Motores CB-10 con base en Morón y la muestra por dos coches motores, para los que se contaba con los recursos materiales disponibles para comenzar los trabajos de investigación y que representa el 40 % de la población.

Fueron utilizados métodos del nivel teórico, como el histórico-lógico y el analítico sintético, así como del nivel empírico, como la observación, que permitió determinar las irregularidades constructivas de los elementos mecánicos del sistema de palancas para el cambio de marchas y el control de la caja de velocidad Votille la revisión de documentos para analizar los diseños y las características constructivas de las cajas de velocidades Votille y su efecto en el funcionamiento de los Coche Motores CB-10.

Se utilizaron en el desarrollo del trabajo: procesador Microsoft Word 2007, Excel 2010 y software profesional Auto Cad.

Durante la realización de la investigación se emplearon los siguientes materiales: muestras de aceros, regla metálica, cinta métrica, pie de rey, micrómetro, kit de herramientas, máquinas herramientas del Taller de Mantenimiento y Reparación de Locomotoras de Morón, equipo de soldadura y computadora.

### ***Operaciones tecnológicas para la fabricación de los elementos mecánicos del sistema de manejo y control de la caja de velocidad Votille de los coches motores CB-10.***

En la ruta tecnológica, se recogen los datos de las operaciones que es necesario realizarle a la pieza para su total fabricación (Rodríguez, 2012), en la investigación esta ruta consta de tres operaciones.

**Operación # 1:** Corte de planchas de acero en cizalla mecánica para recortar metales y por oxicorte, donde se cortan las planchas para los pedestales y la plancha base para articulación universal.

**Operación # 2.** Barrenado, que se realiza en el apoyo de los pedestales para unión por tornillos.

**Operación # 3.** Soldadura, entre la palanca del motorista- articulación universal, la articulación universal – yoa al el tubo de conexión del sistema hasta el regulador y la barra perpendicular a la reguladora.

### **Metodologías utilizadas en la investigación.**

Se tuvieron en cuenta según establece Dobrovovki, (1987), las metodologías relacionadas con: el cálculo de la fuerza a la entrada de la caja de velocidad, para el corte en la cizalla mecánica, el corte con gas de la plancha de acero para el orificio de unión con la yoa-T, para el taladrado de orificios pasantes en los pedestales, de las uniones roscadas en los pedestales de apoyo y el regulador, de las uniones roscadas en los pedestales de apoyo y para las uniones soldadas. También se empleó una Metodología para la valoración económica del mecanismo.

De igual forma se realizó la selección del material para la fabricación de los pedestales de apoyo, debido a la importancia que reviste la selección del material, se tuvo en cuenta que los dos pedestales de apoyo se utilizan para

soportar y asegurar la barra circular que permiten el movimiento desde la palanca de cambio hasta la caja de velocidad, siendo necesario garantizar que mantengan la rigidez y estabilidad de la barra (Guliaev, 1994), estando uno de ellos atornillado a una plancha soldada al chasis del coche motor y el segundo se encuentra soldado a la tapa que cubre la caja de velocidad, teniendo como función asegurar la sujeción de la barra.

Los aceros pobres en carbono de calidad ordinaria se utilizan para las piezas que exigen en el proceso de fabricación cortes, perforados de agujeros sin recocido para los elementos de construcciones metálicas y piezas de sujeción, tornillos, arandelas. Siendo utilizados los aceros de las marcas *CT3* y *CT3 kp*. (Reshetov, 1989: 86).

Los aceros medios en carbono se utilizan para piezas que experimentan cargas relativamente bajas sin tratamiento térmico posterior. (Reshetov, 1989: 88).

Estos tipos de aceros se suministran en chapas finas con espesores entre 0,2 y 0,4 mm y en chapas gruesas con espesor entre cuatro y 160 *mm*. (Lajtin, 1983)

Los aceros al carbono comunes se utilizan tal como se suministran sin tratamiento térmico ulterior y en ellos se tienen en cuenta para su marcación sus propiedades mecánicas y se utilizan en escala para laminar chapas en construcciones de piezas sin mucha responsabilidad (Malishev, 1989: 94).

Una vez seleccionado el material y realizado los cálculos según las metodologías establecidas, se procedió al diseño de cada uno de los elementos mecánicos, su fabricación y ensamblaje.

### **Elementos mecánicos diseñados y sus funciones:**

1. Palanca del motorista, permite seleccionar las velocidades desplazando el sistema en dirección vertical y horizontal, así como la articulación universal que proporciona a la palanca del motorista y al sistema los movimientos vertical y horizontal necesarios para la selección de las velocidades.



Figura 1. Palanca del motorista

2. Plancha de soporte de articulación universal para permitir la sujeción a través de un pasador de la articulación universal y la yoa, pasador y T que forman una unión que permite la conexión entre la palanca que opera el motorista, con la articulación universal y el tubo encastrado al regulador.

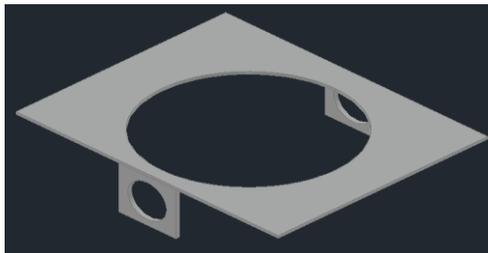
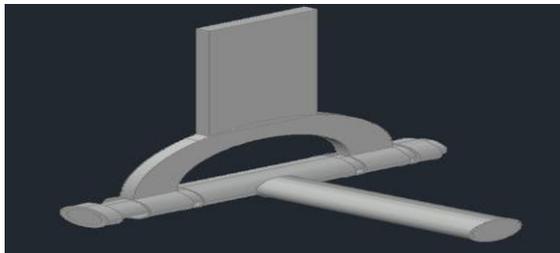
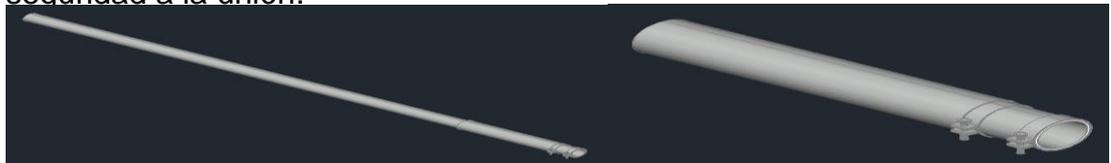


Figura 2. Plancha de soporte de articulación universal.

3. Tubo de conexión que conecta el mecanismo hasta el regulador de distancia, que permite la regulación del espesor roscado y la distancia necesaria de la barra reguladora, por medio de presilla del regulador que regula el espesor de la barra regulable y la rosca además proporciona seguridad a la unión.



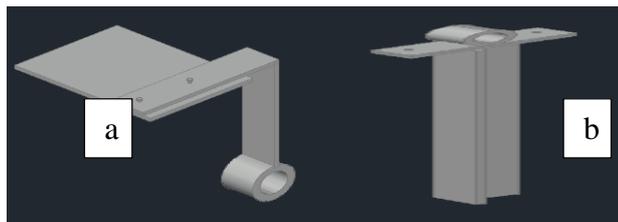
4. Un sistema de barras, integrado por la barra reguladora de distancia para regular la distancia necesaria y requerida por la posición de la palanca del controlador de la caja de velocidad, introduciéndose de forma roscada a la presilla del regulador, la barra perpendicular a la barra reguladora que se une a la barra reguladora de distancia de forma perpendicular,

conectando el mecanismo hasta la articulación de campana y macho y posteriormente a la palanca del controlador de la caja de velocidad y una articulación de campana y macho que proporciona movimiento libre y necesario a la palanca del controlador de la caja de velocidad,



de campana.

5. Dos Pedestales de apoyo, uno de los cuales soporta y desplaza de forma horizontalidad el tubo de conexión (a) y otro que proporciona el movimiento de giro que se transmite a la barra perpendicular (b) para que se produzca el desplazamiento vertical hasta la palanca del controlador de la caja de velocidad.



6. El mecanismo ensamblado, cuya función de transmitir el movimiento vertical y horizontal necesario desde la palanca del motorista hasta la palanca del controlador de la caja de velocidad.

Salazar, (2015), muestra cómo debe trabajar una caja de velocidad, pero como se muestra en la figura 6, la construcción del mecanismo propuesto, muestra que la palanca del motorista (1) está soldada a una articulación universal (2) que se encuentra sujeta por medio de un pasador a la plancha de soporte (3), esta articulación proporciona movimiento en dirección vertical y horizontal al sistema, que se conecta al dispositivo yoa-pasador-T (4), unido a un tubo de conexión (5) hasta el regulador de distancia (6), quien mediante la barra reguladora de distancia (7) ajusta la posición de la barra perpendicular (8), unida a la articulación de campana y macho (9) quien proporciona movimiento libre y necesario a la palanca del controlador de la caja de velocidad (10). El sistema de palancas posee dos pedestales de apoyo (11) que mantienen y desplazan de forma horizontalidad el tubo de conexión y proporcionar el movimiento de giro.

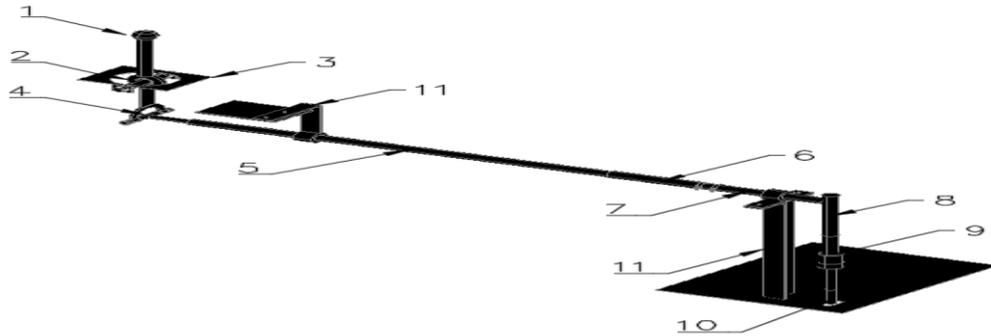


Figura 6. Mecanismo ensamblado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez aplicadas cada una de las metodologías propuestas, se obtuvieron los siguientes resultados.

### Resultados de la aplicación de la metodología para el cálculo de la fuerza a la entrada de la caja de velocidad que garanticen la factibilidad del rediseño.

La fuerza aplicada por el motorista sobre la palanca de cambio es de 300 N y los resultados de los cálculos realizados reflejan que el valor de la fuerza que llega a la palanca selectora de la caja de velocidad tiene un valor de  $B_y = 33,4N$  lo que hace posible colocar las diferentes velocidades en la caja de velocidad, lo que justifica el diseño de los elementos mecánicos.

### Resultados del estudio para la selección del material para la fabricación de los pedestales de apoyo.

Se seleccionó el acero de la marca CT3, ya que son aceros medios en carbono, que se utilizan en piezas que experimentan cargas relativamente bajas sin necesidad de tratamiento térmico posterior, son de fácil adquisición en las condiciones donde se desarrolla la investigación, se ajusta a las condiciones del trabajo del mecanismo que se diseña que son de poca responsabilidad, ya que dentro de sus propiedades mecánicas mantienen la rigidez y estabilidad en las barras de transmisión, además de cómo señalan Malishev, (1989) y Reshetov, (1987), corresponden a elementos mecánicos que trabajen al corte y a sujeción, son de poca responsabilidad y de fácil maquinado, además de ser barato.

### Resultados la aplicación de la metodología para las operaciones de corte con cizalla mecánica.

El tiempo de maquinado empleado para el corte con la cizalla mecánica en la plancha fue de 19 minutos, lo que garantiza una buena efectividad del trabajo de la máquina, así como el consabido ahorro de tiempo y energía, partiendo del cumplimiento de cada uno de los pasos tecnológicos concebidos, teniendo en cuenta que el acero utilizado es de la marca CT3, que garantiza un proceso de corte rápido debido a su facilidad de maquinado. (NC, 573984)

### Resultados de cálculos aplicando la metodología para el taladrado.

En la tabla 1 se dan a conocer los resultados obtenidos después de aplicada la metodología para el cálculo del taladrado.

Tabla 1. Resultados de la aplicación del cálculo para el taladrado.

Parámetro calculado	Valor calculado
Velocidad de corte ( $m/min$ )	6,62
Número de revoluciones del eje del cabezal ( $rpm$ )	7,89
Avance del taladro ( $mm$ )	33
Profundidad de corte ( $mm$ )	2
Superficie de la sección transversal que se corta ( $mm^2$ )	66

Como se observa en la tabla 1, el tiempo total para el taladrado fue de 7,5 min, y se utilizó una broca en espiral marca Y10A que se fabrica de acero de herramienta al carbono y es de gran aplicación en las operaciones de taladrado de orificios en los metales y en específico para los materiales de acero CT3, debido a que son las de mayor rendimiento y garantizan una más alta precisión. (NC, 573990).

### Resultado y discusión del cálculo de las uniones roscadas.

En la tabla 2 se muestran los resultados del cálculo de las uniones roscadas en los pedestales de apoyo.

Tabla 2. Resultados del cálculo de las uniones roscadas en los pedestales de apoyo.

Diámetro de la rosca	Paso mm	Altura del perfil mm	Acero CT3
			Carga axial permisible kN

<b>dc</b>	<b><i>d</i><sub>interior</sub></b>	<b><i>d</i><sub>medio</sub></b>	1	0,54	1,45
6	5,53	4,91			

De la tabla se aprecia, que el diámetro del tornillo fue  $dc = 6mm$ , al que corresponde por tablas una rosca métrica M8, de paso 1 mm, altura del perfil 0,54 mm y una carga axial permisible de 1,45 MPa y con ello se garantiza la resistencia de la rosca en la unión de los pedestales de apoyo, que es está dentro de los parámetros permitidos según se plantea por Reshetov, (1987) para los aceros comunes de la marca CT3.

### **Los resultados y discusión obtenidos en el cálculo de las uniones soldadas.**

Según plantean Norton, (2010) y Stiopin, (1987), para que exista la seguridad de que los cordones de soldadura resistan las cargas a las que serán sometidos, debe cumplirse la condición  $\tau \leq [\tau^1]$  y de los resultados obtenidos de la metodología aplicada, observamos que es posible trabajar con la soldadura calculada ya que se cumple la condición anteriormente analizada con el siguiente resultado  $0,59 MPa \leq 124,9 MPa$ , evidenciando que la tensión de cálculo es mucho menor que la admisible, por lo que los cordones de soldadura resistirán las cargas a los que serán sometidos en todos los casos y existe un margen de seguridad que garantiza dicho trabajo.

### **Resultados de la valoración económica de fabricación de los elementos mecánicos.**

Los cálculos realizados muestran que el costo total de fabricación y ensamblaje de los elementos del mecanismo del sistema de manejo y control ascendió a un total de \$ 757,85 pesos en moneda nacional, lo que hace que sea factible su fabricación, si lo comparamos con lo que dejaría de percibir la empresa de ferrocarriles por estar sin prestar los servicios de transportación de pasajeros al estar los coche motores parados.

### **CONCLUSIONES**

1. Fue elaborado el diseño que permitió la fabricación del sistema mecánico para el manejo y control de la caja de velocidad Votille en los Coche Motores CB-10 y con ello poder restablecer su capacidad de trabajo
2. El sistema mecánico diseñado y fabricado fue desarrollado en las condiciones de la UEB Talleres Ferroviarios Morón perteneciente a la Unión de Ferrocarriles de Cuba de la provincia de Ciego de Ávila y se puede hacer extensiva al resto de los talleres ferroviarios donde se exploten este tipo de coches motores.
3. La selección del acero grado CT3 como material base para la fabricación de las diferentes partes del sistema mecánico, se fundamenta en su composición química, que garantiza las propiedades físicas y mecánicas que requieren las partes mecánicas diseñadas y construidas.
4. El costo total de fabricación y ensamblaje de los elementos del mecanismo del sistema de manejo y control ascendió a un total de \$ 757,85 pesos en moneda nacional lo que hace factible su fabricación.

#### **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- DOBROBOVKI, D.: *Diseño de Elementos de Máquinas*, Ed. MIR, Moscú, 1987.
- GULIÁEV, A, P.: *Metalografía*, Ed. MIR, Moscú segunda reimpresión, 1983.
- LAJTIN, YU.: *Metalografía y tratamiento térmico de los metales*, Ed. MIR tercera edición, Moscú, 1983.
- Lineamientos de la Política Económica y Social del partido y la revolución*, Ed. Comité Central del Partido Comunista de Cuba, La Habana. 2011.
- Manual de Explotación del Coche Motor CB-10*, 2014.
- MALISHEV, A.: *Tecnología de los Metales*. Ed. MIR, Sexta Edición, Moscú, 1989.
- Norma Cubana NC-57 -39.90. *Selección de aceros y sus laminados*.
- Norma Cubana NC 57-39:84. *Aceros y sus aleaciones*. t.1.
- NORTON, R.: *Diseño de Maquinaria*, Ed. Mc Graw-Hill, México, 2010.
- OLIVA ESPINOSA, J. C.: *Aceros, Aplicaciones y Selección*, Ed. Científico Técnica. La Habana, 1996.
- SALAZAR RODRÍGUEZ, W.A.: *Reparación total de la caja de cambio mecánica de un automóvil Volkswagen Parati Station Wagon año 1999*. Proyecto de

graduación previo a obtener el título de tecnólogo en Mecánica Automotriz.  
Guayaquil, 2015.

RODRÍGUEZ, A.O.: *Material de apoyo a la docencia. Departamento de Mecánica Aplicada*, Universidad de Ciego de Ávila, 2012.

SÁNCHEZ MONTESERÍN, C.M.: *Diseño de componentes del Modelo del profesional para la carrera de Ingeniería en Procesos Agroindustriales en las Sedes Universitarias Municipales de la provincia de Ciego de Ávila*, Tesis para optar por el título de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad de Granada, 2013.

STIOPIN, A. P.: *Resistencia de los Materiales*, Editorial MIR, Moscú, 1987.