

# Deslizador automático para cinematografía con dos grados de libertad - Automatic slider for cinematography with two degrees of freedom

Diego Farinango  
Mechatronics Engineering  
Engineering Faculty of Applied Science  
Technical University of North  
Email: dafarinango@utn.edu.ec

**Resumen**— La construcción de un deslizador automático para cinematografía con dos grados de libertad, el cual permite realizar una técnica llamada *time-lapse*, muy popular en la cinematografía y fotografía para mostrar diferentes motivos o sucesos que por lo general suceden a velocidades muy lentas e imperceptibles al ojo humano. Este deslizador automático permite tener dos movimientos, traslación y rotación, a través de motores paso a paso, que se manejan mediante una pantalla táctil, en la que se visualiza un menú con cuatro opciones de movimiento, y respectivamente las variables a ser controladas: velocidad y distancia.

**Palabras clave**— *Time-lapse*, velocidad, posición, movimiento, rotación, traslación, cinematografía, fotografía, grados, motores.

**Abstract**— The construction of an automatic slider for cinematography with two degrees of freedom, which allows to make a technique called *time-lapse*, very popular in cinematography and photography to show different motives or events that usually happen to Very slow and imperceptible velocities to the human eye. This automatic slider allows to have two movements, translation and rotation, through stepper motors, which are handled by means of a touch screen, which displays a menu with four motion options, and respectively the variables to be controlled: speed and distance.

**Keywords**— *Time-lapse*, speed, position, movement, rotation, translation, cinematography, photography, degrees, engines.

## I. INTRODUCTION

Reconociendo que la tecnología es de gran ayuda, en la actualidad *time-lapse*, es una técnica fotográfica muy popular usada en cinematografía y fotografía para mostrar diferentes motivos o sucesos que por lo general suceden a velocidades muy lentas e imperceptibles al ojo humano.

Actualmente la cinematografía ecuatoriana tiene una carencia de precisión y exactitud, que influye en la veracidad y control de la imagen antes de su edición para cortos y largometrajes de calidad. La falta de un deslizador automático debido al costo elevado que tienen los controladores de movimiento da como resultado un *time-lapse* de baja calidad audiovisual generando inexistencia de precisión y exactitud en la producción cinematográfica.

El *time-lapse* al ser realizado con el deslizador automático creará una narrativa específica con ritmos de edición dinámicos para obtener una perspectiva audiovisual de mejor calidad siendo un estatus de producción única.

## II. DISEÑO DEL DESLIZADOR

El estudio del sistema mecánico para este prototipo empezará por el análisis de la estructura y el mecanismo, tomando en consideración para su diseño lo siguiente: debe soportar un peso de 80 N y permitir una dinámica fluida del movimiento al deslizarse, dando como lugar a fotogramas de calidad para ser editadas y tener mejoras en los *time-lapse*.

### A. Condición de viga en voladizo

La curva elástica, es el principio para el estudio de la deformación del eje, que es conocida como la distancia que tiene del eje hasta la curva de deformación que se forma y se denomina flecha, dando lugar a la condición de la ecuación (1) que sirve para ejes con apoyos en voladizos [6].

$$f \leq \frac{L}{500}$$
$$f \leq \frac{697\text{mm}}{500}$$
$$f \leq 1.394\text{ mm}$$

### B. Cálculo de la deformación elástica en el eje del deslizador

El diámetro y material del eje para este deslizador, debe cumplir con la condición de la ecuación (1), donde el valor de 1.394 mm debe ser el límite de la deformación del eje para soportar el peso, pero es preferible que la deformación sea lo mínimo posible para evitar la fractura de los ejes o el incorrecto deslizamiento de los rodamientos lineales para obtener una velocidad fluida en el recorrido del carro. Para este cálculo de la deformación elástica se hace uso de la siguiente ecuación (2), que tiene como condición  $0 \leq x \leq \frac{L}{2}$  cuando el cálculo de la curvatura de deformación se encuentra en la mitad de la viga, en este caso del eje [5] y [7].

$$y_{\text{máx}} = \frac{P * L^3}{48 * E * I}$$

$y_{\text{máx}}$  = Deformación elástica de la curva

$P$  = Peso o fuerza axial

$L$  = Longitud de la barra

$E$  = Módulo de elasticidad del material eje

$I$  = Inercia de la sección del eje

$$y_{\text{máx}} = \frac{(39.2 \text{ N}) * (0.697 \text{ m})^3}{48 * 210 \text{ GPa} * 7.854 * 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$y_{\text{máx}} = 0.168 \text{ mm}$$

Este valor de la deformación máxima es menor respecto a la condición inicial de la flecha  $f = 1.394 \text{ mm}$ , debido a que es una carga axial en un solo punto. En esto caso el peso será apoyado en dos rodamientos lineales que aliviana la carga debido a que está apoyado en dos puntos.

$$y_{\text{máx}} = \frac{(19.6 \text{ N}) * (0.697 \text{ m})^3}{48 * 210 \text{ GPa} * 7.854 * 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$y_{\text{máx}} = 0.084 \text{ mm}$$

El valor de la fuerza que soporta la placa está distribuido en cuatro puntos, que vienen a ser los rodamientos lineales que permiten el deslizamiento sobre el eje. Como resultado, la deformación máxima de la curva elástica es menor a la condición de vigas apoyadas en voladizo, con una fuerza axial de 19.6 N en cada rodamiento lineal que es el punto de apoyo de la placa que soportará el peso total de 78.4 N.

### C. Selecciones de materiales para el deslizador

Este acero normalizado AISI 4340 (705), es un acero al molibdeno más cromo y níquel. El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros [4].

Las características mecánicas de este acero normalizado para los ejes guías del deslizador se presentan en la tabla I y son las siguientes:

Propiedad	Valor
Resistencia a la tracción	90–10kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cedencia	70 kg/mm <sup>2</sup>
Elongación, A5	min 12%
Reducción de área, Z	min 45%
Resistencia al impacto, KU	aprox. 20J
Dureza	270 -330 HB

Este acero forma parte de la guía para deslizarse los rodamientos de bola lineal, soportando el peso de 78.4N.

Prodax, es una aleación de aluminio de alta resistencia, laminado en caliente, que se hacen barras redondas y placas,

tratadas térmicamente [4]. Prodax posee las siguientes características, que lo hacen apropiado para distintos tipos de herramientas, especialmente moldes para plásticos:

- Excelente mecanizado
- Bajo Peso
- Alta Conductividad térmica
- Buena estabilidad
- Buena resistencia a la corrosión
- Apropriado para tratamientos superficiales

Este material se emplea para la construcción de las partes de soporte para el eje, los apoyos donde descansa todo el deslizador.

Tabla II  
Propiedades mecánicas Duraluminio

Placas espesor	Resist. a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup>
> 10 – 50	590	550
> 50 – 100	570	520
> 100 - 150	550	500
> 150 - 200	535	485
> 200 - 300	430	365

### D. Tarje microcontroladora Arduino Mega 2560

El Arduino Mega 2560 está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines digitales de entrada / salida, de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM, 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Sencillamente se puede conectarlo a un ordenador con un cable USB, con un adaptador AC-DC o una batería [1] y [2].



Fig. 1 Arduino Mega 2560 R3.

Esta tarjeta microcontroladora será de gran ayuda para desarrollar el deslizador automático, siendo compatible con el controlador A4988 que permite tener control de la dirección y velocidad de los motores paso a paso para su aplicación y de igual manera la pantalla TFT LCD Shield para Arduino teniendo una interfaz con el usuario con el fin de tener un fácil manejo del deslizador.

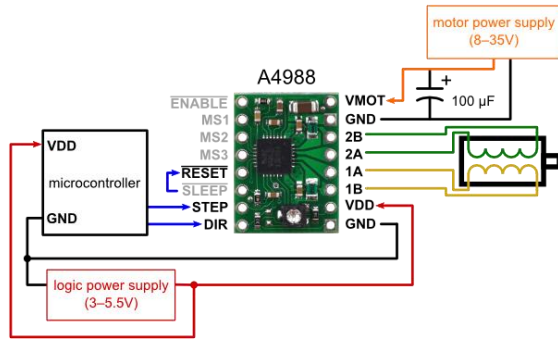


Fig. 2 Diagrama de conexión Driver A4988.



Fig. 3 2.8" TFT LCD Shield.

Como indica la fig. 1 los motores paso a paso se conectan las bobinas en los pines del driver A4988, pero eso se utilizan 2 motores; el uno es de 9kg-cm para el movimiento de deslizarse y el segundo motor es de 5kg-cm, para el movimiento de rotación [2].



Fig. 4 Motor paso a paso bipolar.

Con los elementos anteriormente mencionados, se presenta a continuación el esquema de conexión de la parte electrónica.

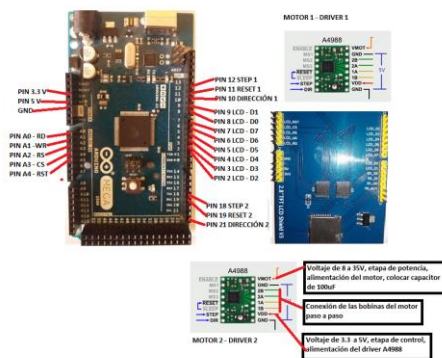


Fig. 5 Esquema de conexión del sistema electrónico.

### E. Sistema de alimentación

La principal observación, es la alimentación de los controladores A4988 y la pantalla táctil, que será a través del Arduino con un voltaje de 5V. Luego la alimentación de los motores a través del controlador pololu, que tiene un rango de voltaje de 8V a los 35V. Con los voltajes que trabajan los drivers A4988, la pantalla táctil, el Arduino Mega 2560 R3 y los motores, la alimentación eléctrica de todo el sistema electrónico es posible ser alimentada por dos opciones: la primera por un adaptador AD - DC como se muestra en la fig. 6; y como segunda alternativa una batería Lipo recargable que se observa en la fig.7.



Fig. 6 Adaptador SKYRC.



Fig. 7 Batería Lipo 3S 30C 11.1V 4500mAh.

### F. Comparación de deslizador empresa vs. Diseño

Esta tabla III de comparación del deslizador de la empresa con el deslizador diseñado representa la diferencia de las características principales para su correcto funcionamiento, cumpliendo así la calidad de trabajos de cinematografía.

Tabla III

Características principales de los deslizadores	
Deslizador de la empresa (Movo WMS80 37")	Deslizador diseñado
- Tiene control manual para mover el deslizador, siempre presionando la palanca de dirección	- Dos tipos de control, manual y automático
- Para poner la velocidad, se realiza girando una perilla y así se selecciona la velocidad	- Interfaz con pantalla táctil para mejor manejo del cineasta
- Tienes pocas velocidades para mover el deslizador	- Cuatro movimientos que son: deslizarse, ciclos repetitivos en sentido horizontal, rotacional y combinado (deslizarse y rotar)
- No tiene un control de	- Posición manual y automática del

posición automático	carro en los ejes
- Tiene alimentación de corriente directa y batería.	- Varias velocidades, que corresponde desde las más bajas hasta la más rápida
- Estructura pesada	- Tiene dos motores paso a paso para precisión de los movimientos
- No posee	- Alimentación de corriente directa y batería recargable con mayor duración
- No posee	- Control de voltaje para la batería recargable
- Demasiado lento	- Fluidez del carro sobre los ejes guías
- Más pesado	- Estructura más liviana



Fig. 8 Deslizador de la empresa (Movo WMS80 37")

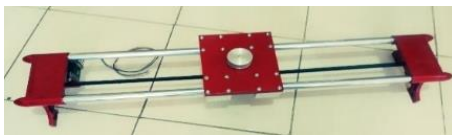


Fig. 9 Deslizador diseñado

Estas fotografías hechas por el deslizador automático son en el circo social de Quito de la Fundación Reina de Quito. Luego de ser editadas y utilizadas en un video, se tiene una visión del proceso de *time-lapse*, teniendo la calidad requerida para los trabajos realizados por el deslizador y editados por la empresa HOMO DEMENS FILM.

### III. CONCLUSIONES

El factor de riesgo que toma este sistema mecánico en cuanto a la precisión y exactitud es que tiene el carro a deslizarse por los ejes guías, que son hechos para soportar la carga de 80 N y evitando una deflexión del eje para que los rodamientos puedan realizar su recorrido con fluidez.

Los soportes de apoyo son fundamentales para el equilibrio del deslizador para evitar una caída del mismo y sobre todo darle una certeza de seguridad para la cámara con la cual trabajan las empresas de cinematografía.

Tiene una mayor facilidad de comunicación entre usuario y sistema de control, para realizar los diferentes movimientos con una pantalla táctil, que permite visualizar las opciones para el deslizador.

El diseño del deslizador automático permite tener dos maneras de utilizador, es decir, de manera autónoma y manual, con el fin de tener siempre la utilidad del mismo y a la vez desarmable para su fácil transporte.

La calidad de los *time-lapse*, realizados con este deslizador automático, son de gran relevancia, debido a que el principal propósito es ofrecer trabajos de calidad con la precisión y fluidez dinámica de los fotogramas o videos, hechos por este deslizador automático, comparando las fotogramas de los dos deslizadores y observando en los videos con los movimientos que ofrece este deslizador automático.

### IV. RECONOCIMIENTOS

El autor agradece a Dios por permitirme tener sueños muy en alto, a la Universidad Técnica del Norte por ser la gran casa donde he adquirido las bases y conocimientos para formarme académicamente, como líder de la sociedad y futuro emprendedor.

A mis padres por ser el sustento y brindarme un apoyo emocional cada día, para ser mejor persona y darme la oportunidad de ser un profesional competente, a mis hermanos y amigos por ser parte de este proceso para cumplir una meta en mi vida; el ser un profesional de éxito y calidez humana. De igual manera a mi tutor, por su entrega total para cumplir este plan de investigación.

### V. REFERENCIAS

- [1]. Arduino. (2016). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
  - [2]. Pololu. (2001). *Pololu Robotics & Electronics*. Obtenido de <https://www.pololu.com/product/1182>
  - [3]. NBS, Sistemas lineales. (1 de Agosto de 2012). Obtenido de [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/2623/Sistemas-Lineales\\_NBS.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/2623/Sistemas-Lineales_NBS.pdf)
  - [4]. Bohman, I. (2016). Catálogo de productos. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Libros:*
- [5]. Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2009). *Mecánica de materiales*. México: Cengage Learning.
  - [6]. Goldenhorn, S. (2015). *CALCULISTA DE ESTRUCTURAS*. Hormigón armado, hierro, madera. Buenos Aires: S.E.
  - [7]. González, A. J., & Chuliá, F. V. (2016). *Diseño de máquinas*. Valencia, España: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA .
  - [8]. Ramírez, e. G., Jiménez, G. S., & Carreño, J. M. (2014). *Sensores y actuadores*. México: Patria.

### VI. BIOGRAFÍAS

**Diego Farinango** nació en Tulcán, el 1 de mayo de 1989. Realizo sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Bolívar. Estudio en la Universidad Técnica del norte en la carrera de Ingeniería Mecatrónica año 2017.

