



## TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE VELOCIDAD DE VARIABLE CONTINUA PARA EL LABORATORIO DE MECANISMOS DEL DECEM.”

### **Autores:**

Juan Carlos Herrera Navas

Javier Alejandro Jiménez Rizo

### **DIRECTOR:**

Ing. José Fernando Olmedo Salazar

### **CODIRECTOR:**

Ing. Jaime Fernando Echeverría Yáñez

### **RESUMEN**

En nuestra actualidad los variadores de velocidad de variable continua (CVT) ocupan un lugar importante en la industria no solamente automotriz, sino también manufacturera y de la construcción, por esta razón se decidió realizar un prototipo que sea capaz de explicar al estudiante del DECEM la funcionalidad de este tipo de sistemas.

Se realizó el diseño y simulación de un mecanismo que aporte al estudiante un conocimiento sobre el funcionamiento del prototipo. Una vez comprobado el funcionamiento correcto del mecanismo se realizó un estudio de tres mecanismos del mismo tipo desfasados a  $120^\circ$  para de esta manera comprobar que teniendo una velocidad de entrada constante la velocidad de salida se varié conforme cambia la posición del eslabón de regulación. Finalmente se adicionó un sensor que sea capaz de mostrar la velocidad en el eje de salida.

**Palabras clave:** Mecanismos de transmisión de velocidad, CVT, Diseño de máquinas.

**ABSTRACT.-** In our present variable speed continuously variable (CVT) play an important role in not only automotive, but also manufacturing and construction industry, for this

reason it was decided to make a prototype that is able to explain to the student DECEM the functionality of such systems.

Design and simulation of a mechanism to provide the student with an understanding of the

operation of the prototype was performed. After verifying the correct operation of the mechanism a study of three mechanisms of the same type of phase at  $120^\circ$  to thereby verify that having a constant input is performed, the output speed change as you change the position of the control link. Finally a sensor that is capable of displaying the velocity at the output shaft was added.

**Keywords:** Mechanisms speed transmission, CVT, Machine Design.

### **1.- INTRODUCCION**

En sus inicios, las transmisiones continuamente variables se usaron en pequeñas máquinas como motonetas, debido a que no eran capaces de soportar el torque de un motor de un automóvil. Sin embargo, su evolución permitió comenzar a usarlas en este tipo de vehículos desde hace algunos años.

El laboratorio de Mecanismos posee bancos de pruebas para sistemas de transmisión convencionales tales como caja de cambios con engranes rectos y con sistema planetario, más no cuenta con un equipo CVT(Continuously Variable Transmission) que permita realizar prácticas sobre este novedoso sistema de transmisión que se ha venido desarrollando e implementando en ciertos modelos de automóviles de diferentes marcas obteniéndose excelentes resultados en cuanto a rendimientos y ahorro de combustible se refiere.

## 2.- METODOLOGIA

Se requiere realizar un estudio del mecanismo de transmisión de velocidad y comprobar que la velocidad de salida cambie según como se va incrementando el ángulo de regulación.

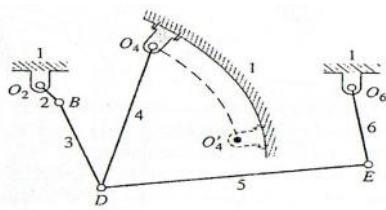


Figura 1.- Mecanismo Zero Max Drive

En el análisis estático del mecanismo se comprueba que la velocidad en el eje de salida cambia según se varía el ángulo del eslabón 4, a través de la obtención de las gráficas de velocidad en los eslabones, para conocer la velocidad de salida se debe considerar la velocidad en el eslabón 6.

Para dimensionar los eslabones se realiza un dibujo en autocad del mecanismo a utilizar y se mantienen las proporciones hasta ajustar a los requerimientos y restricciones de diseño planteadas.

Para el análisis de posición se realiza la sumatoria vectorial utilizando ecuaciones paramétricas.

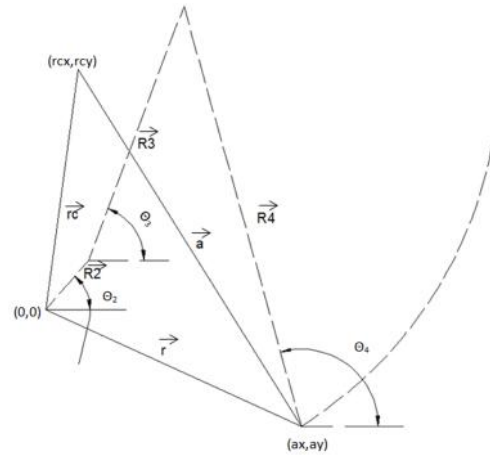


Figura 2.- Gráfica para suma vectorial con ecuaciones paramétricas.

$\vec{r} + \vec{a} = \vec{r}$  es la sumatoria auxiliar que se utiliza para descomponer el vector  $\vec{r}$  y de esta manera se comienza en la suma vectorial siguiente  $\vec{r}_2 + \vec{r}_3 = \vec{r}_4 + \vec{r}_5 + \vec{r}_6$  con estas ecuaciones se resuelve la primera parte del mecanismo. Para completar el análisis del mecanismo, se utiliza el siguiente gráfico

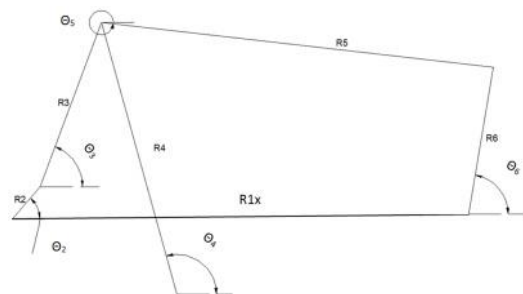
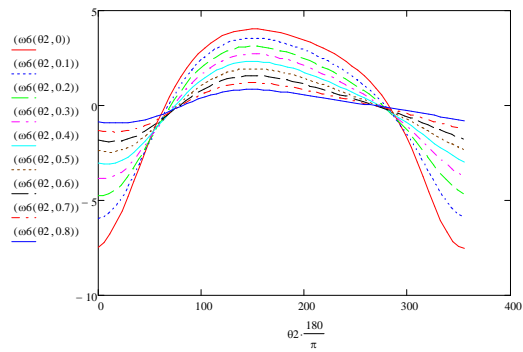


Figura 3.- Mecanismo completo.

Del mismo se realiza la siguiente suma de vectores  $\vec{r}_2 + \vec{r}_3 + \vec{r}_5 = \vec{r}_4 + \vec{r}_6$  con la misma se puede hallar las ecuaciones de posición faltantes.

Para el análisis de velocidad se derivan las ecuaciones de sumatoria de velocidad y de esta manera se pueden obtener las ecuaciones que describen el comportamiento de la velocidad con respecto al tiempo, la velocidad principal de interés para el estudio del mecanismo es la velocidad de salida cuya gráfica es la siguiente:

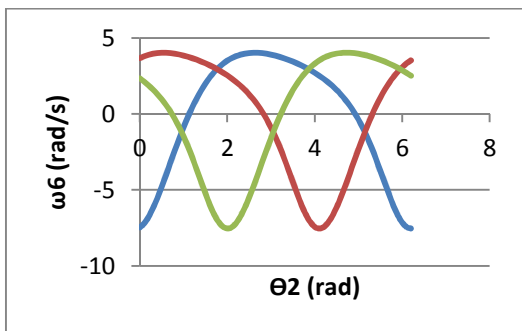


**Figura 3.- Variación de la velocidad de salida respecto al tiempo.**

Si bien es cierto la velocidad de salida tiene velocidades negativas, lo que describe es un movimiento de retroceso en el eslabón 6, por lo que se debe buscar un sistema que sea capaz de tener un avance unidireccional es decir que transmita movimiento en un solo sentido de rotación, de esta manera se tomaría en cuenta nada más los valores positivos de la gráfica de velocidad.

Para rectificar la velocidad de salida se adicionan a los mismos ejes de entrada y salida mecanismos del mismo tipo pero que se encuentren desfasados un ángulo que permita que entre los mismos completen una revolución del eje de salida, a mayor número de mecanismos en sincronía el movimiento del eje de salida presentará uniformidad debido a la rectificación de la velocidad de salida del sistema.

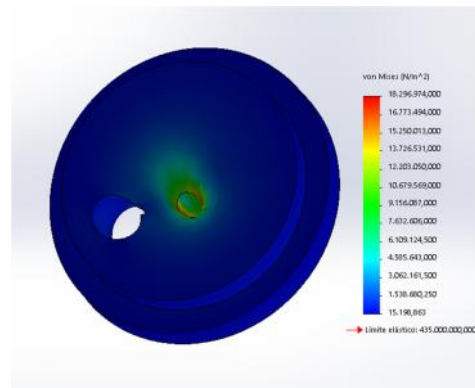
Para nuestro caso se utilizaron tres mecanismos con un ángulo de desfase de 120° los mismos que en conjunto ayudan al eje de salida en su rotación.



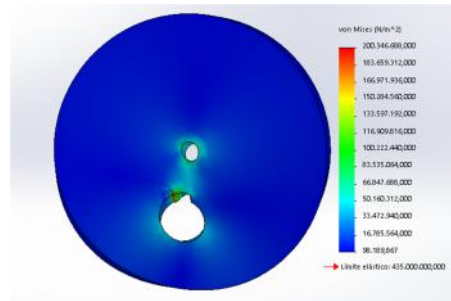
**Figura 4.- Velocidad de salida del sistema con tres mecanismos.**

Una vez se comprobó la rectificación de la velocidad de salida, para designar el material de los eslabones se realizó un estudio dinámico de los mismos, tomando en cuenta el esfuerzo de Von Mises en cada uno de los eslabones para de esa manera hallar un factor de seguridad mediante la ecuación

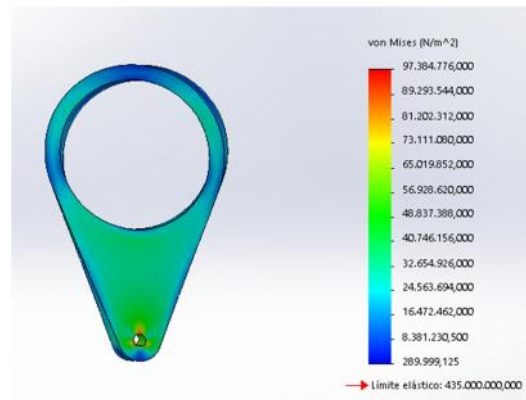
$$F.S. = \frac{\sigma_{\text{limite}}}{\sigma_{\text{Von Mises}}}$$



**Figura 5.- Von Mises eslabón R2-1**



**Figura 5.- Von Mises eslabón R2-2**



**Figura 5.- Von Mises eslabón R3**

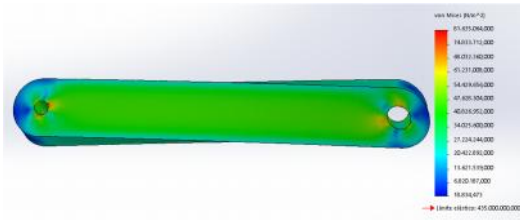


Figura 6.- Von Mises eslabón R4



Figura 7.- Von Mises eslabón R5

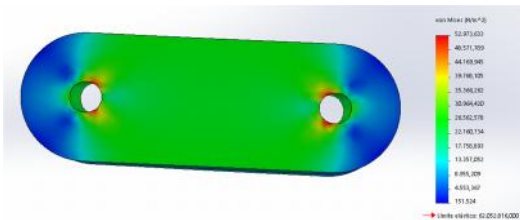


Figura 8.- Von Mises eslabón R6

Los factores de seguridad obtenidos se detallan en la tabla 1.

ESLABON	FACTOR SEGURIDAD
R2	23.77
R2-1	2.17
R3	4.47
R4	5.33
R5	8.27
R6	7.3

Tabla 1.-Von Mises factores de seguridad

Se realizó una simulación en el programa Solidworks, el mismo nos da las pautas del movimiento de los mecanismos en sincronía y muestra el trabajo conjunto de los mismos.

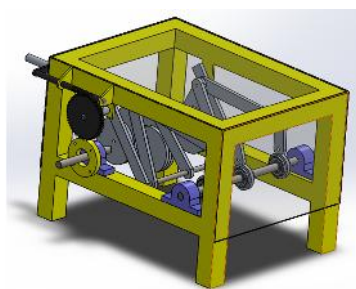


Figura 9.- Simulación de movimiento en Solidworks

Para orientarnos en el movimiento con rotación unidireccional se realizó una simulación en el programa Solidworks de lo que se conoce como "one way clutch" que no es sino un instrumento que permite la rotación en ambos sentido pero transmite la misma en un solo sentido.

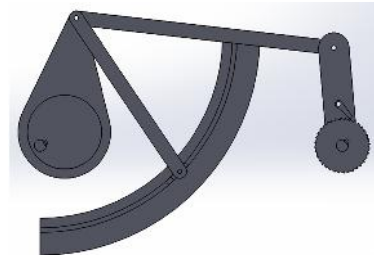


Figura 10.- Simulación de mecanismos con one way clutch en Solidworks

Para la lectura de la velocidad en el eje de salida se utilizó un sensor óptico reflectivo que en conjunto con una rueda dentada que hace la función de un disco codificado, ayudan a medir la velocidad en el eje de salida.

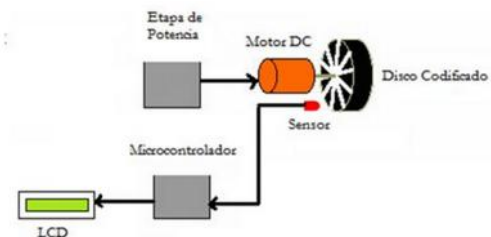


Figura 11.- Esquema de funcionamiento de tacómetro con sensor óptico.

Con el equipo en funcionamiento correcto se deben realizar las pruebas de velocidad, en las cuales se evidenciará la variación de la velocidad de salida a través del análisis de velocidad del mecanismo.

### CONCLUSIONES

1.- Se construyó un prototipo capaz de mostrar de manera sencilla el principio de funcionamiento de los transmisores de velocidad de variable continua.

2.- Se utilizó la velocidad adecuada para el funcionamiento del prototipo ya que en las pruebas de funcionamiento se pudo comprobar que el movimiento puede dificultarse con la fricción excesiva en los eslabones.

3.- Se determinó que para que el tacómetro con sensor óptico funcione de mejor manera debería usarse una rueda con un mayor número de canales para de esta manera tener mayor información por segundo.

4 Mediante el software de sistemas multicuerpos se pudo conocer con antelación el comportamiento y sobretodo los impedimentos que tendría el prototipo no solo en su funcionamiento sino también en el montaje, por lo que se considera de suma importancia realizar este tipo de análisis antes de la construcción.

5.- Para que el prototipo tenga un óptimo funcionamiento se debe tomar en cuenta la lubricación de cada mecanismo, comprobar que los rodamientos se encuentren en buen estado, que el sistema tornillo sin fin – corona cumpla su función de fijar en cualquier punto la regulación de velocidad sin retornar por acción del peso de los eslabones.

#### **RECOMENDACIONES**

1.- Lubricar los mecanismos con aceite en las partes donde la fricción se presenta de manera significativa para evitar de esta manera que el prototipo falle de manera alguna.

2.- Mejorar la instrumentación del prototipo con un sensor que funcione con mayor precisión a bajas revoluciones, de esta manera se logrará realizar la toma de datos para más posiciones en la regulación de velocidad.

3.- Alimentar al motor del prototipo con una corriente de 220V trifásica para que el motor no pierda potencia debido al cambio de corriente.

4.- Se recomienda no forzar el mecanismo al momento de colocarlo en las posiciones de mínima y máxima velocidad ya que de esta manera se está obligando a trabajar al sistema de forma forzada lo que puede significar una falla en el mecanismo.

5.- Se recomienda engrasar el sistema tornillo sin fin – corona para evitar un movimiento forzado, si se observa un movimiento brusco del sistema se deberá apagar el equipo y revisar el sistema.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Chelhorn, W. (2010). Mechanics of machines (International edition ed.). (O. U. Press, Ed.) Estados Unidos.
- Olmedo, F. (2009). Mecanismos (1ra edicion ed.). Quito, Pichinca, Ecuador.
- (s.f.). Recuperado el 24 de 03 de 2014, de Tecnun:  
<http://www1.ceit.es/asignaturas/TeorMaq1/Apuntes/Cap7.pdf>
- (s.f.). Recuperado el 15 de 03 de 2014, de Aprendemos Tecnología:  
<http://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transformacion-del-movimiento/>
- (s.f.). Recuperado el 17 de 03 de 2014, de Ferretería Universitas:  
<http://www.ferreteriauniversitas.com/poleas-pozo-elevacio/5984-polea-sencilla-cierre-segur-8428837322508.html>
- (s.f.). Recuperado el 17 de 03 de 2014, de 50Webs:  
<http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/trasnmission.htm>
- (s.f.). Recuperado el 18 de 03 de 2014, de Cnice:

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope\\_polea.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_polea.htm)

- Dufey, J., Kreps, R., Hernandez, H., & Reyes, M. (02 de 2014). Recuperado el 26 de 03 de 2014, de Scribd: <http://www.scribd.com/doc/205482249/Transmision-variable-continua-CVT>