

# APLICAÇÃO DO ANDROID PARA ESTUDAR AS VELOCIDADES ANGULARES DE UM MECANISMO DE DESLIZAMENTO POR MANIVELA

*Data de submissão: 14/04/2023*

*Data de aceite: 02/06/2023*

### **Vergara Hernández Erasto**

Instituto Politécnico Nacional, UPIIH.  
San Agustín Tlaxiaca, 42080, Hidalgo,  
México

### **Cea Montufar César Eduardo**

Instituto Politécnico Nacional, UPIIH.  
San Agustín Tlaxiaca, 42080, Hidalgo,  
México

### **Cerro Ramírez Miguel Angel**

Instituto Politécnico Nacional, UPIIH.  
San Agustín Tlaxiaca, 42080, Hidalgo,  
México

### **Fernández Anaya Alfredo**

Instituto Politécnico Nacional, UPIIH.  
San Agustín Tlaxiaca, 42080, Hidalgo,  
México

**RESUMEN:** En el presente trabajo se desarrolló una aplicación para el sistema ANDROID de carácter didáctico para realizar el estudio cinemático de un mecanismo de cuatro barras en su configuración manivela-biela-corredera. Se programó a partir del análisis analítico de la ecuación de lazo para el mecanismo en estudio para encontrar las velocidades angulares de la manivela y de la biela. La interfaz de programación

se realizó en el sistema APP Inventor. La aplicación se usó en dos grupos de estudio reflejándose una mejora en el proceso de aprendizaje activo en los estudiantes de ingeniería.

**PALABRAS CLAVE:** Mecanismo de cuatro barras, análisis de velocidad, tecnologías de la información.

**ABSTRACT:** In this work, an ANDROID application was developed for the ANDROID system of didactic character to perform the kinematic study of a four-bar mechanism in its crank-crank-rod-race configuration. It was programmed from the analytical analysis of the loop equation for the mechanism under study to find the angular velocities of the crank and the connecting rod. The programming interface was done in the APP Inventor system. The application was used in two study groups reflecting an improvement in the active learning process in engineering students.

**KEYWORDS:** four-bar linkage, velocity analysis, information technology

## 1 | INTRODUCCIÓN

Los mecanismos de cuatro barras han estado presentes desde hace varios

años tanto en aplicaciones industriales como en mecanismos cotidianos. El estudio de un mecanismo de cuatro barras se aborda en dos grandes partes: el análisis y la síntesis. En el análisis se estudia y caracteriza al mecanismo de manera cinemática y dinámica, en ambos casos los mecanismos deben haber sido previamente diseñados. Mientras que la síntesis se ocupa de determinar los parámetros geométricos para realizar los movimientos deseados. Para el caso de la cinemática de un mecanismo de cuatro barras un parámetro importante es conocer la velocidad angular de cada uno de los eslabones que la componen y de los puntos de las articulaciones.

Principalmente existen dos métodos para el análisis cinemático de mecanismo: i) método gráfico a través de centros instantáneos, y ii) método analítico, donde se puede abordar de forma vectorial, o bien, con la representación en el plano complejo de un eslabón.

Hoy en día, el uso de las tecnologías de la información (TI) en el campo de la educación, en los últimos meses se ha visto impulsado por el rápido desarrollo de las computadoras las cuales han transformado la manera en como los alumnos adquieren el conocimiento de manera significativa. Una de las herramientas en la enseñanza de la ingeniería es el desarrollo de programas y aplicaciones para su uso en las clases.

En el presente trabajo se desarrolló un programa en para el sistema ANDROID con el propósito de apoyar a los estudiantes en el aprendizaje cinemático de un mecanismo de cuatro barras, en su configuración manivela-biela-corredera.

## 2 | DESARROLLO

El estudio se inicia con un mecanismo de cuatro barras como se muestra en la Figura 1. El análisis toma en cuenta la representación de Euler de los números complejos:

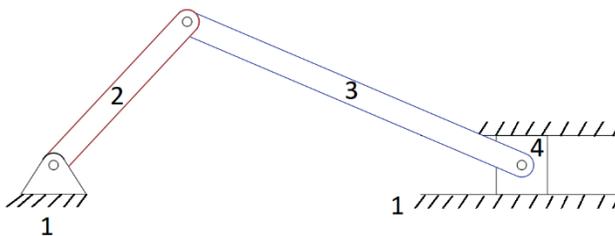


Figura 1.- Configuración de mecanismo manivela-biela-corredera

$$z_n = R_n e^{i\theta_n} \tag{1}$$

Al aplicar la ecuación de lazo cerrado (ec.1) al diagrama de variable compleja que se muestra en la Figura 2. se obtiene la ec. (2)

$$\vec{z}_1 + \vec{z}_2 + \vec{z}_3 + \vec{z}_4 = 0 \tag{2}$$

dónde  $z_n$  es la representación compleja de cada eslabón.

En el análisis matemático se considera que la velocidad de la corredera,  $V_c$  es conocida, mientras que las velocidades  $w_2$  y  $w_3$  son calculadas, la velocidad del eslabón 1 al ser fijo, es  $w_1=0^{\text{rad/s}}$ .

El análisis cinemático para encontrar la velocidad angular de la manivela y biela, tendrá como variables de entrada las posiciones angulares ( $\theta_n$ ) de cada eslabón, su longitudues y la velocidad lineal de la corredera ( $V_c$ ).

$$\frac{\vec{z}_1}{dt} + \frac{\vec{z}_2}{dt} + \frac{\vec{z}_3}{dt} + \frac{\vec{z}_4}{dt} = \mathbf{0} \quad (3)$$

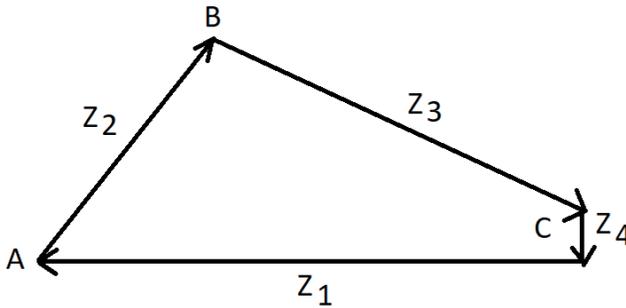


Figura 2.- Diagrama vectorial del mecanismo de cuatro barras genérico

Al considerar  $w_1=0$ , y sabiendo  $\vec{v}_n = \vec{w}_n \times \vec{z}_n$  se tiene que:

$$(\vec{w}_2 \times \vec{z}_2) + (\vec{w}_3 \times \vec{z}_3) + (\vec{w}_4 \times \vec{z}_4) = \mathbf{0} \quad (4)$$

El vector  $\vec{z}_n$  de la ec. 4 se representa en términos de sus componentes:

$$\vec{z}_n = R_n \cos \theta_n \hat{i} + R_n \sin \theta_n \hat{j} \quad (5)$$

representando la ec. (5) como:

$$\vec{z}_n = z_{nx} \hat{i} + z_{ny} \hat{j} \quad (6)$$

y el vector de la velocidad angular de cada cuerpo queda definido como:

$$\vec{w}_n = w_n \hat{k} \quad (7)$$

La velocidad del punto B,  $\vec{V}_B$  es :

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{\omega}_{AB} \times \vec{r}_{AB} \quad (8)$$

Sustituyendo los vectores en la ec. (7) y considerando  $\vec{V}_A=0$

$$\vec{V}_B = \omega_2 \hat{k} \times [z_{2x} \hat{i} + z_{2y} \hat{j}] \quad (9)$$

Pero también la velocidad del punto B,  $\vec{V}_B$  es :

$$\vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{\omega}_3 \times \vec{r}_3 \quad (10)$$

Sustituyendo los vectores en la ec. (9) se tiene que:

$$\vec{V}_B = V_c \hat{i} + [\omega_3 \hat{k} x(z_{3x} \hat{i} - z_{3y} \hat{j})] \quad (11)$$

Igualando la ec. (8) y la ec. (10) se encuentra el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{bmatrix} z_{2x} & z_{3x} \\ z_{2y} & -z_{3y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -V_c \\ 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

### 3 | PROGRAMACIÓN

En la etapa de la programación realizada para el sistema Android se realizó e implemento el diagrama de flujo con las operaciones que se muestran en la Figura 3. El inicio del programa es primeramente con la adquisición de los datos de la longitud y de la posición angular de la manivela y la biela, así como de la velocidad lineal y posición angular de la corredera, por último, las medidas angulares deben estar en el sistema sexagesimal, ver Figura 4. El siguiente paso en la estructura del programa es encontrar las velocidades angulares de la manivela ( $\omega_2$ ) y la biela ( $\omega_3$ ), las soluciones se encuentran con la ec. (11) respectivamente, luego entonces se despliega los resultados en la interfaz para una comprensión de parte del alumno.

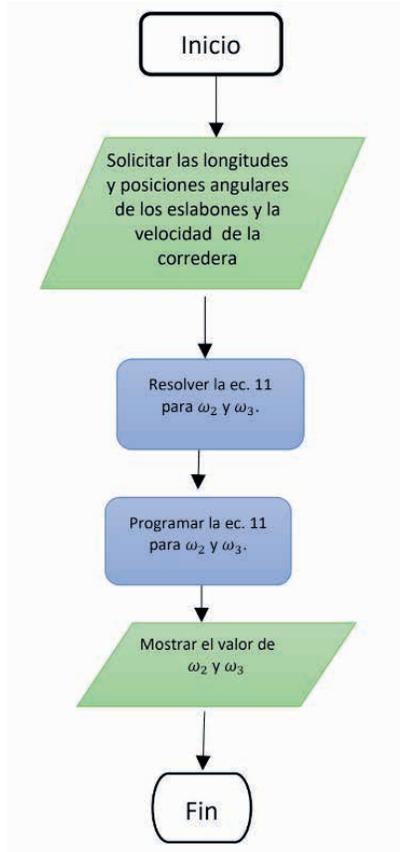


Figura 3.- Diagrama de flujo del programa desarrollado para análisis de posición de mecanismo de cuatro barras



Figura 4.- Pantalla de calculadora de mecanismos manivela-biela-corredera

## 4 | RESULTADOS

Una vez terminado el programa se realizó la prueba y depuración del mismo, para lo cual se utilizaron los datos que se muestran en la Tabla 1, las unidades de las longitudes de los eslabones son establecidas en unidades arbitrarias, mientras que las posiciones angulares están definidas en ángulos sexagesimales, los resultados de las velocidades angulares se dan en revoluciones por minuto (*rpm*). Valores negativos en las velocidades angulares implican un movimiento del eslabón en sentido horario.

Eslabón	Longitud (un. arb.)	Posición angular (°)	Velocidad lineal (un. arb.)
Manivela	5	60	---
Biela	4	300	---
Corredera	---	--	-10

Tabla 1 – Datos de prueba

Los resultados se muestran en la Figura 5



Figura 5.- Resultados obtenidos con los datos de la Tabla 1

De la ventana de resultados se obtienen el valor de la velocidad angular del eslabón 2 y del eslabón 2 que son de  $-2.5 \text{ rad/s}$  y  $1.44 \text{ rad/s}$  respectivamente. Así mismo en la zona gráfica el alumno puede observar la

Se realizó una segunda prueba donde se intentó que el la posición angular del eslabón de la manivela y de la biela estuvieran a  $45^\circ$ . Los datos para cumplir con la geometría se muestran en la Tabla 2.

Eslabón	Longitud (un. arb.)	Posición angular (°)	Velocidad angular (rpm)
Manivela	8	45	---
Biela	6	45	---
Corredera	---	--	-10

Tabla 2 – Datos de prueba



Figura 6.- Resultados de la simulación obtenidos con los datos de la Tabla 2

En la Figura 6 los resultados muestran que las velocidades angulares del eslabón 3 y del eslabón 4 son de la misma magnitud y el mismo sentido con valor de 0.7857 rad/s.

La aplicación desarrollada se implementó en un grupo 1 de 28 estudiantes y un grupo 2 de 25 estudiantes de la materia de “Análisis y síntesis de mecanismos” del programa académico de ingeniería mecatrónica de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingenierías Campus Hidalgo (UPIIH) del Instituto Politécnico Nacional, creándose un experimento donde se comparan el de resolución en los problemas de análisis de velocidad (método analítico) que le toma a los alumnos cuando utilizan la aplicación y cuando no la utilizan, los resultados se muestran en la Figura 7.

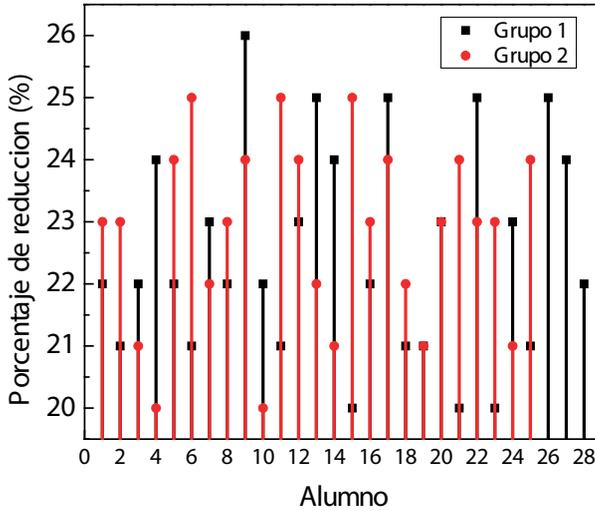


Figura 7 - Resultados de la simulación obtenidos con los datos de la Tabla 2

En la gráfica de la Figura 7 se observa que en promedio el grupo de alumnos presentó una reducción en el tiempo de la resolución correcta de los ejercicios de velocidades angulares del mecanismo de cuatro barras es en promedio del 22%, 21.94% para el grupo 1 y 22.8% para el grupo 2. Resaltar que en ambos grupos los alumnos presentaron algún porcentaje de reducción en la solución de los problemas, resultado que es esperado de acuerdo a los principios del aprendizaje significativo.

## 5 | CONCLUSIONES

En el presente trabajo se desarrolló e implementó una aplicación en el entorno ANDROID, para encontrar las velocidades angulares de manivela y de la biela y de salida de un mecanismo de cuatro barras en su configuración manivela-corredera. El trabajo se aplicó en un grupo de alumnos de ingeniería, dónde los resultados muestran una reducción general en el tiempo de resolución de los problemas, fortaleciendo significativamente el conocimiento adquirido.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN) de México (Proyecto 20231343 y Proyecto 20231151) por el apoyo otorgado.

## REFERENCIAS

Chunfang Zhou, et al (2014), **Students' perceptions of creativity in learning Information Technology (IT) in project groups**, Computers in Human Behavior.

**MATLAB: Building GUIs with MATLAB.** (1996) Manual.

S. Sileesongsom, et al (2017), **Four-bar linkage path generation through self-adaptive population size teaching-learning based optimization**, Knowledge-Based Systems.

Sujin Bureerat, et al (2021) , **Constraint handling technique for four-bar linkage path generation using self-adaptive teaching-learning-based optimization with a diversity archive**, Engineering optimization.

Wen-Yen Li A (2010), **GA-DE hybrid evolutionary algorithm for path synthesis of four-bar linkage**, Mechanism and Machine Theory