



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN  
DE INGENIEROS EN LA  
ERA DIGITAL



# PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE EN EL FENÓMENO DE CORIOLIS EN UN EJEMPLO TRIDIMENSIONAL

**Gabriela Betancur Montoya, Leidy Tatiana Marín Urrego, Alejandro Restrepo  
Martínez**

**Universidad Nacional de Colombia  
Medellín, Colombia**

## Resumen

La cinemática y la cinética de cuerpo rígido requieren entender las relaciones de las aceleraciones y velocidades en distintos marcos de referencia. Para el fenómeno de coriolis la magnitud de la aceleración se afecta, debido a desplazamientos lineales y a la rotación del sistema rotativo. En los casos tridimensionales es necesario entender las variaciones de las velocidades angulares y su efecto en las derivadas de los vectores a analizar.

Normalmente los ejercicios propuestos en los libros abordan un problema numérico para un caso específico de parámetros. Por lo cual, no se logra desarrollar la capacidad de interpretar múltiples situaciones. Así que, el reto de la programación es: desarrollar la comprensión de los conceptos y fórmulas del fenómeno dinámico analizado; abstraer los conceptos haciendo representaciones en de vectores y matrices, que permitan realizar secuencias lógicas para variar diferentes parámetros y así crear gráficas que faciliten analizar el problema en diferentes casos.

Por lo anterior éste artículo desarrolló una estrategia para abordar el concepto de coriolis a través de un ejercicio tridimensional, el cual se resuelve: numéricamente, se representa vectorial y matricialmente y se plasma en un algoritmo secuencial en Matlab. Los resultados se analizan usando gráficas que recogen la variación de parámetros.

Para el desarrollo método se establecieron acciones que se categorizan en ítems, los cuales permiten evaluar el aprendizaje en los estudiantes, así:

- Conceptuales – Nivel Básico
- Procedimentales – Nivel intermedio

- Interpretación – Nivel intermedio alto
- Abstracción – Nivel avanzado

Después de hacer la abstracción del problema y realizar el código que generan las gráficas se encontró la gran influencia que tenía la velocidad angular en el problema y en la aceleración de coriolis en general.

En la solución de este problema y el análisis de los resultados considerados hay dos cosas importantes que resaltar: primero, la importancia que tiene el fenómeno de coriolis en un problema en 3D; segundo es el concepto de la derivada de un vector en un sistema rotatorio, el cual es la base para resolver un problema de este tipo.

Se diseñó una encuesta con el objetivo de evaluar en trabajos futuros el aprendizaje que poseen los estudiantes después de leer y utilizar el presente artículo.

Este trabajo nos ha permitido desarrollar habilidades de programación y análisis, además, mejorar la capacidad de solución matemática de este tipo de ejercicios, y se espera que pueda causar los mismos resultados en otros estudiantes.

**Palabras clave:** Coriolis; aceleración; velocidad; programación secuencial; cinemática y cinética cuerpo rígido

### **Abstract**

*Kinematics and rigid body kinetics require understanding the relationships of accelerations and velocities in different frames of reference. The Coriolis phenomenon affects the magnitude of the acceleration, due to linear displacements and the rotation of the rotating system. In three-dimensional cases, it is necessary to identify the variations in angular velocities and their effect on the derivatives of the vectors.*

*Normally the exercises proposed in the books address a numerical problem for a specific case of parameters. Therefore, the ability to interpret multiple situations decrease. In consequence, the challenge of programming is to develop the understanding of the concepts and formulas of the dynamic phenomenon analyzed; abstraction of the concepts by applying representations in vectors and matrices allowed to write logical sequences to modify parameters and create graphs for analyzing the problem in different cases.*

*Hence, this article developed a strategy to study the concept of coriolis through a three-dimensional exercise. Our procedure has some steps as: numerical operations, a sequential algorithm in Matlab with vector and matrix elements and a variation of parameters, and interpretations of graphs.*

*Our didactic proposal established some labels for the students:*

- *Conceptual - Basic Level*

- *Procedural - Intermediate level*
- *Interpretation - High intermediate level*
- *Abstraction - Advanced level*

*These items could evaluate learning in the student*

*Analyzing the graphs modeled was identify that the angular velocity had a great influence on the problem and in the magnitude the coriolis acceleration.*

*We highlighted two important things: first, the importance of the coriolis phenomenon in 3D problems; second, the concept of the derivative of a vector in a rotating system, because this is the basis to operate a problem of this type.*

*Additionally, we designed a survey, which has the objective to evaluate, in future studies, the next interrogant: how the learning process increase when the students use this article.*

*This work has allowed us to develop analysis and programming skills; in addition, to improve the mathematical solution capacity of this type of exercises, therefore we expected that it could generate, in other students, similar results*

**Keywords:** *Coriolis; acceleration; velocity; sequential programming; kinematic and kinetic of rigid body*

## 1. Introducción

En el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de la ingeniería mecánica es necesario construir diferentes espacios que permitan a los estudiantes afianzar conceptos y compartir experiencias a través fortalecer los procesos de escritura técnica y científica. Es por esto que en los últimos años alrededor de la asignaturas de Dinámica y Mecánica de Sólidos se han desarrollado algunas propuestas por parte estudiantes, las cuales se han presentado en diversos foros, entre los temas desarrollados se encuentran: estudio de la dinámica del vuelo de un *frisbee* (Mesa, et al.,2018); la aplicación de la fotoelasticidad como herramienta en la enseñanza de la mecánica de sólidos (Urango, et al.,2017); el estudio de los esfuerzos a través de fotoelasticidad para analizar discos que rotan (Urango, et al.,2018) y estrategia evaluar los conocimiento de coriolis en un caso de movimiento plano. (Gallego, et al.,2018)

Este artículo, se realizó con el fin de presentar una propuesta que permita evaluar el aprendizaje de los estudiantes de la asignatura de dinámica comparándola con la metodología tradicional y la que se plantea en este ejercicio. Dicha metodología consiste en realizar un análisis de un ejercicio del libro guía de clase, en el que se presenta el fenómeno de coriolis. Se desarrolló dicho ejercicio con el fin de fortalecer los conocimientos teóricos de la asignatura de dinámica, solucionándolo de dos formas, una manual, donde se resuelven todas las ecuaciones para llegar a la respuesta en el caso particular que plantea el problema y así, tener las bases necesarias para lograr hacer conclusiones coherentes con los resultados obtenidos al final del estudio, y la segunda, utilizando la aplicación de Matlab para programar la solución y ver el comportamiento del movimiento en

forma general, esto con el fin de profundizar en los resultados y tener una visión general más amplia de la situación que muestra el ejercicio y hacer un acercamiento a lo que se puede presentarse en la vida real, teniendo en cuenta el análisis de gráficas y resultados.

## 2. Marco teórico

La fuerza de Coriolis, también denominada efecto de Coriolis, descrita en 1835 por el científico francés Gaspard-Gustave Coriolis. Descrita como el efecto que ejerce la rotación de la Tierra sobre los objetos que se mueven sobre su superficie. Se trata de la fuerza producida por la rotación de la Tierra en el espacio, que tiende a desviar la trayectoria de los objetos que se desplazan sobre la superficie terrestre; a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda, en el sur. Esta fuerza no sólo aparece durante la rotación de la Tierra sino, en general, para cualquier objeto con masa que se desplaza a una determinada velocidad sobre otro objeto en rotación.

Un objeto, al desplazarse sobre cualquier sistema que rota sufre una aceleración adicional producida por una "fuerza" perpendicular al movimiento. El resultado que provoca esta "fuerza-aceleración" al objeto es una desviación de su recorrido que da lugar a una trayectoria curva.

Sistema de referencia relativo es el sistema de coordenadas que se emplea para realizar mediciones sobre un punto determinado que puede estar en movimiento.

Sistemas de referencia absoluto es el sistema de coordenadas que se emplea para realizar mediciones sobre un punto fijo determinado.

## 3. Métodos y procedimiento

Para la realización de este ejercicio se implementan las siguientes etapas: Primero, se plantean categorías y niveles que permitan evaluar el aprendizaje en los estudiantes. Posteriormente, se desarrollan acciones de intermediación donde se desarrollan los niveles establecidos para solucionar el ejercicio y se programa un algoritmo para facilitar la interpretación y la abstracción de los resultados del mismo. Finalmente se plantea una encuesta para evaluar el aprendizaje de los estudiantes que utilicen las herramientas didácticas desarrolladas.



### 3.1. Elaboración de categorías

Para una evaluación más exacta de cómo se están obteniendo y aplicando los conocimientos en el área de dinámica con respecto al tema de cuerpo rígido con el fenómeno de coriolis, se plantean las siguientes cuatro categorías y niveles de medición:

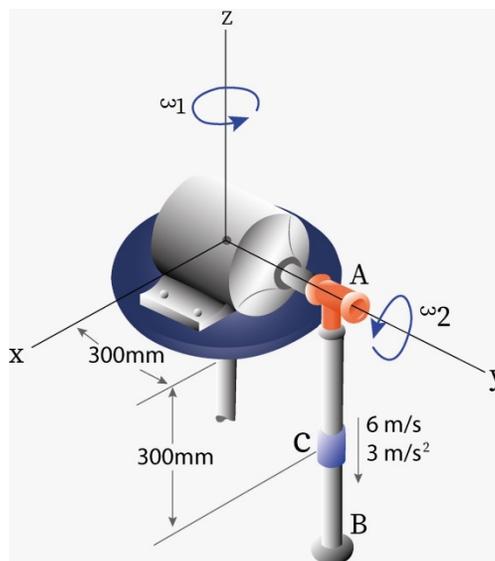
- Conceptuales – Nivel Básico: Donde el estudiante evidencia que tiene dominio básico de los conceptos teóricos del fenómeno de coriolis.
- Procedimentales – Nivel intermedio: El estudiante desarrolla el ejercicio planteado matemáticamente y da respuesta a lo que solicita el problema.
- Interpretación – Nivel intermedio alto: El estudiante interpreta las gráficas planteadas y especificar cómo afectan los datos que se muestran en el fenómeno de coriolis.
- Abstracción – Nivel avanzado: El estudiante responde preguntas acerca de cómo se puede codificar o programa el ejercicio para obtener una solución general.

El procedimiento para desarrollar el presente trabajo consiste en tres partes: solución del ejercicio, programación en Matlab y análisis de los resultados obtenidos. A continuación, se describen las etapas mencionadas.

### 3.2. Ejecución nivel intermedio: Solución del ejercicio

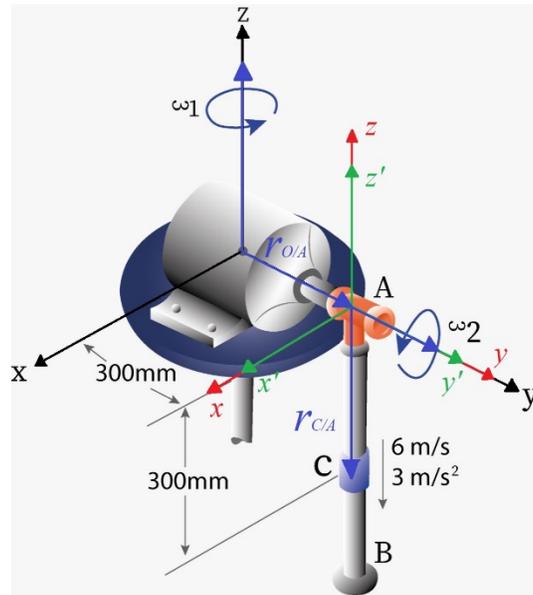
El ejercicio propuesto en el libro de Hibbeler, consiste en determinar la velocidad y la aceleración en el collar C cuando está ubicado en posición vertical a 300mm del punto A, teniendo en cuenta que hay un motor que gira sobre el eje z con una velocidad angular  $\omega=3$  rad/s, y una barra acoplada al eje del motor que gira con la velocidad angular  $\omega = 6$  rad/s como se muestra en la gráfica. Además, se conoce la velocidad lineal y la aceleración lineal con la que se desliza el collar,  $6$  m/s y  $3$  m/s<sup>2</sup> respectivamente.

La solución se realiza de forma matricial tomando en cuenta los valores de los datos dados en el ejercicio.



**Fig. 1:** Elaboración propia con referencia del Ejercicio 20-47 del libro de Hibbeler

El procedimiento para llegar a la respuesta del problema fue:  
Diagrama de cuerpo libre:



**Fig. 2:** Diagrama de cuerpo libre con referencia del Ejercicio 20-47 del libro de Hibbeler

Datos suministrados por el ejercicio:

$$\Omega = \omega_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ rad/s} \qquad \dot{\Omega} = \dot{\omega}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Omega' = \omega_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ rad/s} \qquad \dot{\Omega}' = \dot{\omega}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Teniendo en cuenta que se realizan dos movimientos circulares, se plantean dos sistemas, uno inercial (XYZ) y otro rotacional (xyz) (Fig. 2).

Posteriormente se analiza el movimiento en el punto A con respecto al sistema inercial (XYZ) y se hallan la velocidad y aceleración de dicho punto por medio del vector  $r_{OA}$

$$\mathbf{v}_A = \omega_1 \times \mathbf{r}_{OA} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,3 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,9 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ m/s}$$

$$\mathbf{a}_A = \dot{\omega}_1 \times \mathbf{r}_{OA} + \omega_1 \times (\omega_1 \times \mathbf{r}_{OA}) = 0 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \times \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0,3 \\ 0 \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2,7 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ m/s}^2$$

A continuación, se crea un segundo sistema rotacional relativo ( $x'y'z'$ ) que gira con una velocidad angular de  $\omega_2$ , la cual está medida con respecto al sistema fijo (xyz). Este sistema se crea para que la dirección del vector  $r_{C/A}$  no cambie con respecto al sistema relativo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace uso de la fórmula que plantea la derivada de un vector con respecto a un sistema fijo, por medio de la derivada de un vector con respecto a un sistema rotatorio, para hallar la velocidad y posteriormente la aceleración del vector  $r_{C/A}$ .

$$\dot{A} = (\dot{A})_{xyz} + \Omega \times A$$

**Fig. 3:** Fórmula de velocidad (Hibbeler 20,2)

$$(\mathbf{v}_{C/A})_{xyz} = (\dot{\mathbf{r}}_{C/A})_{xyz} = [(\dot{\mathbf{r}}_{C/A})_{x'y'z'} + \omega_2 \times (\mathbf{r}_{C/A})_{xyz}] = \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0,3 \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} -1,8 \\ 0 \\ -6 \end{bmatrix} m/s$$

$$(\mathbf{a}_{C/A})_{xyz} = (\ddot{\mathbf{r}}_{C/A})_{xyz} = [(\ddot{\mathbf{r}}_{C/A})_{x'y'z'} + \omega_2 \times (\dot{\mathbf{r}}_{C/A})_{x'y'z'}] + \dot{\omega}_2 \times (\mathbf{r}_{C/A})_{xyz} + \omega_2 \times (\dot{\mathbf{r}}_{C/A})_{xyz}$$

$$(\mathbf{a}_{C/A})_{xyz} = \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -6 \end{bmatrix} \right\} + 0 + \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ -18 \\ -6 \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} -72 \\ 0 \\ 7,8 \end{bmatrix} m/s^2$$

Por último, se hallan los valores de velocidad y aceleración en el collar, haciendo uso de los valores encontrados anteriormente.

$$\mathbf{v}_C = \mathbf{v}_A + (\Omega \times \mathbf{r}_{C/A}) + (\mathbf{v}_{C/A})_{xyz} = \begin{bmatrix} -0,9 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0,3 \end{bmatrix} \right\} + \begin{bmatrix} -1,8 \\ 0 \\ -6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2,7 \\ 0 \\ -6 \end{bmatrix} m/s$$

$$\mathbf{a}_C = \mathbf{a}_A + (\dot{\Omega} \times \mathbf{r}_{C/A}) + (\Omega \times (\Omega \times \mathbf{r}_{C/A})) + (2\Omega \times (\mathbf{v}_{C/A})_{xyz}) + (\mathbf{a}_{C/A})_{xyz}$$

$$\mathbf{a}_C = \begin{bmatrix} 0 \\ -2,7 \\ 0 \end{bmatrix} + 0 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \times \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0,3 \end{bmatrix} \right\} + 2 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -1,8 \\ 0 \\ -6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -72 \\ 0 \\ 7,8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -72 \\ -13,5 \\ 7,8 \end{bmatrix} m/s^2$$

### 3.3. Ejecución nivel avanzado: Estrategia de programación

El código programado consiste, primero en la declaración de variables y matrices (velocidad angular 1 y 2, aceleración angular 1 y 2, vectores de posición, matrices para almacenar aceleración del collar, aceleración de coriolis y porcentaje de aceleración de coriolis) para realizar las operaciones planteadas en la solución del ejercicio.

Segundo, se realizan dos ciclos anidados para variar los parámetros de velocidad angular (En el primer caso velocidad angular 1 y en el segundo velocidad angular 2) y la posición inicial, en los que se encuentran las operaciones mencionadas anteriormente; se realizan las 4 gráficas que se especifican en la sección de análisis de resultados, con un total de 50 ciclos para los primeros dos casos.

En el tercer caso se varían las dos velocidades angulares simultáneamente, usando tres ciclos anidados, con un total de 280 ciclos. Se toman 2 gráficas en las que se compararán las aceleraciones obtenidas. El código se encuentra en el enlace de referencia [Betancour, 2019].

### 3.4. Elaboración de encuesta para evaluar el aprendizaje

El objetivo de esta encuesta es evaluar las categorías y niveles planteados en los numerales anteriores, con el fin de conocer el aprendizaje de los estudiantes, y si es posible mejorarlo con ejercicios como el que se plantea en este escrito.

Las preguntas según el nivel de medición para la evolución del aprendizaje que se proponen son:

Conceptuales – Nivel Básico:

- ¿Qué es la coriolis?
- ¿Cuál es la derivada de un vector desde un sistema fijo con respecto a un sistema que rota?
- ¿Qué elementos se consideran aceleración de coriolis?

Procedimentales – Nivel intermedio:

- ¿Cuántos sistemas de referencia son necesarios para el desarrollo del ejercicio?
- Si aumenta la velocidad angular  $\omega$ , la tasa de crecimiento de la aceleración de coriolis es mayor.

Interpretación – Nivel intermedio alto:

- ¿Cuál de las dos velocidades angulares tiene más influencia en el fenómeno de coriolis?
- ¿Qué tanto afecta la aceleración de coriolis, la aceleración total del sistema?
- ¿Porque al aumentar las dos velocidades angulares simultáneamente, aumenta la aceleración de coriolis?

Abstracción – Nivel avanzado:

- ¿Qué comando de programación usaría para iterar las variables de velocidad?
- ¿Cuántos "for" usaría para variar dos velocidades angulares y la posición inicial?
- Con respecto a la pregunta anterior ¿Serían ciclos anidados o ciclos separados?
- ¿Almacenaría los resultados de las aceleraciones en matrices, vectores o en una variable?
- Si existen tres "for" anidados, el primero varía de 1 a 5, el segundo de 1 a 5 y el tercero de 1 a 10. ¿En total, cuántos ciclos se ejecutan?

## 4. Análisis de resultados

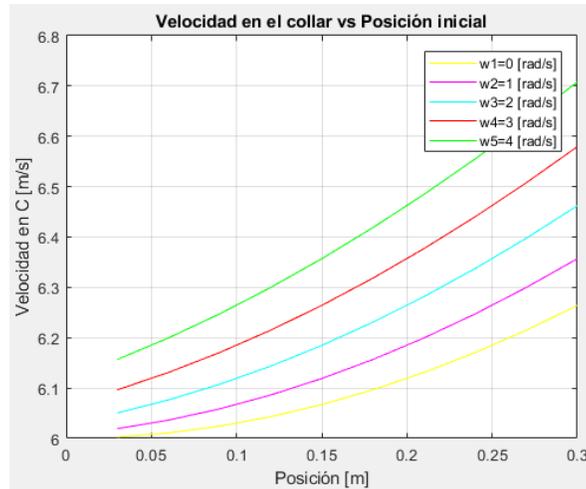
Se presentarán simulaciones del ejercicio modificando variables en el problema numérico, para esto se requiere un software que permita programación secuencial.

Haciendo uso del código desarrollado en Matlab, se realizaron varias gráficas para 3 casos, en las cuales se hicieron variación de parámetros de velocidades angulares y aceleración. En tres de ellas se realizó la variación de la posición del collar, y en la otra se halla el porcentaje de aceleración de coriolis del collarín para los primeros dos casos; para el último se varían las dos velocidades angulares y se halla la aceleración de coriolis y la aceleración total.

#### 4.1. Caso 1: Variación de la velocidad angular 1

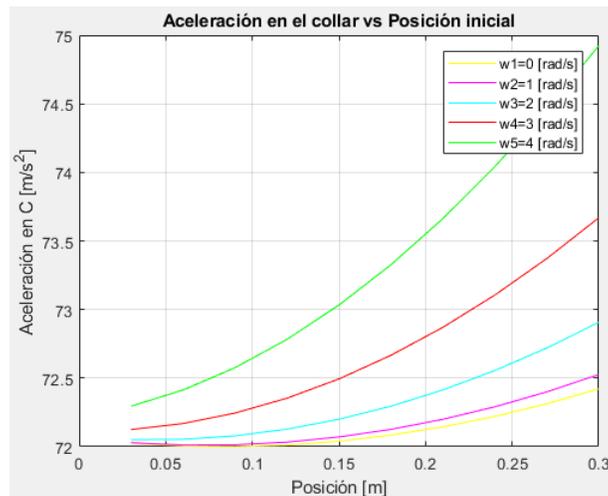
##### 4.1.1. Velocidad en el collar vs posición, variando velocidad angular 1

En la siguiente gráfica se puede observar que la velocidad del collar es más alta cada vez que está más alejado del punto central en donde se intersecan las dos barras rotatorias. También se hace visible que entre más alta es la velocidad angular, también son más altos los valores de la velocidad en el collar, sin embargo, como se puede evidenciar en la gráfica, el crecimiento no es igual para todos los valores de la velocidad angular.



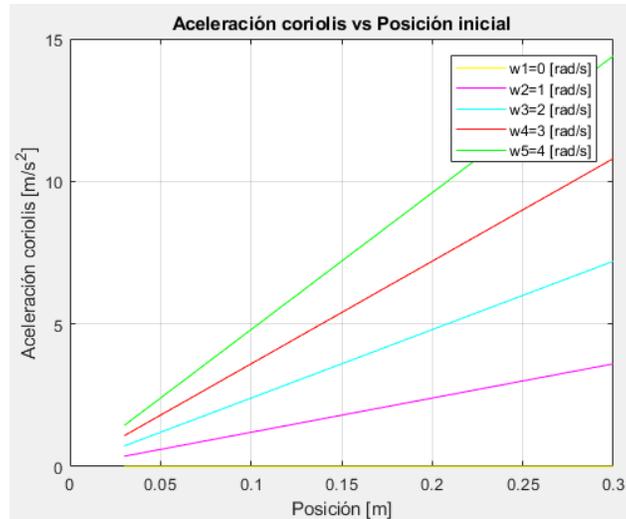
##### 4.1.2. Aceleración en el collar Vs Posición variando velocidad angular 1

En esta grafica podemos observar un comportamiento similar al de la gráfica anterior ya que la aceleración va aumentando a medida que el collarín se aleja del punto A, en esta grafica podemos que ver que a medida que la velocidad angular es mayor, aumenta la aceleración, también se puede notar que no es un crecimiento uniforme ya que a partir de ciertos puntos la aceleración es mayor y no crece igual para todos los valores la velocidad angular.



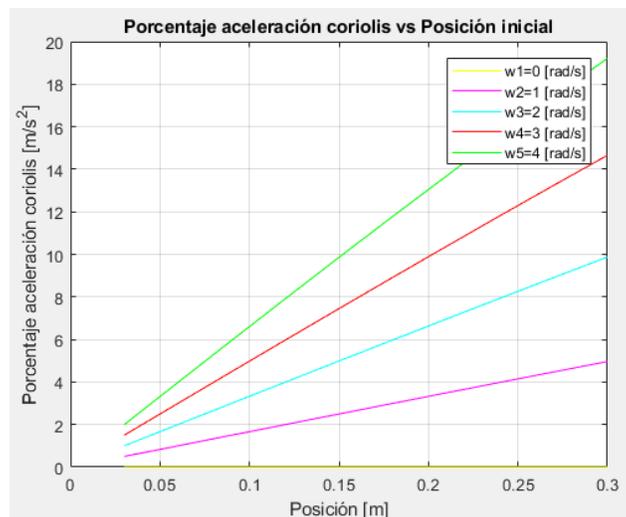
### 4.1.3. Aceleración de coriolis Vs Posición variando velocidad angular 1

En la gráfica podemos observar que la aceleración de coriolis tiene un comportamiento lineal creciente con respecto a la posición del collarín, también podemos notar que la velocidad angular influye en los resultados, ya que la pendiente es mayor a medida que aumenta dicho valor.



### 4.1.4. Porcentaje de aceleración de coriolis Vs Posición variando velocidad angular 1

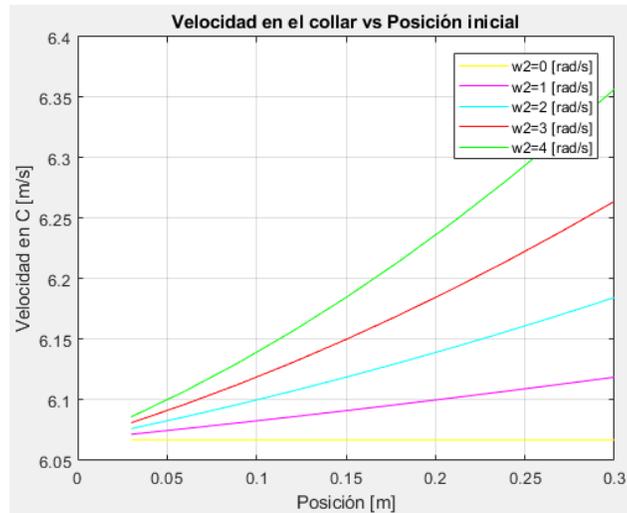
La aceleración de coriolis muestra la influencia que tiene el fenómeno de coriolis en el movimiento del collarín, en la gráfica se puede evidenciar, que el porcentaje crece de manera lineal independiente del valor de la aceleración angular, pero también podemos ver que a medida que la velocidad angular es mayor el porcentaje aumenta en la posición.



## 4.2. Caso 2: Variación de la velocidad angular 2

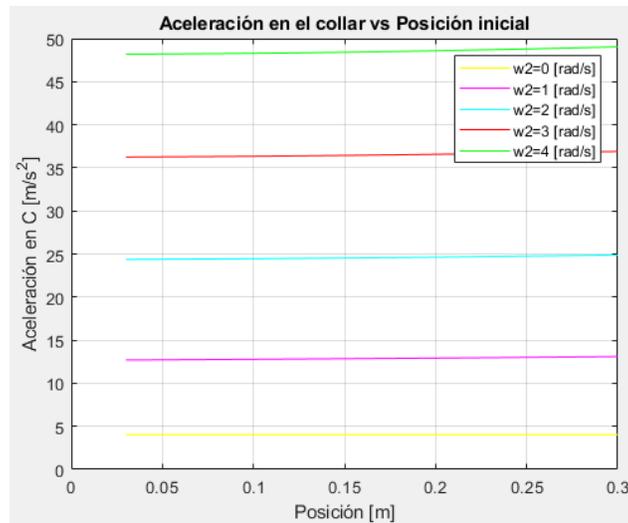
### 4.2.1. Velocidad en el collar vs posición, variando velocidad angular 2

La siguiente gráfica se puede observar un comportamiento muy similar a la gráfica 1 del primer caso en la que la velocidad del collar también es más alta cada vez que está más alejado del punto central en donde se intersecan las dos barras rotatorias. También se hace visible que entre más alta es la velocidad angular, también son más altos los valores de la velocidad en el collar, sin embargo, como se puede evidenciar en la gráfica, el crecimiento no es igual para todos los valores de la velocidad angular.



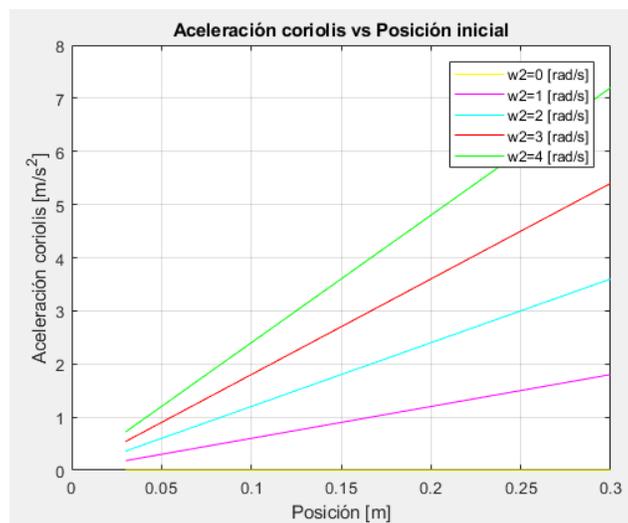
### 4.2.2. Aceleración en el collar Vs Posición variando velocidad angular 2

En esta grafica SE observa un comportamiento lineal, en el que las pendientes de la gráfica no cambian mucho entre cada variación de la velocidad angular, lo que si cambia notoriamente es el valor total de la aceleración, ya que, en cada caso, el aumento de dicha velocidad hace que crezca en gran cantidad la aceleración del collar, aunque la posición esté cerca del punto central A, ya que es un factor que aumenta directamente la aceleración de coriolis.



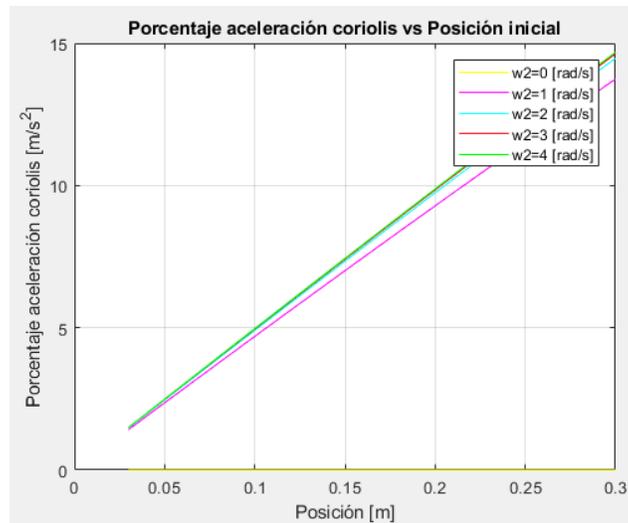
#### 4.2.3. Aceleración de coriolis Vs Posición variando velocidad angular 2

Como en el caso uno, en la gráfica se observa que la aceleración de coriolis tiene un comportamiento lineal creciente con respecto a la posición del collarín, también podemos notar que la velocidad angular 2 influye en los resultados tanto como la velocidad angular 1, ya que la pendiente es mayor a medida que aumenta dicho valor porque es un número que afecta directamente en el efecto de coriolis.



#### 4.2.4. Porcentaje de aceleración de coriolis Vs Posición variando velocidad angular 2

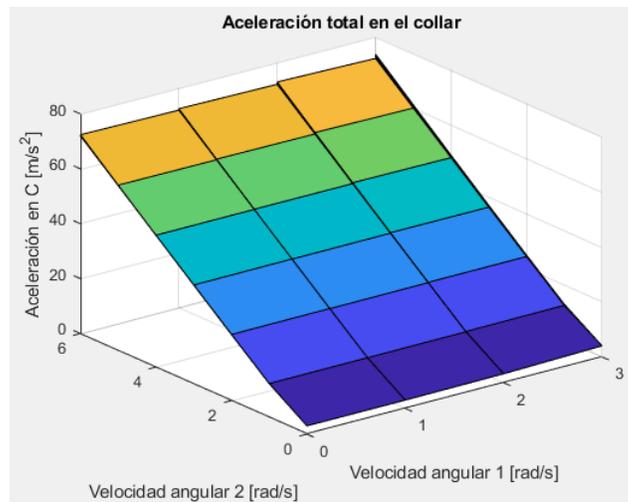
En este caso se observa que el porcentaje crece de manera lineal a una velocidad mayor que en el caso 1, ya que la velocidad angular dos tiene más incidencia en el efecto de coriolis. Por lo tanto, las variaciones de las velocidades angulares hacen que el valor total de la aceleración sea más grande.



### 4.3. Caso 3: Variación de las velocidades angulares 1 y 2

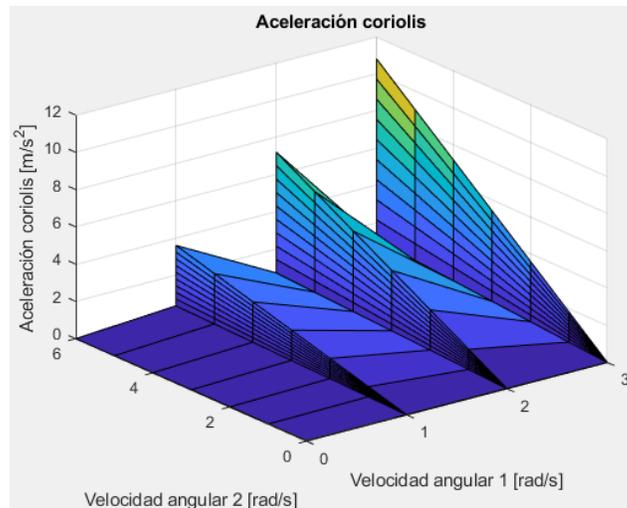
#### 4.3.1. Aceleración en el collar variando velocidades angulares 1 y 2

En esta grafica se observa que a medida que aumentamos el valor de las dos velocidades angulares, el valor total de la aceleración en el collar también aumenta. Se debe aclarar que el cambio en la velocidad angular 1 no se nota demasiado ya que varía con valores más bajos que los de la velocidad angular 2, suponiendo que los valores de la velocidad 1 se aumentaran, seguramente el cambio sería mucho más significativo.



#### 4.3.2. Aceleración de coriolis variando velocidades angulares 1 y 2

En la gráfica se observa que la aceleración de coriolis cambia mucho si se varían las dos velocidades al tiempo, entre más altos sean los valores de ellas más alta será la aceleración de coriolis y por consiguiente tendrá un porcentaje más alto en la aceleración total del collarín.



Los resultados hallados en las gráficas son muy importantes en este análisis ya que dicen cuál es el verdadero efecto de la coriolis en el mecanismo y sirve de base para tomar decisiones cuando estamos diseñando, analizando cuales son las consecuencias de descartar o tomar encuentra el impacto que tiene esta aceleración en el mecanismo.

## 5. Conclusiones

### Conclusiones cualitativas

**Percepción de aprendizaje por parte de las estudiantes:** Esta metodología nos ayudó mucho a entender y analizar de forma diferente este tipo de ejercicios, con esta solución se pudo aprender a resolver estudios dinámicos con coriolis haciendo uso de la programación, la cual, fue un reto para nosotras, ya que nunca habíamos trabajado este tipo de codificación particularmente en el área de dinámica, pero al mismo tiempo fue de gran ayuda y un gran aporte porque se optimizó el problema, dando la posibilidad de resolverlo de una forma en general, teniendo resultados en diferentes puntos y no solo en el que plantea el ejercicio mencionado, poniendo en práctica las habilidades necesarias y así fomentar y mejorar el aprendizaje y así poder aplicarlo en otras situaciones que se nos puedan presentar en la vida profesional.

### Percepción de aprendizaje por parte del profesor:

Experiencias de aula que permitan el desarrollo de actividades didácticas por parte de los estudiantes generan diversas ventajas, entre ellas: mejorar competencias comunicacionales; aumentar los procesos de abstracción por medio del desarrollo de algoritmos y mejorar los espacios de transferencia de conocimiento por e la interacción con pares. De otro lado, construir herramientas para operar problemas en el contexto tridimensional, amplia las opciones de los estudiantes para abordar problemas complejos en un curso de dinámica. Finalmente, contar con instrumentos para evaluar del desempeño del aprendizaje es un excelente recurso que podrá incorporarse en trabajos futuros de la enseñanza de la dinámica.

## Conclusiones cuantitativas

- Cuando  $\omega_1=0$  se observa en la gráfica que el porcentaje de coriolis es 0, este resultado es coherente con el análisis que se ha estado haciendo, ya que en este caso la única velocidad que afecta el collarín es  $\omega_2=\text{constante}$  y esto equivale a un sistema rotatorio que no se encuentra en un plano giratorio.
- Teniendo en cuenta el funcionamiento del dispositivo, se infiere que el collarín quedara en el extremo de la barra, y allí su velocidad y su aceleración se estabilizaran ya que no habrá un desplazamiento por la barra.
- Con las gráficas planteadas se observa que la aceleración de coriolis puede llegar a ser muy alta; comparándola con el valor total de la aceleración en el collar, se puede entender que se da en un gran porcentaje, lo cual implica que siempre se debe tener en cuenta a la hora de hacer un buen análisis, ya que es muy importante la variación que puede causar en estudios dinámicos.

## 6. Referencias

- [1] Hibbeler R.C. (2010). Ingeniería mecánica. Dinámica. Pearson Education, Inc. pp. 553.
- [2] Gabriela Betancur Montoya Código de Matlab almacenado en el repositorio GitHub. (2019). <https://github.com/gbetancurm/EjercicioCoriolis>
- [3] Mesa, R. D., Jiménez, R. D., Restrepo, M. A. (2018). Análisis cinemático del lanzamiento de un *frisbee* mediante acelerómetros y análisis de imágenes digitales. Revista Politécnica, Vol. 14, No. 27, pp. 09-19.
- [4] Urango P.J.C., Carmen M.G., Briñez de León, J.C., Restrepo, M. A. (2017). Validación del uso de fotoelasticidad como herramienta para los cursos de mecánica de sólidos. Revista EIA. Vol. 14, No.28, pp. 117-131.
- [5] Urango P.J.C., Restrepo, M. A. (2018). Desarrollo de un modelo computacional de imágenes de fotoelasticidad para el análisis de esfuerzos dinámicos de rotación en discos de PMMA. Encuentro Internacional de la Educación en Ingeniería ACOFI. pp.295-296.
- [6] Gallego, J.P. Mauricio Franco R.C.M., Restrepo, M. A. (2018). Actividad de evaluación de la aceleración de Coriolis basado en el uso de la programación secuencial para fomentar el aprendizaje integral de estudiantes de Ingeniería Mecánica. Encuentro Internacional de la Educación en Ingeniería ACOFI. pp.119-120.

## Sobre los autores

- **Gabriela Betancur Montoya:** Estudiante de Pregrado en Ingeniería Mecánica. [gbetancurm@unal.edu.co](mailto:gbetancurm@unal.edu.co)
- **Leidy Tatiana Marín Urrego:** Estudiante de Pregrado en Ingeniería Mecánica. [ltmarinu@unal.edu.co](mailto:ltmarinu@unal.edu.co)
- **Alejandro Restrepo Martínez:** Ingeniero Mecánico. Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Mecánica. Magister en Ingeniería y Doctor en Ingeniería. [arestre5@unal.edu.co](mailto:arestre5@unal.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)