

Capítulo 2 MatLab y sus toolboxes como herramientas IoT para facilitar el desarrollo y diseño de sistemas mecatrónicos: Migrando hacia la I 4.0

Chapter 2 MatLab and its toolboxes as IoT tools to facilitate the development and design of mechatronic systems: Migrating towards I 4.0

DE ANDA-LÓPEZ, Rosa María†*, BETANZOS-CASTILLO, Francisco, JIMÉNEZ-CAMPUZANO, Everardo y AGUIRRE-ARANDA, Rodolfo

Universidad Tecnológica del Sur del Estado de México, Dirección de Mecatrónica.

ID 1^{er} Autor: *Rosa María, De Anda-López* / **ORC ID:** 0000-0003-3326-252, **Researcher ID Thomson:** C-7103-2019, **CVU CONACYT ID:** 596793

ID 1^{er} Coautor: *Francisco, Betanzos-Castillo* / **ORC ID:** 0000-0002-7245-703X, **CVU CONACYT ID:** 206209

ID 2^{do} Coautor: *Everardo, Jiménez-Campuzano* / **ORC ID:** 0000-0002-0392-3754, **CVU CONACYT ID:** 993207

ID 3er Coautor: *Rodolfo, Aguirre-Aranda* / **ORC ID:** 0000-0002-2968-9732, **Researcher ID Thomson:** 2939956, **CVU CONACYT ID:** 990003

DOI: 10.35429/H.2019.1.15.27

R. De Anda, F. Betanzos, E. Jiménez y R. Aguirre

*rossyanda@gmail.com

A. Marroquín, J. Olivares, P. Diaz, L. Cruz. (Dir.). Mujeres en la tecnología. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Queretaro, 2019.

Resumen

El presente capítulo tratará sobre los toolboxes que se trabajan en MatLab, empleados como herramientas necesarias que facilitan el cálculo, la simulación, el desarrollo y el diseño de aplicaciones que son altamente I4.0, que son utilizadas de manera muy esporádica en el área de las ingenierías, principalmente por estudiantes, ya que no son de fácil aplicación, ya que las licencias suelen ser de alto costo, aunado a la situación que los centros de investigación cuentan con el uso ilimitados de ellas, lo que ocasiona que sean poco conocidas y, por consecuencia poco manejadas. Además de comprobar que ya se estaba en la era 4.0, que no se le había nombrado de forma específica, y lo más importante una sola plataforma de trabajo, mediante el desarrollo, uso y aplicaciones de toolboxes, se ha vuelto versátil y completa, porque no es necesario aprender grandes códigos de programación, ya que se conoce un ambiente de trabajo bajo el cual se adquiere confianza en el desarrollo de diseños y simulaciones. Demostrando que Matlab es una de los más potentes y completos desarrollos que se han presentado, es al mismo tiempo, una invitación al estudiante a explorar más en este tema, ya que se muestran solo algunas aplicaciones, pero actualmente, Matlab cuenta con muchos más toolboxes, dependiendo del área de especialidad, que permiten mejorar, disminuir y optimizar procesos y diseños, reduciendo el tiempo de análisis y asegurando que el resultado será el más cercano posible con la realidad. Todas ellas herramientas altamente 4.0, en medio de la cuarta revolución industrial, y es un solo software el que permite generar múltiples aplicaciones.

MatLab, I4.0, Cuarta Revolución Industrial, Toolboxes

Abstract

This chapter deals with the tool tables that are used in MatLab, used as tools that facilitate the calculation, simulation, development and design of applications that are highly compatible. engineering, mainly by students, since they are not easy to manage, licenses are usually not available in the same place as research centers have unlimited use of them, the opportunity to be little known, consequently little handled. What is more important is a work platform, through the development, use and applications of the tool boxes, it has become versatile and complete, because it is not necessary to learn large programming codes, since a low work environment is known which builds confidence in the development of designs and simulations. Tools to show that it is easier and more complete, reduce the analysis time and ensure that the result is as close as possible to reality. All the tools were improved 4.0, in the middle of the fourth industrial revolution, and in a single software which allows to generate multiple applications.

MatLab, I4.0, Fourth Industrial Revolution, Toolboxes

Introducción

El presente capítulo muestra la importancia que el desarrollo de toolboxes ha tenido para aplicarse bajo la plataforma de MatLab, misma que ya lleva algunos años desarrollando análisis y desarrollo que han mejorado el tiempo de respuesta. El crecimiento de la demanda, las especificaciones del cliente, el tema de gestión del proceso y hoy el hablar de I4.0, ha exigido que la presentación de resultados se tenga de una manera más rápida, sin perder eficacia y eficiencia, el cliente se vuelve más exigente, y el tema de hoy y ahora se ha vuelto crucial, todos quieren conocer el estado del proceso o procedimiento.

Para poder dar respuesta rápida en estos temas, MathWorks observó que bajo la plataforma de MatLab se podían montar toolboxes que disminuían el proceso de cálculo y análisis, de la misma forma enlazó software de CAD para poder interpretar y realizar análisis complejos de estructuras, movimientos, resistencias, fuerzas y esfuerzos, simular comportamientos de sistemas y modelos bajo diferentes situaciones.

Y lo más importante brindar respuestas en tiempo real, situaciones que llevan a asegurar que este tipo de herramientas son altamente 4.0, y que son aplicables a cualquier área del conocimiento.

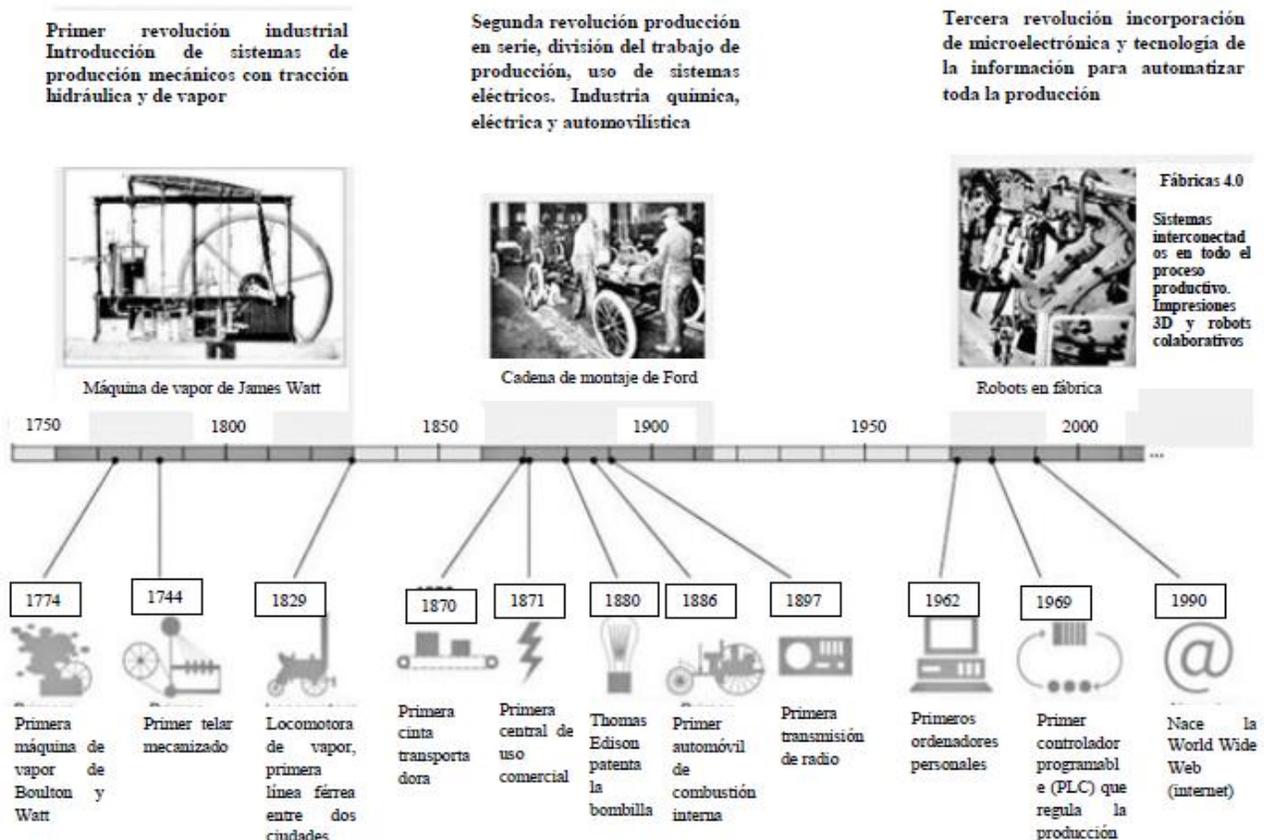
De esta forma se hace un recorrido por la evolución y desarrollo de las revoluciones industriales, que han marcado las tendencias de la manufactura, se presenta a Matlab como una herramienta altamente eficiente y confiable, las altas exigencias de los clientes ha llevado a desarrollar tecnologías igualmente específicas, para enfrentar este reto la empresa desarrolladora del software observó la necesidad de desarrollar toolboxes, que bajo la plataforma de Matlab, puedan generar análisis de un mayor nivel de ingeniería, que puedan resolver cálculos matemáticos utilizando técnicas de análisis numérico, y que se tengan respuestas en tiempo real. Se presenta a Matlab y sus toolboxes como una herramienta altamente 4.0.

Las revoluciones industriales

El hombre ha pasado por muchas etapas hasta llegar al presente, al desarrollo tecnológico actual. Y aunque la costumbre a vivir con diferentes tecnologías a diario, ha sido un camino muy largo, que se vio incrementado, tristemente, con las guerras que se han visto. Detrás de este presente, existe mucho recorrido, muchas personas, muchas ideas, conocimiento e innovaciones. A través de toda la historia el hombre ha desempeñado un papel protagónico en su evolución, principalmente en el desarrollo de las sociedades en la que está inmerso. Desde que se inició la primera revolución industrial con la aparición de la máquina de vapor y el telar, el hombre no ha dejado de evolucionar en el contexto de cambiar todo a su paso, llevando a la sociedad a una transformación importante.

Como consecuencia del crecimiento de la producción, se hacía necesario aumentar también la eficiencia de la misma. La segunda revolución industrial, a partir del año 1870, surgió a raíz de un conjunto de nuevas transformaciones técnicas y económicas produciendo grandes cambios en el proceso de industrialización (Guerrero Cano, 2018). La electricidad y la producción en cadena fueron los precursores de esta segunda revolución. El proceso de industrialización cambió su naturaleza y el crecimiento económico varió de modelo de fabricación. Este proceso se produjo en el marco de la denominada primera globalización que supuso una creciente internacionalización de la economía de los países. La tercera revolución Industrial, también llamada la revolución científico-tecnológica o revolución de la inteligencia, se asienta sobre nuevas tecnologías de la información y la comunicación, la automatización y electrónica, así como en las innovaciones que permiten el desarrollo de energías renovables. En la figura 2.1, se muestra las relevancias de las tres primeras revoluciones industriales.

Figura 2.1 Las tres revoluciones industriales



Fuente: (i-scoop, 2016)

Industria 4.0: La cuarta revolución industrial

Lo más importante para tomar en cuenta en esta revolución tecnológica es que se modifican fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. Los cambios son importantes, rápidos y condicionan la actitud, adaptabilidad y hoy el estar preparados en habilidades, competencias y destrezas especiales, darán las mejores opciones a los nuevos enfoques de empleabilidad a nivel global (i-scoop, 2016). La sociedad hoy, se enfrenta a transformaciones tales como la digitalización, la interconectividad, el internet de las cosas, los sistemas ciberfísicos, cloud computing, la impresión 3D, la robótica avanzada, los vehículos autónomos, la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje de máquinas, los vehículos eléctricos, Big Data, Business Intelligence, los materiales avanzados, la Biotecnología, la Genética, y muchas aplicaciones más en todas las áreas del conocimiento, mismas que han modificado la manera de pensar y actuar, ya que se debe de estar conectado en todo lugar y en todo momento.

Y no sólo las máquinas se verán afectadas, hoy se habla de sociedades más longevas y del envejecimiento poblacional, la conciencia creciente de los consumidores sobre privacidad online, participación del consumidor en el proceso productivo, y conceptos que implican que todos debemos de conocer en tiempo y forma cómo se desarrolla el proceso, el servicio o el producto (Guerrero Cano, 2018).

La Industria 4.0 plantean retos de cómo los procesos, las tecnologías y los desarrollos deben ser orientados a mantener el valor de los productos y servicios el mayor tiempo posible, minimizando el desperdicio de materias primas, recursos y energía, retos que no son nuevos, pero que hoy deberán de ser monitoreados todo el tiempo y contar con la certeza de que se alcanzan estas metas. Para lograr esto, serán necesarias transformaciones en todos los ámbitos que exigirían un esfuerzo de adaptación a las fábricas, instituciones y a la sociedad en general.

La industria 4.0 es la transformación digital de los mercados industriales (transformación industrial) con la fabricación inteligente actualmente en la vanguardia. La Industria 4.0 representa la llamada cuarta revolución industrial en la fabricación discreta y de procesos, la logística y la cadena de suministro (Logística 4.0), la industria química, la energía (Energía 4.0), el transporte, los servicios públicos, el petróleo y el gas, la minería y los metales y otros segmentos. Incluyendo recursos de industrias, sanidad, farmacéutica e incluso las llamadas ciudades inteligentes (Smart cities) (i-scoop, 2016).

Ante este panorama de desarrollo acelerado y de adaptación a las tecnologías emergentes las instituciones de educación superior enfrentan el reto de preparar a sus alumnos para que tengan la capacidad de resolver los problemas que hoy en día se presentan, el sector empresarial requiere de personal altamente especializado.

El término 4.0 ha permeado en todos los sectores, en todas las dimensiones, se habla de Agricultura 4.0, de Salud 4.0, de Industria 4.0, del internet de las cosas, del Big Data, de tecnologías emergentes, situación que exige una mayor preparación por parte de las instituciones de educación superior para que sus egresados enfrenten estos nuevos retos.

No hemos salido de la cuarta revolución industrial cuando ya estamos hablando de la quinta, también del diseño de la funcionalidad de codificación de red para redes 5G (Do-Duy, 2018). El futuro de la tecnología pasa a través del concepto de “Singularidad Tecnológica”. El término Singularidad Tecnológica se atribuye al matemático y físico húngaro John von Neumann, en el año 1958. Aunque no fue hasta más tarde, en el año 1984, cuando fue popularizado por Vernor Vinge, matemático y autor de ciencia ficción, en su libro “La guerra de la paz” (Guerrero Cano, 2018). Según los expertos, la Singularidad Tecnológica provocará que la civilización sufra tal aceleración del progreso produciendo la incapacidad de predecir sus consecuencias.

MatLab, el lenguaje del cálculo técnico

Todo estudiante de ingeniería que se jacte de serlo, deberá de manejar este lenguaje de programación, es considerado uno de los entornos que permite el cálculo numérico y visualización (Nereida, 2017).
Integra:

- Análisis numérico
- Cálculo matricial
- Procesamiento de señales
- Gráficos

Es un entorno fácil de usar, donde los problemas y las soluciones son expresados como se escriben matemáticamente, sin la programación tradicional. El nombre MATLAB proviene de “MATrix LABoratory” (Laboratorio de Matrices). Fue escrito originalmente para proporcionar un acceso sencillo al software matricial desarrollado por los proyectos LINPACK y EISPACK, que juntos representan lo más avanzado en programas de cálculo matricial.

MATLAB es un sistema interactivo cuyo elemento básico de datos es una matriz que no requiere dimensionamiento. Esto permite resolver muchos problemas numéricos en una fracción del tiempo que llevaría hacerlo en lenguajes como C, BASIC o FORTRAN. MATLAB ha evolucionado en los últimos años a partir de la colaboración de muchos usuarios. En entornos universitarios se ha convertido en la herramienta de enseñanza estándar para cursos de introducción en álgebra lineal aplicada, así como cursos avanzados en otras áreas.

En la industria, MATLAB se utiliza para investigación y para resolver problemas prácticos de ingeniería y matemáticas, con un gran énfasis en aplicaciones de control y procesamiento de señales. MATLAB también proporciona una serie de soluciones específicas denominadas TOOLBOXES. Estas son muy importantes para la mayoría de los usuarios de MATLAB y son conjuntos de funciones MATLAB que extienden el entorno MATLAB para resolver clases particulares de problemas como:

1. Procesamiento de señales
2. Diseño de sistemas de control
3. Simulación de sistemas dinámicos
4. Identificación de sistemas
5. Redes neuronales y otros.

Probablemente la característica más importante de MATLAB es su capacidad de crecimiento. Esto permite convertir al usuario en un autor contribuyente, creando sus propias aplicaciones. En resumen, las prestaciones más importantes de MATLAB son:

- Escritura del programa en lenguaje matemático.
- Implementación de las matrices como elemento básico del lenguaje, lo que permite una gran reducción del código, al no necesitar implementar el cálculo matricial.
- Implementación de aritmética compleja.
- Un gran contenido de órdenes específicas, agrupadas en TOOLBOXES.
- Posibilidad de ampliar y adaptar el lenguaje, mediante ficheros de script y funciones.m.

Se puede observar que aplicar este programa en la solución de problemas, permitirá iniciar el proceso hacia la Industria 4.0, es una de las primeras herramientas que es indispensable conocer y manejar, ya que procesa y manipula grandes cantidades de datos, permite contar con la interacción con otras aplicaciones gracias a sus toolboxes, permite manejo de elementos gráficos y es el inicio de desarrollos importantes para soluciones relevantes.

Bedoya Rincón, (2019), propone el control cinemático avanzado del robot móvil krobot con sensores de entorno, empleando plataforma Raspberry pi (Ubuntu) vinculada con la utilización en Matlab-Simulink. En la siguiente sección se describe la utilización de otra herramienta rcvtools de Matlab para análisis cinemático de robot que se han implementado con éxito, esto implica que existe una amplia gama de herramientas y de posibilidades de solución a retos de la I4.0.

Uso de rcvtools de matlab como herramienta didáctica para desarrollar el análisis cinemático de un robot

Se ha hablado del desarrollo de toolboxes que permiten utilizar a Matlab como medio de cálculo y análisis, uno de ellos, y que resulta ser altamente relevante, por la gran aportación que brinda al análisis de la cinemática directa e inversa de un robot, y que permite optimizar el tiempo de cálculo de un robot, pero que además permite ser una herramienta de apoyo hacia sustentar el manejo y trabajo en la I 4.0.

La liberación del toolbox de robótica (rcvtools), creado por Peter Corke, representa más de quince años de desarrollo y un nivel sustancial de la madurez analítica. Este toolbox proporciona muchas funciones que son útiles para el estudio y simulación de la robótica de tipo brazos industriales, por ejemplo, cosas tales como la cinemática, dinámica y generación de trayectoria. Esta aplicación se basa en un método muy general de lo que representa la cinemática y la dinámica de manipuladores. Estos parámetros se encapsulan en MATLAB ® objetos - objetos robot pueden ser creados por el usuario para cualquier manipulador genere una serie de vínculos y una serie de ejemplos se proporcionan para así conocer los robots como el Puma 560 y el brazo de Stanford, entre otros. También proporciona funciones para manipular y la conversión entre tipos de datos tales como vectores, transformaciones homogéneas y la unidad cuaterniones que son necesarias para representar la posición 3-dimensional y la orientación de un robot.

Esta aplicación disminuye el proceso largo y cansado que es el cálculo de parámetros, a continuación, se hace un resumen del proceso que se sigue:

Se deben de plantear los parámetros Denavit-Hartenberg (D-H): Según la representación D-H, escogiendo adecuadamente los sistemas de coordenadas asociados para cada eslabón, será posible pasar de uno al siguiente mediante 4 transformaciones básicas que dependen exclusivamente de las características geométricas del eslabón.

En 1955 Denavit y Hartenberg propusieron un método matricial que permite establecer de manera sistemática un sistema de coordenadas. La representación de Denavit-Hartenberg (D-H) establece que seleccionándose adecuadamente los sistemas de coordenadas asociados a cada eslabón, será posible pasar de uno al siguiente mediante 4 transformaciones básicas que dependen exclusivamente de las características geométricas del eslabón (figura 2.2).

Estas transformaciones básicas consisten en una sucesión de rotaciones y traslaciones que permitan relacionar el sistema de referencia del elemento i con el sistema del elemento $i-1$. Las transformaciones en cuestión son las siguientes:

1. Rotación alrededor del eje z_{i-1} un ángulo q_i
2. Traslación a lo largo de z_{i-1} una distancia d_i ; vector d_i (0,0, d_i).
3. Traslación a lo largo de X_i una distancia a_i ; vector a_i (0,0, a_i).
4. Rotación alrededor del eje X_i , un ángulo θ_i .

Recordemos los pasos para formar la matriz y resolverla, en donde se desarrolla la expresión:

$$A_{i-1}^i = T(z, \theta_i) \cdot T(0,0, d_i) \cdot T(a_i, 0,0) \cdot T(x, \alpha_i) \quad (1)$$

Desarrollando la expresión:

$$A_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i & 0 & 0 \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Se obtienen las expresión general de D-H, donde θ_i , d_i , a_i , α_i son los parámetros D-H del eslabón i :

$$A_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & a_i \sin \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para que la matriz A_{i-1}^i relacione los sistemas coordenados O_i y OO_{i-1} , es necesario que los sistemas coordenados se determinen mediante los siguientes pasos:

1. Numerar y etiquetar el eslabón fijo (base) como 0.
2. Numerar y etiquetar los eslabones móviles desde 1 hasta n eslabón móvil.
3. Localizar y numerar el eje de cada articulación y etiquetarla comenzando desde z_0 hasta z_{n-1} . Si la articulación es rotativa, el eje será su propio eje de giro. Si la articulación es prismática, el eje será a lo largo del cual se produce el desplazamiento.

Establecimiento del sistema coordenado de la base:

4. Establecer el sistema coordenado de la base estableciendo el origen como O_0 en cualquier punto del eje z_0 . Arbitrariamente establecer los ejes x_0 y y_0 respetando la regla de la mano derecha.

Establecimiento de los sistemas coordenados de las demás articulaciones:

5. Localizar el origen O_i :
 - a. En la intersección del eje z_i con la línea normal común a la intersección de z_i y z_{i-1} .
 - b. En la intersección de z_i y z_{i-1} , si es que z_i y z_{i-1} se intersectan.
 - c. En la articulación i , si z_i y z_{i-1} son paralelos.
6. Establecer x_i :
 - a. A lo largo de la línea normal común entre los ejes z_i y z_{i-1} que pasan por O_i .
 - b. En la dirección normal al plano formado por z_i y z_{i-1} , si es que estos dos ejes se intersectan.
7. Establecer y_i de acuerdo a la regla de la mano derecha.

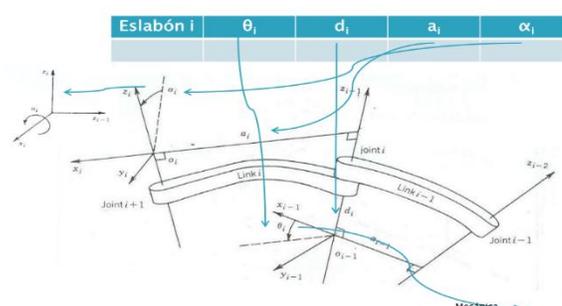
Establecimiento de los sistemas coordenados de la herramienta:

8. Localizar el sistema coordenado n-ésimo en el extremo del robot. Si es una articulación rotacional, establecer z_n a lo largo de la dirección z_{n-1} y establecer el origen O_n de la manera que más convenga a lo largo de z_n , preferente en el centro de la pinza o la punta de cualquier herramienta que el robot tenga montada.
9. Establecer x_n y y_n de acuerdo a la regla de la mano derecha. Si la herramienta es una pinza, es común establecer el eje y_n entre los “dedos” de la pinza y x_n será ortogonal a z_n y y_n .

Obtener las matrices de transformación homogéneas.

10. Crear una tabla con los parámetros D-H de los eslabones:

Figura 2.2 Análisis de eslabones de un mecanismo



Fuente: i-scope, 2016

Donde:

θ_i = Es el ángulo formado por los ejes x_{i-1} y x_i medido en un plano perpendicular a z_{i-1} utilizando la regla de la mano derecha. Este es un parámetro variable en articulaciones rotatorias.

d_i = Es la distancia a lo largo del eje z_{i-1} desde el origen O_{i-1} hasta la intersección del eje x_i con el eje z_{i-1} . Este es un parámetro variable en articulaciones prismáticas.

a_i = Para articulaciones rotatorias: es la distancia a lo largo del eje x_i desde el origen O_i hasta la intersección del eje z_i con el eje z_{i-1} . Prismáticas: es la distancia más corta entre los ejes

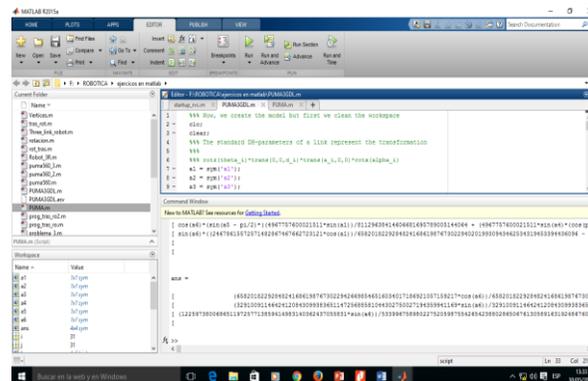
α_i = Es el ángulo formado por los ejes z_i y z_{i-1} medido en un plano perpendicular al eje x_i utilizando la regla de la mano derecha.

11. Realizar la matriz D-H de transformación homogénea A_{i-1}^i para cada eslabón de acuerdo a los datos de la tabla del punto anterior.
12. Obtener la matriz de transformación que relacione el sistema coordinado de la base con el sistema coordinado del extremo del robot, resultando en la posición y la orientación del sistema coordinado de la herramienta expresado en coordenadas de la base.

$$T = A_0^n = \prod_{i=1}^n A_{i-1}^i \quad (4)$$

Como se observa el proceso matemático es largo, tedioso y en ocasiones, para evitar estos cálculos se utiliza la herramienta rcvtools en Matlab, para poder determinar y calcular el análisis cinemático tanto directo como inverso, para esto se genera el programa correspondiente y se determinan trayectorias básicas, de tal forma, que permitan visualizar si son los movimientos requeridos y no provocará algún tipo de accidente. Se genera programa en donde se calcule la cinemática directa e inversa del robot PUMA de 3 GDL, se plantean los parámetros D-H y se generan los comandos para generar trayectorias y modelo básico del robot. Se plantea el análisis de cinemática utilizando rcvtools:

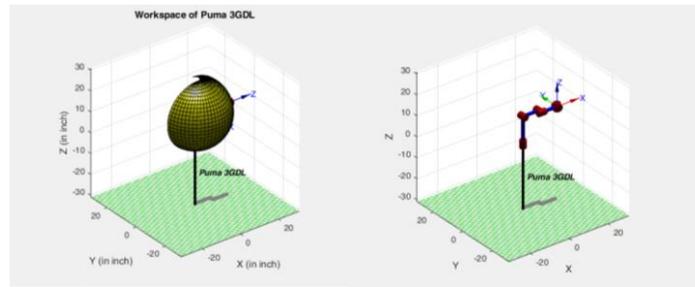
Figura 2.3 Análisis cinemático



Fuente: Elaboración Propia

En este apartado es muy importante mencionar que el diseño del programa para realizar el análisis es más simple que solamente utilizando Matlab mostrado en la figura 2.3, los comandos especiales permiten hacer de manera más simple el cálculo. Los resultados de la generación de espacios de trabajo y trayectorias, son mostrados en la figura 2.4.

Figura 2.4 Creación de espacio de trabajo y trayectoria con rcvtools de matlab



Fuente: Elaboración Propia

Se observa que además de brindar muchísimas más facilidades para el cálculo matemático, también se puede generar de manera gráfica la trayectoria del robot y la vista de las articulaciones, con lo cual se calcula también el grado de libertad, se puede generar un análisis de fuerzas y esfuerzos, lo que permite que la herramienta brinde muchas más opciones gráficas, esta situación permite que se desarrollen controles que interactúen de manera física y virtual, nuevamente llevando hacia la aplicación de la I4.0.

Conociendo SimMechanics, una herramienta altamente 4.0

SimMechanics es herramienta en ingeniería que se utiliza para modelar y simular sistemas mecánicos de forma muy fácil y eficiente en el ambiente de Matlab Simulink, además de poder realizar el estudio y análisis de sistemas sin la necesidad de escribir complejas ecuaciones y modelos matemáticos. El estudio de los sistemas mecánicos puede ser realizado desde la interfaz gráfica de Simulink. SimMechanics permite trabajar con diagramas de bloques para simular el movimiento de sistemas mecánicos y medir el movimiento generado por la actuación mecánica.

SimMechanics ofrece una amplia biblioteca de herramientas que permite especificar las propiedades de un cuerpo, como su masa, su posible movimiento, sistemas de coordenadas, entre otras.

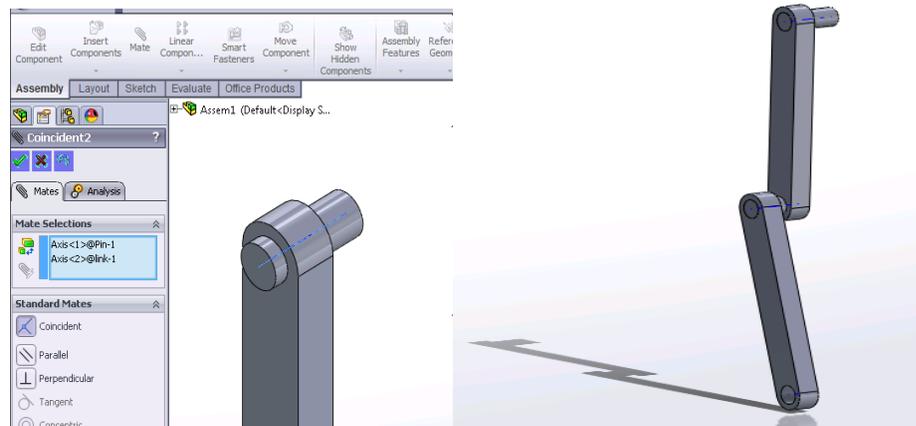
La representación de los sistemas mecánicos se hace mediante diagramas de bloques, como cualquier otro modelo de Simulink. Los bloques de SimMechanics se unen de manera normal a los bloques de Simulink mediante los bloques de sensores y actuadores. Con las herramientas de visualización de SimMechanics se pueden animar y desplegar de manera muy sencilla interpretaciones en tercera dimensión de sistemas mecánicos.

Para modelar y simular un sistema mecánico, primero, es necesario especificar las propiedades de los cuerpos como la masa, la inercia, los grados de libertad y los ejes de coordenadas sobre los cuales actuarán los cuerpos. Posteriormente se colocarán sensores que medirán las fuerzas y movimientos de los cuerpos, así como actuadores y elementos de fuerza que generarán el movimiento del sistema. Una vez que los componentes básicos del modelo del sistema están listos, se realizará la simulación en donde Simulink realizará la tarea de encontrar los movimientos del modelo del sistema mecánico. Por último, visualizar el sistema mecánico y la animación de la simulación, es posible gracias a la ventana de visualización de SimMechanics (The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT , 2007).

Este toolbox es una potente herramienta, cuyas aplicaciones tienen todo el aspecto 4.0, es decir permiten el manejo de grandes cantidades de información, procesan y envían al usuario final los análisis y simulaciones requeridas, además de que permite trabajarse de manera remota y conjunta gracias a la red, es importante mencionar que para generar análisis importantes, se requiere:

1. La construcción del mecanismo en un software CAD, siendo el más compatible SOLIDWORKS (figura 2.5), en donde se deberá de indicar en el ensamble los elementos que tendrán movimiento entre sí, para definir el tipo de eslabón a trabajar, ya que de esta forma se estarán definiendo parámetros de análisis. Se guarda el modelo con extensión XML.

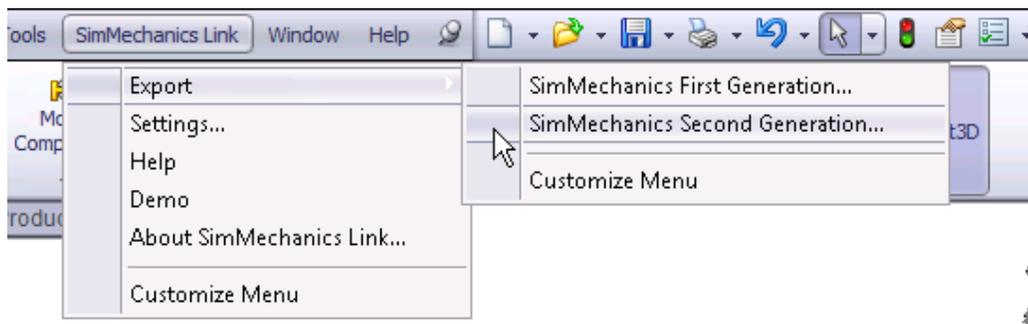
Figura 2.5 Diseño en SOLIDWORKS



Fuente: (The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT , 2007)

- Se exporta el diseño creado en SOLIDWORKS, es importante mencionar que previos a esta acción ya se descargó el toolbox a Matlab, para que utilizando la función de exportar Matlab genere el código de diseño, a través de simulink, y éste pueda ser leído y comprendido por SimMechanics. Otros CAD's con los que son compatibles son PTC Creo and the Autodesk Inventor.

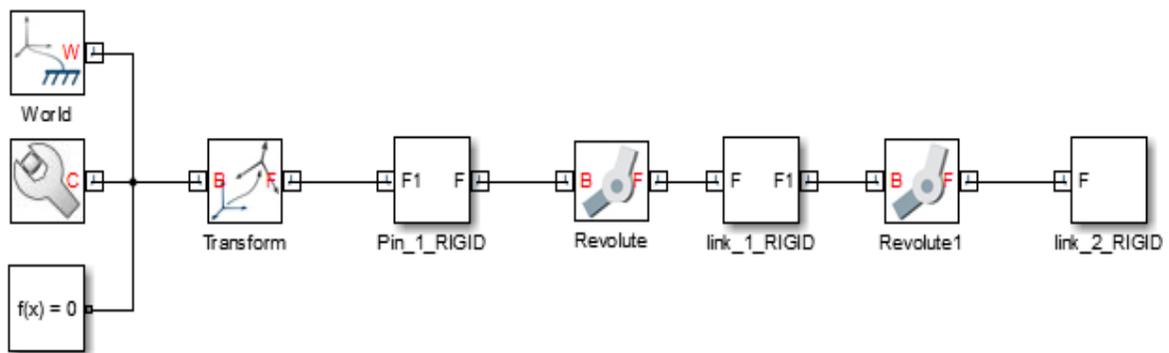
Figura 2.6 Se exporta en diseño a SimMechanics



Fuente: (The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT , 2007)

- Se genera un archivo XML para el ensamble, así como archivos STL para la geometría. El archivo XML contiene la estructura del ensamble y los parámetros de la pieza necesarios para generar un modelo de SimMechanics equivalente, como por ejemplo los marcos de referencia, la masa e inercia, el color y la ubicación (figura 2.6). Posterior a este paso se genera el modelo en SimMechanics, en donde el archivo XML es exportado a Simulink, utilizando el comando smimport, generando un modelo como el que se muestra en la figura 2.7.

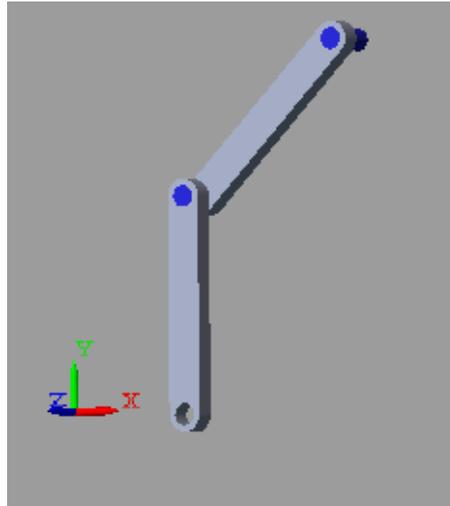
Figura 2.7 Modelo exportado en Simulink smimport('DoublePendulum.xml')



Fuente: (The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT , 2007)

A continuación, se procede a mostrar el resultado de los movimientos del sistema, como muestra la figura 2.8:

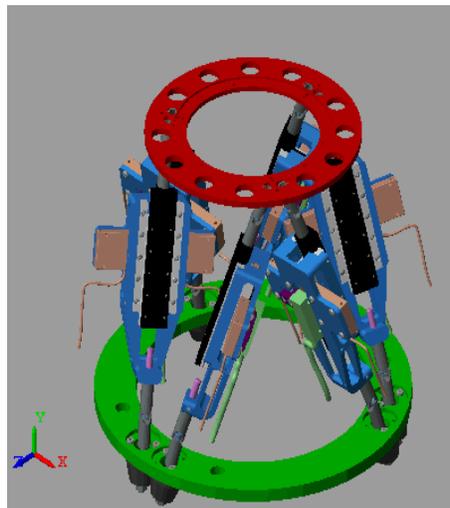
Figura 2.8 Resultado en movimiento



Fuente: (The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT , 2007)

Si además, se utiliza la plataforma interactiva creada por Steve Miller, se pueden observar ensambles mucho más complejos, cuyo análisis de manera analítica costaría un gran esfuerzo y estaría muy limitado, esta situación se observa en la figura 2.9.

Figura 2.9 Ensamble complejo analizado con SimMechanics y la plataforma de Steve



Fuente: (The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT , 2007)

Utilizando QuickerSim una herramienta CFD, para análisis de fluidos

¿Ha escuchado hablar de ANSYS? Si la respuesta es no, ANSYS es un programa que permite generar un análisis, basado en elemento finito, sobre el flujo de un fluido y la transferencia de energía, situaciones que hasta nuestros días, y que ya se habla de una cuarta revolución industrial, no se han podido resolver. Todas las ecuaciones que resuelven este tipo de fenómenos han sido planteadas, pero no resueltas de forma analítica, por lo que se desarrollaron métodos numéricos para poder acercarse a una solución.

ANSYS permite generar de una manera más rápida el cálculo, siempre y cuando ya se cuente con la geometría de análisis y algunos parámetros de cálculo, que permitan poder generar que el proceso converja y se pueda acercar al comportamiento real del sistema.

Adquirir una licencia para poder trabajar de forma completa y contando con todos los módulos de análisis para ANSYS no es económico, y generalmente lo adquieren los grandes centros de investigación, o aquellos sectores industriales que requieren un análisis de su proceso, para poder generar el modelo real de trabajo.

Ante esta situación nace QuickerSim CFD Toolbox para MATLAB, en donde se considera como una potente herramienta de análisis de flujo incompresible, principalmente aplicado a las ecuaciones de NavierStokes, que funciona en MATLAB con una versión completa y gratuita. Se pueden manejar simulaciones de flujo de fluidos tanto estacionarios como transitorios.

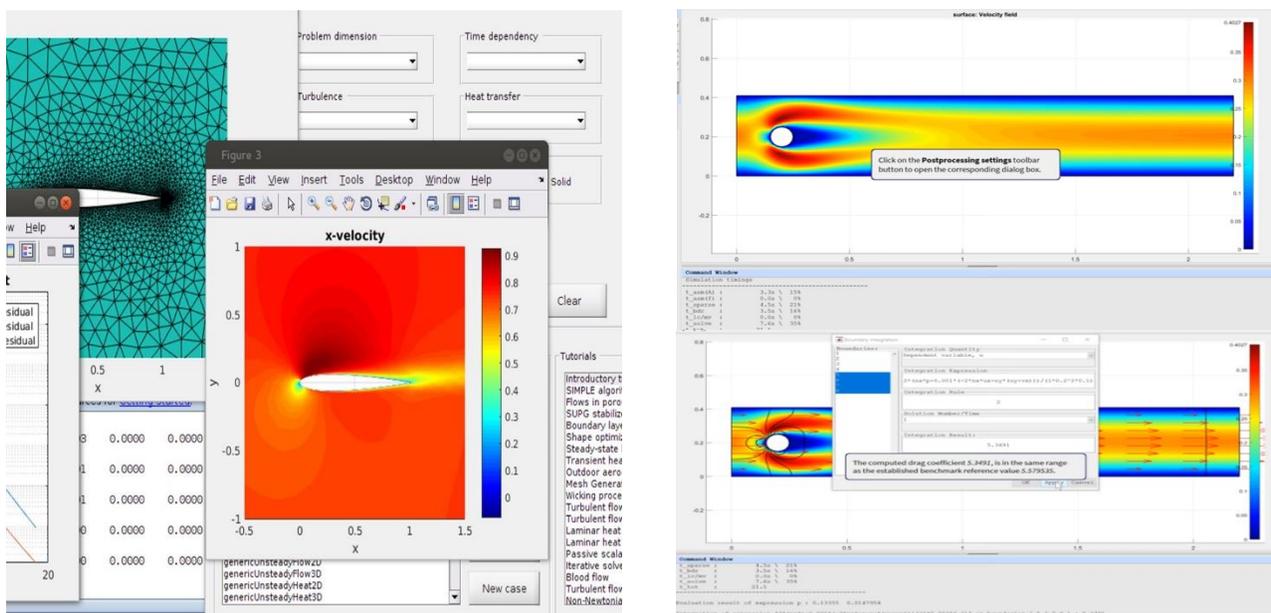
Este toolbox es una tercera parte de un gran proyecto que tiene MATHWORKS, que apoya en la resolución de flujos de fluidos en el entorno de MATLAB. También permite simular la transferencia de calor en sólidos y fluidos, así como resolver ecuaciones de convección-difusión. Su implementación se basa en el método de elementos finitos (FEM).

Esta situación permite generar análisis de una manera más rápida, ya que solo se descarga en toolbox y éste trabaja bajo la plataforma de Mat Lab, aunque se deben de seguir ciertos aspectos importantes de trabajo:

1. Se debe de contar con la geometría del elemento de análisis, y contar con el archivo mesh.
2. Se importa el archivo. mesh a Matlab para que pueda ser leído y entendido por el software.
3. Se selecciona el método de análisis que se apegue al sistema de análisis.
4. Se colocan los parámetros de cálculo y se da correr la aplicación, si la solución converge y arroja de manera visual el comportamiento del sistema, flujos, transmisión de calor, comportamiento del sistema, de esta forma se permite tomar decisiones de diseño importante.

En la figura 2.10, se muestran los resultados arrojados después de hacer el análisis con el toolbox.

Figura 2.10 Ejemplos de análisis realizados con Matlab y su toolbox Quicker Sim



Fuente: (The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT , 2007)

Conclusiones

Como se puede observar aprender a utilizar Matlab permite a todo estudiante de ingenierías, a iniciar un proceso de análisis, diseño, desarrollo, de una manera más eficiente, permite optimizar tiempos y esfuerzos, claro está debe de contarse con las bases matemáticas y físicas para poder identificar los parámetros y las variables correctas para realizar una simulación. Estas herramientas generan asertividad de que se inicia con el proceso 4.0, término que ha generado expectativas muy altas, ha impuesto modas, tal vez consideradas de manera errónea, pero es la tendencia de los procesos y procedimientos.

En procesos de manufactura, estas herramientas optimizan el tiempo de cálculo, y la simulación permitiendo observar al usuario el comportamiento de un sistema antes de manufacturar; se pueden contar con procesos intangibles, en donde se deben de contar con controles que permitan conocer el estado del proceso en tiempo real pero además, poder mostrar al usuario final el proceso como lo requiere.

Son herramientas versátiles, algunas más nuevas que otras, pero lo importante y relevante de esta información es mostrar que ya se trabajaba con la digitalización de información, ya se contaba con tecnología emergente, que surgió como necesidad para poder agilizar tiempos de entregas, para contar con la certeza de que el sistema, máquina o mecanismo diseñaba realizaría las labores para las que se diseñaba.

Se visualizó una amplia gama de herramientas y de posibilidades de solución a retos de la I4.0, decidir cuál presenta ventajas sobre las demás es un tanto subjetivo, ya que esto dependerá del contexto de aplicación en ingeniería en particular y de los recursos que tengan a la mano los investigadores y estudiantes.

Finalmente, utilizar estas herramientas han mejorado tiempos de entrega, se han optimizado y asegurado procesos y procedimientos, han brindado trazabilidad y transparencia a productos, procesos y procedimientos, y lo más importante sin ponerle nombre ya se estaba en la era 4.0, manejar Matlab brindará a los estudiantes e investigadores una herramienta potente, dinámica y asertiva en la solución de problemas de alto grado de complejidad, además de que los toolboxes permiten mejorar el tiempo de cálculo, permiten simular y sobre todo generan interacción con otros softwares que vuelven el proceso complejo en uno más simple de manejar sin disminuir la complejidad de cálculo, simplemente ayudan y apoyan al investigador y alumno a entregar evaluaciones certeras y confiables.

Referencias

- Bedoya Rincón, J. (2019). *Control cinemático avanzado del robot móvil krobot con sensores de entorno*. Ingeniería en sistemas y automática. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10630/17643>
- Do-Duy, T. *Design of network coding functionality for 5G networks* (Doctoral dissertation, Universitat Autònoma de Barcelona).
- Guerrero Cano, M. (2018). *manuelguerrerocano.com*. Obtenido de <https://manuelguerrerocano.com/quinta-revolucion-industrial-singularidad/>
- i-scoop. (2016). *www.i-scoop.eu*. Obtenido de https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#Industrie_40_principles_horizontal_and_vertical_integration
- Nereida. (2017). *http://nereida.deioc.ull.es*. Obtenido de <http://nereida.deioc.ull.es/~pcgull/ihiu01/cdrom/matlab/contenido/node5.html>
- The MathWorks, Inc. © COPYRIGHT . (2007). *www.mathworks.com*. Obtenido de https://www.mathworks.com/videos/simmechanics-introduction-69809.html?s_tid=srchtitle