

ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE UN MECANISMO DE THEO JANSEN

Bautista Montejo, Antonio (1), Tadeo Chávez, Alejandro (2), Torres Chimal, Francisco (3)

1 [Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | Dirección de correo electrónico: [tonymontejoo48@gmail.com]

2 [Ingeniería Mecatrónica, Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | Dirección de correo electrónico: [altadeo@itesi.edu.mx]

3 [Ingeniería en Sistemas Automotrices, Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato] | Dirección de correo electrónico: [fernando.torres@itesi.edu.mx]

Resumen

El presente trabajo se muestra el desarrollo de una simulación dinámica-cinemática de un mecanismo del tipo Theo Jansen, en donde se desarrolla un estudio de movimiento en contacto con la superficie donde se realiza el desplazamiento del mecanismo, es decir, se simula su movimiento de desplazamiento lo más cercano a un dispositivo real. En la configuración empleada solo se empleó un sistema que consiste de cuatro patas delanteras y cuatro traseras. Además se realizó un análisis energético con el cual es posible determinar su estabilidad al momento de caminar, es decir se determinó la energía de cada elemento del mecanismo que constituye la pata y así en todos los elementos de la pata del sistema, con lo cual se integra todas las energías presentes en su movimiento para determinar una gráfica en donde se muestre las variaciones de energía presentes durante el movimiento del sistema. Para su desarrollo fue necesario el uso de diversos softwares de diseño, en los cuales se combina la destreza y capacidades de cada uno de ellos, pudiendo lograr una simulación de movimiento que pronostica un mejor diseño al momento de desarrollar un prototipo funcional.

Abstract

The present investigation show the development of the simulation dynamic and cinematic about Theo Jansen type mechanism, the study of the movement on the contact with the surface where it make the displacement of the mechanism, in simple terms, the present simulation is it the more approximate to a real device. The select configuration was a system integrate by four legs front and four hind legs. In addition is the realization of the energetic analysis, the purpose of the analysis is determinate the stability of the mechanism, in conclusion, it was determinate the energy of the all element that constitute the system, for then integrated all energy for the determination of the graphic where show the variations of the energy present in the movement of the system. For the development was necessary the use of different simulation software, these software are the combination of the different capacity and proprieties, in conclusion these characteristic of the software can a good simulation, this simulation predict a better design in the moment of the construction of functional the prototype.

Palabras Clave

Mecanismo; Locomoción; paso

INTRODUCCIÓN

El análisis dinámico y cinemático de mecanismos con la capacidad de caminar ha sido un tema de interés desde inicios de la aclamada robótica no obstante la idea y visualización de sistemas capaces de desplazarse usando como medio pies en lugar de ruedas ha sido un tema atrayente incluso después de la invención de la ya mencionada rueda, como lo justifica [1] en su investigación en la cual se tienen registros en china 200 A.C. para ser exactos se tienen registros de una máquina caminante la cual era utilizada para caminar, así como también hablando con respecto al tiempo en 1968 en Estados Unidos se tiene conocimiento de un prototipo que logro pasar sus primeras pruebas logrando caminar evadiendo obstáculos durante su desplazamiento.

Teniendo en cuenta anteriores investigaciones y sus aportaciones el estudio de sistemas caminantes cobra popularidad e independencia llegando a estimar en un futuro ser una sub-disciplina dentro de la robótica.

Introducción a la locomoción de mecanismos

Como parte de la investigación también es necesario el conocimiento sobre la locomoción y que es a lo que se refiere esta definición.

La cual puede definirse el movimiento realizado por una persona, animal u objeto que le permita desplazarse de un punto a otro, en lo que respecta al estudio de la locomoción lo menciona [2] en su apartado el cual resalta a E. J. Marey quien inventó un dispositivo de grabación neumática en la década de 1870 el cual mediante sensores y con la ayuda de una pluma en una grabadora de relojería [Marey, 1874] le permitió grabar diferentes patrones en diferentes posturas utilizando sujetos de prueba. No menos importante Eadweard Muybridge que mediante el uso de cámaras que permitía tomar fotos a alta velocidad consiguió tener una colección de fotos sobre movimientos de caballos durante su marcha esto solo fue el comienzo de una gran carrera larga llegando a trabajar como los de [por ejemplo,

Collins y Stewart, 1993a, b, Collins y Richmond, 1994]; neurocientíficos empezaron a estudiar la estructuras que controlan la locomoción [por ejemplo, Grillner, 1985], y en robótica han tratado de emularla capacidad, así como la encarnación de sus teorías de la inteligencia en robots con patas [por ejemplo, Raibert, 1988, Brooks, 1989].

Añadiendo también lo mencionado por [3] podemos destacar los siguientes términos basados en Alexander (1984), Todd(1985), Song y Waldron (1989) y Wadden(1998).

Factor de trabajo: es la duración respecto al tiempo que dura la zancada para que el pie toque el suelo (fase de apoyo)

Ciclo de tiempo: el tiempo que dura la zancada para completar el movimiento completo de las piernas

Eventos durante la marcha: la colocación o elevación que tiene lugar durante la locomoción de una zancada.

Fase relativa (ϕ_1): el tiempo transcurrido desde un punto de referencia elegido durante la fase de locomoción hasta que el pie toca suelo por primera vez dando como resultado una fracción del ciclo de tiempo.

Siendo estas definiciones encontradas con otro nombre debido a la perspectiva de cada autor.

Clasificación de mecanismos caminantes

Como parte de los avances en los estudios de máquinas caminantes se ha llegado a la necesidad de establecer una clasificación en base a diferentes parámetros no solo en el número de patas como en un principio era el único aspecto a considerar pero que conforme avanzaba la tecnología y nuevos diseños aparecían esta forma de clasificación quedo obsoleta en base a lo anterior y lo propuesto en [14] existen formas de clasificación con base en los siguientes criterios que en la actualidad serian de mucha más utilidad que un simple conteo de patas.

- Número de patas,
- Tipo de ambiente,
- Propósito.

Todo lo anterior deja en claro que el estudio relacionado a estos maravillosos cuerpos caminantes ha sido de interés científico durante décadas ahora bien resaltando a uno de ellos tenemos que en años más recientes Theo Jansen,[5] un inventor holandés ha creado una multitud de máquinas capaces de moverse libremente bajo la acción del viento, la simple energía potencial de este elemento genera la energía suficiente para dar movimiento a sus diversos mecanismos, como si fuera el proceso de darle vida a seres vivos. Puede decirse que los desarrollos de este tipo de mecanismo entrelazan la “ingeniería y el arte”.

Considerando los mecanismos desarrollados de Theo Jansen como inspiración, se desarrolló un modelo que a diferencia de los que Theo Jansen consta de 4 patas delanteras y 4 traseras, o 4 pares de patas, esto con la finalidad de reducir el número de patas. En base a esta selección se genera un modelo en donde se generan simulaciones dinámicas para verificar su funcionalidad y estabilidad, debido a la eliminación de pares de patas que presentan los modelos de inspiración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como primer punto dentro de esta investigación el requisito indispensable fue tener conocimiento básico en la correcta forma de la utilización de software de simulación siendo esta la principal herramienta durante la realización del proyecto.

Los paquetes de simulación usados fueron los siguientes:

- SolidWorks
- Software de simulación dinámica

Combinando ambas herramientas se logró llegar a resultados aceptables la presente investigación.

El primer paso que se realizó fue la propuesta de las dimensiones del mecanismo el cual debía tener un máximo de 150 cm de ancho, 150 cm alto, 100 cm de largo.

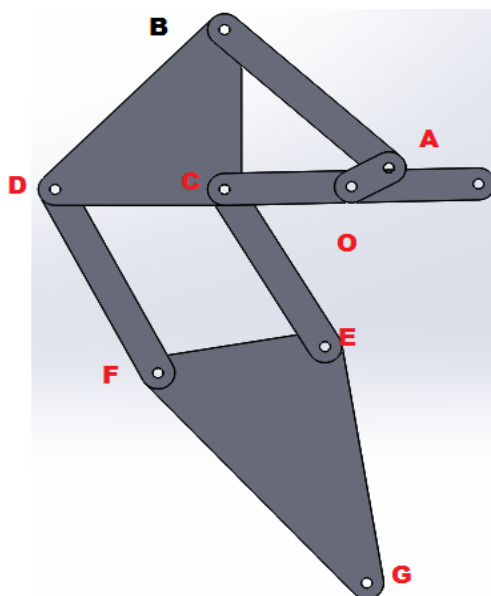


Ilustración 1 estructura del mecanismo

Tabla 1 dimensiones propuestas para el diseño

PARTE	DIMENSIONES PROPUESTAS	ESPESOR PROPUESTO
Bancada (O-C)	108mm	3mm
Parte (O-A)	50mm	3mm
Parte (A-B)	130mm	3mm
Parte (B-C-D)	(100-100) mm	3mm
Parte (D-F)	130mm	3mm
Parte (C-E)	115mm	3mm
Parte (A-E)	203mm	3mm
Parte (F-E-G)	(100-150)mm	3mm

Una vez realizada la selección adecuada del dimensionamiento, se procede a realizar la simulación y ensamblaje de las piezas que conformaran el mecanismo, cabe señalar que para la elaboración del presente mecanismo se utilizó el software SolidWorks puesto que la elaboración de piezas en este entorno es mucho más sencillo que su contraparte , para ello se requiere

conocimientos básicos que permitan la realización de piezas así como también y en base a la intención de diseño realizar un mecanismo lo más cercano a su manufactura y que solo requiera modificaciones mínimas en caso de su elaboración ya que de los resultados obtenidos dependerá de la aceptación de llevar a cabo un prototipo.

A continuación se presenta de manera resumida el método básico para elaborar una pieza en SolidWorks.

Paso 1.- como primer paso se procede a elaborar el croquis del cual se obtendrá la pieza a realizar en SolidWorks.

Paso 2.- como segundo paso se realizaran las operaciones a las cuales se someterá el croquis en este caso solo se realizó una operación de extrusión para darle espesor a la figura esta misma operación se repite para todas las piezas

Paso 3.- posterior a terminar la simulación de todas las piezas se procede a realizar el ensamblaje de cada una de las piezas

Una vez terminado el desarrollo de las piezas y ensamblaje en SolidWorks procedemos a exportar el modelo al software de simulación dinámica contemplado desde el principio de la investigación. Para realizar el análisis dinámico así como también el de energía el cual será parte fundamental para corroborar la estabilidad del mecanismo. Siendo esta parte el principal papel que desempeña el software de modelado dinámico en la elaboración de este proyecto. Cabe también mencionar que a pesar de que el software de modelado dinámico es un software de Simulación que facilita gran parte de la realización de cálculos matemáticos pero está limitado en la parte de manejo de datos, de manera que en este caso se utilizó EXCEL para la correcta manipulación de los datos obtenidos por el software facilitando aún más su interpretación en los resultados finales.

Culminando la parte del análisis dinámico así como el de energías se cumplen los principales objetivos a realizar en la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado final fue dividido en las tres fases que se abarcaron durante la investigación las cuales eran dependientes del paso anterior.

Primera fase

Durante el ensamblaje final se tuvieron que hacer ciertos cambios a las dimensiones propuestas en un principio para el mecanismo sobre todo cabe resaltar que la dimensión del cigüeñal es la parte más crítica durante el ensamblaje debido a que de esta dimensión depende el paso que dará el mecanismo durante la locomoción a continuación se hace una comparativa sobre los resultados finales contra los propuestos.

PARTE	DIMENSIONES PROPUESTAS	ESPESOR PROPUESTO
Bancada (O-C)	108mm	3mm
Parte (O-A)	50mm	3mm
Parte (A-B)	130mm	3mm
Parte (B-C-D)	(100-100) mm	3mm
Parte (D-F)	130mm	3mm
Parte (C-E)	115mm	3mm
Parte (A-E)	203mm	3mm
Parte (F-E-G)	(100-150)mm	3mm

Tabla 2 Dimensiones finales del mecanismo



Ilustración 2 Mecanismo final en solidworks

Segunda fase

La segunda fase corresponde al análisis dinámico posterior al ensamblaje, el cual se llevó a cabo en el software de modelado dinámico como parte importante cabe mencionar que en esta simulación se consideraron los materiales propuestos además se incluyeron las fuerzas inerciales debido al movimiento del mecanismo. A continuación se muestran los resultados obtenidos en esta fase. Cabe destacar que en esta parte es la parte más crítica en la investigación y es aquí donde se hicieron notar los principales problemas en los cuales el comportamiento final no era el adecuado y se tuvo que replantear el ensamblaje en base a distintos factores siendo la simetría uno de los detalles importantes a considerar.

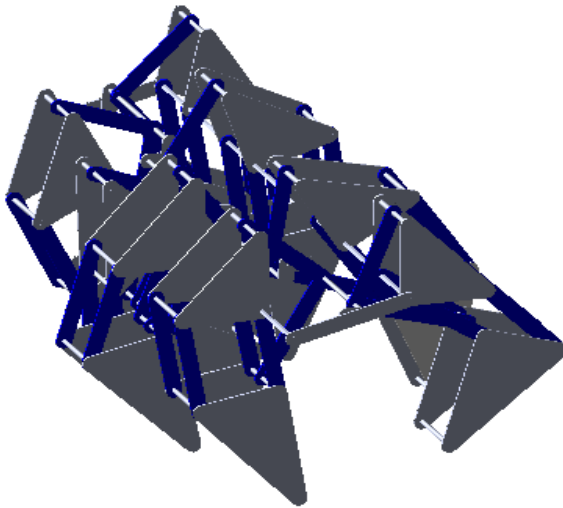


Ilustración 3 Diseño final en el software de simulación dinámica.

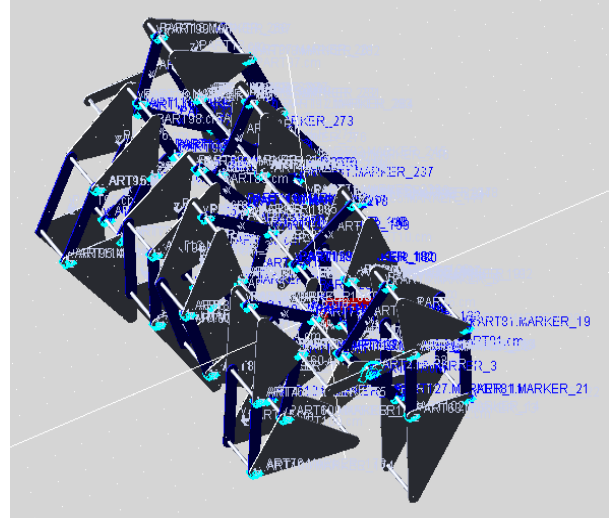


Ilustración 4 Colocación final de pares cinemáticos en el mecanismo haciendo uso del software de simulación dinámica.

Tercera fase

Como tercera y última fase es realizar el análisis energético al mecanismo, así como la obtención de datos y la realización de graficas de los mismos, para el manejo de la información se utilizó Microsoft EXCEL para la interpretación de resultados siendo el resultado final presentado en la siguiente gráfica. En la cual se puede visualizar la variación de la energía cinética durante el movimiento del mecanismo.

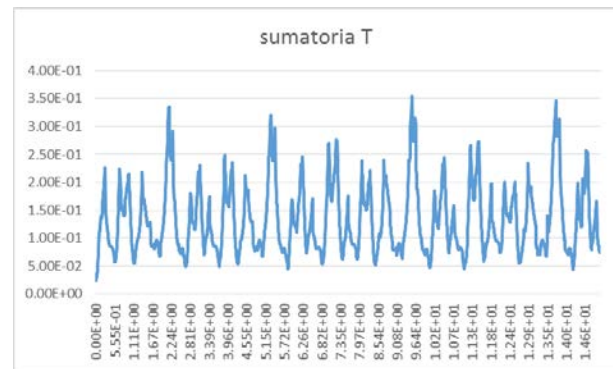


Ilustración 5 Grafica final posterior al análisis de energías

CONCLUSIONES

A partir de los análisis desarrollados en la simulación de Theo Jansen podemos visualizar un comportamiento previo al sistema donde podemos

visualizar una estabilidad presente en el mecanismo sin embargo se debe esperar a un prototipo físico para poder corroborar los resultados obtenidos en la investigación.

REFERENCIAS

- [1] James Ingram Anthony ,(2006). A new type of mechanical walking machine (tesis doctoral). Univerdidad de Johanesburgo , Sudafrica,[pp. 8]
- [2] Richard Reeve,(1999) Generating walking behaviours in legged robots (tesis doctoral).Univerdidad de Edinburgh, Escocia.
- [3] Freyr Hardarson,(2002). Stability analysis and synthesis of statically balanced walking for quadruped robots (tesis doctoral). Royal Institute of Technology , Estocolmo Suecia,[pp.13-14]
- [4] Florina Moldovan, Valer Dolga, Ovidiu Ciontoş, Cristian Pop. (2011). "cad design and analytical model of a twelve bar walking mechanism" en u.p.b. sci. bull, vol. 73, [pp. 36-38]
- [5] Theo Jansen oficial , [<http://www.strandbeest.com/>]