

Título del Proyecto de Investigación
al que corresponde el Reporte Técnico:

Evaluación térmica a un mecanismo robótico de alta velocidad en aplicaciones industriales

Tipo de financiamiento

Con financiamiento

Fecha de Inicio: 01/08/2018
Fecha de Término: 31/01/2020

Tipo de Reporte

Parcial

Final

Autor (es) del reporte técnico:

Dra. Elva Lilia Reynoso Jardónn(8697)
Dr. Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro (6319)
Dr. Oscar Tenango Pirin (8695)
Dr. Yahir de Jesús Mariaca Beltrán (8687)
M.C. Raúl Ñeco Caberta (6320)

Evaluación térmica a un mecanismo robótico de alta velocidad en aplicaciones industriales

Resumen del reporte técnico en español

En este documento se presenta la propuesta para el desarrollo de la evaluación térmica de un mecanismo robótico para aplicaciones industriales. El mecanismo robótico propuesto pretende ser aplicado en condiciones de temperatura extrema que se encuentran en la industria maquiladora. El análisis térmico tendrá la finalidad de evaluar las condiciones estáticas y dinámicas de los mecanismos involucrados.

Resumen del reporte técnico en inglés (máximo 250 palabras):

This document presents the proposal to develop the thermal evaluation of a robotic mechanism for industrial applications. The proposed robotic mechanism aims to be applied in extreme temperature conditions in the maquiladora industry. The thermal analysis will have the purpose of evaluating the static and dynamic requirements of the mechanisms involved.

Palabras clave: Robot SCARA, CFD, mecanismo robótico.

Usuarios potenciales

Industria manufacturera como automotriz, de ensamble y de fundición.

Reconocimientos

El titular, Dra. Elva Lilia Reynoso Jardón, agradece el apoyo por parte de PRODEP por medio del proyecto PRODEP 511-6/18-9518 y referencia UACJ-PTC-418.

1. Introducción

En el análisis numérico se utilizan técnicas de volumen finito, esto permite observar el comportamiento del brazo robótico ante las diferentes temperaturas y con ello determinar

la mejor construcción. Por otro lado, se presenta los antecedentes de trabajos que se han realizado, en seguida se presentan los objetivos y las hipótesis que este trabajo evaluó. También se presenta la justificación del trabajo, así como la metodología para su realización. Además, se presentan los productos y beneficios que se obtendrán.

2. Planteamiento

Los robots SCARA hoy en día son una

Los robots tipo SCARA se han convertido en un importante tema de investigación en los últimos años, tanto para el área escolar como en la industria. Es uno de los robots industriales que puede reemplazar a los humanos en la realización de varios tipos de operaciones. También pueden servir como máquina herramienta para llevar a cabo diversas tareas como soldar, pintar, ensamblar partes electrónicas, automotrices, etc. La estructura de los robots SCARA es simple y son ampliamente utilizadas en todo el mundo porque la estructura es adecuada para diferentes líneas de trabajo industriales. A pesar de su gran utilidad sus movimientos aún son lentos y rígidos por lo que los procesos en línea toman un gran tiempo. Además, su estructura ante temperaturas extremas no permite trabajar de forma adecuada.

2.1 Antecedentes

El primer robot SCARA fue creado como un prototipo revolucionario en 1978 en el laboratorio del profesor Hiroshi Makino. Su simplicidad era brillante ya que con menos movimientos podía lograr más, con mayor velocidad y precisión. Actualmente, los robots pueden variar en forma y tamaño y sobresalen en la labor de *pick and place* con su habilidad única para tomar componentes industriales de un lugar y colocarlos en otro con movimiento suave.

El brazo robótico se comporta algo similar al brazo humano ya que sus articulaciones le permiten moverse tanto en un plano vertical como horizontal. En esta nueva era de colaboración entre robots y humanos hay cada vez más opciones para que los operarios trabajen de manera segura junto con los robots Mohamad Bdiwi et al. (2017). Lo anterior

significa que puede haber más productividad al abrir espacios que antes estaban cerrados para los seres humanos, por ejemplo, lugares de trabajo donde las temperaturas son tan elevadas o bajas que son peligrosas. Los robots modernos cada vez son más amigables lo que permite que sean operados de manera más fácil y con mayor seguridad, lo que reduce los riesgos de los trabajadores permitiendo que laboren de manera colaborativa reduciendo costos y siendo más efectivos. Algunas de las mejoras a brazos robóticos de acuerdo con Hošovský et al. (2016) son aumentar la fuerza en el brazo robótico e incrementar la eficiencia de trabajo, mejorando la contracción, presión y dinámica del flujo aire. Aunque ya han hecho grandes mejoras a dichos robots, aun se tiene contemplado aumentar la velocidad con la que trabajan estos robots,

2.2 Marco teórico

Los cálculos fueron realizados mediante el programa Ansys, comprenden el comportamiento elástico de los materiales, entonces, las ecuaciones gobernantes que representan la rigidez, el desplazamiento y la carga fueron resueltas mediante FEA. Dichas ecuaciones, para un nodo de un elemento de la malla en estado estacionario, se pueden representar mediante la Ecuación 1:

$$[K]\{u\}=\{F\} \quad (1)$$

donde K representa las propiedades elásticas del material, u indica la deformación provocada por la carga F. La ecuación 1 es la base para obtener la deformación provocada en cada nodo y así obtener el resultado de cada elemento, después, cada elemento se ensambla utilizando una interpolación polinomial por piezas para formar la totalidad de la malla. Los resultados analizados se muestran mediante esfuerzos equivalentes o de Von Mises, y deformaciones.

Objetivos generales

Estudiar teórica y experimentalmente el comportamiento térmico que ocurre en mecanismos robóticos de alta velocidad al estar sometido a temperaturas ambiente

extremas para determinar la mejor configuración geométrica y aumentar su eficiencia de trabajo.

2.1Objetivos específicos.

1. Simular el funcionamiento del brazo robótico a diferentes temperaturas ambientales considerando diferentes velocidades de movilidad, más altas que las que se manejan actualmente.
2. Estudiar experimentalmente el efecto térmico sobre el brazo robótico propuesto usando módulos de prueba.
3. Realizar la evaluación térmica de sus componentes de manera experimental.
4. Determinar los ahorros de tiempos de trabajo de acuerdo con las nuevas velocidades consideradas en el brazo robótico.
5. Publicar resultados.

6. Metodología

Análisis Cinemático

El objetivo del análisis cinemático es determinar las posiciones, velocidades y aceleraciones de todas las partes en movimiento en un mecanismo. El análisis cinemático puede conformarse por las siguientes subetapas:

Creación de uniones. La creación de uniones se basa en tres tipos que son: por conversión automática, por conversión manual y por conversión improvisada. Las últimas dos pueden ser no estándar, en estos casos se involucran las deslizantes, de fuerzas, giratorias y de contacto 2D.

Asignación de condiciones de funcionamiento. En esta subetapa se determinan las generalidades de la unión, el inicio y el límite del GDL estándar y los parámetros del GDL no estándar. Luego se pasan a los movimientos impuestos del GDL, que son: el espacio articular, el espacio cartesiano y las trayectorias necesarias.

Análisis de resultados. Después de las condiciones de funcionamiento se obtienen los análisis de resultados los cuales analizan los movimientos impuestos del GDL y se comparan con los valores asignados anteriormente para luego continuar con el siguiente paso.

Cuestión cinemática diferencial (características cinemáticas). El análisis de resultados obtiene las características cinemáticas que son las posiciones, velocidades y aceleraciones.

Definición de las principales dimensiones del robot. Una vez obtenidas las características cinemáticas se deben definir las principales dimensiones del robot para darle paso al análisis dinámico.

Análisis Dinámico

La dinámica del robot trata no sólo de la geometría del movimiento sino las causas que lo originan: fuerzas y momentos. El análisis dinámico puede conformarse de las siguientes subetapas:

Creación de uniones. Al igual que en el análisis cinemático, se vuelven a ver la creación de uniones que pueden ser por conversión automática, por conversión manual o por conversión improvisada. Para este análisis no es necesario establecer si es o no estándar.

Asignación de condiciones de funcionamiento. Cuando se menciona la asignación de condiciones de funcionamiento se refiere a la Fuerza/Par del GDL, el inicio y límite del GDL (estándar) y con esto vienen también los parámetros del GDL (no estándares). Para luego pasar a los movimientos impuestos del GDL donde se analiza el Ajuste del PDD y PDI, la peor postura y las trayectorias necesarias.

Análisis de Resultados. Después de las condiciones de funcionamiento se obtienen los análisis de resultados los cuales analizan los movimientos impuestos del GDL y se comparan con los valores asignados anteriormente para luego continuar con el siguiente paso.

Fuerzas y momentos solicitados a los accionamientos. Después de obtener la comparación de las trayectorias necesarias analizadas se da paso a tener el resultado de las fuerzas y momentos solicitados a los accionamientos.

Definición de los materiales y geometrías. Al obtener los resultados de las fuerzas y momentos seleccionados llega la selección temprana de materiales y definición de la geometría.

Selección de la motorización. Según los momentos y fuerzas deseados, se seleccionan los motores, transmisiones y reductores que puedan soportar y tener un factor de seguridad al llevar a cabo su funcionamiento.

Diseño Mecánico Avanzado

El diseño mecánico es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades.

Simplificación del modelo. La simplificación del modelo se refiere a que se debe discretizar el ensamble final lo más posible, dejar solamente los detalles que importan, a la hora de hacer el análisis.

Creación de la simulación. De los tipos de simulaciones hay dos que son del área de interés como lo es el análisis estructural que lo que arroja es la capacidad de carga que tiene el brazo robótico, y también el análisis modal que su objetivo es conseguir la frecuencia natural del ensamble. Para ambas simulaciones es necesario seguir los siguientes pasos.

Especificación de los materiales. Para poder iniciar con un análisis se debe especificar el material de cada pieza del ensamble.

Adición de cargas. La adición de cargas se refiere a añadir las características del ensamble como el soporte fijo de la estructura, la gravedad, al momento de discretizar el ensamble si se quitan algunos elementos, se deben de caracterizar como una masa puntual con sus direcciones de inercia respectivamente. Así como también se agregan las fuerzas externas que pueden ejercerse sobre el mecanismo.

Adición de contactos. En el caso del software a utilizar los contactos se añaden automáticamente, pero aun así se deben revisar que estén bien definidos según lo deseado.

7. Instituciones, organismos o empresas de los sectores social, público o productivos participantes. No aplica

8. Resultados

Generación del mallado

El mallado de la estructura es uno de los elementos más importantes, ya que de ello depende cuál específicos queremos obtener nuestros resultados. La malla del ensamble del brazo robótico se le añadió el método de *MultiZone*, que permite a la malla adaptarse según las necesidades de forma del ensamble, además se utilizó el tamaño “*Coarse*” a los elementos de la malla, para que el mallado sea más grande y general. Obteniendo el siguiente resultado mostrado en la Figura 1.

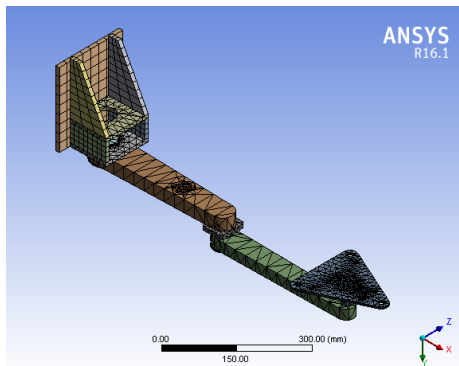


Figura 1. Mallado del modelo

Análisis Cuasiestático

Para llevar a cabo el análisis cuasiestático fue necesario implementar las condiciones del ensamble en el software tales como el *soporte fijo*, la gravedad, las fuerzas suplidas y por su puesto la fuerza que sustituye al peso que soporta el mecanismo, estas últimas se mostraron en la Figura 1. El soporte fijo del mecanismo está localizado en la parte de atrás de la placa de la base, ya que la placa fue diseñada para ir soportada en la pared, el soporte fijo se muestra en la Figura 2. Una vez colocadas las condiciones iniciales, se puede iniciar con la selección de resultados según se necesite. En este caso se utilizó el análisis de esfuerzo equivalente Von-Mises, la deformación total, y la fatiga, que incluye los ciclos de vida y el factor de seguridad. Una vez que los resultados son adquiridos, entonces se realiza el análisis modal, el cuales se solicita la deformación total del mecanismo a los modos de frecuencia más relevantes del análisis.

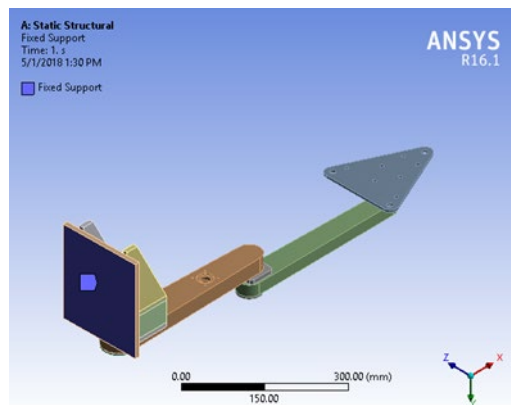


Figura 2. Soporte fijo del mecanismo

Análisis Estático Estructural Estrés Equivalente (von Mises)

En la Figura 3 se puede observar que la estructura sufre un estrés máximo de 65.232 MPa en la zona roja. En la Figura 4 se puede observar que el estrés máximo se encuentra en una concentración de en el estrés del antebrazo del mecanismo.

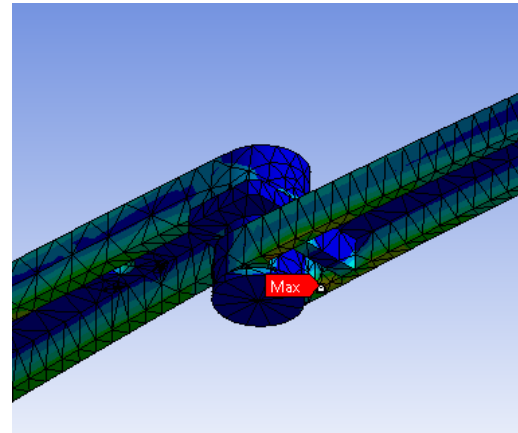
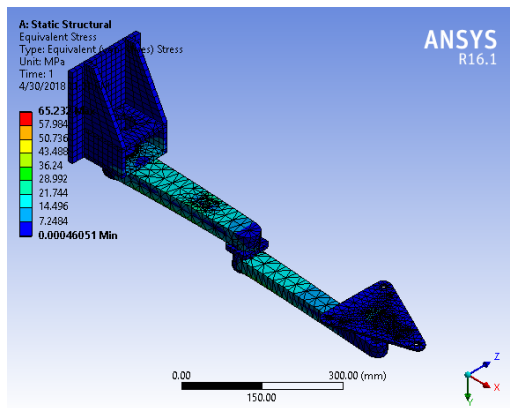


Figura 3. Estrés equivalente de Von-Mises Figura 4. Estrés máximo

Deformación Total

En la Figura 5 se puede observar que el mecanismo sufrió una deformación máxima de 6.53 mm en la punta del ensamble

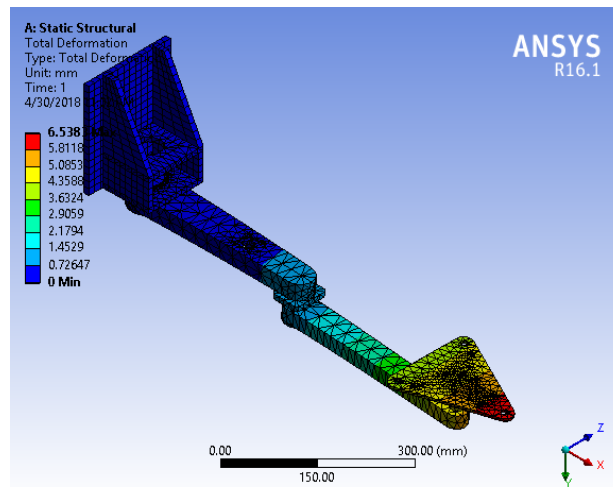


Figura 5. Deformación total

Fatiga

El ciclo de vida máximo observado en la Figura 6 es de $1e11$ ciclos mientras que el valor mínimo es de $9.07e9$ ciclos de vida. Se podría decir que la estructura soportaría perfectamente la carga asignada de 25 kg. Para que un factor de seguridad sea factible, el factor debe mantenerse mayor a 1, en el caso del mecanismo, se puede observar en la Figura 7 que el factor de seguridad mínimo en la estructura es de 1.2385, mientras que el máximo es del 15.

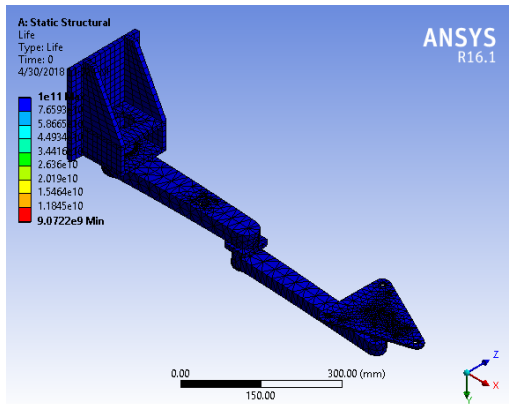


Figura 6. Ciclos de vida

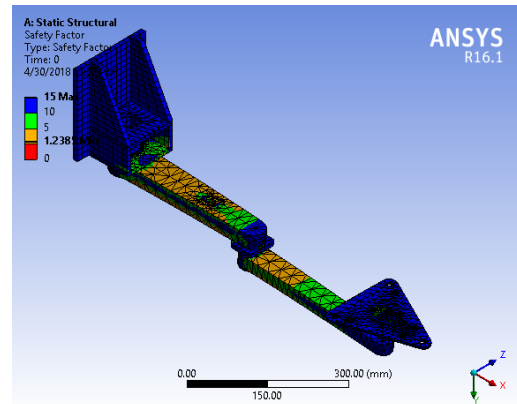


Figura 7. Factor de seguridad

Análisis Modal

El resultado del análisis modal nos lanza los siguientes tres modos mostrados en la Tabla 1

Tabla 1. Valores de análisis modal

Modo	Frecuencia [Hz]
1	27.325
2	56.423
3	90.081

Deformación Total

En la Figura 8 se puede observar que a los 27.325 Hz se observa una deformación máxima de 30.4 mm en el efector final del brazo robótico. La deformación se presenta de manera vertical.

En la Figura 9 se puede observar que a los 56.423 Hz se observa una deformación máxima de 32.2 mm en el efector final del brazo robótico. Al igual que el modo 1, la deformación se presenta de manera vertical. En la Figura 10 se puede observar que a los 90.081 Hz se observa una deformación máxima de 52.9 mm en el efector final del brazo robótico. A diferencia de los dos anteriores modos, la deformación en esta ocasión se presenta a los lados de la mesa triangular del efector final en el brazo robótico.

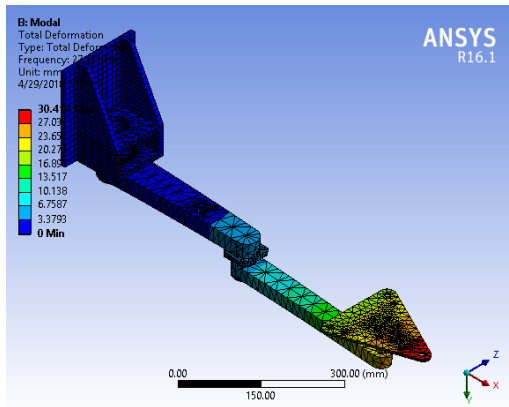


Figura 8. Deformación en modo 1

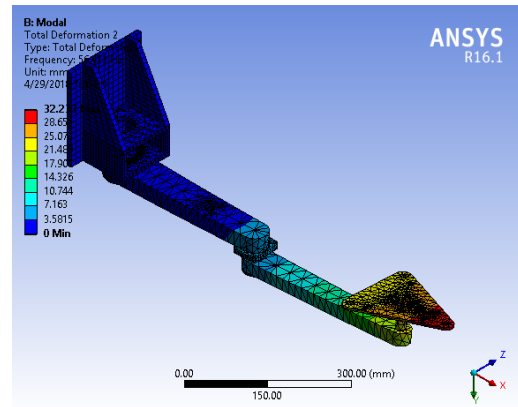


Figura 9. Deformación en modo 2

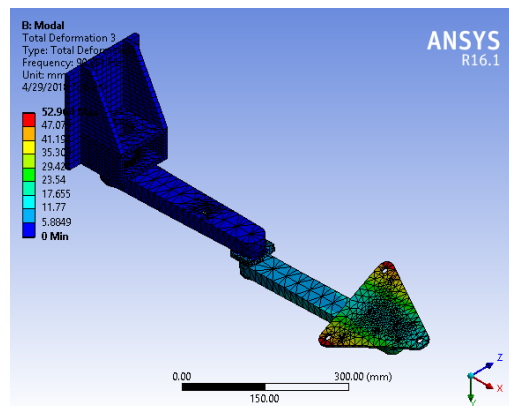


Figura 10. Deformación

9. Productos generados

Los productos esperados fueron 8 tesis de licenciatura, 1 de maestría. 1 informe técnico presentado ante PRODEP, 2 memorias de congreso, 3 artículos, 1 reporte técnico, y 1 patente que está en proceso.

- a) Producto 1: Informe técnico del proyecto de investigación “Evaluación térmica a un mecanismo robótico de alta velocidad en aplicaciones industriales”
- b) Producto 2: Tesis de licenciatura del alumno Francisco Meda Gómez titulada “Diseño y construcción de un prototipo de calefactor por medio de un intercambiador de calor”.
- c) Producto 3: Tesis de licenciatura del alumno Francisco Antonio Quiroz Tovar titulada “Análisis térmico a un intercambiador de calor obstruido por suciedad por medio de dinámica de fluidos computacional”.
- d) Producto 4: Tesis de licenciatura de la alumna Marisol Olmos López “Analysis of the injection Molding process variability to an electrical device frame applying 3 different materials”.
- f) Producto 5: Tesis de licenciatura de la alumna Mariana Guadalupe Rivera Gutiérrez “Análisis de la temperatura en una microturbina de gas con recubrimiento térmico”.
- g) Producto 6: Tesis de licenciatura de la alumna Melisa Lozano Montes “Diseño y simulación de un mecanismo robótico de dos GDL tipo scara”.
- h) Producto 7: Tesis de licenciatura del alumno Juan Carlos Ávila Samaniego” Comprobación de metodología de predicción de deformaciones estructurales por medios experimentales y análisis numérico”.
- l) Producto 8: Memoria en extensa titulada “Evaluación numérica de un subsolador biónico inspirado en el armadillo de nueve bandas.
- j) Producto 9: Memoria en extensa titulada “Simulación numérica de una Chimenea Solar Vertical con Tres Canales de Flujo de Aire”.
- k) Producto 10: Artículo indexado titulado (Aceptado): Numerical study of a cross flow heat exchanger varying the transverse and longitudinal space to increase heat transfer.
- l) Producto 11: Artículo indexado titulado (Aceptado): Artificial Neural Networks (ANN) to Predict Overall Heat Transfer Coefficient and Pressure Drop on a Simulated Heat Exchanger.

m) Producto 12: Artículo (Aceptado): Effect of thermal barrier coating on the thermal stress of gas microturbines components.

n) Producto 13: Artículo indexado (Aceptado): Theoretical analysis of a solar chimney with three air flow channels.

o) Producto 14: Patente (aceptado en examen de forma):” Dispositivo y método transductor háptico de movimientos de flexión -extensión para rodilla”, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2018.

p) Producto 15: Tesis de licenciatura del alumno Jorge Armando de la Torre Martínez” Análisis estructural de un robot SCARA de 3 GDL, bajo condiciones de cargas críticas y altas velocidades de operación”.

q) Producto 16: Tesis de licenciatura del alumno Tomás Aarón Navarro Zaragoza” Estudio de CFD del comportamiento aerodinámico de una microturbina eólica”.

q) Producto 4: Tesis de Maestría del alumno David Rocha Valdez titulada “Rediseño de fixtura para prueba de durabilidad en cerradura automotriz”.

r) Producto 5: Reporte Técnico del alumno David Rocha Valdez titulado “Rediseño de fixtura para prueba de durabilidad en cerradura automotriz”.

Todos los productos obtenidos fueron entregados a PRODEP para la liberación del proyecto. El documento que demuestra la validación de los productos se presenta en las páginas 14 y 15.



Ciudad de México, 29 de octubre de 2021
Oficio Núm. 511/2021.-3454-2a
Referencia: DFI-4803-21
Asunto: Finalización académica para
la incorporación de Nuevos PTC

MTRO. JUAN IGNACIO CAMARGO NASSAR
RECTOR
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
PRESENTE

Con un cordial saludo y en atención a los oficios DGPDI-111, DGPDI/319-02-2021, DGPDI/320-02-2021 y DGPDI/321-02-2021, remitido por la Mtra. María Esther Mears Delgado, Representante Institucional PRODEP de la universidad a su digno cargo, relacionado con la entrega de los informes finales de los apoyos otorgados en el marco de la convocatoria de Apoyo a la incorporación de Nuevos PTC del ejercicio fiscal 2018, presentados por los profesores enlistados a continuación:

No.	Nombre	Folio
1	BERNADAC VILLEGAS LUIS GERARDO	UACJ-PTC-385
2	CARRILLO PEREYRA FRANCISCO	UACJ-PTC-387
3	CERVANTES ARREOLA DIANA IRASEMA	UACJ-PTC-389
4	CLAUDIO CATALÁN MIGUEL ÁNGEL	UACJ-PTC-391
5	CLEMENTE MIRAFUENTES CHRISTIAN MARISOL	UACJ-PTC-392
6	CÓRDOVA ORTEGA DANIELA GUADALUPE	UACJ-PTC-393
7	DÁVALOS RAMÍREZ JOSÉ OMAR	UACJ-PTC-394
8	DOMÍNGUEZ GUERRERO JOSUÉ	UACJ-PTC-396
9	GARZA HERNÁNDEZ JAVIER ALFONSO	UACJ-PTC-399
10	GONZÁLEZ MACÍAS CARLOS JESÚS	UACJ-PTC-400
11	CÚERECA ARVIZUO JAIME	UACJ-PTC-401
12	HERNÁNDEZ PEÑA CLAUDIA CAROLINA	UACJ-PTC-402
13	HOLGUÍN ÁVILA RAÚL	UACJ-PTC-403
14	LINARES GIL MAYRA VERÓNICA	UACJ-PTC-405
15	MANDUJANO SALAZAR YUNUEN YSELA	UACJ-PTC-406
16	MARIACA BELTRÁN YAHIR DE JESÚS	UACJ-PTC-407
17	MÉNDEZ GURROLA IRIS IDDALY	UACJ-PTC-409
18	MOLOTLA XOLALPA PEDRO TLATOANI	UACJ-PTC-410
19	OROZCO LUCERO ERNESTO	UACJ-PTC-412
20	ORTEGA ESTRADA GABRIELA	UACJ-PTC-413
21	RAMÍREZ GÓMEZ ANA ELIZABETH	UACJ-PTC-417
22	REYNOSO JARDÓN ELVA LILIA	UACJ-PTC-418
23	RUBÍ JUÁREZ HUMBERTO	UACJ-PTC-419
24	SALINAS ÁVILA ADRIANA	UACJ-PTC-422
25	TENANGO PIRIN OSCAR	UACJ-PTC-426
26	VÁZQUEZ MARTÍNEZ ALEJANDRO ERNESTO	UACJ-PTC-428

"Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa."

Av. Universidad No. 1200, Piso 5, Sector 28, Col. Xoco, C.P. 03330, CDMX.
Tel: +52 (55)3601 3331 y 3332 dgesui.ses.sep.gob.mx





Oficio Núm. 511/2021.-3454-2a

Comunico a usted que una vez analizados los informes y la evidencia de las actividades y productos obtenidos por cada profesor, la institución ha cumplido satisfactoriamente con lo establecido en el lineamiento 3.5. Derechos, obligaciones y causas de incumplimiento, suspensión, cancelación o reintegro de los recursos y numeral 5 del lineamiento 3.6.1. Instancia(s) ejecutora(s), tipo Superior de las Reglas de Operación 2018, del Programa Presupuestario S247 Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP); por lo que la Dirección General de Educación Superior Universitaria e Intercultural (DGESUI) a través de esta Dirección de Fortalecimiento Institucional (DFI), da por finiquitado el seguimiento académico establecido por el (los) beneficiario(s); sin embargo, para dar por concluido los compromisos establecidos en el Convenio Marco de Apoyo y colaboración, la institución deberá finiquitar lo correspondiente al seguimiento financiero, por lo que mucho he de agradecerle, comunicarse con la Mtra. María del Rocío Chávez Mayo o con la Lic. Lorena Rosas Baruch al número 553600 2511, extensiones 65612 y 65928 o a los correos electrónicos: rocioc@nube.sep.gob.mx y lorena.rosas@nube.sep.gob.mx.

Sin otro particular, reciba mis más cordiales saludos.

Atentamente

Dr. Isaiás Elizarraraz Alcaraz
Director

DIRECCIÓN GENERAL DE
EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSITARIA E INTERCULTURAL

C.c.p.- Dr. Francisco Luciano Concheiro Bórquez, Subsecretario de Educación Superior, SES.- Para su conocimiento. ☒
Dra. Carmen E. Rodríguez Armenta, Directora General, DGESUI.- Para su conocimiento. ☒

"Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa."

Av. Universidad No. 1200, Piso 5, Sector 28, Col. Xoco, C.P. 03330, CDMX.
Tel: +52 (55)3601 3331 y 3332 dgesui.ses.sep.gob.mx

CERA/IEA/SPCM/GMD/ltc

2 de 2



10. Conclusiones

En los análisis realizados en el estudio del comportamiento del robot rígido de dos grados de libertad tipo SCARA se pueden expresar las siguientes conclusiones.

Al realizar un estudio detallado en base al Lagrangiano y después de haber obtenido las ecuaciones para armar el bloque del análisis dinámico se pueden obtener valores de los ángulos q_1 y q_2 de los eslabones 1 y 2. El bloque de cinemática directa se obtuvo el valor de la posición de los eslabones 1 y 2 en el plano cartesiano XY. Los valores de q_1 y q_2 , se exportaron a *workspace* para graficar el movimiento que realiza el sistema. Una vez estando en la simulación del sistema, se observó que este era inestable, por lo que se decidió agregarle un control proporcional en la posición y en la velocidad para visualizar su comportamiento, mismo que fue efectivo ya que hasta una trayectoria circular se logró simular. Para el complemento del estudio de este robot, se anexo el estudio de análisis de elemento Finito, el cual se dividió en el análisis estructural y el modal.

En la parte del análisis estructural se ven aspectos como el esfuerzo máximo realizado a los 250 N en la mesa de carga, el cual, por el tipo de material es solamente una acumulación de esfuerzos el cual no afecta el comportamiento del sistema. Esto se confirma por parte del estudio de fatiga el cual nos muestra los resultados de los ciclos de vida y del factor de seguridad, el cual se encuentra perfectamente con 1.29. Por otro lado, el análisis modal muestra que el sistema acepta una frecuencia de 27 Hz antes de mostrar una resonancia lo cual significa que el sistema debe tener una velocidad de 27 revoluciones por segundo para comenzar a afectar el sistema.

11. Mecanismos de transferencia. (No aplica)

12. Contribución e impacto del proyecto

Para el fortalecimiento del plantel UACJ, el profesor ha estado capacitando a estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado, además de proponer nuevos temas de investigación para ser desarrollados por los estudiantes de la facultad, así como el trabajo entre investigadores.

13. Impacto económico, social y/o ambiental en la región

Con el desarrollo de este proyecto se logró obtener el diseño del mecanismo robótico.

Además, el impacto que puede tener dentro de las empresas es disminuir los riesgos humanos en trabajos de alto riesgo.

14. Referencias (bibliografía)

1 Bdiwi, M., Pfeifer, M., Sterzing, A., 2017, "A new strategy for ensuring human safety during various levels of interaction with industrial robots", Manufacturing Technology, 66, pp. 53–456.

2 Hošovský, A., Pitel, J., Židek, K., Tóthová, M., Sárosi, J., 2016, "Cveticanin, L., Dynamic characterization and simulation of two-link soft robot arm with pneumatic muscles", Mechanism and Machine Theory, 103, pp. 98–116.

15.

16. Anexos

a. Taxonomía de los Roles de Colaborador (con las actividades logradas)

Roles	Definición de los roles	Nombre de él(la) investigador(a)	Figura	Grado de contribución	Actividades logradas durante el proyecto	Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto
1. Responsabilidad de la dirección del proyecto	Coordinar la planificación y ejecución de la actividad de investigación. Organiza los roles de cada colaborador, tiene la habilidad de identificar potenciales de cada individuo para generar una sinergia de equipo colaborativo.	Dra. Elva Lilia Reynoso Jardón	Director(a) del proyecto	- Principal	Desarrollo del proyecto mediante la coordinación y asignación de tareas a los colaboradores.	10 horas

2. Responsabilidad de supervisión	Elaborar la planificación de las actividades de la investigación (cronogramas y controles de seguimiento), describe los roles identificados por el director del proyecto y facilita el apoyo constante a todos los roles para conseguir un trabajo integral, coherente y que llegue a buen término.	Dr. Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro	Supervisor del proyecto	- Principal o	El Dr. Nandayapa fue el encargado de la supervisión de documentos y de que cada una de las actividades que se desarrollaron de forma correcta.	
Realización y redacción de la propuesta	Preparación, creación y redacción de la propuesta de investigación, específicamente la redacción, revisión de coherencia del texto, presentación de los datos y la normatividad aplicable para garantizar el cumplimiento de los requisitos.	Dr. Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro	Redactor de la propuesta	- De apoyo	En base a la experiencia del doctor ayudo a la redacción de artículos, memorias, congresos, patentes y reportes técnicos	10
Desarrollo o diseño de la metodología	Contribuir con el diseño de la metodología, modelos a implementar y el sustento teórico, empírico y científico para la aplicabilidad de los instrumentos en la ejecución del proyecto.	Dr. Oscar Tenango Pirin	Diseñador de la metodología	- De apoyo	El Dr. Oscar Pirin ayudo con la propuesta de la metodología a seguir del proyecto.	10
Recopilación / recolección de datos e información	Ejecuta las estrategias propuestas en acciones encaminadas a obtener la información, haciendo la recopilación de datos y la inclusión de la evidencia en el proceso.	Dr. Yahir de Jesús Mariaca Beltrán	Recopilador de datos	- De apoyo	El Dr. Yahir de Jesús en base al manejo de sensores y análisis de elemento finito fue el encargado de obtener los datos necesarios para el desarrollo del proyecto.	
Elaboración del análisis formal de la investigación	Aplicar métodos estadísticos, matemáticos, computacionales, teóricos u otras técnicas formales para analizar o sintetizar los datos del estudio. Verifica los resultados preliminares de cada etapa del análisis, los experimentos implementados y otros productos	M.C.Raúl Ñeco Caberta y Dra. Elva Lilia Reynoso Jardón	Analista de datos	- Principal	Durante la obtención de resultados se analizaron para presentarlos y reportarlos para el desarrollo de los diferentes productos obtenidos.	10

	comprometidos en el proyecto.					
Preparación, creación y/o presentación de los productos o entregables	Preparar la redacción del reporté técnico de avance parcial y el reporte técnico final. Se hace la revisión crítica, la recopilación de las observaciones y comentarios del grupo de investigación. Y finalmente se procede a la edición del documento a entregar.	Dra. Elva Lilia Reynoso Jardón y Dr. Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro	Editor de reportes técnicos	- Principal	Los doctores se dedicaron a la redacción de los documentos, así como complementar la investigación.	10

Nota: La Dra. Christian Marisol Clemente Mirafuentes no participo en el desarrollo del proyecto.

i. Estudiantes participantes en el proyecto

Nombre de estudiante(s)	Matrícula	Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto	Actividades logradas en la ejecución del proyecto
Francisco Meda Gómez	101787	10	Desarrollo de prototipo
Melisa Lozano Montes	131795	10	Análisis numérico del brazo robótico