

Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Área Académica de Ingeniería Mecatrónica.



**Rediseño del robot OSCAR atendiendo requerimientos de fiabilidad y operación
en condiciones demandantes.**

**Anteproyecto de graduación para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica
con el grado académico de Licenciatura.**

María Fernanda Araya Soto.

2018319444

Cartago, 24 de Febrero del 2023.

Contenido

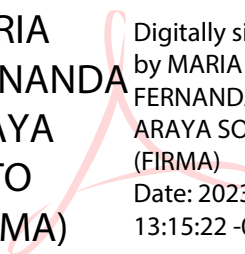
Declaratoria de Autenticidad.....	3
Entorno del proyecto	4
Antecedentes del laboratorio	4
Definición del problema	5
Generalidades.....	5
Justificación.....	6
Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa).....	6
Síntesis del problema.....	7
Procedimientos para la ejecución del proyecto	7
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos	9
Enfoque de la solución.....	10
Cronograma	11
Lista de actividades.....	12
Uso de recursos	13
Recurso Técnico	13
Recurso Físico	13
Recurso de materiales	13
Presupuesto	13
Referencias	15
Anexos	16
<i>Anexo A. Carta de Aceptación.....</i>	<i>17</i>
<i>Anexo B. Hoja de información del proyecto.....</i>	<i>18</i>

Declaratoria de Autenticidad

Declaro que el presente Anteproyecto de Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema y asesoramiento técnico de miembros del LIANA.

Asumo completa responsabilidad sobre el trabajo realizado y por el correspondiente contenido.

MARIA
FERNANDA
ARAYA
SOTO
(FIRMA)



Digitally signed
by MARIA
FERNANDA
ARAYA SOTO
(FIRMA)
Date: 2023.02.24
13:15:22 -06'00'

Cartago, 24 de Febrero del 2023

María Fernanda Araya Soto
Céd: 3 0487 0588

Entorno del proyecto

El proyecto se realizará en el Laboratorio de Inteligencia Artificial para las ciencias naturales o abreviado LIANA. Es en una de las tres unidades de investigación adscritas en exclusividad al área académica de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico de Costa Rica. [1]

El objetivo general de los proyectos de investigación desarrollados en este laboratorio corresponde al desarrollo de novedosos paradigmas de inteligencia computacional que se basan para solucionar problemas de ciencias naturales, y otras disciplinas tecnológicas. [1]

El LIANA atiende tanto objetivos investigativos de alto valor añadido en términos de conocimiento, así como al desarrollo de soluciones tecnológicas flexibles, por ende corresponden a problemas complejos propios para compañías u otras instituciones de nivel nacional e internacional. [1]

Antecedentes del laboratorio

Actualmente este laboratorio tiene como investigador coordinador general a Juan Luis Crespo Mariño donde algunos de los proyectos realizados en el laboratorio son [1]:

- Miniaturización e integración de sistemas para obtener un prototipo operativo de bomba para sangre.
- Construcción de un prototipo de tomógrafo por impedancia eléctrica (EIT) para la zona del antebrazo Humano.
- Estudio de viabilidad de técnicas automáticas de visualización para ser usadas en la evaluación de impulsores en bombas de sangre.
- Identificación biocomputacional de mecanismos de compensación de dosis génica como posibles blancos contra cáncer aneuploide.
- Evaluación de Impulsores para Aplicaciones en Bombas de Sangre.

Definición del problema

Generalidades

Se desea dar continuidad al proyecto OSCAR, un brazo robótico para realización de experimentos en robótica cognitiva, en donde se desea realizar un re-diseño para la solución de problemas que surgieron a raíz de la implementación física del robot.

Se desea realizar un rediseño mecánico, para solucionar los problemas de movimiento en donde algunas son casi nulas, para así poder llegar a una correcta implementación en donde se analizar distintos problemas de fallo actuales los cuales, son las articulaciones del hombro, codo, enfocándonos en las partes mecánicas y en la parte electrónica de control.

Se realizará un estudio sobre las razones por las cual falla cada uno de los problemas planteados, en donde para el hombro se hará un estudio de los engranes cónicos y los piñones cónicos y las razones por la cual los piñones se encuentran agrietados y los esfuerzos a los que fueron expuestos, así como las razones por la cual se salta los dientes cuando se realiza el movimiento al igual que para la articulación del codo que encuentra con una banda, con base a todos los problemas encontrados se realizara un mejor re-diseño.

Los componentes electrónicos de control como son los drivers, actualmente el 80% se encuentran dañados, se desea encontrar los valores óptimos a base de pruebas para encontrar los parámetros adecuados realizar un redimensionamiento de los drivers.

Todos estos problemas se analizarán a profundidad para realización de pruebas para su correcta implementación física y un nuevo rediseño.

Justificación

El robot OSCAR es una herramienta fundamental para el desarrollo de la línea de investigación en robótica cognitiva de LIANA. Asimismo, es un elemento de alto interés en otra de las líneas de actuación de LIANA, es la realización de acciones de extensión universitaria en el ámbito del desarrollo de habilidades STEM.

El LIANA mantiene una relación con la Electron Device Society de IEEE Costa Rica, participando en proyectos de ámbito humanitario y educativo patrocinados por dicha sociedad [2].

La motivación de este proyecto se da en la necesidad de realizar un rediseño a brazo robótico OSCAR que le permitirá operar de manera continuada, fiable y atendiendo a tareas demandantes en términos de fiabilidad y de carga, para así, poder ser utilizable como una herramienta adecuada para la experimentación en la robótica cognitiva y la realización de actividades educativas

Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

En la Figura 1. Diagrama Causa-Efecto o Ishikawa, se puede observar el diagrama de Ishikawa el cual muestra las causas del problema identificado

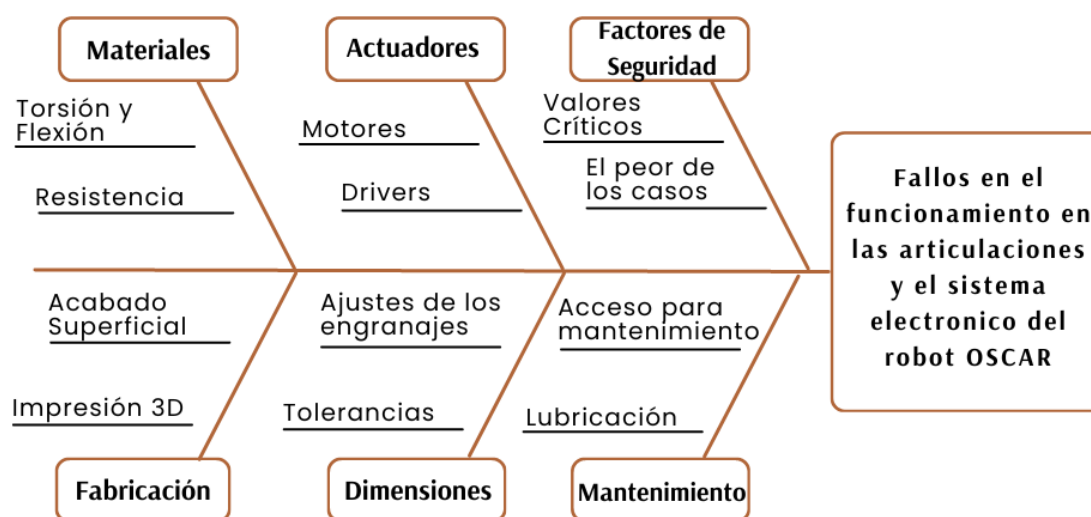


Figura 1. Diagrama Causa-Efecto o Ishikawa

Síntesis del problema

La necesidad de manipular todas las articulaciones del brazo robótico OSCAR con el fin de utilizarla para el estudio de la robótica cognitiva, donde actualmente dos de las articulaciones principales, al igual que el sistema de control de los motores, se encuentran dañados y evitan el funcionamiento adecuado del robot OSCAR. Se desea realizar un estudio de los problemas generados después de su construcción para así realizar un re-diseño del brazo robot que solventa la falta de operatividad en el diseño actual del robot.

Procedimientos para la ejecución del proyecto

En el desarrollo de este proyecto se utilizará la metodología de Ulrich Eppinger (UE) modificada en su libro “Diseño y desarrollo de productos”. para realizar la propuesta de la solución para alinearla el proceso a un diseño de ingeniería en donde el proyecto seleccionado exige un claro aporte del estudiante en el campo del diseño o investigación aplicada a la ingeniería.

Para esta investigación, los principales sujetos de información que se consultarán son:

- *Coordinador general del LIANA*
- *Expertos del grupo LIANA.*

Cómo primera etapa, se debe definir el problema mediante una lista de productos o requerimientos del cliente, así como la descripción de la función del producto final y sus características necesarias.

El segundo paso será obtener información relevante para el diseño, según el problema especificado. La búsqueda de información será esencial para el proceso de diseño, ya que permitirá descubrir errores y problemas con la definición o aproximación

del problema. Se deben tener fuentes de información confiables, estas varían según el problema.

Como tercera etapa se generarán múltiples soluciones con todos los interesados que sean parte del desarrollo de la solución. Para esto se realiza una síntesis de ideas nuevas, herramientas y métodos para obtener una posible solución. La creatividad es importante en el proceso de generar soluciones; se debe ser capaz de ver todo el panorama del problema para poder plantear diversas soluciones. Será necesario el realizar un estudio completo de las soluciones y verificación de los resultados obtenidos para verificar cual cumple con las especificaciones. En este paso se aplican los conocimientos ingenieriles del equipo para realizar pruebas y decidir con base a los resultados cuál es la mejor opción.

Una vez se hayan realizado las pruebas, como cuarta etapa se decide en una solución, un método para formalizar la decisión es mediante las matrices de decisión. En este tipo de matrices se implementa una escala y se da una nota a cada atributo deseable en la solución. Con base a estos factores y las notas dadas en cada solución se obtiene una nota final. Con la cual se puede validar la selección de la solución.

La etapa final corresponde a la implementación de la solución mediante simulaciones, pruebas de concepto, un prototipo del diseño funcional; o bien mediante combinaciones de las anteriores. Se procede a realizar pruebas por ejemplo para verificar su funcionalidad, resistencia estructural, entre otra, lo cual deberá definirse en función de la naturaleza del proyecto y de sus áreas de diseño principales. A partir de estas pruebas se pueden idear mejoras y cambios de ser necesario.

Cabe mencionar que este es un proceso iterativo, por lo que en cualquier punto del proceso de diseño se puede volver a el paso anterior.

Objetivo General

Rediseñar el brazo robótico OSCAR con el fin de cumplir con la fiabilidad de operación para la realización de experimentos en robótica cognitiva para el laboratorio LIANA.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar el estado actual del proyecto OSCAR que se encuentra en el laboratorio del LIANA.

-Entregable: Informe de análisis del estado actual de OSCAR que concluye con los fallos de hardware y mecánicos del mal funcionamiento.

-Indicador: Relación entre las partes mecánicas con las eléctricas.

2. Realizar pruebas de las causas de los daños encontrados de los problemas de funcionamiento en la caracterización del proyecto OSCAR.

-Entregable: Análisis de tabla la de resultados de las pruebas.

-Indicador: Valores de los porcentajes de error de los parámetros físicos con los teóricos.

3. Rediseñar el robot OSCAR con base a los fallos obtenidos de manera que se puedan solucionar los errores.

-Entregable: Planos mecánicos de los elementos diseñados y planos eléctricos.

-Indicador: Factores de seguridad de las piezas mecánicas diseñadas y de los valores eléctricos.

4. Validar la solución desarrollada por medio de pruebas de concepto.

-Entregable: Prototipo en impresión 3D de las piezas, tablas de resultados del movimiento de las 6 articulaciones.

-Indicador: Rango de movimiento como mínimo del 0° a 90°.

Enfoque de la solución

El objetivo de esta sección es definir qué se pretende realizar durante la ejecución del proyecto. Siendo un apartado ligado a los objetivos específicos por lo que debe reflejarse un alineamiento directo con cada objetivo planteado

El primer paso para el desarrollo del proyecto será evaluar el estado actual del sistema a programar, haciendo una visita técnica en donde se encuentra OSCAR, se verá el estado actual de OSCAR en donde se verificarán todos sus componentes, así como se hablará con la persona que fue responsable de construir a OSCAR.

Seguidamente se contemplará a realizar un estudio físico de los motores, articulaciones analizando su y funcionamiento mecánico, también se realizará una investigación con ayuda de los informes de proyectos pasados para conocer más a profundidad el funcionamiento de robot, ya que este es un proyecto que se encuentra en desarrollo con el paso del tiempo, siendo diseñado y construido por distintos estudiantes hasta llegar al actual proyecto.

Después de realizar la caracterización del estado actual de OSCAR se realizará un informe del estado actual del sistema.

El segundo paso es la realización de las pruebas, donde se definirán cada una de las pruebas con base a los fallos para así realizar pruebas físicas de los esfuerzos y límites de los materiales en impresión 3D. Para la parte eléctrica, se procederá a llevar al límite los motores para verificar los parámetros seleccionados comparándolos con los reales con sobre esfuerzos, y al final se generarán tablas de los porcentajes de error de los datos seleccionados con los parámetros teóricos utilizados con de la primera iteración.

Como tercer paso se tomarán en consideración los parámetros físicos que se encontraron, y se realizará el rediseño del brazo robótico, donde se definirán los factores de seguridad, así como la selección de los materiales. Donde al finalizar el proceso de diseño se realizará los planos de las piezas diseñadas. En este punto se realizará la documentación hasta el momento en el informe.

Como cuarto paso, se imprimirán en 3D las partes diseñadas, para realizar un prototipo para la verificación, en donde se comprobará que existe un movimiento delicado y eficiente de las 6 articulaciones.

Al final de esto se desarrollará la documentación de todo el desarrollo del proyecto para realizar la entrega de las documentaciones y finalizar el proyecto.

Cronograma

En esta sección se realizará un diagrama de actividades con base a los objetivos planteados, en donde el desarrollo se hará en el I Semestre del 2023.

Tabla 1. Diagrama de Gantt

Diagrama de Gantt				Semanas														
#	Objetivos	Start	End	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.1	1	1	1.1														
2	1.2	2	2		1.2													
3	1.3	3	3			1.3												
4	1.4	4	4				1.4											
5	2.1	4	4				2.1											
6	2.2	4	4				2.2											
7	2.3	5	5					2.3										
8	2.4	6	6						2.4									
9	2.5	6	6						2.5									
10	3.1	7	7							3.1								
11	3.2	8	8								3.2							
12	3.3	12	12												3.3			
13	3.4	13	13														3.4	
14	4.1	9	9									4.1						
15	4.2	10	10										4.2					
16	4.3	11	11											4.3				
17	4.4	13	13														4.4	
18	4.5	14	15															4.5

Lista de actividades

Para cada uno de los objetivos específicos se plantearon actividades que garanticen su cumplimiento. La tabla 2 muestra el planteamiento de actividades.

Tabla 2. Actividades por objetivos específicos.

Objetivo Especifico		Actividad	
1	Caracterizar el estado actual del proyecto OSCAR, en términos hardware y software, de forma que se establezcan específicamente, los alcances de este proyecto.	1.1	Realizar la vista del estado actual de OSCAR.
		1.2	Realizar un estudio físico y de documentación de OSCAR.
		1.3	Determinar los movimientos que puede realizar OSCAR, para definir sus alcances y limitaciones.
		1.4	Generar un informe del estado actual de las acciones de bajo nivel que se van a implementar.
2	Realizar pruebas de las causas de los fallos del robot OSCAR de los problemas de funcionamiento en la caracterización del proyecto OSCAR.	2.1	Definir las pruebas para la verificación de los esfuerzos de los materiales, y los drivers.
		2.2	Diseñar e imprimir las probetas para las pruebas de ensayo de los materiales, así como comprar los drivers.
		2.3	Realizar las pruebas de esfuerzos de los materiales
		2.4	Realizar las pruebas de corriente con esfuerzos para generar picos de corriente en los motores con diversos pesos y cargas.
		2.5	Generar tablas de los porcentajes de error conforme a las pruebas obtenidas y los datos teóricos.
3	Rediseñar el robot OSCAR con base a los fallos obtenidos de manera que se puedan solucionar los errores.	3.1	Realizar el rediseño del sistema mecánico y electrónico.
		3.2	Definir los factores de seguridad de las piezas, así como los materiales.
		3.3	Realizar los planos mecánicos y eléctricos de las piezas rediseñadas.
		3.4	Realizar la documentación del diseño elegido.
4	Validar la solución desarrollada por medio de pruebas de concepto que evalúen la capacidad de OSCAR de realizar movimientos.	4.1	Realizar la impresión 3D de las partes diseñadas.
		4.2	Armar las articulaciones utilizando los motores que ya se encuentran para la primera versión, y las impresiones en 3D
		4.3	Verificar la movilidad del diseño por medio de un software.
		4.4	Realizar la documentación del Informe Final
		4.5	Conseguir la documentación necesaria como carta de la empresa, así como que el proyecto es de libre acceso.

Uso de recursos

Los recursos de serán dados por el LIANA en donde para sector se tiene:

Recurso Técnico

Se recurrirá al asesoramiento de los ingenieros Juan Luis Crespo, así como profesores del área académica de mecatrónica.

Recurso Físico

El LIANA será el encargado de proveer la mayoría recursos siendo OSCAR, la computadora a utilizar, se hará el uso de los recursos del TEC conforme se va realizando el avance del proyecto para las pruebas, así como cualquier recurso adicional.

Recurso de materiales

Las herramientas de desarrollo necesarias serán facilitadas y establecidas por el LIANA.

Presupuesto

Se desarrolla un estudio para conocer un presupuesto, al ser un proyecto de investigación se tiene un objetivo enfocado a corrección de los diversos problemas que actualmente se encuentran en el robot OSCAR.

En la Tabla 3. Presupuesto del Proyecto se resumen los costos y gastos del proyecto durante sus 15 semanas de duración.

Tabla 3. Presupuesto del Proyecto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD		SUBTOTAL (Colones)	DISPONIBLE ACTUALMENTE EN LA EMPRESA
		Dólares	Colones		
MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
ROS2	1		0	0	Si
Computadora	1		500000	0	Si
OSCAR	1	3000.00	1821600	1821600	Si
Driver Stepper 4A	2	16.89	10256	20511	No
GT2 Drive Pulley	1	4.46	2708	2708	No
GT2 Belt	1	11.24	6825	6825	No
Impresión 3D	1	600.00	364320	364320	No
Subtotal (Colones)				2215964.3	
SERVICIOS GENERALES					
REMUNERACION	320		14381	4601984	-
IMPREVISTOS	1		340897	340897	-
Subtotal (Colones)				4942881.4	
Tipo de cambio dólar	607.2	TOTAL (Colones)		7158845.7	

Tal y como es posible observar en la Tabla 3. Presupuesto del Proyecto, se cuenta con una computadora para el desarrollo del proyecto así como un software libre para el uso de la robótica ROS2. OSCAR se encuentra en el laboratorio del LIANA en donde se utilizará para la realización de pruebas de fallos y si corrección, se necesitaran nuevas partes que se encuentren en buen estado como lo son el adaptador drive GT2 y la banda GT2 para la articulación del codo.

También se cuenta con un presupuesto en donde se considera el material y el costo de las impresiones 3D para el desarrollo de las nuevas piezas, así como prototipos de las nuevas piezas para su fabricación.

Algunos de los materiales o componentes están dados en dólares y fueron convertidos a colones con el tipo de cambio actual de la creación de este documento, la primera versión de OSCAR está valorada en 3000 dólares y será facilitado por parte del LIANA.

En la sección de servicios generales se encuentran otros gastos del proyecto, los cuales de alguna u otra forma son parte del desarrollo. Se sabe que las horas para la realización del proyecto son de 320 y se obtiene el valor de horas de ingeniero [3] para así realizar el cálculo.

Referencias

- [1] Tecnológico de Costa Rica, «Laboratorio de Inteligencia Artificial para las Ciencias Naturales (LIANA),» Tecnológico de Costa Rica, 2022. [En línea]. Available: [https://www.tec.ac.cr/unidades/laboratorio-inteligencia-artificial-ciencias-naturales-liana#:~:text=del%20TEC%20%C2%BB%20Departamentos-,Laboratorio%20de%20Inteligencia%20Artificial%20para%20las%20Ciencias%20Naturales%20\(LIANA\),del%20Tecnol%C3%B3gico%20de%20](https://www.tec.ac.cr/unidades/laboratorio-inteligencia-artificial-ciencias-naturales-liana#:~:text=del%20TEC%20%C2%BB%20Departamentos-,Laboratorio%20de%20Inteligencia%20Artificial%20para%20las%20Ciencias%20Naturales%20(LIANA),del%20Tecnol%C3%B3gico%20de%20)
- [2] I. EDS, «IEEE Electron Devices Society,» 2023. [En línea].
- [3] M. d. t. y. s. Social, «Lista de salarios mínimos del sector privado,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>. [Último acceso: 21 11 2022].

Anexos

Anexo A. Carta de Aceptación

24 de Febrero del 2023

MSc. -Ing. Carlos Adrián Salazar García
Coordinador de Proyectos de Graduación
Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Estimado Ingeniero:

Por este medio, me permito comunicarle que hemos aceptado al estudiante **Maria Fernanda Araya Soto**, cédula **304870588**, carné ITCR **2018319444**, en nuestra empresa para realice el proyecto titulado **“Rediseño del robot OSCAR atendiendo requerimientos de fiabilidad y operación en condiciones demandantes”**, a realizarse en un lapso de 16 semanas calendario, a partir del inicio del **I Semestre 2023**.

Hago de su conocimiento que hemos leído y aprobado la propuesta que nos ha presentado el **Sra. Araya Soto**. Dicho documento cumple con los requerimientos de nuestra empresa y haremos todos los esfuerzos posibles por aportar los recursos necesarios para su exitosa conclusión.

Además, le informo que hemos recibido una copia del documento “Normas de Proyecto de Graduación para empresas” del programa de Licenciatura de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en el cual se detallan todos los aspectos a considerar durante este proceso.

Atentamente,

JUAN LUIS
CRESCO
MARIÑO
(FIRMA)

Firmado digitalmente
por JUAN LUIS CRESCO
MARIÑO (FIRMA)
Fecha: 2023.02.24
07:54:15 -06'00'

Prof. Juan Luis Crespo Mariño. Dr. Ing.

Director del Laboratorio de Inteligencia Artificial para las Ciencias Naturales (LIANA)

Área de Ingeniería Mecatrónica. Tecnológico de Costa Rica

Anexo B. Hoja de información del proyecto

Datos del estudiante:

Nombre: María Fernanda Araya Soto

Cédula: 304870588 **Carné ITCR:** 2018319444

Dirección de su residencia: Turrialba, Cartago Costa Rica

Teléfono de residencia: N/A

Teléfono celular: +506 84290909

Correo electrónico: arayasotofernanda@gmail.com

Información del proyecto:

Nombre del Proyecto: Rediseño del robot OSCAR atendiendo requerimientos de fiabilidad y operación en condiciones demandantes.

Información de la empresa: Laboratorio del ITCR

Nombre: Laboratorio de Inteligencia Artificial para las ciencias naturales o abreviado LIANA

Actividad Principal: Investigativa

Zona: Cartago, Costa Rica

Dirección: Tecnológico de Costa Rica, Calle 15, Avenida 14., 1 km Sur de la Basílica de los Ángeles., Provincia de Cartago, Cartago, 30101, (Edificio K1), Local 516

Teléfono: +506 25509248

Información del encargado/asesor en la empresa:

Nombre: Esteban Arias Méndez

Puesto que ocupa: Investigador Asociado

Departamento: LIANA

Profesión: Profesor **Grado académico:** Máster en Computación

Teléfono: +506 25509248

Correo electrónico: esteban.arias@itcr.ac.cr