



Brazo Robótico Pintador Tipo Esférico

Cesar Omar Alvarado Contreras

Marco Manzo Torrez

Eduardo Robles Vázquez

Víctor Gabriel Tapia Casillas
Fonseca Camarena Jonathan

Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara

Proyecto Anual

8 de Noviembre de 2019

Índice general

1	Introducción	3
1.1.	Meta	3
1.2.	Objetivos:	3
1.3.	Justificación	3
2	Desarrollo	4
2.1.	Tabla de materias	4
2.2.	Project	5
2.3.	Proposición del análisis finito	5
2.4.	Material seleccionado	5
2.5.	Cronograma de gastos de elaboración de robot esférico	6
2.6.	Avances relacionados con las materias	6
2.6.1.	Diseño y selección de elementos mecánicos	6
2.6.2.	Modelado y simulación de sistemas	7
2.6.3.	Cinemática de robots	7
2.7.	Simulación de cinemática directa e inversa	7
2.8.	Análisis de elementos finitos	10
3	Fotografías del armado de prototipo	15
4	Conclusiones	18
4.1.	César Alvarado	18
4.2.	Jonathan Fonseca	18
4.3.	Marcos Manzo	18
4.4.	Eduardo Robles	18
4.5.	Víctor Tapia	18
	Bibliografía	19

Capítulo 1

Introducción

1.1. Meta

Crear un robot polar de tres grados de libertad, con una longitud total de 50 centímetros y una altura total de 30 centímetros, cuyo último eslabón deberá soportar una carga de 500 gramos y tendrá como fin pintar.

1.2. Objetivos:

- Realizar boceto
- Cumplir con las especificaciones propuestas por el profesor
- Realizar el plano del robot
- Realizar el modelado del prototipo en 3D
- Establecer los materiales a usar
- Realizar el análisis de elementos finitos
- Realizar cálculos necesarios para la selección de motores y componentes
- Elaboración del primer prototipo
- Programación del robot

1.3. Justificación

El propósito de este proyecto surge a partir de la necesidad de implementar los conocimientos obtenidos de las materias presentes de estos últimos 3 cuatrimestres, así como de cuatrimestres pasados. Retomando lo mencionado con anterioridad, se desarrollará un prototipo de un brazo robótico polar, el cual consistirá de 3 grados de libertad; dos movimientos rotacionales y uno prismático.

Capítulo 2

Desarrollo

2.1. Tabla de materias

A continuación, presentamos la tabla de materias que nos ayudarán en nuestro proyecto.

Tabla de materias y actividades		Ingeniería Mecatrónica 7ºA
Integrantes	César Omar Alvarado Contreras. Jonathan Fonseca Camarena. Marcos Manzo Torres. Eduardo Robles Vázquez. Víctor Gabriel Tapia Casillas.	
Materia	Actividades	Maestro
Administración de proyectos de ingeniería	Capacidad de administrar el tiempo, recursos y actividades a desarrollar para la realización del proyecto.	Miguel Alberto Martinez Molina
Cinemática de robots	Proveer de aspectos técnicos de los distintos tipos de robots, además de su funcionamiento, programación, cálculos y características.	Carlos Enrique Morán Garabito
Diseño y selección de elementos mecánicos	Brindar información de los distintos tipos de materiales a utilizar, sus ventajas y desventajas. Complementación de aprendizaje del uso de softwares para el diseño de planos y prototipos.	Norberto García Alvarez
Inglés	Dotar de habilidades lingüísticas para la comprensión de diversos textos que puedan ser de ayuda, con la característica de encontrarse en inglés.	Mauro Ceballos Heredia
Modelado y simulación de sistemas	Aprender a aplicar distintos sistemas y modelado matemáticos para la simulación y desarrollo del prototipo.	Rosa María Razo Cerda
Termodinámica	Obtener conocimientos acerca del comportamiento térmico del prototipo. Esto debido a que al ser un sistema mecánico genera fricción entre sus partes y, por ende, calor.	José Carlos Díaz Nuñez

Figura 1: Tabla

2.2. Project

En el programa Project realizamos el cronograma de actividades.

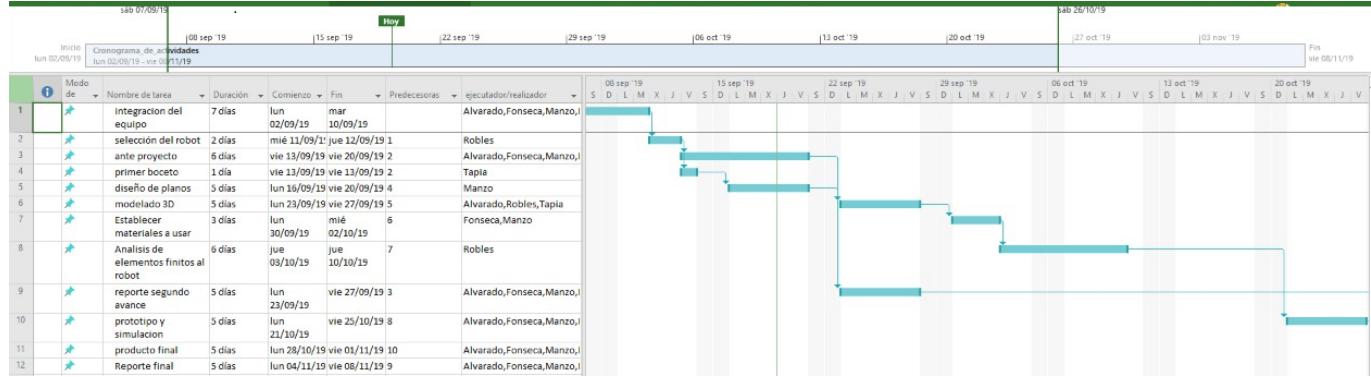


Figura 2: Project

2.3. Proposición del análisis finito

Lo que se pretende calcular del robot, es la cantidad que puede soportar, esperando como resultado una carga de 500 gramos, calcular los diámetros correspondientes a los pasadores para evitar cargas por cortante; selección del material para la estructura y actuadores, como también el cálculo de estimación del tiempo de vida del robot.

2.4. Material seleccionado

Para darle una mayor resistencia a la estructura del robot se planea utilizar una aleación de aluminio, ya que tiene mayor resistencia al desgaste y deformación a diferencia de otros materiales además de ser relativamente ligero.

Densidad	2,712 g/cm ³
Conductividad térmica	0,221 kW/m·C
Calor específico	920,000 J/kg·K
Módulo de elasticidad	68,94 GPa
Coeficiente de Poisson	0,33
Límite elástico	27,57 GPa
Tensión de rotura	68,947 MPa

Figura 3: Tabla Aluminio

Posteriormente se realizará una prueba de elementos finitos mediante un software para sustentar la idea de dicho material.

2.5. Cronograma de gastos de elaboración de robot esférico

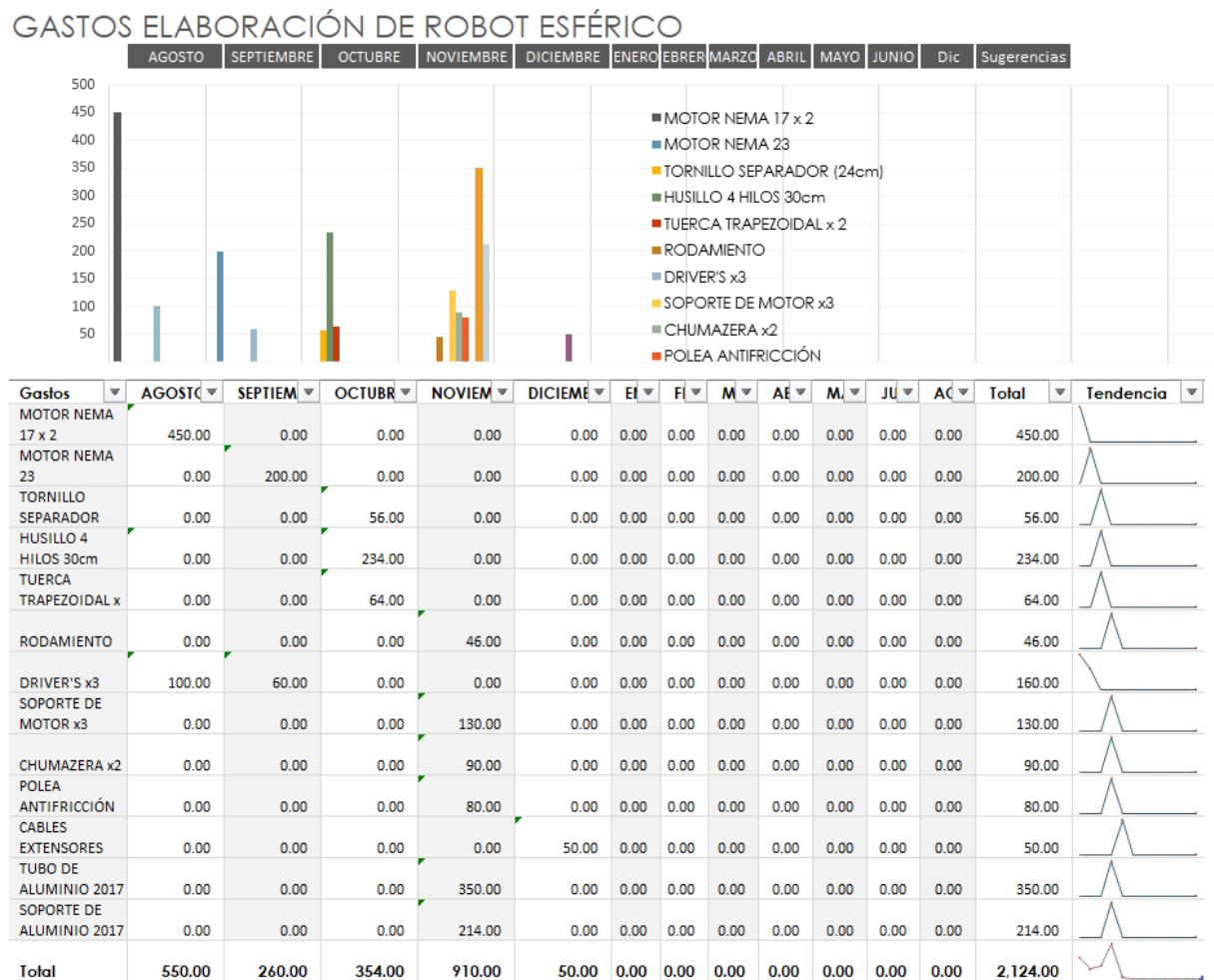


Figura4 :Gastos de elaboración

2.6. Avances relacionados con las materias

2.6.1. Diseño y selección de elementos mecánicos

El avance que se ha obtenido en esta materia ha sido en cuanto al diseño de las piezas y el ensamblaje del modelado 3D en el software Inventor, además del análisis de elementos finitos, el cual, brindó una clara observación de los materiales que serán más convenientes de usar para no sufrir alguna deformación o daño de la estructura.

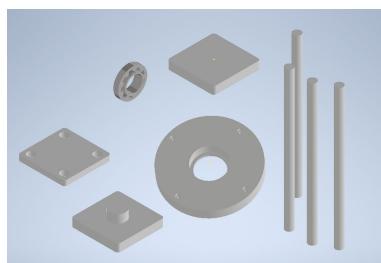


Figura 5:Dibujo1

Fue necesario realizar los dibujos varias ocasiones por que encontraba algún problema ya sea de medida o de fricción en las piezas de nuestro proyecto.

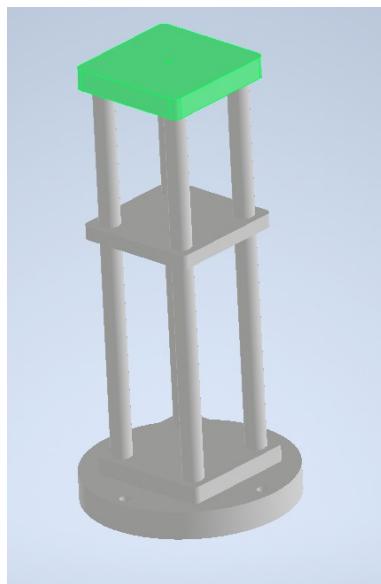


Figura 6:Dibujo2

Asimismo, entendimos cómo convertir una idea de diseño en un producto real, eligiendo la mejor opción en cuanto al enfoque, las técnicas y los materiales a utilizar. Nuestro proyecto se emplea en el diseño asistido por ordenador (CAD) para llevar a término este proyecto.

2.6.2. Modelado y simulación de sistemas

La propuesta de modelado matemático que se desarrollará será un modelo dinámico en el robot de forma sistemática, logrando expresar todos los fenómenos físicos presentes en el movimiento del mecanismo a través de las ecuaciones de movimiento de Euler-Lagrange.

2.6.3. Cinemática de robots

Se ha realizado el modelo cinemático directo del robot obtenido por medio de la metodología Denavit-Hartenberg y las transformaciones homogéneas, lo cual describe la posición en el espacio del mismo.

2.7. Simulación de cinemática directa e inversa

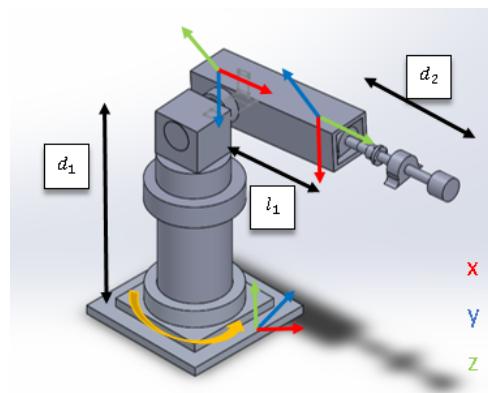
En esta práctica se describió el funcionamiento del robot mediante modelados matemáticos que permiten describir los movimientos y parámetros de los ejes del robot.

A continuación se anexarán páginas referentes a este apartado:

Capítulo 2

Desarrollo

El análisis de la Cinemática Directa será hecho a través de la convención de Denavit-Hartenberg. Primero hacemos el análisis de los ejes de nuestro robot.



Con base al análisis anterior procedemos a hacer la tabla DH.

	z		x	
	θ	d_{i-1}	α_{i-1}	a
1	θ_1	0	0	0
2	θ_2	d1	90°	0
3	90°	d2	90°	l1

Una vez realizada la tabla DH podemos hacer las matrices:

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

Basándonos en la tabla, sustituímos los valores, la primera matriz empieza con los valores de la primera fila de la tabla DH y se continúa con ese orden respectivamente, hasta que se obtengan las matrices con el

siguiente lineamiento:

$$\begin{aligned} {}^0A_1 &= \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\cos(0)\sin(\theta) & \sin(0)\sin(\theta) & 0\cos(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(0)\cos(\theta) & -\sin(0)\cos(\theta) & 0\sin(\theta) \\ 0 & \sin(0) & \cos(0) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ {}^1A_2 &= \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\cos(90)\sin(\theta) & \sin(90)\sin(\theta) & 0\cos(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(90)\cos(\theta) & -\sin(90)\cos(\theta) & 0\sin(\theta) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ {}^2A_3 &= \begin{bmatrix} \cos(90) & -\cos(90)\sin(90) & \sin(90)\sin(90) & l_1\cos(90) \\ \sin(90) & \cos(90)\cos(90) & -\sin(90)\cos(90) & l_1\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Simplificando las matrices anteriores, éstas quedarán de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} {}^0A_1 &= \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0 & 0 \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ {}^1A_2 &= \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & \sin(\theta) & 0 \\ \sin(\theta) & 0 & -\cos(\theta) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ {}^2A_3 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & l_1 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Una vez obtenidas las matrices, pasamos a multiplicarlas:

$$A_r = {}^0A_1 * {}^1A_2 * {}^2A_3$$

Dando así la siguiente matriz:

$$A_r = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \cos^2(\theta) - \sin^2(\theta) & 2d_2\sin(\theta)\cos(\theta) \\ 0 & \sin^2(\theta) - \cos^2(\theta) & 2\sin(\theta)\cos(\theta) & l_1 + d_1 \\ 1 & 0 & 0 & l_1 + d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.8. Análisis de elementos finitos

Como se demostró previamente en una práctica, se hizo una comparación entre distintos materiales, de los cuales, finalmente se optó por la madera, debido a sus propiedades, ésta resiste sin problema alguno el peso de la estructura y a la vez el peso del objeto a sostener que es de 500 gramos.

A continuación se anexarán páginas referentes a este apartado:

Capítulo 4

Primera prueba

En el primer análisis realizado se contaba con placas de acero y barras de aluminio.

En este caso se deforma debido al peso del material, ya que el acero, al ser más denso que el aluminio, las barras de soporte tienen una gran carga que soportar y al no poder con ello, estas ceden ante el peso y se doblan.

Propiedades físicas de la primera prueba:

Masa	14.0317 kg
Área	491909 mm ²
Volumen	2006750 mm ³
Centro de gravedad	x=71.1574 mm y=-86.3313 mm z=165.562 mm

Figura 4.1: Propiedades del brazo arrojadas por el software.

:

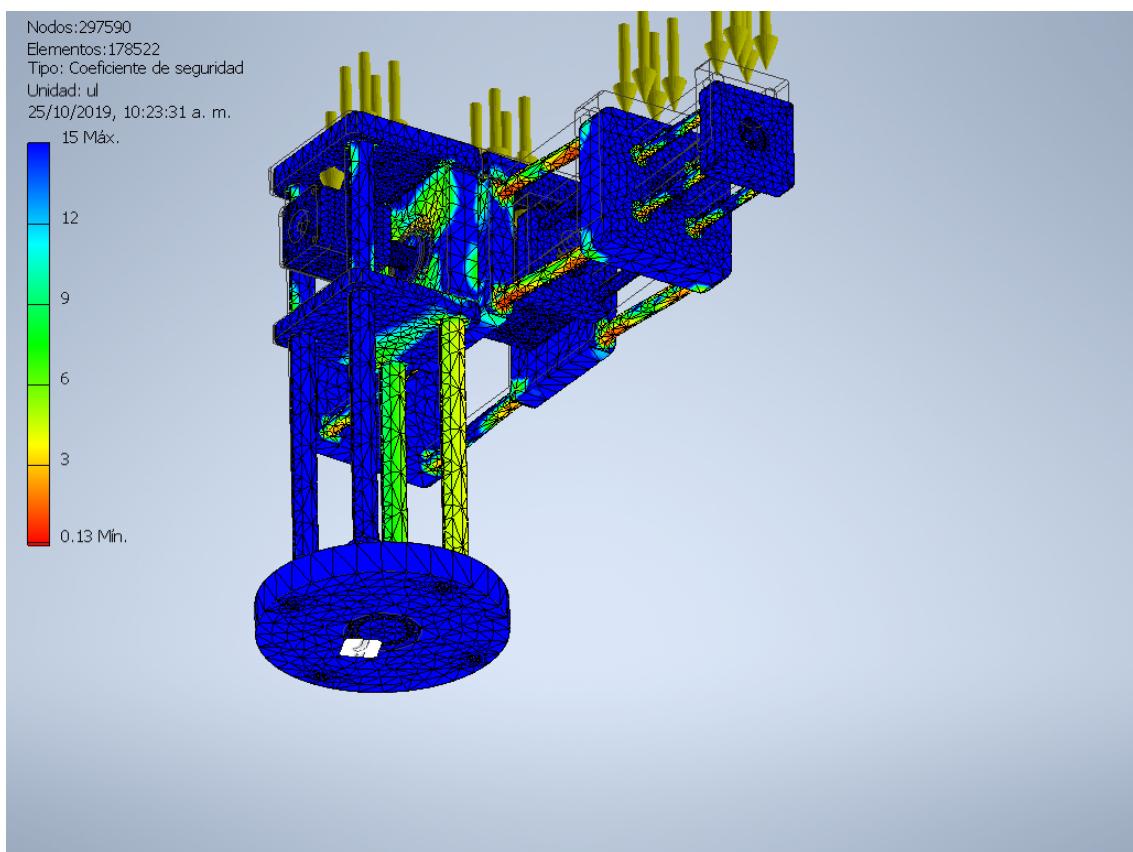


Figura 7.3: Vista general con simbolización de cargas ejercidas y colorimetría sobre las áreas de deformación.

:

Capítulo 5

Segunda prueba

"Placas de aluminio y barras de acero"

Al administrar de una manera más óptima la selección de materiales para cada componente, se decidió utilizar el aluminio, un material menos denso y pesado que el acero, para la composición de las piezas de mayor volumen en el brazo y las piezas críticas, como las barras de soporte, se utilizará acero, siendo este un material más resistente. Con esta configuración se crea un equilibrio entre los materiales, dejando en menor cantidad el material más denso, pero en partes donde se requiere resistencia, y los materiales livianos para el resto de las piezas del brazo.

El resultado de este cambio no solo beneficia en el hecho de que ya no tiene tanta deformación el brazo, sino que también el peso es disminuido con respecto al análisis previo.

Propiedades físicas de la segunda prueba:

Masa	10.1021 kg
Área	491909 mm ²
Volumen	2006750 mm ³
Centro de gravedad	x=58.5033 mm y=-83.2266 mm z=145.385 mm

Figura 5.1: Propiedades del brazo arrojadas por el software.

:

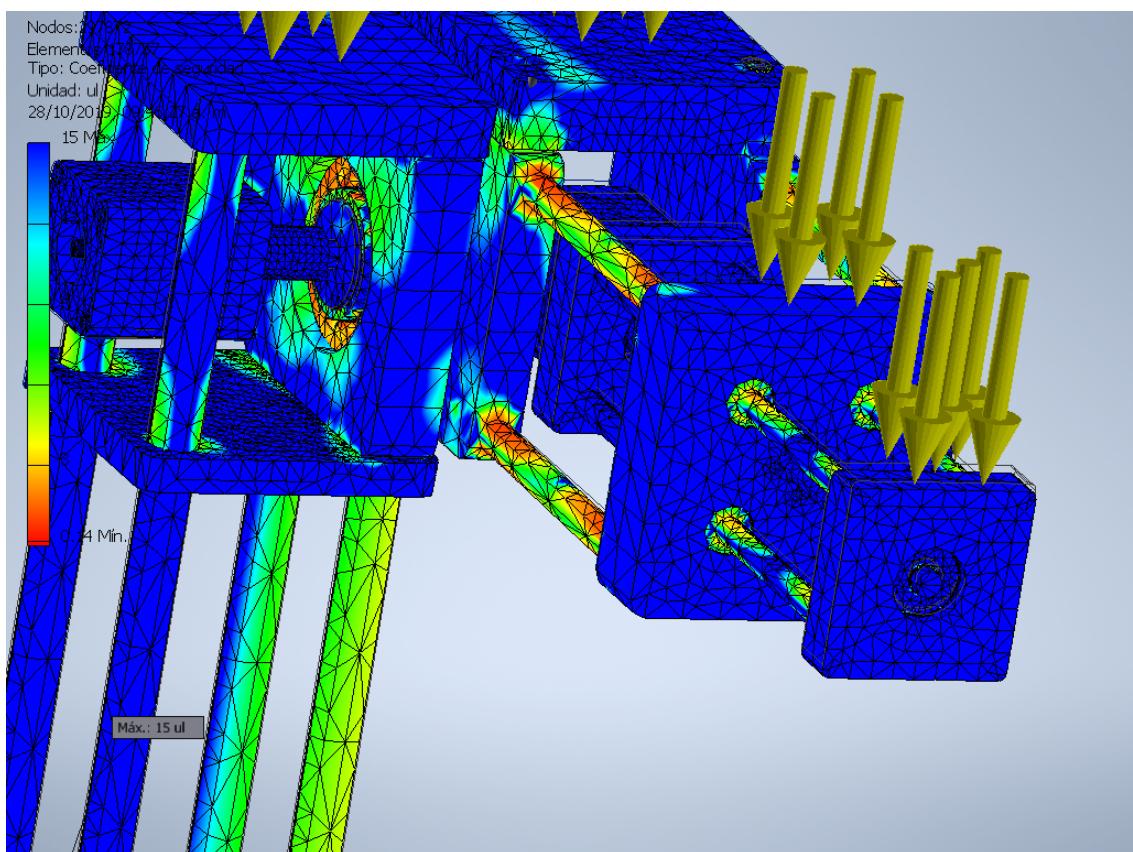


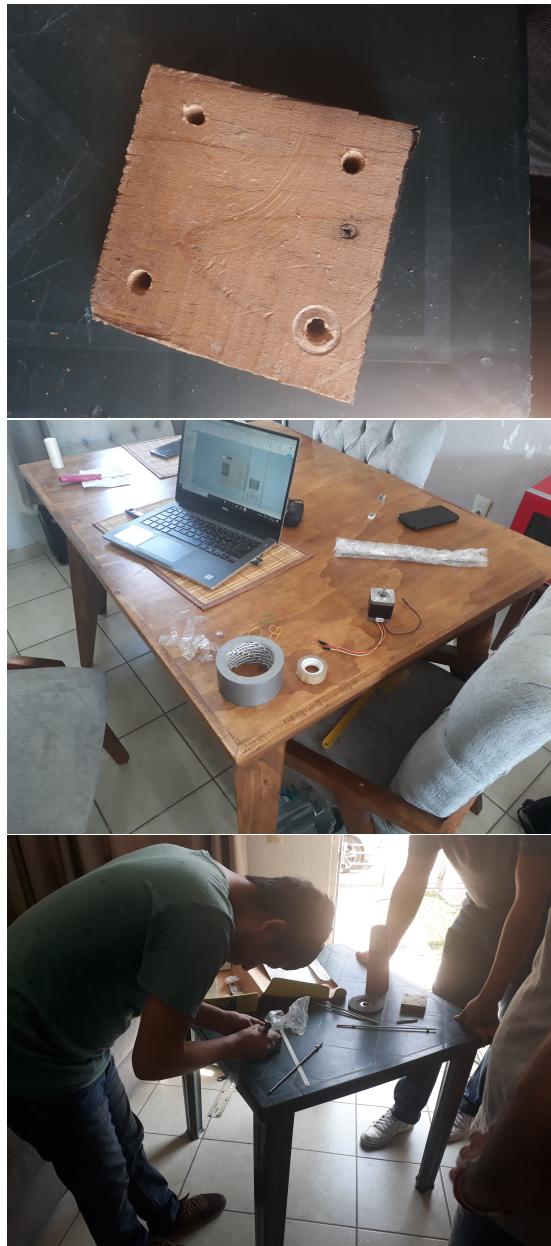
Figura 8.3: Vista general con simbolización de cargas ejercidas y colorimetría sobre las áreas de deformación.

:

Capítulo 3

Fotografías del armado de prototipo

A continuación se mostraran imágenes del armado y desarrollo del prototipo.







Capítulo 4

Conclusiones

4.1. César Alvarado

Al realizar el proyecto en conjunto se puede demostrar que el enfoque dado para su diseño y análisis, aprendido en el curso de este cuatrimestre fue óptimo para su elaboración el cuál es arduo con algunos inconvenientes no vistos y planeados en el sistema de planeación por lo tanto concluyó con lo que se aprendió en este lapso cortó un trabajo realizado en conjunto con lo aprendido previamente en este periodo.

4.2. Jonathan Fonseca

Este proyecto nos hizo aplicar todos los conocimientos obtenidos hasta la fecha, ya que este proyecto lleva de todo; programación, diseño 3D mediante software, modelos matemáticos, etc. Aún estando sin terminar, este proyecto es la culminación de nuestra carrera, ya que también será nuestro proyecto de despedida en esta escuela.

4.3. Marcos Manzo

El haber realizado un robot desde cero, nos lleva a la conclusión sobre la importancia de realizar el estudio de un elemento antes de comenzar a trabajar con él.

El poder desarrollar un prototipo, con características específicas pero comenzando desde cero, nos muestra la importancia del por qué de las cosas, como una idea nos lleva a otra idea y al final del día se forma una sola pero con raíces más profundas y siempre teniendo claro el objetivo de lo que buscamos.

Cuesta trabajo creer, cómo fue que comenzamos a realizar el prototipo en un simple boceto, desarrollamos el análisis y hoy que tenemos un prototipo nos demuestra la importancia de todo lo que antes llevamos a cabo. Nos muestra cómo es que, con un estudio realizado incorrectamente, todo lo desarrollado no llega a cumplir los objetivos propuestos.

Aunque fue nuestro primer prototipo, el aprendizaje se encuentra ahí, el saber qué puntos debemos de volver a realizar y qué puntos se mantienen firmes, ya que aprender de los errores es avanzar hacia adelante

4.4. Eduardo Robles

Nuestro proyecto anual en esta primera prueba cuatrimestral ha sido desde mi perspectiva un gran avance ya que se ha puesto en el todo lo aprendido en este cuatrimestre desde el método de Denavit-Hartenberg hasta como realizar el análisis de elementos finitos. Sin duda alguna nos encontramos con varios obstáculos como lo fue en su momento la interpretación del análisis de los elementos finitos o el armado del prototipo, pero a pesar creo que todo el equipo esta conforme con el resultado y solo esperamos mejorar el proyecto teniendo en cuenta todos los errores que cometimos para no volver a cruzarnos con ellos.

4.5. Víctor Tapia

Con este proyecto hemos puesto en práctica los conocimientos que hemos adquirido no solamente en este cuatrimestre, sino también de los pasados. Fue un completo desafío y, aunque no está del todo finalizado, es un orgullo el resultado en nuestro equipo, ver como este proyecto pasó de ser un bosquejo en una hoja reciclada a ser un elemento real. [?] [?]

Bibliografía

- [1] Jonathan Ruiz de Garibay Pascual. Robótica: Estado del arte. *Universidad de Deuston. Número. Fecha*, page 54, 2006.
- [2] E.F. Morales and L.E. Sucar. Los robots del futuro y su importancia para méxico. *Komputer Sapiens*, 1(2):7–12, 2009.