



# Tecnológico de Monterrey

## MR2004 – IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS MECATRÓNICOS

**Profesor:**

José Rafael Aguilar Mejia  
Luis Antonio Carrillo Martinez  
Irving Omar Cázares Ramírez

**EQUIPO 2**

**Integrantes:**

Lilian Scarlett Díaz Romero	A01734788
Diego Hernandez Aguilar	A01734775
Daniel Antonio Gutiérrez	A01734759
Brenda Vistrain Moser	A01735221
Massimiliano Tuccella Ramírez	A01734774
Wilder Galed Ochoa Marrón	A01552192

**Reporte Integrador**

Fecha de entrega: 21 de junio de 2022

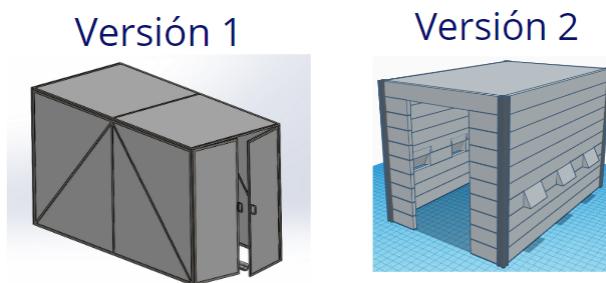
# Índice

<b>Índice</b>	<b>1</b>
<b>Módulo 1: Desarrollo de prototipos y tecnologías</b>	<b>2</b>
Prototipos iniciales	2
Prototipo de papel y modelado CAD	2
Prototipo MDF final	3
Impresión 3D (soporte de anclaje)	3
<b>Módulo 2: Administración de proyectos</b>	<b>4</b>
Planeacion de proyecto	4
Control de proyecto	9
<b>Módulo 3: Elementos mecánicos</b>	<b>14</b>
Problemática a resolver	14
Diámetro exterior del engrane	15
Fuerza del eje	15
Opciones o soluciones comerciales	18
<b>Módulo 4 y 5: Electrónica y microcontroladores</b>	<b>22</b>
Código de operación	25
Diseño del circuito	26
Funcionamiento de las tecnologías	27
Tabla de Verdad	28
Ecuación lógica	28
<b>Módulo 6: Instrumentación</b>	<b>29</b>
<b>Referencias</b>	<b>30</b>

## Módulo 1: Desarrollo de prototipos y tecnologías

### Prototipos iniciales

En este apartado se desarrolló lo que fueron las distintas propuestas a realizar del diseño de nuestro motogarage. Durante todo el semestre hemos ido modificando nuestras propuestas como se muestra en la siguiente imagen donde podemos observar las versiones del prototipo.



*Fig 1. Versiones anteriores del prototipo. SolidWorks (2021).*

Posteriormente para el modelado final realizamos un prototipo de papel con el objetivo de verificar su resistencia y los ángulos que teníamos que implementar.

### Prototipo de papel y modelado CAD



*Fig 2. Prototipado de papel*

Al verificar su resistencia el siguiente paso fue modelado en CAD con la ayuda del software solidworks se pudo modelar cada pieza y medidas del prototipo para que de esta manera se pudiera implementar de manera real con MDF y tornillería.



*Fig 3. Modelado CAD. SolidWorks (2021).*

### Prototipo MDF final



Fig 4. Prototipado final en MDF.

Con este prototipo fue posible validar lo siguiente:

- Dimensiones adecuadas
- Ensamble de las piezas en los perfiles, paredes, techo y puertas sencillo.
- Que funciona adecuadamente para lo que fue diseñado
- Apertura con una sola mano y ligero

### Impresión 3D (soporte de anclaje)

Con la ayuda de las tecnologías de impresión 3D y el software de solidworks se pudo modelar e imprimir el sistema de anclaje de la motocicleta, la cual está conformada por un sistema de rieles para que se pueda desplazar de manera vertical dentro del motogarage.

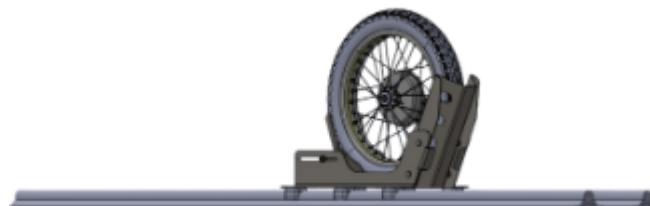


Fig 5. Modelado CAD del soporte de anclaje de la moto. SolidWorks (2021).



*Fig 6. Impresión 3D del modelado de anclaje.*

Con este prototipo el objetivo fue validar que realmente cumpliera con la función de llevar la moto al final de la caja, por lo que hicimos uso de las tolerancias en el diseño y al final obtuvimos un ajuste de juego ideal entre el soporte del riel y el riel. Además de que la parte del soporte que va en contacto con la llanta también tiene movilidad y nos permite validar que es ajustable para cualquier tipo de neumático de motocicleta.

## Módulo 2: Administración de proyectos

### Planeacion de proyecto

Roles	Descripción	Integrante
Project Manager.	Responsable de la finalización del proyecto según lo previsto. Desempeña un papel principal en la planificación general, ejecución, monitoreo, control y cierre del proyecto.	Scarlett
Encargado en la implementación de circuitos	Se le encomienda la labor de trabajar de manera conjunta con el encargado de la programación para la búsqueda de soluciones eficientes e innovadoras.	Massimiliano
Encargado de la programación	Es el encargado y responsable de que funcione de manera correcta el automatismo y de cumplir los requerimientos de los sensores utilizados.	Diego
Encargado de prototipado	Responsable de que los prototipos hechos cumplan con el objetivo de validar, también de que los costos en los prototipos no se eleven	Daniel
Encargada del diseño y manufactura	Se encarga que la elección de la manufactura sea la más adecuada, su tarea consiste en validar que el proceso de ensamble sea el adecuado	Brenda
Encargado de	Su trabajo es participar en la documentación de	Wilder

documentar el trabajo	los avances realizados	
-----------------------	------------------------	--

- División de trabajo projectlibre

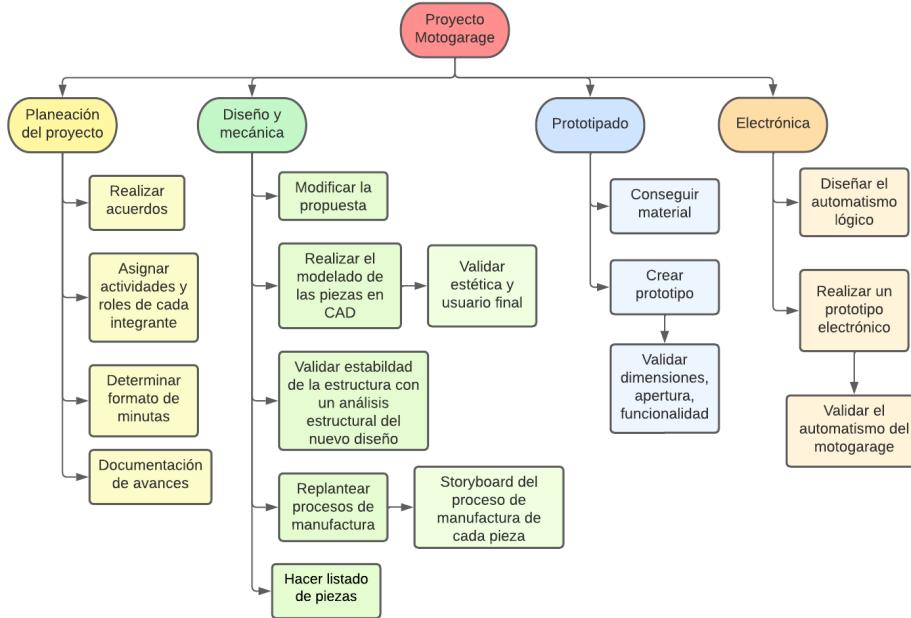


Fig 7. Mapa mental de actividades a realizar.

- Gráfica de gantt

En esta actividad se administraron los recursos del equipo que se encargaría de cada una de las actividades.

Nombre	Duracion	Inicio	Terminado	Predecesores	Nombres del Recurso
<b>Planeación del Proyecto</b>	<b>20 days</b>	<b>18/05/22 08:00 AM</b>	<b>14/06/22 05:00 PM</b>		
Realizar acuerdos	0.5 days	18/05/22 08:00 AM	18/05/22 01:00 PM		Scarlett;Wilder;Diego;Brend...
Asignar actividades y rol...	0.5 days	18/05/22 08:00 AM	18/05/22 01:00 PM		Scarlett;Massimiliano
Determinar formato de ...	1 day	18/05/22 08:00 AM	18/05/22 05:00 PM		Massimiliano
Documentación de avances	1 day	14/06/22 08:00 AM	14/06/22 05:00 PM	6;15;19	Massimiliano;Daniel;Brenda;...
<b>Diseño y mecánica</b>	<b>13 days</b>	<b>18/05/22 08:00 AM</b>	<b>3/06/22 05:00 PM</b>		
Modificar la propuesta	2 days	18/05/22 08:00 AM	19/05/22 05:00 PM		Scarlett[50%];Brenda;Dani...
Realizar el modelado de l...	4 days	20/05/22 08:00 AM	25/05/22 05:00 PM	7	Daniel;Brenda;Massimiliano
Validar estética y usuari...	1 day	26/05/22 08:00 AM	26/05/22 05:00 PM	8	Diego;Wilder
Ánalisis estructural	2 days	26/05/22 08:00 AM	27/05/22 05:00 PM	8	Scarlett
Validar estabilidad de la ...	1 day	30/05/22 08:00 AM	30/05/22 05:00 PM	10	Scarlett
Replantear procesos de ...	2 days	31/05/22 08:00 AM	1/06/22 05:00 PM	11	Diego;Daniel;Massimiliano
Storyboard del proceso ...	2 days	2/06/22 08:00 AM	3/06/22 05:00 PM	12	Brenda;Massimiliano;Daniel
Hacer listado de piezas	1 day	26/05/22 08:00 AM	26/05/22 05:00 PM	8	Diego
<b>Prototipado</b>	<b>6 days</b>	<b>6/06/22 08:00 AM</b>	<b>13/06/22 05:00 PM</b>		
Conseguir material	2 days	6/06/22 08:00 AM	7/06/22 05:00 PM	6	Wilder;Diego;Brenda
Crear prototipo	3 days	8/06/22 08:00 AM	10/06/22 05:00 PM	16	Massimiliano;Daniel;Brenda;...
Validar dimensiones, ape...	1 day	13/06/22 08:00 AM	13/06/22 05:00 PM	17	Brenda;Daniel;Wilder
<b>Electrónica</b>	<b>3 days</b>	<b>20/05/22 08:00 AM</b>	<b>24/05/22 05:00 PM</b>		
Diseñar el automatismo l...	1 day	20/05/22 08:00 AM	20/05/22 05:00 PM	7	Diego;Wilder
Realizar un prototipo ele...	1 day	23/05/22 08:00 AM	23/05/22 05:00 PM	20	Massimiliano;Brenda
Validar el automatismo d...	1 day	24/05/22 08:00 AM	24/05/22 05:00 PM	21	Scarlett;Daniel

Tabla 1. Actividades a realizar con tiempos establecidos.

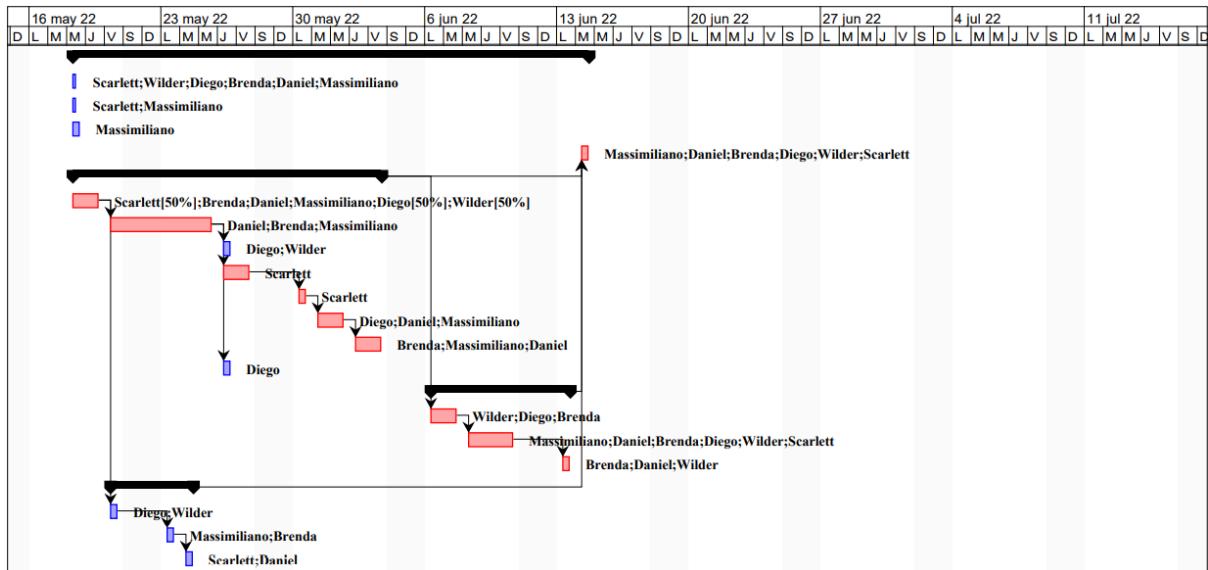


Fig 8. Diagrama de Gantt

### Control de proyecto

- Formato de control



Fig 9. Formato de control en Miro.

[https://miro.com/welcomeonboard/d3FhYkxBenRlcndRcm1PRjVZS2hsOEtKdDJMSUJMRUtYTzVjNWQxQXJKWDBQOGRoQXBZbUFQbjQyRFNONnlabXwzMDC0NDU3MzUwMjk0MzgzMTE5?share\\_link\\_id=48735022691](https://miro.com/welcomeonboard/d3FhYkxBenRlcndRcm1PRjVZS2hsOEtKdDJMSUJMRUtYTzVjNWQxQXJKWDBQOGRoQXBZbUFQbjQyRFNONnlabXwzMDC0NDU3MzUwMjk0MzgzMTE5?share_link_id=48735022691)

Avances			
	Diseño y mecánica	Prototipado	Electrónica
Semana 1	Cambios en el diseño hechos	Storyboard del proceso de validaciones	Soldaduras de automatismo lógico
Semana 2	Storyboard del proceso de manufactura Listo de materiales	Cortado en plástico del 1º Prototipo	
Semana 3		Prototipo 1 Se reservan los materiales para el prototipo 2	
Semana 4	Validación del ensamblaje del motogaraje	Resumen del Prototipo 2 Poster Imagen presentación intergeneracional	Inicio de la implementación en App Inventor Creación del código
Semana 5		Final del Prototipo 2 Impresión 3D del soporte y riel	Impresión de la PCB Soldering of components Verificación de funcionamiento

Fig 10. Documentación del control del proyecto.

- Reuniones de control y seguimiento

Con base en la administración y planeación del proyecto en general, así como cada una de las etapas que este conlleva se acordó tener 2 reuniones semanales como mínimo en las cuales se trataran y verificarán los avances obtenidos hasta esa fecha, se discutirán situaciones específicas y generales del mismo, así como dar una respuesta y solución a los problemas o circunstancias que se generen. A continuación se muestran las fechas y horarios elegidos para las reuniones:

- 25/05/2022 a las 8:30 p.m. a través de la plataforma de Zoom
- 27/05/2022 a las 8:30 p.m. a través de la plataforma de Zoom
- 01/06/2022 a las 9:00 p.m. a través de la plataforma de Zoom
- 03/06/2022 a las 8:30 p.m. a través de la plataforma de Zoom
- 08/06/2022 a las 9:00 a.m. de manera presencial
- 08/06/2022 a las 8:30 p.m. a través de la plataforma de Zoom
- 13/06/2022 a las 8:00 p.m. a través de la plataforma de Zoom
- 20/06/2022 a las 9:00 a.m. de manera presencial
- 23/06/2022 a las 9:00 a.m. de manera presencial
- 24/06/2022 a las 8:00 p.m. a través de la plataforma de Zoom

- Formato de minutos de reuniones

## MINUTA DE REUNIÓN

**Asistentes:**

- Scarlett
- Massimiliano
- Diego
- Brenda
- Daniel

**Fecha:** 25/05/22**Lugar:** Salón de clases**Número de reunión:** #1**Objetivo:** Nuevas ideas de prototipado**Tema:** Diseño motogarage**Puntos a tratar / Acuerdos:**

Llegar a una acuerdo de como poder juntar todas las propuestas de los equipos anteriores y como convertirlas en un diseño o propuesta diferente al anterior, además de discutir las problemáticas que tuvimos anteriormente con los otros modelos, Por otro lado crear una división de trabajo para nuestra futura planeación del proyecto .

**Acciones futuras:**

Acciones	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	✓
1. Evaluar propuestas	Scarlett	25/05/22	25/05/22	✓
2. Evaluar con qué modificaciones quedarnos	Massimiliano	25/05/22	25/05/22	✓
3. Evaluar si se modifica el movimiento de las puertas	Daniel	25/05/22	25/05/22	✓
4. Reconsiderar las dimensiones del motogarage	Brenda	25/05/22	25/05/22	✓
5. Que tipo de prototipado a utilizar y el diseño final	Diego	25/05/22	25/05/22	✓

**Fecha de próxima reunión:** 01/06/22

## MINUTA DE REUNIÓN

**Asistentes:**

- Scarlett
- Massimiliano

- Diego

- Brenda

- Daniel

**Fecha:**01/06/22

**Tema:** Diseño 3D de papel del motogarage

**Lugar:** Biblioteca sur

**Número de reunión:** #2

**Objetivo:** Primer prototipo en papel

#### **Puntos a tratar / Acuerdos:**

Ya una vez teniendo el diseño de nuestro prototipo, se tiene que desarrollar un modelo de papel con el objetivo de verificar si la estructura es la correcta para su funcionamiento, para que después en el software de solidworks se puedan realizar las correcciones que se tenían del modelado anterior.

#### **Acciones futuras:**

Acciones	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	✓
6. Compra de material y pegado de columnas	Scarlett	01/06/22	02/06/22	✓
7. Iniciar con las correcciones del modelado Modelado CAD	Massimiliano	01/06/22	02/06/22	✓
8. Realizar las dimensiones a escala en papel	Daniel	01/06/22	02/06/22	✓
9. Cortado y doblado de las columnas de papel	Brenda	01/06/22	02/06/22	✓
10. Evaluar las correcciones del prototipado de papel	Diego	01/06/22	02/06/22	✓

**Fecha de próxima reunión:**08/06/22

### **MINUTA DE REUNIÓN**

#### **Asistentes:**

- Scarlett
- Massimiliano
- Diego

- Brenda

- Daniel

**Fecha:**07/06/22

**Lugar:** Laboratorio de maderas

**Número de reunión:** #3

**Objetivo:** Crear el prototipo final a escala

**Tema:** Diseño del motogarage en MDF

**Puntos a tratar / Acuerdos:**

Desarrollo de corte de madera de cada pieza del motogarage, así como también la creación de cada una de sus dimensiones para el corte láser de cada pieza. Además de implementar la parte de electrónica.

**Acciones futuras:**

Acciones	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	✓
11. Pegado de piezas de la estructura, corte de lamina en laboratorio	Scarlett	08/06/22	15/06/22	✓
12. Creaciones de piezas para la impresión en corte láser y creación de PCB con soldadura.	Massimiliano	08/06/22	15/06/22	✓
13. Encargado de la tornillería y bisagras para el funcionamiento de la puerta	Daniel	08/06/22	15/06/22	✓
14. Pegado de piezas de estructura, corte de lamina en laboratorio.	Brenda	08/06/22	15/06/22	✓
15. Creación de las columnas del motogarage	Diego	08/06/22	15/06/22	✓

**Fecha de próxima reunión:** 16/06/22

- Riesgos en el proyecto

El riesgo más presente durante el proyecto fue el tiempo, ya que se atravesaron eventos y presentaciones con el socio formador en días no contemplados. En nuestro diagrama de Gantt consideramos pocos espacios de holgura por lo tanto hubo proyectos como la implementación de la PCB que se terminaron simplificando y aplazando, por otro lado, consideramos que el

trabajo realizado es satisfactorio ya que logramos cumplir con el objetivo de validar procesos de manufactura, forma, dimensiones, apertura y funcionalidad de nuestro motogarage.

### Módulo 3: Elementos mecánicos

#### Problemática a resolver

Para nuestra situación problema y prototipo motogarage se va a ocupar un motor de 1/2 HP a 60 RPM y donde se quiere diseñar un sistema de tren de engranajes que tiene como objetivo abrir la puerta del prototipo a una velocidad apropiada, que esté el eje en línea y sea lo más compacto posible, considerando la selección de engranajes, rodamientos y ejes.

#### Motor (datos iniciales):

$$P = 0.5 \text{ hp} = 372.85 \text{ Watts}$$

$$\nu_{angular} = 60 \text{ rpm} = 1 \text{ Hz}$$

#### Número de dientes del engrane:

16

#### Velocidad de apertura de la puerta:

Primero necesitamos obtener la fuerza de nuestra puerta de la siguiente forma:

$$F_{puerta} = m_{puerta} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{puerta} = 64.46 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{puerta} = 632.35 \text{ N}$$

$$F_{puerta} = W_t \rightarrow W_t = 632.35 \text{ N}$$

Factor de seguridad:

$$W_{ft} = 1264.7 \text{ N}$$

Una vez obtenida la fuerza, podemos calcular la velocidad lineal con la fórmula de  $Wt = \frac{P}{\nu_{lineal}}$ , despejamos la velocidad lineal y obtenemos  $\nu_{lineal} = \frac{P}{W_t}$

$$\nu_{lineal} = \frac{372.85 \text{ W}}{632.35 \text{ N}}$$

$$\nu_{lineal} = 0.59 \frac{m}{s}$$

Factor de seguridad:

$$v_{flineal} = \frac{372.85 W}{1264.7 N}$$

$$v_{flineal} = 0.295 \frac{m}{s}$$

### Diámetro exterior del engrane

Para calcular el diámetro exterior del engrande en la parte de los dientes utilizaremos la fórmula de  $v_{lineal} = d_2 \pi v_{angular}$ , ya que contamos con la velocidad angular y el valor de la velocidad lineal, despejamos el diámetro y obtenemos  $d_2 = \frac{v_{lineal}}{v_{angular} * \pi}$

$$d_2 = \frac{0.59 \frac{m}{s}}{1 \frac{1}{s} * \pi}$$

$$d_2 = \frac{0.59 \frac{m}{s}}{1 \frac{1}{s} * \pi}$$

$$d_2 = 0.188 m$$

Factor de seguridad:

$$d_{f2} = \frac{0.295 \frac{m}{s}}{1 \frac{1}{s} * \pi}$$

$$d_{f2} = 0.094 m$$

### Fuerza del eje

Para calcular la fuerza del eje necesitamos contemplar la dirección de la fuerza de trabajo  $W_t$ , además de saber que esta fuerza se encuentra a  $20^\circ$  con respecto de la horizontal:

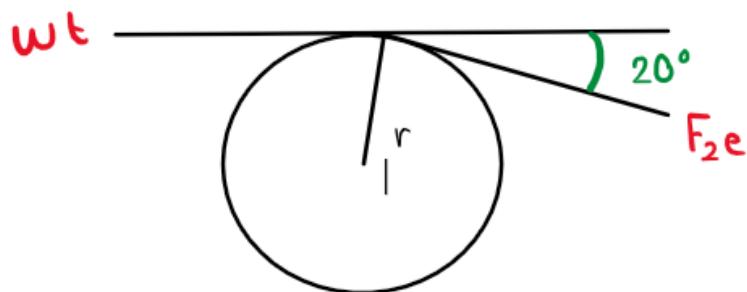


Fig 11. Diagrama para calcular la fuerza del eje.

Con ello podemos calcular la fuerza del eje a través de la fórmula  $\cos(20^\circ) = \frac{W_t}{F_2 e}$ , despejamos la fuerza y obtenemos  $F_2 e = \frac{W_t}{\cos(20^\circ)}$

$$F_2 e = \frac{W_t}{\cos(20^\circ)}$$

$$F_2 e = \frac{632.35 N}{\cos(20^\circ)}$$

$$F_2 e = 672.933 N$$

Factor de seguridad:

$$F_{f2} e = \frac{1264.7 N}{\cos(20^\circ)}$$

$$F_{f2} e = 1345.87 N$$

La fuerza obtenida de  $F_2 e$ , es la fuerza que flexiona el eje, y con ello podemos calcular el momento flector.

Para el momento flector necesitamos el ancho del engrane, por lo cual procedemos a investigar modelos de engranes que cumplan con el número de dientes (16) y el diámetro del eje con factor de seguridad  $d_{f2} = 0.094 m = 3.7 in$ .

Optamos por escoger el siguiente modelo de engranaje:



S416 GEAR SPUR 14 1/2 DEG STEEL

Fig 12. Modelo escogido para el engranaje.

el cual cuenta con un grueso de 2 in

$$X = 2 in = 0.051 m$$

Momento de flexión:

$$M = F_{f2} e * X$$

$$M = 1345.87 N * 0.051m$$

$$M = 68.64 Nm$$

### Momento de torsión:

$$T = W_{ft} * \frac{d_{f2}}{2}$$

$$T = 1264.7 N * \frac{0.094 m}{2}$$

$$T = 59.44 Nm$$

### Esfuerzo de flexión:

$$\sigma_f = \frac{Mr}{I} , \quad I = \frac{1}{2}\pi r^4$$

$$\sigma_f = \frac{Mr}{\frac{1}{2}\pi r^4}$$

$$\sigma_f = \frac{2Mr}{\pi r^4}$$

### Esfuerzo de torsión:

$$\tau = \frac{Tr}{J} , \quad J = \frac{1}{4}\pi r^4$$

$$\tau = \frac{Tr}{\frac{1}{4}\pi r^4}$$

$$\tau = \frac{4Tr}{\pi r^4}$$

Ya teniendo las expresiones con respecto a los esfuerzos de tensión, procederemos a aplicar Von Mises para así poder obtener el radio despejando la fórmula inicial de Von Mises con los valores de los esfuerzos obtenidos.

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_f)^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{2Mr}{\pi r^4}\right)^2 + 3\left(\frac{4Tr}{\pi r^4}\right)^2} = \delta_y$$

$$\delta_y = \text{Esfuerzo de fluencia de A1S1 1020}$$

$$\delta_y = 310 MPa$$

$$\delta_y = \sqrt{\left(\frac{2Mr}{\pi r^4}\right)^2 + 3\left(\frac{4Tr}{\pi r^4}\right)^2}$$

A partir de esta fórmula despejamos el radio

$$310 \text{ MPa} = \sqrt{\left(\frac{2(68.64 \text{ Nm})r}{\pi r^4}\right)^2 + 3\left(\frac{4(59.44 \text{ Nm})r}{\pi r^4}\right)^2}$$

$$(310 \text{ MPa})^2 = \left(\frac{2(68.64 \text{ Nm})r}{\pi r^4}\right)^2 + 3\left(\frac{4(59.44 \text{ Nm})r}{\pi r^4}\right)^2$$

$$(310 \text{ MPa})^2 = \left(\frac{(137.28 \text{ Nm})r}{\pi r^4}\right)^2 + 3\left(\frac{(237.76 \text{ Nm})r}{\pi r^4}\right)^2$$

$$(310 \text{ MPa})^2 = \frac{18'845.8}{\pi r^6} + 3\left(\frac{56,529.82}{\pi r^6}\right)$$

$$(310 \text{ MPa})^2 = 18'845.8\left(\frac{1}{\pi r^6}\right) + 3(56,529.82)\left(\frac{1}{\pi r^6}\right)$$

$$(310 \text{ MPa})^2 = 18'845.8\left(\frac{1}{\pi r^6}\right) + 169'589.46\left(\frac{1}{\pi r^6}\right)$$

$$(310 \text{ MPa})^2 = \left(\frac{1}{\pi r^6}\right)(18'845.8 + 169'589.46)$$

$$\frac{(310 \text{ MPa})^2}{(18'845.8 + 169'589.46)} = \left(\frac{1}{\pi r^6}\right)$$

$$\frac{(18'845.8 + 169'589.46)}{(310 \text{ MPa})^2} = \pi^2 r^6$$

$$1.9608 \times 10^{-12} = \pi^2 r^6$$

$$r^6 = \frac{9.192 \times 10^{-04}}{\pi^2}$$

$$r^6 = 1.98673 \times 10^{-13}$$

$$r = 7.639 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$r = 76.39 \text{ mm}$$

### Opciones o soluciones comerciales

A partir de este radio obtenido podemos buscar dentro del mercado un modelo de rodamientos de bolas rígidas necesarios de acuerdo a las dimensiones, velocidad lineal y fuerza ejercida en el flexión del eje obtenidas para el sistema de tren de engranajes:

## Opción 1



# 16020

Rodamientos rígidos de bolas

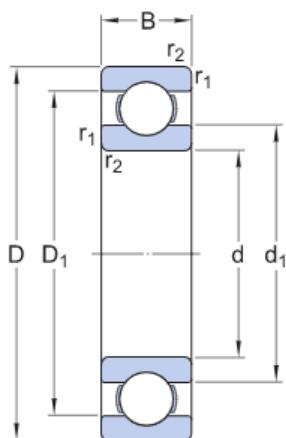
- Ítem popular

- SKF Explorer

[BUSCAR UN DISTRIBUIDOR](#)

Image may differ from product. See the technical specification for details.

Fig 13. Rodamientos rígidos de bolas 16020. SKF (2022).



## DIMENSIONES

d	100 mm	Diámetro del agujero
D	150 mm	Diámetro exterior
B	16 mm	Ancho
d <sub>1</sub>	≈ 116 mm	Diámetro del resalte
D <sub>1</sub>	≈ 134 mm	Diámetro del resalte

Fig 14. Dimensiones del rodamiento 16020. SKF (2022).

## DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	46.2 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	44 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	1.7 kN
Velocidad de referencia	9 500 r/min	
Velocidad límite	5 600 r/min	
Factor de carga mínima	k <sub>r</sub>	0.02
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	16.5

Fig 15. Datos del cálculo para el rodamiento 16020. SKF (2022)

## Opción 2



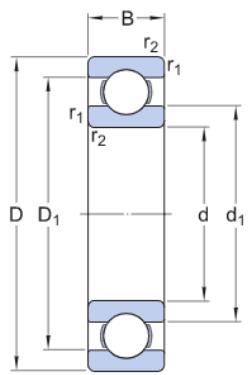
16021

Rodamientos rígidos de bolas  
- Ítem popular  
- SKF Explorer

BUSCAR UN DISTRIBUIDOR

Image may differ from product. See the technical specification for details.

Fig 16. Rodamientos rígidos de bolas 16021. SKF (2022).



### DIMENSIONES

d	105 mm	Diámetro del agujero
D	160 mm	Diámetro exterior
B	18 mm	Ancho
d <sub>1</sub>	≈ 123 mm	Diámetro del resalte
D <sub>1</sub>	≈ 141.95 mm	Diámetro del resalte

Fig 17. Datos del cálculo para el rodamiento 16021. SKF (2022).

### DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	54 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	51 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	1.86 kN
Velocidad de referencia		8 500 r/min
Velocidad límite		5 300 r/min
Factor de carga mínima	k <sub>r</sub>	0.02
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	16.3

Fig 18. Datos del cálculo para el rodamiento 16021. SKF (2022).

## Opción 3



6315

Rodamientos rígidos de bolas

- Ítem popular
- SKF Explorer

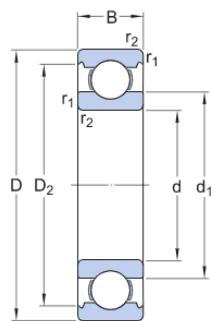
[BUSCAR UN DISTRIBUIDOR](#)

Fig 19. Rodamientos rígidos de bolas 16021. (SKF, 2022).

### Especificación técnica

Mostrar en:  Sistema métrico  Sistema imperial

[Especificación técnica PDF](#)



#### DIMENSIONES

d	75 mm	Diámetro del agujero
D	160 mm	Diámetro exterior
B	37 mm	Ancho
d <sub>1</sub>	≈ 101.4 mm	Diámetro del resalte
D <sub>2</sub>	≈ 138.4 mm	Diámetro de rebaje
r <sub>1,2</sub>	min. 2.1 mm	Dimensión del chaflán

Fig 20. Datos del cálculo para el rodamiento 6315. SKF (2022).

### DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	119 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	76.5 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	3 kN
Velocidad de referencia		9 000 r/min
Velocidad límite		5 600 r/min
Factor de carga mínima	k <sub>r</sub>	0.03
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	13.2

Fig 21. Datos del cálculo para el rodamiento 6315. SKF (2022)

## Módulo 4 y 5: Electrónica y microcontroladores

En este módulo se implementó la electrónica y los microcontroladores para automatizar el cierre del motogarage. Como se busca darle comodidad al cliente cuando utiliza el motogarage, se realizó un automatismo lógico acompañado de un fotosensor, un microswitch y un lector RFID, todo esto con la ayuda de la conexión bluetooth integrada del microcontrolador ESP32 y con la creación de una aplicación en la MIT App Inventor.

El fotosensor servirá para detectar que se encuentra una moto dentro del motogarage, así, podemos asegurarnos de que el usuario no cerrará por accidente el motogarage sin tener una moto dentro, el microswitch servirá para avisar si la moto se encuentra anclada en el sistema de anclaje o no, mientras que esta opción no va a importar si el motogarage cierra o no, servirá para que el usuario sepa si su moto se encuentra anclada, y por último, el lector RFID servirá para que solo un usuario a la vez pueda hacer uso del motogarage. Todos los sensores estarán conectados con el ESP32, y la app inventor servirá para monitorear las entradas y salidas del microcontrolador, por ejemplo que al pasar la tarjeta por lector, se comunique con la app inventor para enviar un mensaje de que tarjeta se escaneó. La interfaz de la aplicación quedaría de la siguiente manera:

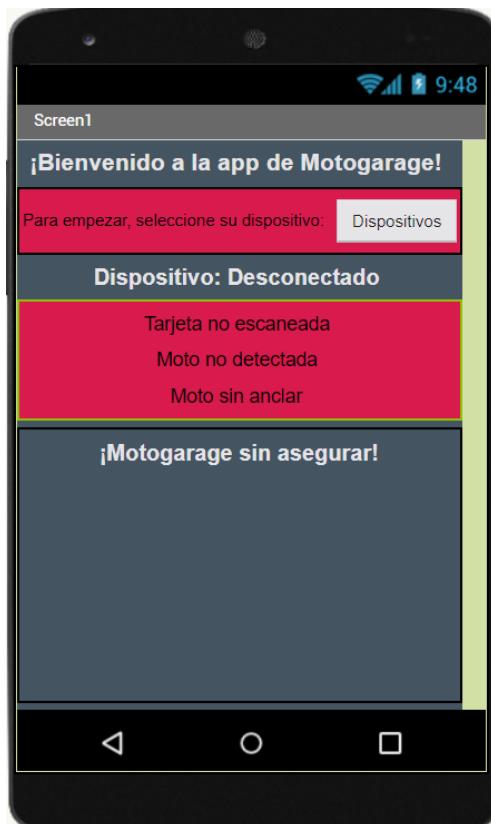


Fig 22. Interfaz de la aplicación. MIT App Inventor (2022).

### Código de operación

```
//Esta parte del código llama a las bibliotecas del bluetooth del esp32 y para leer RFID
#include "BluetoothSerial.h"
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
BluetoothSerial SerialBT;

//Declaración de variables
int prueba;
const byte sensor_prox=4;
const byte microswitch=32;
const byte ele_iman=17;
const byte mswitch=25;
int seguro=17;
int tarjeta;
#define SS_PIN 5
#define RST_PIN 22
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); // Create MFRC522 instance.

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    SPI.begin(); // Initiate SPI bus
    mfrc522.PCD_Init(); // Initiate MFRC522
    Serial.println();
    SerialBT.begin("ESP_Motogarage");
    pinMode(sensor_prox, INPUT);
    pinMode(microswitch, INPUT);
    pinMode(ele_iman, OUTPUT);
    pinMode(mswitch, INPUT);
}

void loop()
{
    int moto_detectada=digitalRead(sensor_prox);
    int moto_anclada=digitalRead(mswitch);
    //Serial.print(moto_detectada)
    //moto_anclada=analogRead(microswitch);

    // Look for new cards
    ; if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
    {
        return;
    }
    // Select one of the cards
    if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
```

```

{
    return;
}
String content= "";
byte letter;
for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
{
    content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
    content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
}
content.toUpperCase();
if (content.substring(1) == "2B 9A 40 D5")
{
    tarjeta = 1;
}
else if (content.substring(1) == "86 7E E0 13"){
    tarjeta = 0;
}
else {
    tarjeta = 0;
}

}
if (moto_detectada ==LOW) {
    prueba = 1;
}

else{
    prueba = 0;
}

seguro=!(!(moto_detectada)&&tarjeta);
//Serial.println(seguro);

digitalWrite(17,seguro);

if (prueba==0)SerialBT.print("Moto no detectada");
if (prueba==1) SerialBT.print("Moto detectada");
SerialBT.print(",");
if (moto_anclada==1) SerialBT.print("Moto anclada");
if (moto_anclada==0) SerialBT.print("Moto no anclada");
SerialBT.print(",");
if (tarjeta==1) SerialBT.print("Tarjeta de cierre");
if (tarjeta==0) SerialBT.print("Tarjeta de apertura");
SerialBT.print(",");
if (seguro==0) SerialBT.print("Moto asegurada");
if (seguro==1) SerialBT.print("No es posible estacionar su moto en este momento");
SerialBT.print(",");
if (seguro==0) SerialBT.print("Disfrute su estancia");

```

```

if (seguro==1) SerialBT.print("Intente escanear su tarjeta de nuevo o ingrese una moto");
SerialBT.print(",");

```

```

Serial.println();
delay (500);
}

```

Este código nos servirá para programar los sensores y que en nuestra salida tengamos un electroimán que se active y asegure el motogarage cuando ambas variables (detección de moto y lección de la tarjeta) también lo hagan. El Arduino IDE funciona para comunicarnos con nuestro microcontrolador mediante un código en el cual le damos ciertas instrucciones a ejecutar, se definen ciertos parámetros en un void setup() y posteriormente se escribe todo lo que queremos que ejecute una y otra vez en un void loop(), también, existe la programación en la app inventor por medio de bloques. La app inventor es una página web desarrollada para poder crear aplicaciones funcionales de forma sencilla en nuestros teléfonos. El código por bloques en la app inventor para recibir información del Esp32 por medio de bluetooth es el siguiente:

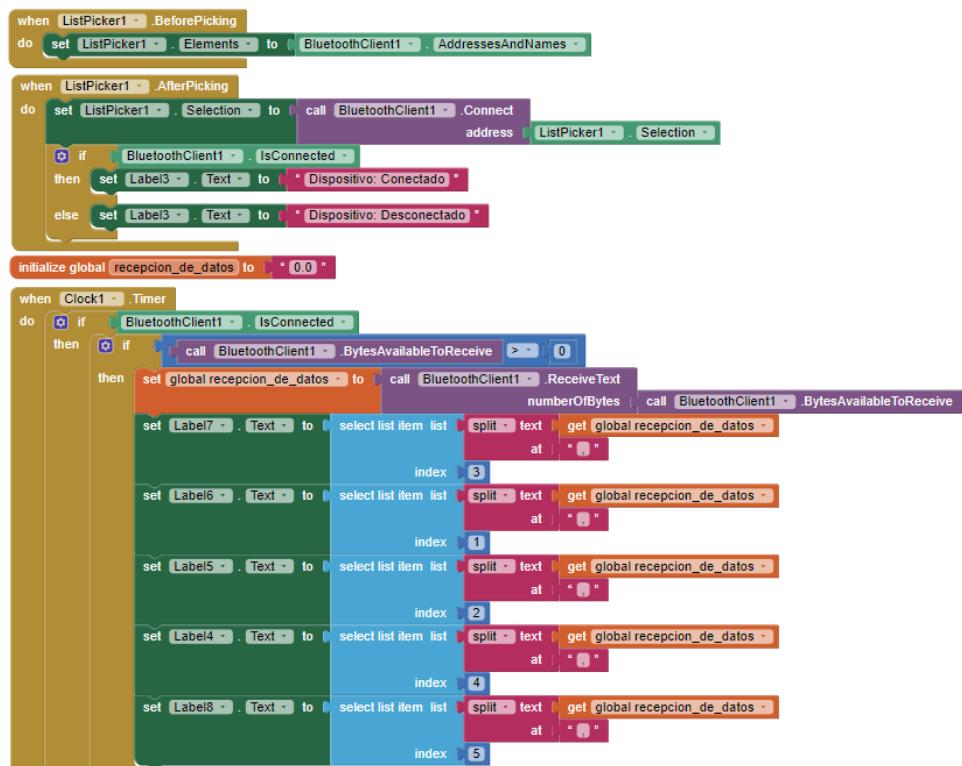
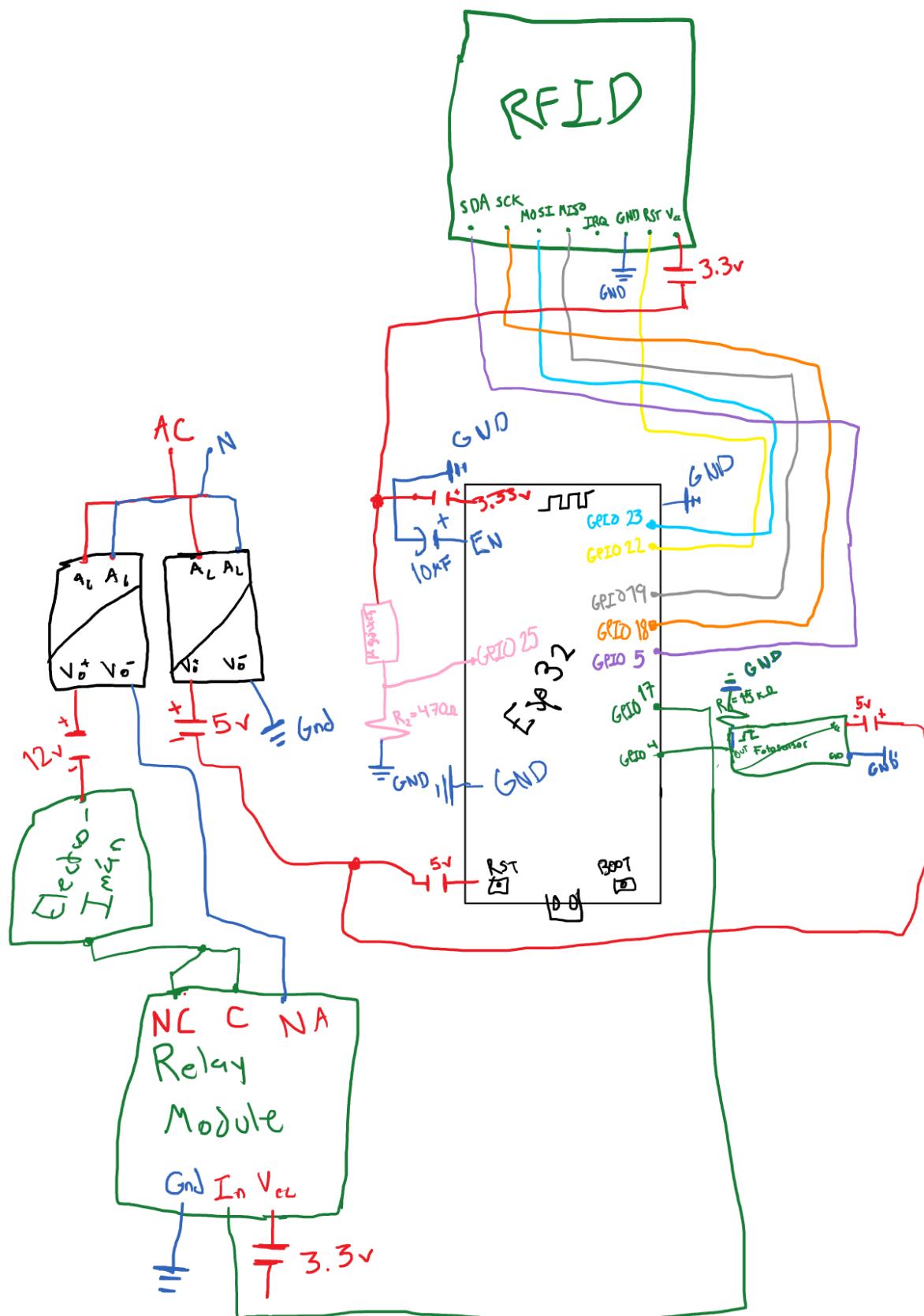


Fig 23. Programación por bloques de la aplicación. MIT App Inventor (2022).

La aplicación depende de lo que ocurra en el Esp32, y solo muestra mensajes de las variables que van cambiando con la detección de los sensores y la salida.

## Diseño del circuito



*Fig 24. Dibujo esquemático del circuito.*

Los pasos que realizamos para construir el circuito fue primero analizar el diagrama del mapa del circuito que fue proporcionado, además de agregar nuevas conexiones para poder implementar el lector RFID donde tuvimos que desarrollar las conexiones para el ESP32, además de conocer su datasheet para saber en que pines se tenían que conectar y con ayuda de los sensores y actuadores se obtiene un funcionamiento completo.

En el esquemático del circuito se pueden encontrar diferentes componentes en el circuito, sin embargo hay componentes que son esenciales para el funcionamiento del mismo:

- Microcontrolador ESP32: Sin duda alguna el esp32 es el corazón de todo el circuito, este microcontrolador nos permitió establecer conexiones entre los diferentes sensores y componentes para poder automatizar el motogarage
- Reguladores de voltaje (12 y 5 volts): Los reguladores de voltaje nos sirvieron para dos cosa; para alimentar al esp32 con 5v y ya no tener que conectar el esp32 por medio de un cable usb, y para energizar el electroimán, ya que este solo funciona a 12v en corriente directa.
- Sensores (sensor de proximidad y microswitch): Los sensores fueron de gran ayuda para poder tener una entrada que detectar y así el microcontrolador tener información de lo que tiene que ocurrir para que el motogarage se cierre y quede asegurado.
- Módulo de relevadores: Con el módulo de relevadores es que pudimos automatizar el electroimán, ya que este funciona como un switch que permitirá o no el paso de corriente al electroimán, y todo dependiendo si nosotros queremos o no.
- Electroimán: El electroimán es la salida de todo nuestro circuito, sin el, el código y el circuito no tendrían sentido, ya que todo lo que se busca hacer, es que con las variables que van cambiando, este electroimán pueda cerrar la puerta de nuestro motogarage.

#### Funcionamiento de las tecnologías

- ESP32: Es un microcontrolador será el componente principal de nuestro circuito que nos ayudará a mandar la información a la app mediante el funcionamiento del circuito, además de guardar el código y ejecutarlo al momento de colocar la tarjeta de apertura.
- Bluetooth: Este viene integrado en microcontrolador que nos permite conectar la aplicación con el código que está cargado en el ESP32, de esta manera nos permitirá leerlo y ver el texto en la aplicación de acuerdo si ponemos o no la tarjeta.

- **Sensores:** Contamos con sensores de diferentes tipos, un sensor que detecte una tarjeta para que pueda controlar el cierre y apertura del motogarage, un sensor de presencia que detecte si la moto está dentro del motogarage y un switch en la parte del soporte de anclaje el cual detecta cuando la moto ya está correctamente anclada..
- **Actuadores:** Es un dispositivo que va a convertir energía en movimiento, en este caso el circuito el electroimán tiene la función de comportarse como nuestra salida en el funcionamiento, abriendo y cerrando el motogarage.

### Tabla de Verdad

Con base en las variables de entrada que consideramos para el cierre del motogarage, se realizó una tabla de verdad con las especificaciones y características que se deben de cumplir en el automatismo lógico para permitir el cierre del mismo.

Variables			Salida
Con tarjeta (1) Sin tarjeta (0)	Moto anclada (1) Sin anclar (0)	Moto detectada (1) No detectada (0)	X
1	1	1	1
1	1	0	0
1	0	1	1
1	0	0	0
0	1	1	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	0

Fig 25. Variables de entrada para el funcionamiento del motogarage.

### Ecuación lógica

Para la función de la ecuación se consideraron aquellos casos en donde la salida, nos diera 1, esto debido a que será las ecuaciones en las cuales se cumpliran los requerimientos para poder completar el circuito.

$$\begin{aligned}
 X &= (A \bar{B} C) + (\bar{A} \bar{B} C) \\
 &\quad \swarrow \text{Simplificamos} \\
 X &= A C
 \end{aligned}$$

Fig 26. Ecuación simplificada de la Tabla de verdad

### Validación en prototipo

En el siguiente enlace se encuentra un demostración de cómo se validó el sistema de automatización en el moto garage:

<https://drive.google.com/drive/folders/1zAwGFRM6NVrwH4M4e1qZj4JOAdcKBv96?usp=sharing>

### **Módulo 6: Instrumentación**

Aunque no hayamos aplicado los conocimientos adquiridos de este módulo en nuestro proyecto junto al prototipo, desarrollamos distintas prácticas en el laboratorio acerca de los OPAMP Y SENSORES en el funcionamiento de un circuito y aprendimos que la ganancia en lazo abierto es la salida máxima que se puede obtener del amplificador operacional.

Para nuestro proyecto podemos utilizarlo en caso de que el voltaje de salida calculado, no corresponda con el obtenido, debido a que el voltaje de salida está limitado por la fuente de alimentación, y el sistema no puede tener un voltaje de salida mayor al suministrado.

La solución sería utilizar un amplificador operacional como comparador, en este caso se deja una de las entradas con un voltaje fijo. Configurando el voltaje con un divisor de voltaje para tener una referencia. Y la otra entrada conectada a la salida de un sensor. Actualmente existen varios sensores con esta configuración y nos muestra cómo es que podemos lograr mediante el divisor configurar una referencia de voltaje. (Torres, 2017)

## Referencias

Massachusetts Institute of Technology. (2022). MIT App Inventor. MIT App Inventor.  
<http://appinventor.mit.edu/>

SKF. (2022). SKF. Rodamientos rígidos de bolas. 16020.  
<https://www.skf.com/mx/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-16020>

SKF. (2022). SKF. Rodamientos rígidos de bolas. 16021.  
<https://www.skf.com/mx/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-16021>

SKF. (2022). SKF. Rodamientos rígidos de bolas. 6315.  
<https://www.skf.com/mx/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6315>

SolidWorks (Versión 2021). (2021). [Software de Ordenador]. Dassault Systèmes.  
<https://www.solidworks.com/es>

Torres, Hector. (2017). Amplificador Operacional - qué es y sus configuraciones más usadas.  
<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/amplificador-operacional/>