

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de robot de seguridad usando como plataforma de desarrollo una
aspiradora robótica

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Paula Alejandra Chonillo Vera

Marcos Andrés Endara Vélez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto especialmente a mi familia por haber inculcado valores y consejos para poder ser la persona que hoy en día soy, y por el cariño, amor, tolerancia que tuvieron conmigo durante mi proceso de formación, con todo mi cariño, deseo lo mejor para ellos, mis pilares fundamentales.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi familia que ha luchado constantemente por mi superación como persona y profesional, ante todo a Dios por darme las herramientas y la guía para poder seguir adelante en mis metas por cumplir y otras más cumplidas.

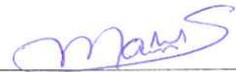
Agradezco de manera especial aquellas personas que fueron y seguirán siendo parte de mi avance como profesional, saben que en mi encontrarán un amigo/a fiel.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Marcos Endara* y *Paula Chonillo* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Paula Alejandra
Chonillo Vera



Marcos Andrés Endara
Vélez

EVALUADORES



Francis Loayza Paredes

PROFESOR DE LA MATERIA



Jorge Luis Hurel Ezeta

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En la ciudad de Guayaquil la inseguridad es un tema recurrente entre todos los grupos sociales y la necesidad de contar con sistemas que resguarden la seguridad de los hogares crece constantemente. Con el avance de la tecnología diversos sistemas autónomos se han desarrollado, de los cuales destacamos las aspiradoras robóticas, en especial a las Roomba de iRobot®, pues es en base a estas que se desarrolla el presente proyecto, mediante el cual se desarrolla un robot que toma fotos, graba videos y envía notificaciones a los usuarios en caso de detectar actividad sospechosa.

Como componentes principales se utilizaron una aspiradora Roomba 805 y una Raspberry Pi 3 B+ (RPi3). Se conectó la Roomba a la Raspberry mediante el puerto miniDIN presente en la aspiradora, y se tomaron datos de sus sensores. Mediante la Raspberry se acopló además una cámara con visión nocturna y se instaló un servidor que permite al usuario interactuar con todo el sistema a través de una interfaz web. Para mantener la estética del equipo se diseñó una carcasa desmontable que soporta las cargas implícitas en el sistema.

Como material de la carcasa se seleccionó plástico ABS debido a su versatilidad para procesos de manufactura aditiva. Los análisis de carga estática y carga externa mostraron que el diseño y material seleccionado poseen un factor de seguridad mayor a 4, por lo que se concluyó que es adecuado para el propósito planteado.

Finalmente se logra crear un prototipo funcional de un robot de vigilancia para hogares, cabe destacar que este tipo de dispositivos no existen a nivel comercial, existen prototipos de la misma índole pero con distintos enfoques.

Palabras Clave: Roomba, Raspberry, miniDIN, CAD.

ABSTRACT

In the city of Guayaquil, insecurity is a recurring theme among all social groups and the need for systems that safeguard household security is constantly growing. With the advancement of technology, various autonomous systems have been developed, of which we highlight robotic vacuum cleaners, especially the iRobot® Roomba, as it is based on these that the present project is developed, through which a robot is developed that takes photos, records videos and sends notifications to users in case of detecting suspicious activity.

The main components are used in a Roomba 805 vacuum cleaner and a Raspberry Pi 3 B + (RPI3). The Roomba was connected to the Raspberry through the miniDIN port present in the vacuum, and data were taken from its sensors. Through the Raspberry, a camera with night vision was also attached and a server was installed that allows the user to interact with the entire system through a web interface. To maintain the aesthetics of the equipment, a detachable housing was designed that supports the loads implicit in the system.

ABS plastic is selected as the shell material due to its versatility for additive manufacturing processes. The analysis of static load and external load that the design and material selected a safety factor greater than 4, so it was concluded that it is suitable for the stated purpose.

Finally, it is possible to create a functional prototype of a home surveillance robot, it should be noted that these types of devices do not exist commercially, there are prototypes of the same connection but with different aspects.

Keywords: *Roomba, Raspberry, miniDIN, CAD.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Sistemas de seguridad presentes en el mercado.	4
1.4.2 iRobot – Roomba	4
1.4.3 Raspberry	5
1.4.4 Fundamentos teóricos	5
CAPÍTULO 2	8
2. metodología.....	8
2.1 Determinación de características técnicas del roomba	8
2.2 Alternativas de solución para montaje de la cámara	8
2.2.1 Factores de influencia:.....	8

2.2.2	Alternativas de solución	9
	<i>Solución A: Cámara fija y tapa móvil.....</i>	9
	<i>Solución B: Cámara con rotación en un eje.</i>	10
	<i>Solución C: Cámara con rotación en dos ejes.</i>	11
2.2.3	Matriz de decisión	11
2.2.4	Ventajas y desventajas de la alternativa seleccionada.....	12
2.3	Diseño y metodología a seguir.....	12
2.3.1	Metodología de diseño.....	12
2.3.2	Diseño conceptual	14
2.3.3	Metodología detallada.....	15
2.4	Principios técnicos.....	16
2.4.1	Criterios de diseño	16
2.5	<i>Selección de recursos.....</i>	17
2.5.1	<i>Roomba 805 series:.....</i>	17
2.5.2	<i>Pololu 3.3V step-up/step-down voltage regulator S7V8F3.....</i>	19
2.5.3	<i>Servomotor MG995:.....</i>	20
2.6	<i>Desarrollo de aplicaciones</i>	21
2.6.1	<i>Programación de la tarjeta Raspberry Pi 3, B+.....</i>	21
2.6.2	<i>Programación del servidor web.....</i>	23
2.6.3	<i>Flujograma de conexión y comunicación entre los elementos del proyecto</i>	23
2.7	<i>Esquema de conexiones eléctricas</i>	24
2.8	<i>Comprobación de la selección de equipos por potencia entregada</i>	26
2.8.1	<i>Especificaciones técnicas del producto final.....</i>	27
2.9	<i>Consideraciones éticas y legales.</i>	27
CAPÍTULO 3		28

3.	Resultados Y ANÁLISIS	28
3.1	<i>Diseño del case</i>	28
3.2	<i>Programación de servomotor-Raspberry</i>	31
3.3	<i>Programación cámara-Raspberry</i>	31
3.4	<i>Programación en el servidor web</i>	32
3.5	<i>Propiedades físicas del case para el prototipo:</i>	33
3.5.1	<i>Materiales escogidos para soporte del servomotor, mecanismo rotatorio y rodamientos circulares:</i>	34
3.5.2	<i>Materiales escogidos para uniones empernadas:</i>	35
3.5.3	<i>Materiales escogidos para case base y tarjeta programable Raspberry:</i>	36
3.6	<i>Modelado y análisis estático del prototipo</i>	36
3.6.1	<i>Modelado del prototipo 3D a 2D</i>	36
3.6.2	<i>Análisis estático del prototipo</i>	39
3.7	<i>Análisis económico del proyecto</i>	43
	CAPÍTULO 4	45
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	45
4.1	<i>Conclusiones</i>	45
4.2	<i>Recomendaciones</i>	46
	BIBLIOGRAFÍA	
	APÉNDICES	

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ANSI	American National Standards Institute
CAD	Computer-aided design
FEA	Finite Element Anlysis
ASTM	American Society for Testing and Materials
S_y	Resistencia a la flexión – Resistencia a la fluencia
S_{sy}	Resistencia al cortante
F_0	Fuerza en la junta revoluta
M_0	Momento en la junta revoluta
F_1	Peso de módulo de cámara
F_2	Peso del acople rotatorio del motor
ASME	American Society of Mechanical Engineers
RPi3	Raspberry Pi 3
HV	Voltaje alto
LV	Voltaje bajo

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
g	Gramo
m	Metro
V	Voltio
MPa	Mega Pascales
N	Newton
kpsi	Kilo pounds squert inches
W	Watts
in	Pulgadas
μ	Mircro $\times 10^{-6}$
p	Pico $\times 10^{-9}$

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1.1 Esquema de pines GPIO en RPi3 (Conexión GPIO de Raspberry Pi , Electrónica y ciencia)	6
Imagen 2.1 Diseño de robot de seguridad (solución A) [Elaboración propia]	10
Imagen 2.2 Diseño de robot de seguridad (solución B) [Elaboración propia]	10
Imagen 2.3 Diseño de robot de seguridad (solución C) [Elaboración propia]	11
Imagen 2.4 Planificación [Elaboración propia]	13
Imagen 2.5 Diseño de forma del robot de seguridad [Elaboración propia]	14
Imagen 2.6 Diseño de forma del mecanismo del montaje del módulo de cámara RB Pi 3 [Elaboración propia]	15
Imagen 2.7 Diagrama conector mini Din. (iRobot Open Interface Roomba® 600) ..	18
Imagen 2.8 Convertidor dual lógico de 5V a 3.3V bidireccional (Logic Level Converter module 3.3V 5V TTL - Elektrojo Store)	19
Imagen 2.9 Convertidor de señal de alimentación de 14V a 5V (Pololu 5V step-up/step-down voltage regulator D24V25F5 , Pololu)	20
Imagen 2.10 Servomotor MG995 (Nextia FENIX , Servomotor)	20
Imagen 2.11 Comandos para usar y testear el puerto serial, iniciando “minicom” [Elaboración propia]	22
Imagen 2.12 Flujograma de conexiones y comunicación entre elementos del proyecto [Elaboración propia]	24
Imagen 2.13 Esquema de conexiones del proyecto (Roomba + Raspberry) [Elaboración propia]	25
Imagen 2.14 Esquema de conexiones del proyecto (Wireframe) [Elaboración propia]	25
Imagen 3.1 Dimensiones de la base del case [Elaboración propia]	28
Imagen 3.2 Dimensiones de la tapa del case [Elaboración propia]	29
Imagen 3.3 Dimensiones de la Raspberry Pi 3, B+ [Elaboración propia]	30
Imagen 3.4 Bosquejo del acople entre case y Raspberry Pi 3 B+ [Elaboración propia]	31
Imagen 3.5 Dimensiones del módulo de cámara [Elaboración propia]	32
Imagen 3.6 Acople entre servomotor y mecanismo rotatorio [Elaboración propia]	34
Imagen 3.7 Modelado 2D de acople de servomotor [Elaboración propia]	37

Imagen 3.8 Análisis Estático – Esfuerzo Von Misses [Elaboración propia]	40
Imagen 3.9 Análisis Estático – Desplazamientos [Elaboración propia]	41
Imagen 3.10 Análisis Estático – Coeficiente de seguridad [Elaboración propia]	42
Imagen A.4.1 Códigos de programación para activación de módulos, lenguaje Python [Elaboración Propia]	50
Imagen A.4.2 Interacción en el puerto serial (Escritura de comandos de acción hacia el Roomba) [Elaboración Propia]	51
Imagen 4.3 Códigos de programación general para control de Servomotor desde Raspberry Pi 3, B+, lenguaje de programación Python (Controlar un servomotor con Raspberry Pi FPaez).....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Pro y Contras de la plataforma iRobot Roomba 805 (Roomba 805 Review in 2019 The Best Guide for Buyers).....	9
Tabla 2.2 Matriz de decisión [Elaboración propia]	11
Tabla 2.3 Puerto conector mini Din. (iRobot Open Interface Roomba® 600)	18
Tabla 2.4 Consumo energético (Raspberry + Roomba) [Elaboración propia]	26
Tabla 3.1 Propiedades físicas generales del prototipo [Elaboración propia]	33
Tabla 3.2 Materiales seleccionados para servomotor y acople rotatorio [Elaboración propia].....	34
Tabla 3.3 Materiales seleccionados para selección de juntas empernadas [Elaboración propia].....	35
Tabla 3.4 Materiales seleccionados para base del case, tapa del case y tarjeta programable Raspberry Pi 3, modelo B [Elaboración propia]	36
Tabla 3.5 Análisis económico del proyecto [Elaboración propia].....	43

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Anexo B, Dimensiones del Case Superior
- PLANO 2 Anexo B, Dimensiones del Case Inferior
- PLANO 3 Anexo B, Dimensiones del módulo de cámara Arducam
- PLANO 4 Anexo B, Dimensiones de tarjeta programable Raspberry Pi 3, B+
- PLANO 5 Anexo B, Dimensiones de tapa superior del Roomba
- PLANO 6 Anexo B, Dimensiones de tapa superior del Roomba (2da parte)

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

La inseguridad ciudadana viene siendo, en los últimos años, un problema importante en nuestro país. El alto índice de violencia reportado por el INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática), demuestra la ineficiencia e inactividad de las autoridades por aplacar los diversos actos de delincuencia como homicidios, hurtos, violaciones, etc. (Sotelo Gomez, 2019).

Los sistemas de video vigilancia se presentan como una alternativa para reforzar la seguridad ciudadana, pues poseen bastante versatilidad y facilidad de instalación, sin embargo, cuentan con la desventaja de ser sistemas estáticos y en algunos casos presentan puntos ciegos, por lo que surge la necesidad de instalar una mayor cantidad de cámaras, incrementando así el costo total del sistema.

En agosto del 2017, un grupo de domotic security, comenzó a realizar pruebas para controlar el robot Roomba usando un Arduino Uno con RN-VX módulo WiFly, sin embargo, se presentaron limitaciones en el procesamiento de imágenes. En segunda instancia se utilizó una plataforma con mejor capacidad para el procesamiento de imágenes, una Raspberry Pi Zero modelo W con un módulo de cámara, la cual ofreció más posibilidades que el módulo Arduino. (Dani, DomoticSecurity, 2018).

Aftech, empresa que busca la introducción de nuevas tecnologías en América Latina, inició sus operaciones en Ecuador como parte del proceso de expansión de Afttechcorp en el continente Americano. Esta empresa oferta desde robots de limpieza para el hogar, hasta soluciones innovadores para encontrar objetos perdidos. Los productos más llamativos que ofrecen son robots de funcionamiento autónomo, con la capacidad de programar tiempos y espacios de limpieza. (Los robots domésticos empiezan su desembarco en Ecuador, El Universo, 2018)

En Ecuador, hasta el 28 de Agosto del 2019, no se presentan registros de robots de vigilancia doméstica, pues existen ciertas limitaciones que impiden su desarrollo, entre las cuales se encontraron: económicas y tecnológicas. Las primeras se deben a que la robótica, al ser una disciplina que recién ha comenzado a crecer en el país, representa costos elevados. Las segundas, van de mano con las primeras, pues no todos los implementos que se requieren se encuentran localmente. (Guía técnica de seguridad en robótica, CEPYME, 2015)

En este proyecto se convierte al robot de limpieza Roomba en un robot de vigilancia con la habilidad de tomar fotos, grabar videos de lugares sospechosos y enviar notificaciones al usuario en caso de requerirlo; se proporciona una solución que no representa riesgo a la salud integral del cliente, ni un costo elevado en comparación con otros sistemas.

La solución se basa en el desarrollo de un vehículo robot con libertad de movimiento en el plano XY y con una cámara web acoplada, la cual grabará y transmitirá video en vivo. Se lo implementará como parte de un sistema de vigilancia continua y será controlado desde un lugar seguro utilizando una red Wi-Fi como medio de conexión entre el robot y el usuario.

1.2 Justificación del problema

Las aspiradoras Roomba ofrecen una interfase abierta para interactuar con ella a través de un conector mini DIN, esto permite manipular el comportamiento del robot y la lectura de sus sensores.

La necesidad de vigilar y monitorear remotamente nuestros hogares ha incrementado últimamente.

Por medio de este proyecto, presentamos un robot de vigilancia que puede integrarse en cualquier tipo de hogar. El controlador básico del robot será la tarjeta programable Raspberry Pi 3, modelo B. Un módulo cámara adjunta a la Raspberry supervisará el área y enviará una notificación cuando se detecta cualquier entrada ilegal u obstrucción. La notificación se enviará solo cuando se trate de una persona no autorizada y contendrá imágenes del intruso y también activará la transmisión en vivo de la transmisión de la cámara web.

Con este sistema, cada usuario se sentirá más protegido mientras no se encuentre en su lugar de residencia o cuando haya dejado a sus hijos y ancianos en casa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseño de un robot de vigilancia, mediante la optimización del robot de limpieza Roomba, con la habilidad de tomar fotos, grabar videos de lugares sospechosos y notificar a los usuarios vía internet.

1.3.2 Objetivos Específicos

Analizar la compatibilidad entre el sistema de control del robot Roomba y la tarjeta programable Raspberry Pi, modelo B.

Adaptar una videocámara móvil en el robot Roomba, y analizar como esta afecta a la movilidad y al consumo de batería.

Programación de la tarjeta Raspberry Pi, modelo B, para control de posición y transmisión de video en tiempo real.

Diseño de base para cámara de visión nocturna, análisis dinámico de transmisión de movimiento hacia la base de la cámara, sistema de transmisión de movimiento hacia la base.

Analizar las señales de datos, transmitidos mediante conexión Wi-Fi, que nos ofrece la tarjeta programable Raspberry Pi, modelo B.

Calificar la eficacia y alcance de conexión vía Wi-Fi.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Sistemas de seguridad presentes en el mercado.

Sistema de seguridad por alarmas.

Para esta alternativa es necesario hacer una inspección y evaluación previa del lugar donde será instalado el sistema de alarmas. Con esto se determina el costo de mano de obra y la cantidad y costo de equipos necesarios. Además, requiere de un pago mensual por el servicio de monitoreo externo.

Sistema de seguridad por circuito cerrado de cámaras.

En esta alternativa se requiere un estudio previo para evaluar la cantidad y el tipo de cámaras a utilizar. Los costos implicados abarcan el costo de las cámaras y la mano de obra, en estos casos el monitoreo puede ser mediante una empresa especializada o el mismo usuario del servicio.

1.4.2 iRobot – Roomba

Tiene movimiento automático gracias a sus sensores integrados. Usando un mapa y una ubicación visual tiene dos grados de movimiento tanto en X,Y. Esta unidad también está equipada con sensores infrarrojos y un parachoques. En caso de que detecte un obstáculo, lo recorre lentamente. También está equipado con sensores espacios huecos con su función de detección de acantilados, huecos, alcantarillas, piscinas, esto evita caídas accidentales. (Roomba 805 Review in 2019 | The Best Guide for Buyers)

Posee sensores acústicos y ópticos que le permiten moverse libremente al borde de escaleras y regiones que están limitadas por caídas o espacios huecos alrededor. Desafortunadamente este modelo genera un ruido aproximadamente de 68 dB.

Tiene una autonomía de 120min y puede manejar fácilmente un área aproximada de 80 m². El modelo está equipado con una batería tipo Li-Ion de 1800 mAh, que se puede recargar en un intervalo de tiempo entre 3 a 4 horas.

Las dimensiones del robot son de 30 cm de diámetro, con una altura de 7 cm. Un tamaño que le permitirá moverse casi a todos los lugares, incluso en cada rincón o grieta debajo de la cama o sofás. Su peso es de tan solo 4,7 kg. (Roomba 805 Review in 2019 | The Best Guide for Buyers)

Incorpora una pantalla LCD para un fácil ajuste. No cuenta con conexión Wi-Fi, pero se puede implementar un módulo emisor de señales Wi-Fi para que una app de celular reciba estos datos transmitidos desde la plataforma Roomba, y así poder controlarlo desde una app de celular. También hay la opción de programar un temporizador para el ciclo de actividad del Roomba. (Roomba 805 Review in 2019 | The Best Guide for Buyers)

1.4.3 Raspberry

Raspberry Pi, es una placa computadora (SBC) de bajo coste de las dimensiones de una tarjeta de crédito, desarrollado en el Reino Unido por la fundación Raspberry Pi (Universidad de Cambridge) en 2011 con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas.

1.4.4 Fundamentos teóricos

Programación en software Python: Interactuar con los pines del Raspberry Pi 3, modelo B

Los pines GPIO son salidas de la tarjeta programable Raspberry pi 3, modelo B, y tiene la capacidad de controlar sensores, servomotores y dispositivos externos. Funcionan de forma similar a los pines de Arduino.

Además, cuenta con una librería RPi.GPIO que permite utilizar Python para configurarlos rápidamente.

Sin embargo, hay que tener bastante cuidado al trabajar y manipular los pines GPIO. Los chips y circuitos de la Raspberri pi 3, modelo B, funcionan con 3.3V. Si se conecta un sensor que envía señal a 5V a través de los GPIO es probable que la tarjeta programable Raspberry pi 3, se queme. Por lo que, hay que

realizar una conexión con un módulo convertidor lógico donde la señal digital de mayor voltaje sea de 5V y la salida de bajo voltaje sea 3.3V.

En cuanto a la numeración de los pines, se realiza la numeración según el sistema BCM y Board. He aquí un esquema de sus equivalencias:

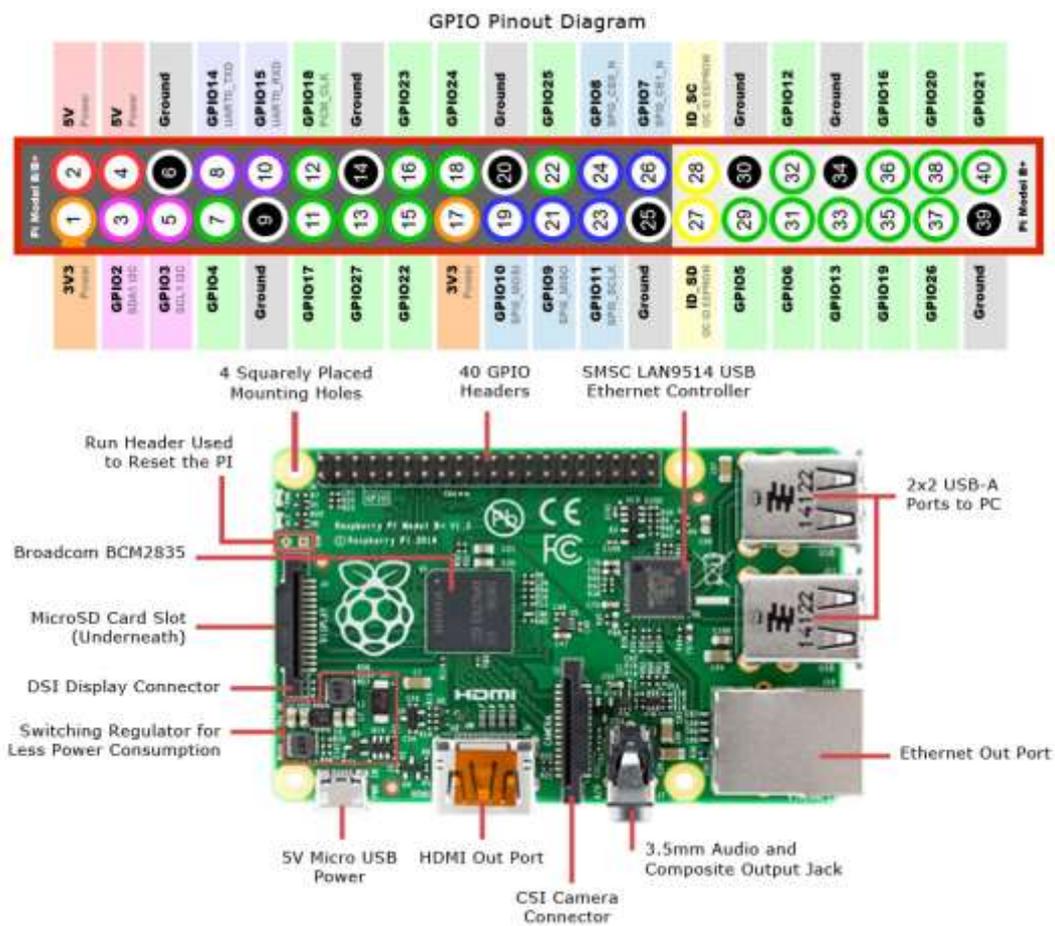


Imagen 1.1 Esquema de pines GPIO en RPi3
(Conexión GPIO de Raspberry Pi , Electrónica y ciencia)

De los cuales, los pines 2 y 4 son los de alimentación directa para cualquier sistema electrónico, en cambio los pines 1 y 17 son para alimentación para sistemas de bajo potencial eléctrico, como sistemas de transferencia de datos.

Los pines 6, 9, 14, 20, 25, 30, 34, 39 son pines de nulo potencial eléctrico es decir GND, para cerrar cualquier sistema electrónico. Además la tarjeta programable Raspberry Pi 3 modelo B contiene más pines GPIO, los cuales sirven para poder realizar la interfaz programable entre módulos y la tarjeta.

Análisis estático y cinético del prototipo:

Para este estudio se debe tener conocimiento previo de análisis de estructuras y análisis de elementos finitos (FEA), los cuales son fundamentales para el cálculo de esfuerzos equivalentes totales, deformaciones equivalentes totales, cálculo de sección crítica y punto crítico, diseño de juntas empernadas.

Para el diseño del prototipo se va a realizar un análisis estático tomando en cuenta la aceleración de la gravedad, y una fuerza externa que genera un torque en la junta revoluta entre el eje de salida del servomotor y el acople rotatorio en "C" del servomotor.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Determinación de características técnicas del roomba

Se realizaron pruebas de funcionamiento del Roomba, se determinó el tiempo de duración de la batería con y sin accesorios, y además se redujo el voltaje de salida al necesario para alimentar a la Raspberry con el módulo de cámara conectado a la interfaz. También se obtuvieron datos en el protocolo de comunicación que entrega el robot mediante un cable miniDIN de 7 pines, que se conecta directamente al Roomba, y este puede transmitir y recibir datos desde el robot.

Se descubrió que el voltaje de salida que se obtiene por medio el puerto del miniDIN se ve limitado a 200mA, lo cual no es lo suficiente para alimentar a la Raspberry con el módulo de cámara y el servomotor. La mejor alternativa resultó ser conectar a la Raspberry directamente desde la batería del robot, agregando un conversor de voltaje. En consecuencia, se acorta el tiempo de duración de la batería.

2.2 Alternativas de solución para montaje de la cámara

2.2.1 Factores de influencia:

Versatilidad

Capacidad del diseño final de adaptarse al entorno presente dentro de una vivienda.

Portabilidad del sistema

La base que se instalará en el irobot Roomba 805, tendrá que ser portable, ajustable, montable y desmontable con facilidad. El diseño de la base debe estar limitado en a las dimensiones del irobot Roomba 805, y no exceder las dimensiones que posee la plataforma del robot de limpieza.

Costos

Las adaptaciones al robot requieren de la adquisición de equipos y materiales adicionales, por lo que se apunta a comprar materiales en tiendas locales, evitando así costos extras de tasas de importación y transporte.

Complejidad

Al ser un proyecto a desarrollarse en un período corto (cuatro meses) se prefiere reducir el nivel de complejidad en las posibles soluciones.

Como el robot de vigilancia es una adaptación de la plataforma del robot de limpieza irobot Roomba 805, se debe conocer las limitaciones que tiene esta plataforma para saber el alcance, posibles problemas de diseño y alternativas de solución ante estas características favorables y desfavorables de la plataforma Roomba.

Pro y Contras del robot Roomba serie 805

**Tabla 2.1 Pro y Contras de la plataforma iRobot Roomba 805
(Roomba 805 Review in 2019 | The Best Guide for Buyers)**

PRO	CONTRAS
Trabajo independiente	120 minutos de carga
Alcanza lugares de difícil acceso	Posibilidad de atascamiento por cables.
Posibilidad de interactuar con sus sensores.	No posee módulo wifi incorporado.

2.2.2 Alternativas de solución

Solución A: Cámara fija y tapa móvil.

Cuando la Roomba se encuentra estática y percibe movimiento de algún objeto cercano la tapa del visor de la video cámara es removida automáticamente dejando el objetivo al descubierto. Esta tapa se controla por medio de un

servomotor, y se activa de modo automático cuando el Roomba detecte que un objetivo está cerca, o manualmente mediante una interfaz programable.

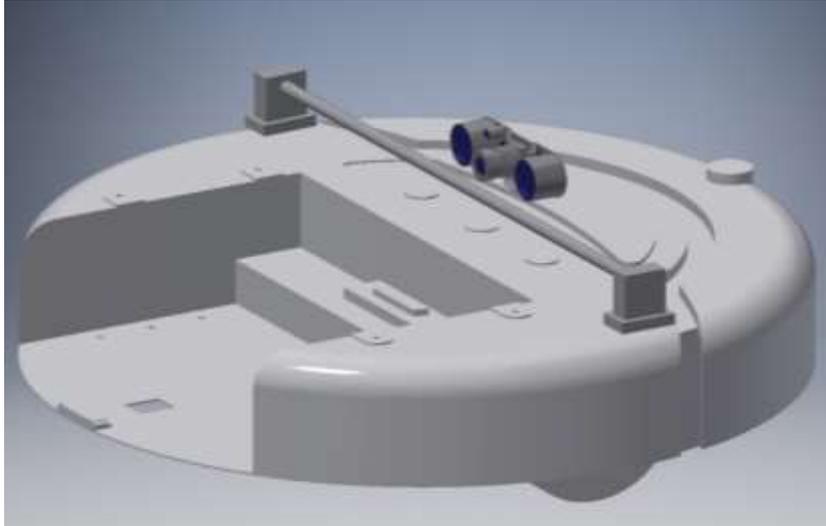


Imagen 2.1 Diseño de robot de seguridad (solución A) [Elaboración propia]

Solución B: Cámara con rotación en un eje.

La cámara se encuentra montada en una base con rotación de 180 grados en un eje, de modo que el objetivo de la cámara pueda desplazarse en el plano XZ.

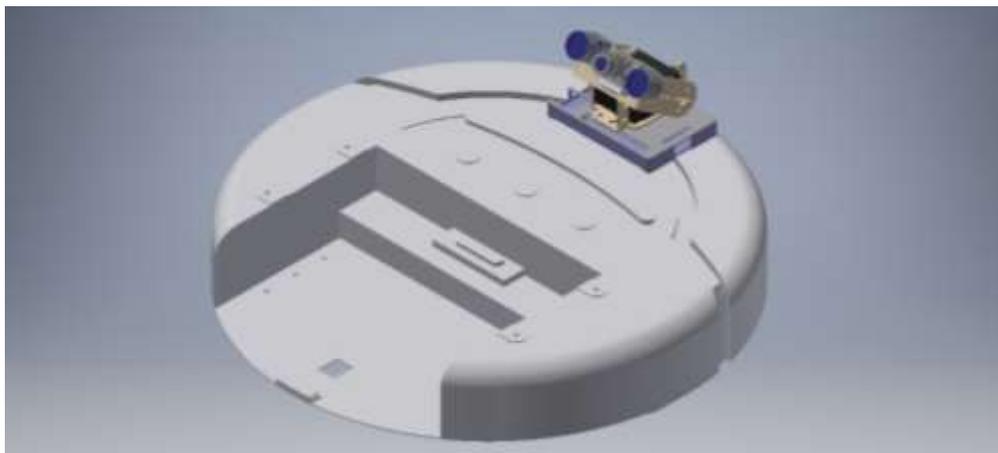


Imagen 2.2 Diseño de robot de seguridad (solución B) [Elaboración propia]

Solución C: Cámara con rotación en dos ejes.

La cámara se encuentra montada en una base con rotación en dos ejes (180 y 360 grados), de modo que el objetivo de la cámara pueda desplazarse en los planos XZ y XY.



Imagen 2.3 Diseño de robot de seguridad (solución C) [Elaboración propia]

Matriz de decisión

Tabla 2.2 Matriz de decisión [Elaboración propia]

Criterios de selección	Peso o importancia	Alternativas					
		Solución A		Solución B		Solución C	
		Rango	Puntaje	Rango	Puntaje	Rango	Puntaje
Versatilidad	20	3	60	4	80	5	100
Portabilidad	40	4	160	4	160	2	80
Costos bajos	10	3	30	3	30	2	20
Complejidad baja	30	3	90	4	120	2	60
Puntaje total		340		390		260	
Posición		2		1		3	

Rango: 1 mínimo, 5 máximo

2.2.3 Ventajas y desventajas de la alternativa seleccionada.

Ventajas:

- 1) Se incrementa el campo visual.
- 2) Mayor portabilidad del proyecto.
- 3) Ocupa menos espacio para así poder seguir con las funciones de aspirar en espacios reducidos.

Desventajas:

- 1) Se genera un consumo extra de batería porque surge la necesidad de adicionar un servomotor para generar la rotación de la cámara.
- 2) Se requiere de un convertidor de voltaje
- 3) No es un diseño robusto, es decir que no soportaría impactos muy grandes como por ejemplo, si un libro pesado cae sobre el robot y el sistema de cámara.

2.3 Diseño y metodología a seguir.

2.3.1 Metodología de diseño

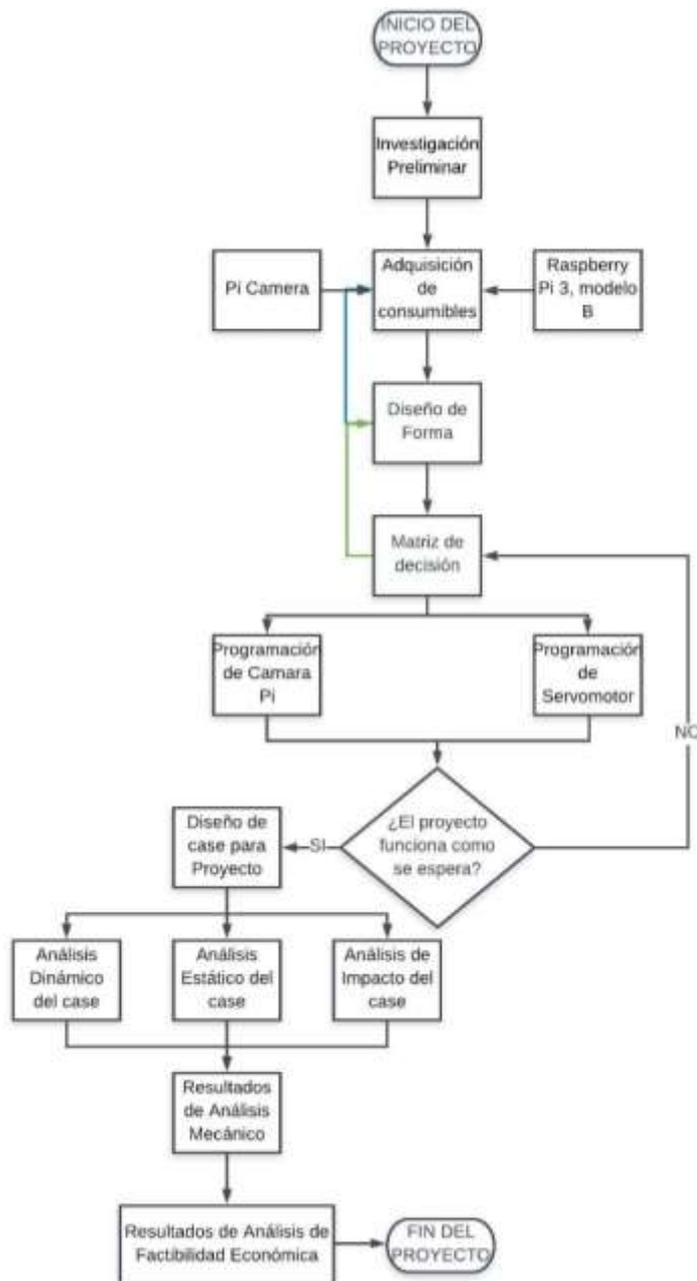


Imagen 2.4 Planificación [Elaboración propia]

Se observa en el flujograma de la metodología de diseño que es un proceso iterativo, y que únicamente se logrará cumplir en su totalidad cuando el proyecto funciona como se espera, y además teniendo en cuenta que debe ser la mejor selección de alternativas de solución.

Las líneas de colores indican que es un proceso iterativo, justamente en el inicio del proyecto, cuando se define la matriz de decisión y se realiza la selección de la mejor solución. Antes de realizar la matriz de decisión, se debe tener en cuenta que hay lineamiento ya establecidos por el cliente, tales como usar la interfaz de la tarjeta programable Raspberry Pi 3, y además usar una cámara con visión nocturna que capture imágenes durante las 24 horas del día.

2.3.2 Diseño conceptual

Para el diseño conceptual, se tomó como mejor opción en la matriz de decisiones, el diseño de un case con un grado de rotación en el eje X, y además acoplado con una tapa del irobot Roomba

Este proyecto también viene incluido la transmisión de videos tomados desde la Arducam-Pi-Camera con visión nocturna en tiempo real.

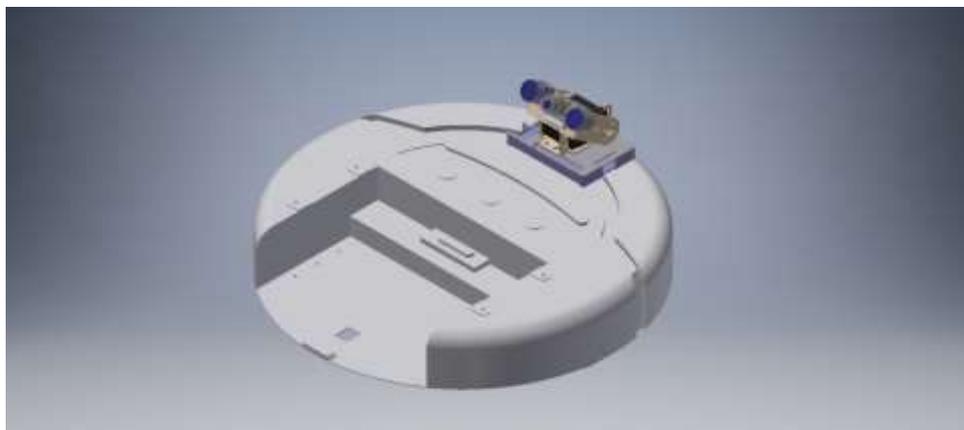


Imagen 2.5 Diseño de forma del robot de seguridad [Elaboración propia]

Como se observa en el diseño de forma del robot de seguridad, se muestra el acople entre la cámara y el case de la raspberry pi 3 modelo B, este acople entre la cámara y la Raspberry se lleva a cabo gracias a un servomotor con un mecanismo rotatorio en forma de “C”, que se tiene un único grado de movimiento rotacional alrededor del eje X. El case del prototipo del proyecto no debe ser tan

alto, debido a que el Roomba perderá la capacidad de ocupar espacios limitados como debajo de los muebles de una sala, debajo de las sillas de un comedor.

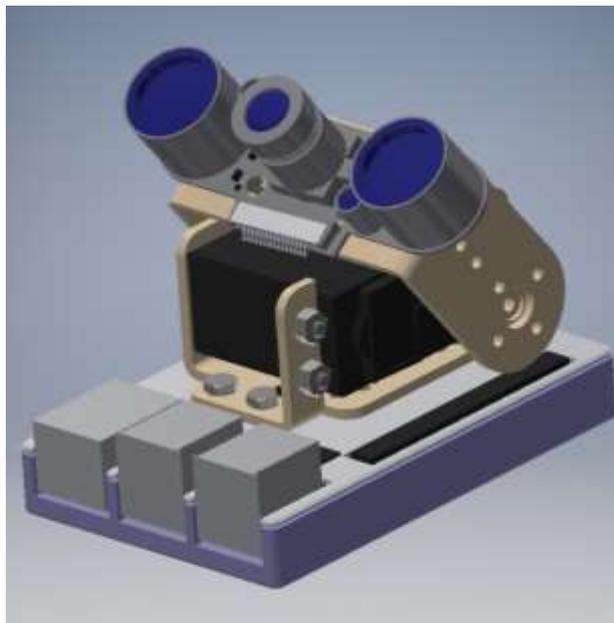


Imagen 2.6 Diseño de forma del mecanismo del montaje del módulo de cámara RB Pi 3
[Elaboración propia]

2.3.3 Metodología detallada

Se comenzó realizando una investigación preliminar acerca de las características que ofrece la plataforma irobot Roomba 805, para ellos se obtuvieron las principales características que se mencionan a continuación: de los terminales del conector del Roomba mini DIN sale señales RXD, TXD, BRC que son justamente los protocolos de comunicación del Roomba, y estos protocolos salen con una señal digital de 5V, el cual se debe reducir a una señal digital de 3.3V como máximo para que puede ingresar a los puertos GPIO, ya que estos terminales no pueden recibir un señal digital más alta de 3.3V, además que el Roomba tiene un tiempo de autonomía de 60 minutos, pero al momento de alimentar la Raspberry con el módulo de cámara este tiempo de autonomía reduce a 40 minutos, además el Roomba posee una tapa plástica en

el exterior, la cual se realizó un rediseño para poder ser la base del case del prototipo de robot de seguridad. Todas estas cualidades ofrecen la plataforma Roomba 805, para poder comenzar con el proyecto.

Luego se procedió a adquirir los consumibles que son el módulo de cámara Pi, y la tarjeta programable Raspberry Pi 3, modelo B. Estos dos consumibles fueron disposiciones por parte del tutor de la tesis.

Después se realizó el diseño de forma del case base donde se alojará la tarjeta Raspberry que soportará la estructura del servomotor, el brazo de palanca donde se alojará el módulo de cámara Pi. Se realizan pruebas de funcionalidad del proyecto, y si los resultados del prototipo son aceptables, se procede a realizar un análisis estático al case.

Luego se programa la interfaz entre la plataforma Roomba y los dispositivos externos como lo son el servomotor y el módulo de cámara Pi. Esta programación se lleva a cabo en el lenguaje de programación de Python, ya que es el software predeterminado por Raspberry Pi 3. La programación se realiza al inicio conectando los dispositivos externos a una fuente de poder, en este caso a la Raspberry y por ende, la Raspberry a la fuente de la batería del Roomba. Las primeras líneas de comando de programación es importar archiveros de funciones predeterminadas de la Raspberry, luego abrimos las opciones que ofrece el Roomba, y por último se procede a entrar en el software de la plataforma Roomba, y controlar acciones y movimientos del mismo.

Por último, se proyectan los resultados de estos análisis junto con una cotización de gastos en unidades monetarias del proyecto y presentación del prototipo final.

2.4 Principios técnicos

2.4.1 Criterios de diseño

Para el diseño de los pernos sujetadores de la parte rotatoria del acople del servomotor, estos pernos se diseñan por cortante simple, con una carga equivalente al peso de la estructura en forma de "C" y el peso del módulo de cámara Pi.

Para el diseño del case donde está introducida la tarjeta programable Raspberry Pi 3, modelo B se realiza un diseño por esfuerzo normal a compresión debido al peso del servomotor con el acople rotatorio que es la estructura en forma de “C”, y el módulo de cámara Pi, estos tres elementos aplican una fuerza o un peso neto en dirección hacia el case.

Se realizó un diseño de forma estético para la tapa superior del Roomba, este diseño permite ocultar los cables de conexión desde el Roomba hacia la Raspberry. Además, esta tapa no será un elemento crítico para el análisis estático, debido a que está apoyada directamente a la carcasa del irobot Roomba.

Para la selección del servomotor se realizó un balance de consumo energético, entre la potencia requerida y potencia entregada por la fuente, en este caso la fuente de poder de todo el prototipo es la batería del irobot Roomba. Además, se escogió el servomotor porque se podía adquirir un acople rotatorio que serviría posteriormente como base para el módulo de cámara.

Para la selección del módulo de cámara Pi, se hizo un análisis de costos-beneficios, en los cuales, se llegó a la selección de dicho módulo.

2.5 Selección de recursos.

2.5.1 Roomba 805 series:

Posee un software libre que permite manipular el comportamiento del robot y leer sus sensores a través de un conector mini DIN.

Se muestra el diagrama de la vista superior del conector hembra presente en el robot Roomba.

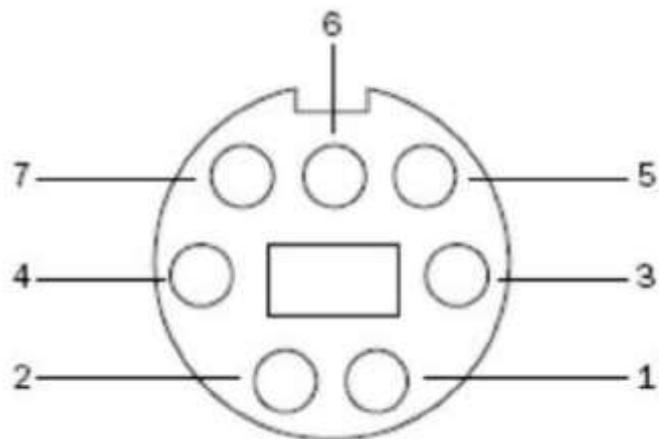


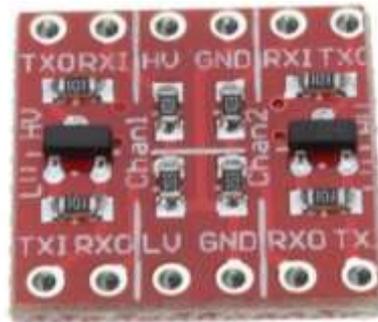
Imagen 2.7 Diagrama conector mini Din. (iRobot | Open Interface Roomba® 600)

En la siguiente tabla se encuentra el número de cada pin, con su respectivo nombre y descripción de funciones, este modelo es muy útil al momento de realizar las conexiones entre el irobot Roomba y la Raspberry Pi 3, B+

Tabla 2.3 Puerto conector mini Din. (iRobot | Open Interface Roomba® 600)

Pin	Nombre	Descripción
1	Vpwr	Positivo de la batería de la Roomba (No regulada)
2	Vpwr	Positivo de la batería de la Roomba (No regulada)
3	RXD	Entrada digital al Roomba a 5V
4	TXD	Salida digital del Roomba a 5V
5	BRC	Cambio de la velocidad de transmisión
6	GND	Conexión a tierra de la Roomba.
7	GND	Conexión a tierra de la Roomba.

Este puerto mini DIN proporciona un voltaje desde la batería y emite y recibe señales a 5V. Para poder recibir las señales sin riesgo de dañar la Raspberry es fue necesario reducir el voltaje hasta 3.3V, mediante un módulo convertidor de señales lógicas para alto voltaje (HV), convertirlas en bajo voltaje (LV), y también puede realizar la conversión en sentido opuesto.



**Imagen 2.8 Convertidor dual lógico de 5V a 3.3V bidireccional
(Logic Level Converter module 3.3V 5V TTL - Elektrojo Store)**

Gracias a este módulo, la señal proveniente de la Roomba puede ingresar a los pines GPIO de la Raspberry Pi 3, modelo B, ya estos terminales pueden recibir como máximo una señal digital de 3.3V. Tener en cuenta que la conexión se realiza de manera invertida, es decir, si se alimenta al convertidor con la señal TXD (3V) proveniente de la Raspberry, a la salida se conecta el cable de señal RXD (5V) proveniente de la Roomba, y viceversa.

2.5.2 Pololu 3.3V step-up/step-down voltage regulator S7V8F3

Este módulo permite convertir la señal de alimentación que sale de la batería del Roomba a 14V, a una señal de alimentación para la Raspberry de 5V. Se lo utilizará posteriormente para poder alimentar la RB Pi 3 B+, y así poder utilizar directamente como fuente la batería del irobot Roomba.



**Imagen 2.9 Convertidor de señal de alimentación de 14V a 5V
(Pololu 5V step-up/step-down voltage regulator D24V25F5 , Pololu)**

2.5.3 Servomotor *MG995*:

Este servomotor, realiza un movimiento controlado, ya sea por tiempo de encendido y apagado, como por posición angular y posición rectangular.

Se escogió este servomotor ya que poseía la mejor cualidad de regular la velocidad de movimiento y posiciones durante el trayecto, gracias a que este servomotor puede controlar su posición y velocidad tanto sea angular como lineal.



Imagen 2.10 Servomotor MG995 (Nextia FENIX , Servomotor)

2.6 *Desarrollo de aplicaciones*

Para lograr el correcto funcionamiento del proyecto se estudió los distintos códigos de programación en lenguaje Python que es el lenguaje que procesa la Raspberry Pi 3, B+. Luego de dicho estudio de códigos básicos de programación en lenguaje Python, se desarrolló códigos de programación para el control del movimiento rotatorio del servomotor, luego se desarrolló otro código de programación para la conexión del módulo de cámara RB Pi 3, luego de haber hecho los códigos para enlazar los elementos externos a la RB Pi 3, se desarrolló un último código que es el más importante, el código para la conexión en el sistema operativo abierto del Raspberry, este código mostró datos transmitidos desde el Roomba hacia la Raspberry, y viceversa, también se pudo transmitir códigos de funcionamiento hacia la Roomba.

Adicionalmente se realizó la transmisión del video en la web, mediante la identificación del código IP del módulo de cámara RB Pi 3, B+. Esta transmisión de datos se realiza únicamente cuando la cámara y el operador están conectados a la misma red Wifi.

2.6.1 *Programación de la tarjeta Raspberry Pi 3, B+*

2.6.1.1 *Programación del servomotor*

Se realizó los códigos de programación en Python para poder controlar el servomotor por intervalos de tiempo y así poder abarcar todos los puntos ciegos que podría tener una cámara estática, también no consume tanta potencia eléctrica, y por lo tanto es capaz de interactuar con la interfaz de la tarjeta programable Raspberry Pi 3, modelo B.

El servomotor está conectado a un mecanismo rotatorio que sostiene el módulo de la cámara RB 3, este servomotor genera un torque que soporta el peso del mecanismo junto con el peso de la cámara.

2.6.1.2 *Programación del módulo de cámara Raspberry Pi 3, B+*

De forma predeterminada el puerto serial de la tarjeta Raspberry Pi 3, está configurado para usar entrada/salida de la consola. Para comunicarse con el robot Roomba a través de este puerto, el inicio de sesión de la consola serie debe deshabilitarse.

Se debe configurar la Raspberry para habilitar la conexión de la cámara, para así poder utilizar la cámara desde la RB Pi 3. Esta habilitación de la cámara se realizar directamente desde las configuraciones de la tarjeta Raspberry, pero, teniendo en cuenta que la cámara debe estar previamente conectado a la tarjeta.

2.6.1.3 Conexión del interfaz Raspberry – Roomba

Se realizó códigos de programación para el acceso a los datos del Roomba, desde las conexiones con el puerto mini DIN. Estos códigos permitió realizar lecturas del robot Roomba a través de la conexión entre el puerto mini DIN del Roomba y los puertos GPIO de la Raspberry. Se pudo controlar las funciones básicas del Roomba tales como: limpiar, mover, encender y cambiar el estado de funcionamiento del Roomba. No se logró controlar el movimiento del Roomba debido a la falta de conocimiento acerca de códigos de programación Python y lenguaje de comunicación entres sistemas operativos abiertos.

Lectura de prueba desde el puerto serial usando el comando: “minicom” para leer los datos enviados por el robot Roomba. Para instalarlo simplemente escriba el siguiente comando:

```
sudo apt-get install minicom
minicom -b 115200 -o -D /dev/serrial0
#Si tu robot Roomba se está cargando, debería ver un texto similar al siguiente mostrado en la imagen:
#Presione CTRL + A + X para salir de minicom
```

Imagen 2.11 Comandos para usar y testear el puerto serial, iniciando “minicom” [Elaboración propia]

Prueba de escritura en el puerto serial: puede ejecutar breve script de Python que se escribirá en el puerto serial. En primer lugar, deberá instalar la librería “pyserial” (para acceder al puerto serial).

Se tuvo en cuenta que para comandar las funciones básicas del Roomba, el código que se debe descifrar es un código hexadecimal, donde se debe realizar la conversión entre dichos códigos hexadecimales a códigos decimales.

2.6.2 Programación del servidor web

Primero se realizó la descarga del software “raspvian” y se lo instaló en el tarjeta micro SD, luego, se configuró las redes inalámbricas, después, se descargó todas las librerías de Python necesarias para poder realizar la programación correcta de control y transmisión de datos. Se creó códigos para la cámara y servomotor y se juntó en el mismo servidor.

Entonces, con la IP de la Raspberry se accede a la página web resultante y se observa el video en vivo captado por el módulo de cámara arducam.

La versión el Python vigente en la Raspberry es la versión 2.7.3

2.6.3 Flujograma de conexión y comunicación entre los elementos del proyecto

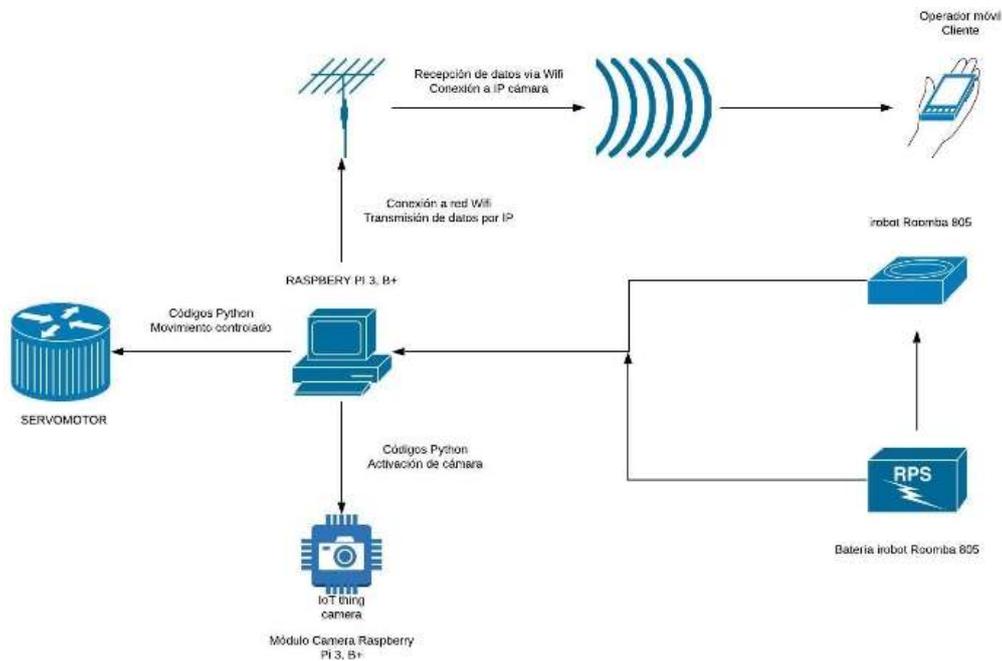


Imagen 2.12 Flujo de conexiones y comunicación entre elementos del proyecto
[Elaboración propia]

2.7 Esquema de conexiones eléctricas

El esquema de conexiones que se realizó para poder controlar la cámara, junto con el servomotor y que las señales digitales de comunicación entre el terminal mini DIN del Roomba y los puertos GPIO de la Raspberry es el siguiente:

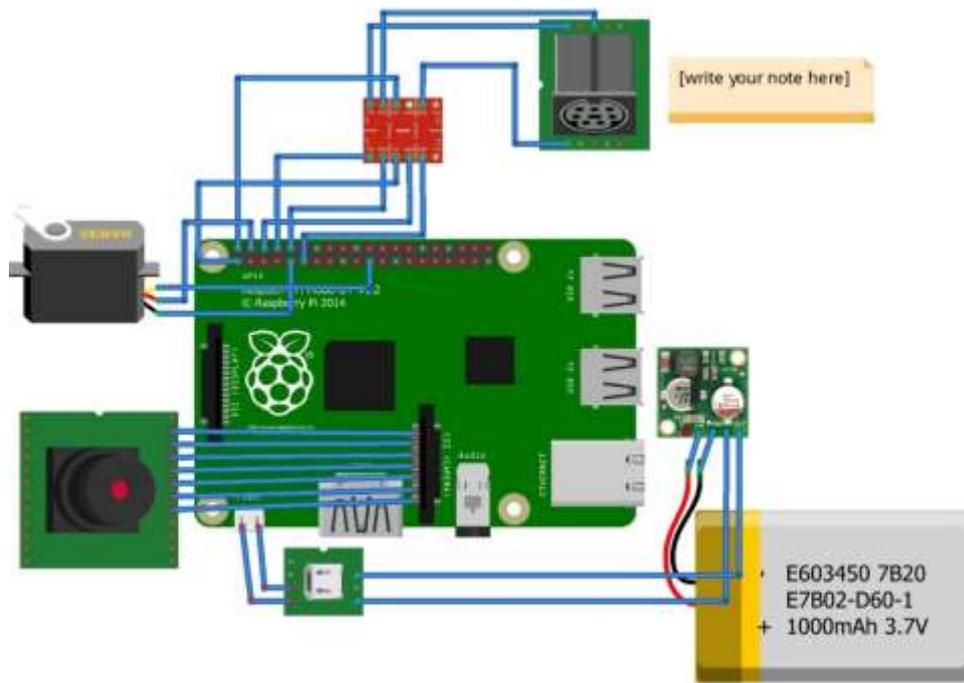


Imagen 2.13 Esquema de conexiones del proyecto (Roomba + Raspberry)
[Elaboración propia]

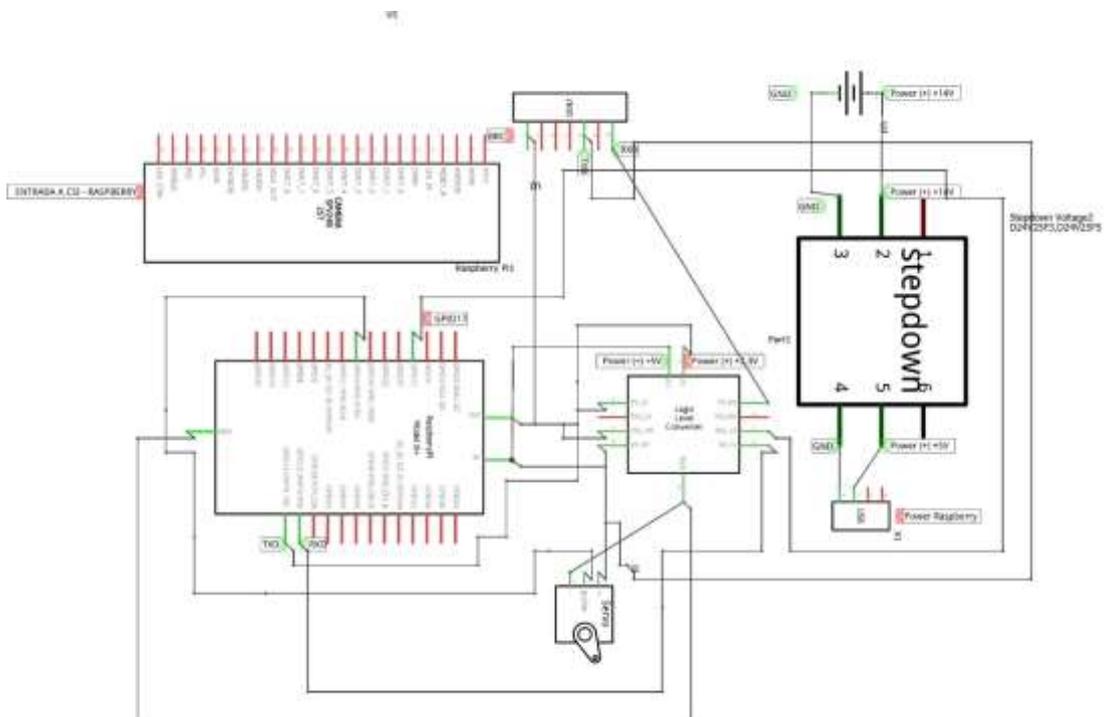


Imagen 2.14 Esquema de conexiones del proyecto (Wireframe)
[Elaboración propia]

2.8 Comprobación de la selección de equipos por potencia entregada

Se realizó un análisis de potencia entregada por la fuente y potencia demandada por el prototipo del proyecto, para poder seleccionar con criterio la fuente de alimentación del prototipo, y los componentes electrónicos involucrados, teniendo en cuenta que el consumo no puede exceder a la fuente.

$$P_e = VI \text{ (Ley de Ohm)}$$

$$P_{e,Raspberry} = V_{RB} * I_{RB} = (5.00[V])(1.80[A]) = 9.00[W]$$

$$P_{e,camera} = V_{camera} * I_{camera} = (3.00[V])(0.85[A]) = 2.55[W]$$

$$P_{e,servo} = V_{servo} * I_{servo} = (6.00[V])(0.30[A]) = 1.80[W]$$

$$P_{e,conv} = V_{conv} * I_{conv} = (5.00[V])(0.03[A]) = 0.15[W]$$

Todas las potencias anteriormente calculadas, son las potencias de los elementos que están siendo alimentados por la fuente del Raspberry y por ende se suman al consumo de potencia de la Raspberry y se convierten en el consumo neto de potencia eléctrica para la fuente.

Tabla 2.4 Consumo energético (Raspberry + Roomba) [Elaboración propia]

#	Items	Voltaje de operación [V]	Intensidad [A]	Potencia [W]
1	Kit Raspberry Pi 3, modelo B+	5.00	1.80	9.00
2	Módulo de cámara Raspberry	3.00	0.85	2.55
3	Servomotor	6.00	0.30	1.80
4	Convertidor Dual Lógico Serial a USB	5.00	0.03	0.15
				13.50
Fuente	Batería Roomba	22.00	1.25	27.50

2.8.1 Especificaciones técnicas del producto final

Sistema de seguridad semi-automático con interfaz móvil y conexión Wi-Fi.

Control en interacción mediante aplicación móvil.

Duración aproximada de la batería 60 minutos.

Transmisión de datos desde tarjeta programable Raspberry Pi modelo B, hacia una aplicación de celular.

Transmisión en tiempo real de imágenes y videos.

2.9 Consideraciones éticas y legales.

Según el Decreto Ejecutivo No. 1425 que trata los reglamentos para la adquisición de software por parte de entidades contratantes del sector público, artículo 4.

Adquisición de software de código abierto sin componente mayoritario de servicios de valor agregado ecuatoriano: Se otorgará preferencia a la solución de software de código abierto que presente un mayor componente de valor agregado ecuatoriano en relación a otras soluciones participantes de este orden de clase. En el caso de adquisición de software internacional, la entidad requirente deberá incluir en los términos de referencia o especificaciones técnicas, condiciones de transferencia tecnológica en las modalidades y niveles que determine el Servicio Nacional de Contratación Pública. Es por esto que se ha optado por utilizar el software de interfaz abierta (OI) que ofrece los Roomba iRobot's para interactuar con el robot a través de un conector mini DIN. El software permite manipular el comportamiento del robot y leer datos de sus sensores a través de una serie de comandos. (iRobot | Open Interface Roomba® 600)

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 *Diseño del case*

Para el diseño del case, únicamente se tomó como criterio de diseño, el diseño estético, diseño de forma, ya que este case debe realizar la función de ocultar los cables de conexión y ser soporte para la Raspberry Pi 3, B+.

Se realizó un diseño previo en Inventor® para luego, imprimirlo en 3D, con el material de plásticos ABS que tiene propiedades óptimas para el proceso de manufactura por adición de material.

A continuación, se presentan los planos del diseño de forma del case soporte de la Raspberry Pi 3, B+.

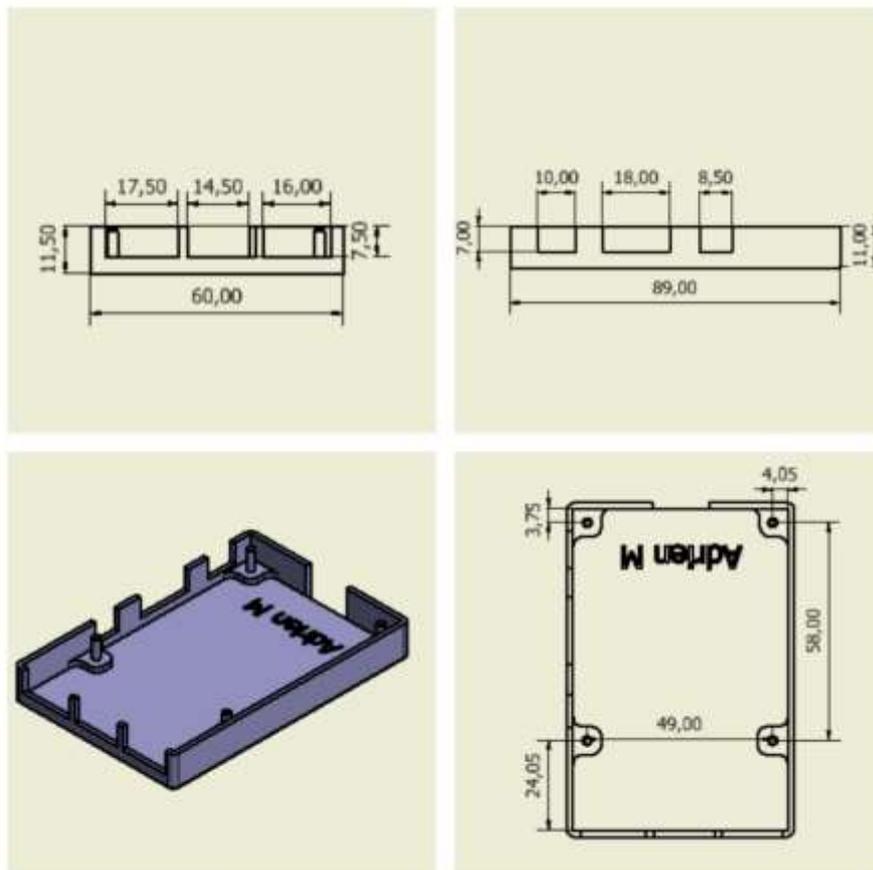


Imagen 3.1 Dimensiones de la base del case [Elaboración propia]

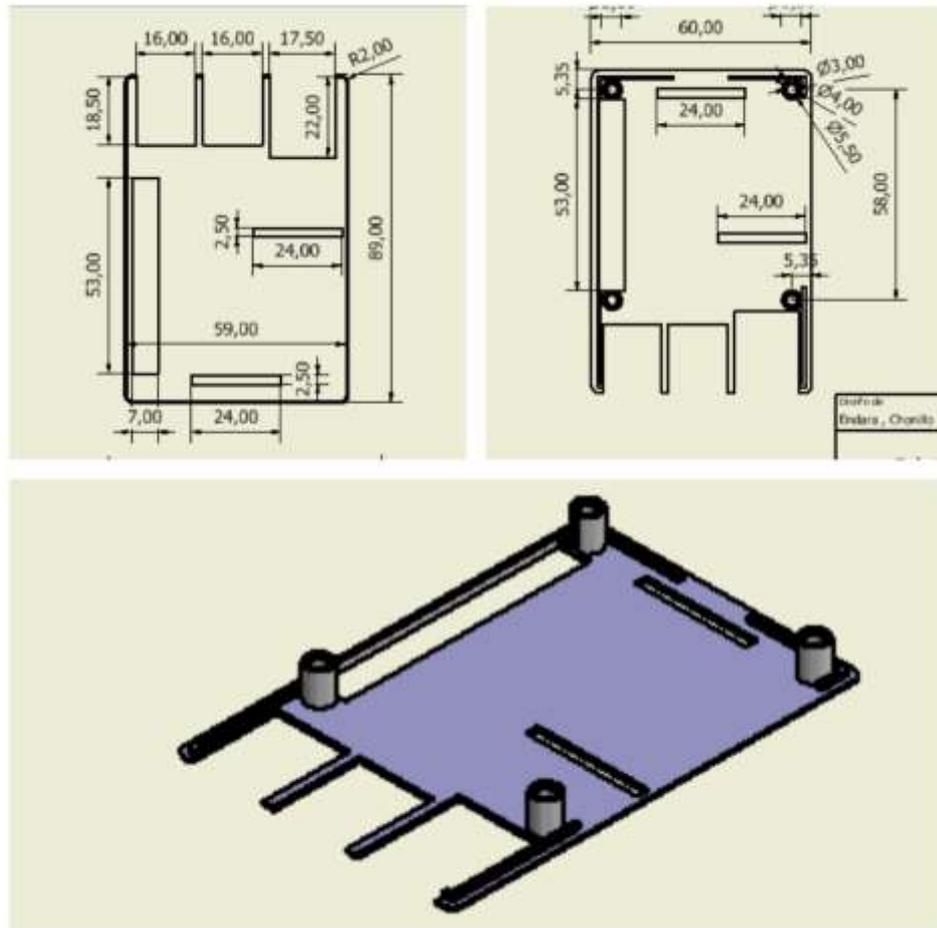


Imagen 3.2 Dimensiones de la tapa del case [Elaboración propia]

Para realizar el diseño de forma del case que soportará a la Raspberry se debe tener las medidas exactas de la RB Pi 3, por lo tanto, se procede a realizar un plano con las medidas exactas de la Raspberry para obtener las medidas exactas del case.

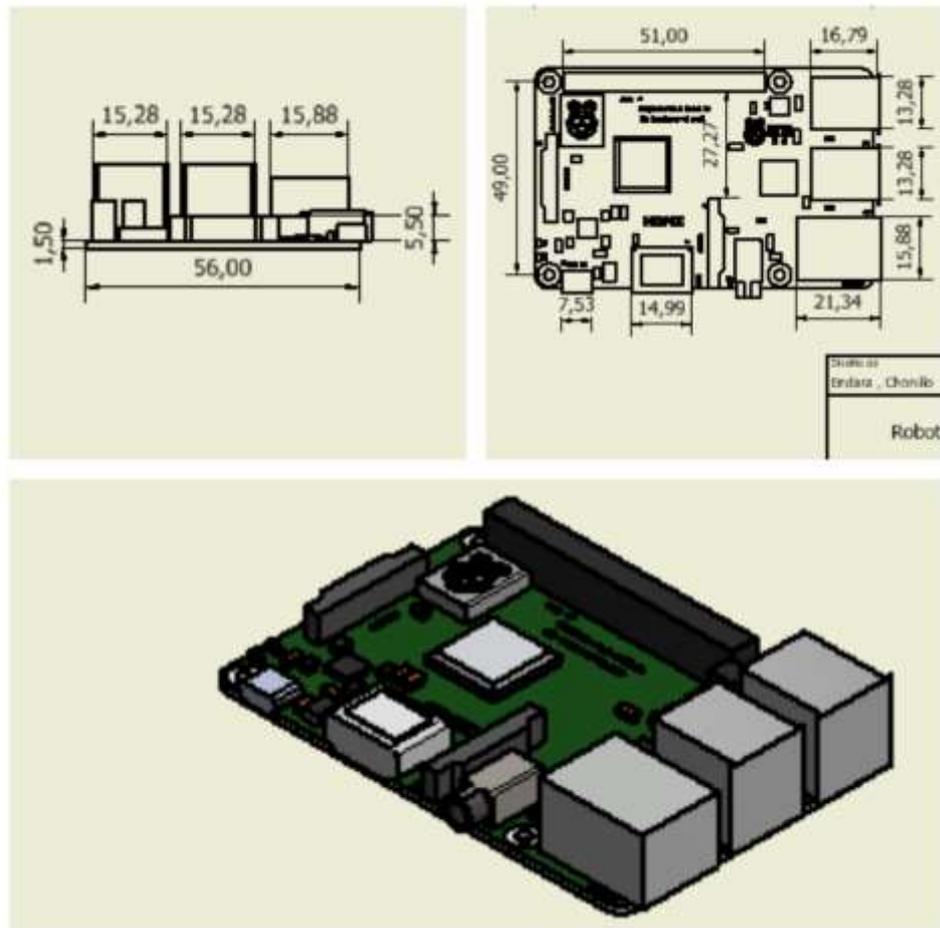


Imagen 3.3 Dimensiones de la Raspberry Pi 3, B+ [Elaboración propia]

Luego, se simuló el acople entre las tapas del case y la Raspberry Pi 3, se procede a realizar esta simulación para tener una perspectiva de que estos elementos acoplen sin interferencia ni holguras excesivas para el prototipo. A continuación, se realiza el acople entre el case y la Raspberry Pi 3, B+.

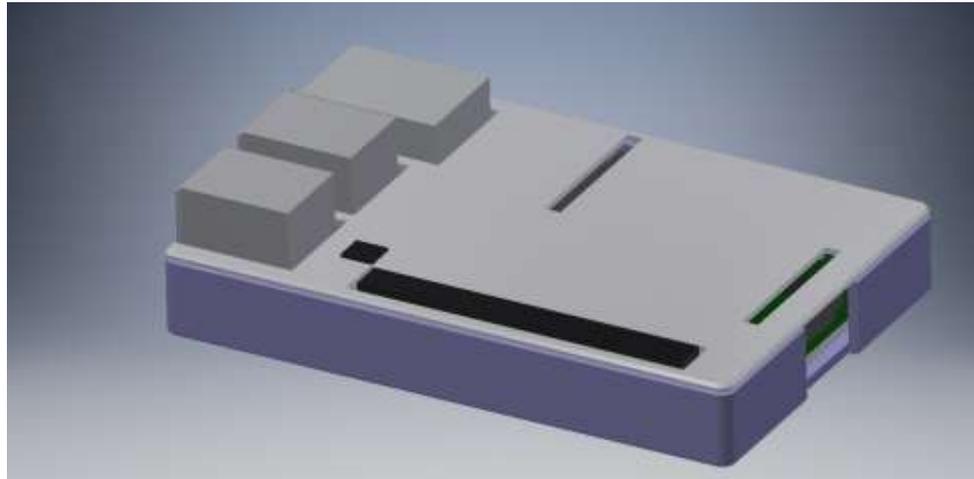


Imagen 3.4 Bosquejo del acople entre case y Raspberry Pi 3 B+ [Elaboración propia]

3.2 Programación de servomotor-Raspberry

Para el servomotor, no hubo un diseño que realizar únicamente se tuvo que investigar las propiedades que ofrece este servomotor, realizar el código de programación para el control de movimiento rotacional por períodos y fijando una frecuencia a la que rota el motor, y correr dicho programa en el software Python, luego de haber realizado esta simulación, se detectó que si giraba los grados que establecidos para poder abarcar la mayor área posible con las dimensiones del mecanismo rotatorio y el servomotor. Estos grados están entre los 45° a 135° con un rango de 90° de movimiento.

3.3 Programación cámara-Raspberry

Para el módulo de cámara de Raspberry, no hubo un diseño que realizar únicamente se seleccionó las propiedades establecidas por los objetivos, una cámara con sensor de oscuridad y sensor de movimiento, además de bajo consumo de potencia eléctrica, buena resolución y económica. El código de programación para establecer la conexión entre la cámara-Raspberry es muy sencilla, únicamente se debe cambiar las configuraciones de la Raspberry y

conectar mediante cinta flex la cámara con la entrada de video de la Raspberry, realizar las pruebas y comprobar el funcionamiento de la cámara.

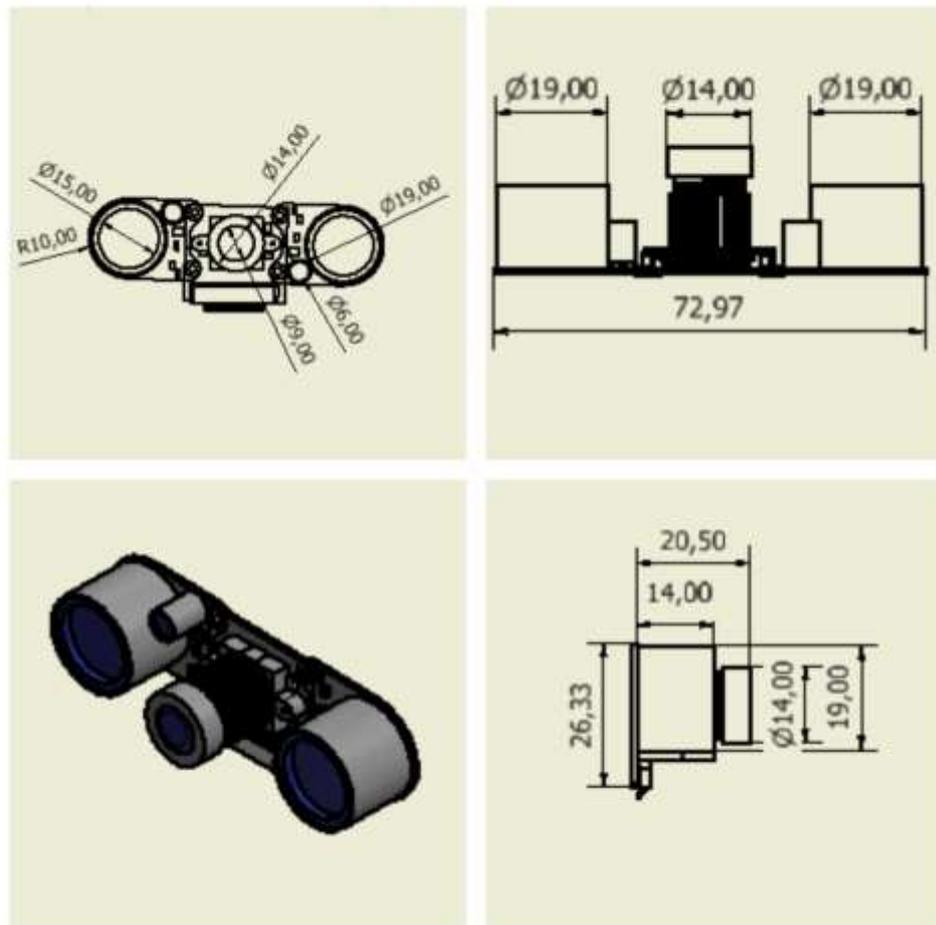


Imagen 3.5 Dimensiones del módulo de cámara [Elaboración propia]

3.4 Programación en el servidor web

Se obtuvieron videos transmitidos en tiempo real desde la Raspberry hacia la web mediante el ingreso de la IP de la Raspberry. Se puede transmitir video desde el servidor al usuario siempre que ambos estén conectados en la misma red Wifi, para poder transmitir video desde diferentes localidades, requiere que la red donde se está conectando la Raspberry sea una red pública y que el usuario pueda acceder desde cualquier localidad.

3.5 *Propiedades físicas del case para el prototipo:*

Mediante el software Inventor® se realizó el bosquejo de las piezas del prototipo se les asignó el material seleccionado de cada pieza, y se realizó una simulación sin carga, para comprobar sus propiedades generales: masa, área, volumen y centro de gravedad universal

Tabla 3.1 Propiedades físicas generales del prototipo [Elaboración propia]

Masa	0.218563 kg
Área	82048.4 mm ²
Volumen	93702.6 mm ³
Centro de gravedad	x=-329.741 mm y=74.1833 mm z=39.6723 mm

Estas propiedades físicas comprenden las dimensiones generales del case para el prototipo. Características generales como: masa, área, volumen, centro de gravedad. Debido a estas propiedades físicas del prototipo es que se puede realizar el cálculo de esfuerzos por áreas del case.

3.5.1 Materiales escogidos para soporte del servomotor, mecanismo rotatorio y rodamientos circulares:

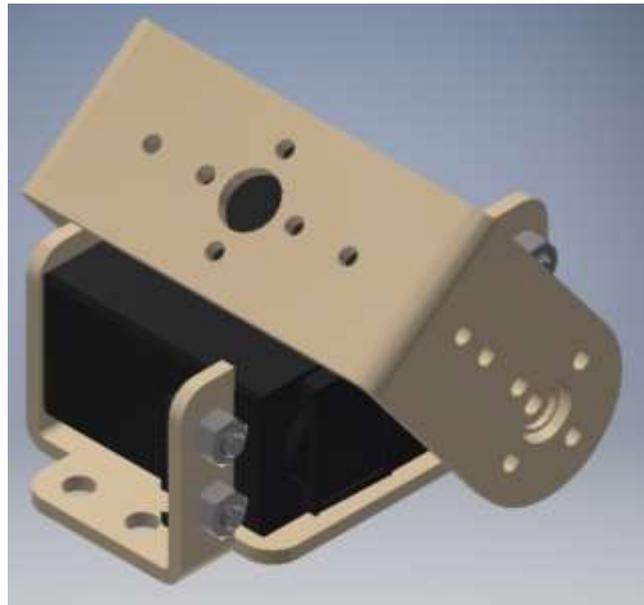


Imagen 3.6 Acople entre servomotor y mecanismo rotatorio [Elaboración propia]

Tabla 3.2 Materiales seleccionados para servomotor y mecanismo rotatorio [Elaboración propia]

Nombre	Polietileno, alta densidad	
General	Densidad de masa	0.952 g/cm ³
	Límite de elasticidad	20.67 MPa
	Resistencia máxima a tracción	13.78 MPa
Tensión	Módulo de Young	0.911 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.392 su
	Módulo cortante	0.327227 GPa
Nombre(s) de pieza	預設	
Nombre	Cobre	
General	Densidad de masa	8.94 g/cm ³
	Límite de elasticidad	33.3 MPa
	Resistencia máxima a tracción	210 MPa
Tensión	Módulo de Young	117.5 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.345 su
	Módulo cortante	43.6803 GPa
Nombre(s) de pieza	Ct SoporteServot Acople circular Acople circular	

Propiedades de los materiales escogidos para recubrimiento del servomotor y para el acople rotatorio del servomotor. Se seleccionó el servomotor debido a su límite de fluencia (S_y) y su baja densidad (ρ). Para estos materiales escogidos, se puede denotar más adelante que no hubo falla alguna para el ensamble entre servomotor y acoples.

3.5.2 *Materiales escogidos para uniones empernadas:*

Existe uniones empernadas entre la base del servomotor y el servomotor, entre el mecanismo rotatorio en “C” y los rodamientos de aluminio del servomotor, entre la cámara y la “C” del mecanismo rotatorio, ninguna de estas uniones empernadas impide el movimiento de giro del mecanismo.

Tabla 3.3 Materiales seleccionados para selección de juntas empernadas
[Elaboración propia]

Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	220 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.275 su
	Módulo cortante	86.2745 GPa
Nombre(s) de pieza	AS 1110 - Métrico M3 x 6 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3.5x0.6 AS 1110 - Métrico M2 x 6 AS 1110 - Métrico M2 x 6 AS 1110 - Métrico M3 x 6 AS 1110 - Métrico M3 x 6 AS 1110 - Métrico M3 x 6 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 ANSI B18.2.4.2M M3x0.5 AS 1110 - Métrico M3 x 6 AS 1110 - Métrico M1.6 x 6	

Para las uniones empernadas se utilizaron pernos estándar ANSI métrico, de material acero comercial, los cuales tienen propiedades físicas muy por encima del resto de materiales que componen el prototipo.

3.5.3 *Materiales escogidos para case base y tarjeta programable Raspberry:*

Tabla 3.4 Materiales seleccionados para base del case, tapa del case y tarjeta programable Raspberry Pi 3, modelo B [Elaboración propia]

Nombre	Plástico ABS	
General	Densidad de masa	1.06 g/cm ³
	Límite de elasticidad	20 MPa
	Resistencia máxima a tracción	29.6 MPa
Tensión	Módulo de Young	2.24 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.38 su
	Módulo cortante	0.811594 GPa
Nombre(s) de pieza	Case-Raspberry	
Nombre	Plástico PPS	
General	Densidad de masa	1.637 g/cm ³
	Límite de elasticidad	68.9 MPa
	Resistencia máxima a tracción	82.7 MPa
Tensión	Módulo de Young	2.7 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.4 su
	Módulo cortante	0.964286 GPa
Nombre(s) de pieza	Pi-Camera	

Para la tarjeta Raspberry, ya viene fabricada con poliestireno de alta densidad lo cual en propiedades es muy parecido a utilizar plástico ABS. Para la Raspberry no se tuvo que realizar selección de materiales, debido a que este material de fabricación ya viene dado por default

3.6 *Modelado y análisis estático del prototipo*

3.6.1 *Modelado del prototipo 3D a 2D*

Para poder realizar los análisis estáticos del prototipo, se procedió a realizar un modelado del sistema 3D en 2D tomando como una viga empotrada el mecanismo acoplado con rodamientos de aluminio en el eje del servomotor. Se

hallan las fuerzas y cargas de torsión que actúan en los rodamientos de aluminio que unen el mecanismo de rotación con el servomotor. Se toma una carga igual al peso de la cámara en un extremo de la viga y otra carga igual al peso del mecanismo rotatorio que actúa en el centro de masa respecto al eje “X”.

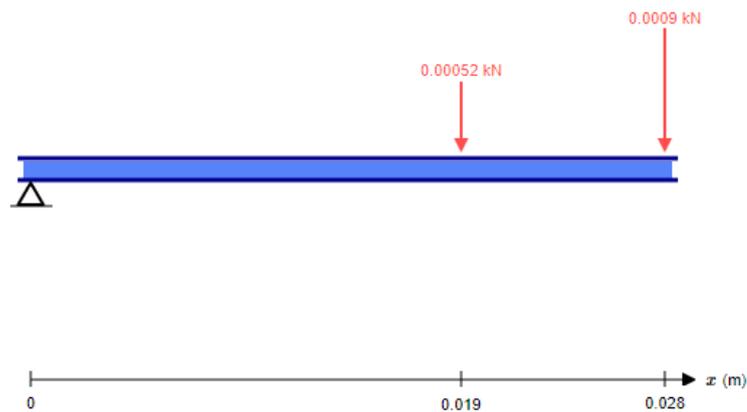


Imagen 3.7 Modelado 2D de acople de servomotor [Elaboración propia]

$$M_0 = F_1(x_1 - x_0) + F_2(x_2 - x_0)$$

$$F_1 = 9 \times 10^{-4} [kN] ; F_2 = 5.2 [kN]$$

$$x_1 = 28 [mm] = 0.028 [m] ; x_2 = 19 [mm] = 0.019 [m]$$

$$M_0 = (9 \times 10^{-4})(0.028 - 0) + (5.2 \times 10^{-4})(0.019 - 0) = 3.508 \times 10^{-5} [kN - m]$$

$$M_0 = 0.03508 [N - m]$$

Este momento equivalente en la junta revoluta, es uno de los datos iniciales ingresados en la simulación del análisis estático del prototipo por medio del software Inventor®. Además, que se agregó una fuerza de gravedad que afectará a toda la estructura como tal. Bajo estas condiciones se procedió a realizar los análisis estáticos del prototipo.

También se procedió a calcular fuerzas cortantes en las juntas empernadas que une el eje del servomotor con el acople en “C” rotatorio y dio como sección

crítica las juntas laterales que sujetan el acople, bajo el criterio de diseño por esfuerzo cortante de Singer, lo que establece el cálculo del modelado 2D del sistema, como una viga empotrada con una geometría definida, para que el centro de gravedad coincida con el centro de gravedad del sistema real.

$$F_0 = F_1 + F_2$$

$$F_1 = 9 \times 10^{-4} [kN]; F_2 = 5.2 [kN]$$

$$F_0 = (9 \times 10^{-4}) + (5.2 \times 10^{-4}) = 1.42 \times 10^{-3} [kN] = 1.42 [N] \text{ (Fuerza cortante)}$$

Diseño de juntas empernadas por método de Singer (Esfuerzo Cortante)

$$\tau = \frac{F_c}{A}; \eta = \frac{S_{sy}}{\tau}; S_{sy} = \frac{1}{\sqrt{3}} S_y; S_{y,SAE} = 92 [kpsi] \text{ (Se escogio perno SAE 5.2)}$$

Donde:

τ .- Esfuerzo cortante [MPa]

F_c .- Fuerza cortante [N]

A.- Sección transversal de junta empernada

S_{sy} .- Resistencia al esfuerzo cortante

η .- Factor de seguridad

S_y .- Resistencia a la fluencia

$$S_{sy} = \frac{1}{\sqrt{3}} (92 [kpsi]) = 53.11 [kpsi]; \eta = 3 \text{ (Definido por diseñador)}$$

$$\tau = \frac{S_{sy}}{\eta} = \frac{53.11 [kpsi]}{3} = 17.70 [kpsi] * \frac{6.894 [kPa]}{1 [psi]} * \frac{1000}{1000} = 122 [MPa]$$

$$A = \frac{F_c}{\tau} = \frac{1.42 [N]}{122 [MPa]} = 1.16 \times 10^{-8} [m^2]; A = \pi d^2; d = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{1.16 \times 10^{-8} [m^2]}{\pi}}$$

$$d = 0.06 [mm]$$

Diseño de juntas empernadas por esfuerzo de aplastamiento

$$A_b = \# \text{ de elementos} * t * d$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} ; \eta = \frac{S_y}{\sigma_b}$$

Para comprobar que el diametro calculado por Diseño al Cortante es valido

Se escogerá el mismo valor de área para Diseño al Aplastamiento

$$A_b = 4(1.50[mm])(1.92[mm]) = 11.52[mm^2]$$
$$\sigma_b = \frac{1.42[N]}{11.52 \times 10^{-6}[mm^2]} = 123.26[kPa] * \frac{1[psi]}{6.894[kPa]} * \frac{1000}{1000} = 17.88[kpsi]$$
$$\eta = \frac{92[kpsi]}{17.88[kpsi]} = 5$$

Diseño de juntas empernadas por esfuerzo de aplastamiento en los miembros

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\sigma_b} = \frac{53.11[kpsi]}{17.88[kpsi]} = 2.97 \approx 3$$

3.6.2 Análisis estático del prototipo

Mediante un análisis estático del prototipo, se pudo realizar el cálculo y el lugar geométrico del punto crítico tanto para esfuerzos equivalentes Von Misses, como para deformaciones tanto en el eje axial y normal a cada una de las caras del prototipo.

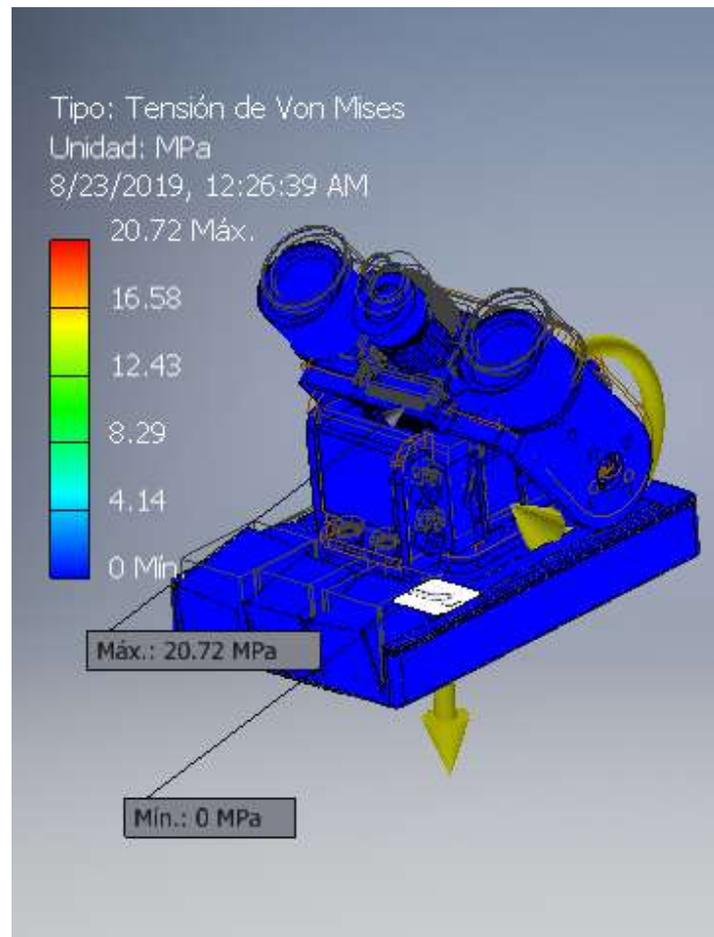


Imagen 3.8 Análisis Estático – Esfuerzo Von Misses [Elaboración propia]

El resultado obtenido del esfuerzo de tensión equivalente Von Mises en el prototipo, refleja que los valores de esfuerzos están en el rango de 0 a 4 MPa,, se tiene un esfuerzo máximo de 20.72 MPa, lo cual no es significativo para los esfuerzos de fluencia del material plástico ABS, ya que tiene una resistencia límite a la fluencia de 29.60 MPa.

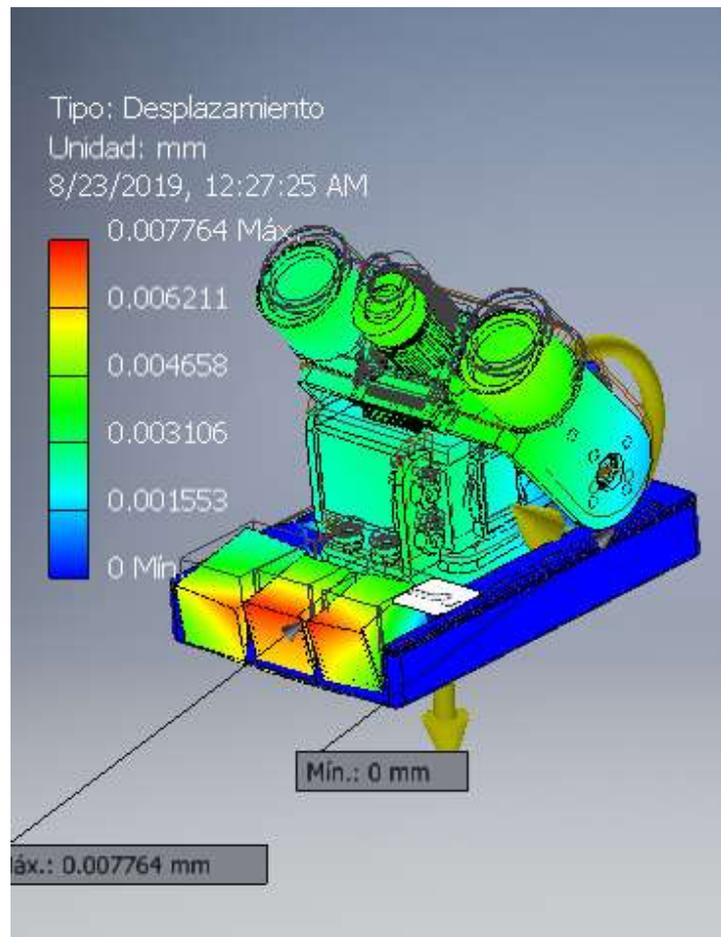


Imagen 3.9 Análisis Estático – Desplazamientos [Elaboración propia]

El resultado que se obtuvo de los desplazamientos debido a los esfuerzos equivalentes Von Mises, dio a notar que los desplazamientos son máximos en en la base del Raspberry, exactamente donde va conectado las entradas USB y HDMI. Los desplazamientos máximos fueron de 7.76×10^{-3} mm, lo cual no es significativo para el área y volumen total del prototipo, y para las deformaciones permisibles del material del case base.

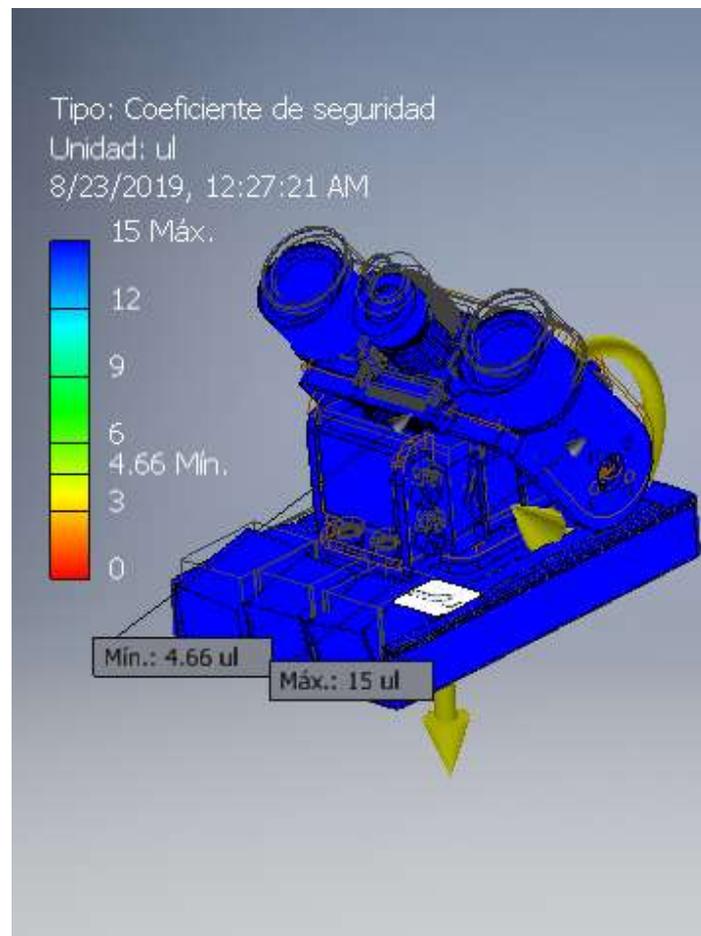


Imagen 3.10 Análisis Estático – Coeficiente de seguridad
[Elaboración propia]

Para el cálculo de coeficiente de seguridad, tomando en cuenta un análisis de esfuerzos equivalentes Von Mises, se obtuvieron como coeficiente de seguridad mínimo de 4.65, teniendo en cuenta que se realizó el análisis con un momento equivalente al doble de la carga sometida sobre la junta revoluta del servomotor.

Por último, el análisis económico del proyecto, tomando en cuenta la adquisición y transporte de cada uno de los componentes es:

3.7 Análisis económico del proyecto

Para realizar el análisis económico del proyecto, se debe tener en cuenta los gastos e inversiones que se realizó durante la metodología y selección de materiales para el prototipo final. En la siguiente tabla se presentan los costos de cada uno de los elementos involucrados en la elaboración del prototipo final del proyecto, tomando en cuenta los gastos de transporte que son los más significativos de entre todas las inversiones, debido a que muchos de los elementos electrónicos requeridos para el proyecto no se encontraban a la venta a nivel local en Guayaquil.

Tabla 3.5 Análisis económico del proyecto [Elaboración propia]

#	Items	Costo/Unidad (\$)	Unidades (U)	Costo/Transporte (\$)	Costos Totales (\$)
1	Kit Raspberry Pi 3 B+	\$90,00	1	\$9,00	\$99,00
2	Módulo cámara (Arducam)	\$28,00	1	\$3,00	\$31,00
3	Dual logic converter	\$5,00	1	\$1,50	\$6,50
4	Pololu 3.3V step-up/step-down voltage regulator	\$20,00	1	\$2,00	\$22,00
5	Resistencias de 100k	\$0,15	2	\$0,50	\$0,65
6	Convertidor Seria - USB	\$1,00	1	\$0,50	\$1,50
7	N-FET nivel lógico 2N7000	\$1,50	1	\$1,00	\$2,50
8	Micro SD 32GB class 10	\$20,00	1	\$2,00	\$22,00
9	Impresión 3D (Tapa)	\$20,00	1	\$2,00	\$22,00
10	Impresión 3D (Case)	\$10,00	1	\$1,00	\$11,00

11	Kit servomotor – Mecanismo rotatorio	\$17,00	1	\$1,50	\$18,50
12	Plug mini DIN macho 7 pines	\$1,50	1	\$0,50	\$2,00
13	Pack 10 Jumpers macho-mahcho	\$0,50	1	\$0,50	\$1,00
14	Pack 10 Jumpers macho-hembra	\$0,50	1	\$0,50	\$1,00
15	Pack 10 Jumpers hembra-hembra	\$0,50	1	\$0,50	\$1,00
					\$241,65

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El diseño del case soporta las cargas estáticas provenientes del ensamble de los compuestos mecánicos que tiene sobre él, además, el case de la Raspberry Pi 3, tiene una estética que cubre las conexiones por cables UTP entre el puerto mini DIN y la Raspberry Pi.
- Al agregar elementos en la superficie de la Roomba su habilidad para pasar por espacios estrechos se ve afectada, puesto que estamos adicionando altura a su cuerpo compacto. El tiempo de la batería se ve reducido, pero no en un valor considerable, en promedio 10 minutos, esto sin contar que la Roomba busca automáticamente su estación de carga cuando resulta necesario.
- Se diseñó una estructura que permite acoplar los nuevos elementos a la Roomba sin alterar la estética del robot. Se realizaron además análisis de esfuerzos para asegurar que la estructura soportara las cargas implicadas.
- En la sociedad actual la tecnología avanza a pasos agigantados y en consecuencia tanto la robótica, domótica y la inteligencia artificial, están cada vez más presentes en el diario vivir, a su vez la cantidad de personas que tienen acceso a una red de internet es cada vez mayor, es acá donde interviene la red wifi, la cual permite crear, acceder y guardar contenido desde casi cualquier lugar del mundo. En este proyecto se probó a penas una parte del potencial de las redes wifi, al lograr comunicarnos inalámbricamente a la Raspberry desde varios puntos de la ciudad.

4.2 Recomendaciones

- Profundizar en el desarrollo de los códigos utilizados, pues en programación no existe una sola alternativa de solución de problemas. Y la solución planteada puede ser optimizada.
- No limitar este proyecto al uso de una aspiradora Roomba, se puede realizar en otros gadgets autónomos, o incluso desarrollar un dispositivo por completo.
- Desarrollar una aplicación móvil para el control de los parámetros analizados en la capítulo 3, y poder conectar vía WiFi desde un servidor en casa, oficina o departamento hacia el servidor móvil del cliente.

BIBLIOGRAFÍA

Páginas web

Roomberry Surveillance Robot: Roomba + Pi Zero + Camera. (s. f.). Recuperado 23 de agosto de 2019, de Hackster.io website:

<https://www.hackster.io/danimaciasperea/roomberry-surveillance-robot-roomba-pi-zero-camera-c056f9>

Bi-Directional Logic Level Converter Hookup Guide - learn.sparkfun.com. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2019, de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bi-directional-logic-level-converter-hookup-guide/all>

Calcular Consumo | Centrosur. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2019, de <http://www.centrosur.gob.ec/calcular-consumo>

Installing the Raspberry Pi Camera Board | The Pi Hut. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2019, de <https://thepihut.com/blogs/raspberry-pi-tutorials/installing-the-raspberry-pi-camera-board>

Artículo presentado a una conferencia

Miyazaki, T., Tamura, M., Kawabata, S., Yoshimi, T., Hirokawa, J., & Ogawa, H. (2005). *United States Patent N.º US20050071046A1*.

Lee, H., Lin, W., Huang, C., & Huang, Y. (2011). Wireless indoor surveillance robot. *SICE Annual Conference 2011*

Borja, R., de la Pinta, J. R., Álvarez, A., & Maestre, J. M. (2013). Integration of service robots in the smart home by means of UPnP: A surveillance robot case study. *Robotics and Autonomous Systems*

Ochoa, M., Aguiar, G., & Erazo, A. (2016). RHINO—an autonomous interactive surveillance robot for the needed ones: design and study case. *MATEC Web of Conferences*,

Artículos de revistas tomados de internet

Song, G., Yin, K., Zhou, Y., & Cheng, X. (2009). A surveillance robot with hopping capabilities for home security. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 55(4), 2034-2039.

Impermeable De La Buena Calidad De Soldadura Din Macho Hembra 7 Pin Conector Para Cable Ce Rohs Lp20 - Buy Din Macho Conector Para 7/8 Cable Ip67 Conector Impermeable 7 Pin Conector De Cable Product on Alibaba.com. (s. f.).

Logic Level Converter module 3.3V 5V TTL - Elektrojo Store. (s. f.).

MG995 | Tower Pro. (s. f.).

Micro Soporte de Aluminio para Servo en Forma de «C» de Lynxmotion Paquete de 2 (Negro) - RobotShop. (s. f.).

Pololu - Logic Level Shifter, 4-Channel, Bidirectional. (s. f.).

Pololu 5V, 2.5A Step-Down Voltage Regulator D24V25F5. (s. f.).

Raspberry Pi Zero Camera Module 5MP Focal Adjustable Night Vision Camera with IR Lights+16cm FFC Cable for Raspberry Pi Zero W-in Demo Board Accessories from Computer & Office on Aliexpress.com | Alibaba Group. (s. f.).

APÉNDICES

APÉNDICE A

Códigos de programación en lenguaje Python para la activación de la cámara, ahorro de espacio en la memoria RAM, salida y entrada de información (TXD, RXD, BRC)

Primer paso:

```
#Entrar a la pestaña de comandos de la Raspberry
#Escribir el comando:
raspi-config
#Escoger el menú 5
#Escoger la opción P6
"Would you like to login shell to be accesible over serial?"
No
"Would you like the serial port hardware to be enabled?"
Yes
```

Alternativa 1:

```
#Alternativamente puede comentar la definición de la consola y agragal el final del archivo
/boot/config

#Find and coment console definition
#console=serial0,115200
...
enable_uart=1
```

#Si aún no funciona, habilite el módulo de la cámara.

Habilitar modulo de camara:

```
raspi-config
#Escoger el menú 5
#Escoger la opción P1
#O puede hacerlo directamente entrando en el archivo
/boot/config
#Incluye estos cambios (desabilitar leds del módulo de cámara, recomendado para ahorrar energía)
#Se establece como memoria RAM de la cámara un espacio de 128 Mb, es una buena opción
```

#Deshabilite todos los directorios de intercambio y montaje

```
/tpm
#en el disco RAM como 50 Mb de espacio. Esta ubicación se utilizará para almacenar archivos efímeros
#como capturas de cámara y archivos de estado de Roomba
```

#Para alargar la vida de la tarjeta SD se utilizará las siguientes configuraciones

```
sudo apt-get install iotop

sudo iotop -aok

sudo sysctl vm.block_dump=1

dmseg

sudo sysctl vm.block_dump=0
```

#Para aumentar la capacidad de tu RAM disponible, el sistema Linux usa espacio de intercambio.

#Si un sistema necesita más recursos de RAM, moverá las páginas inactivas de la memoria al espacio de intercambio

#Esto puede ayudar a que la memoria limitada de su Raspberry Pi 3, B+ tenga más RAM disponible

#El espacio de intercambio se ubicará en la tarjeta SD

Imagen A.1 Códigos de programación para activación de módulos, lenguaje Python [Elaboración Propia]

Códigos de programación para control de funciones básicas del Roomba a través de la Raspberry Pi 3, B+

```
#Instalacion de libreria pyserial

sudo apt-get install python-serial python3-serial

#Interaccion con el shell de python interactivo (solo escriba en lenguaje de programacion python)

import serial
import time

# Open a serial connection to Roomba
ser = serial.Serial(port='/dev/serial0', baudrate=115200)

#Asmiendo que el robot está encendido, en modo "Inicio" o "Ahorro". Note que 0x83 in hexadecimal corresponde a 131

ser.write('\x83')

time.sleep(.1)

#Comenzar a limpiar
ser.write('\x87')

#Parar (volver a modo "Apagado") - 173
ser.write('\xAD')

#Cerrar el puerto serial, estás listo para ineractuar con el robot Roomba
```

Imagen A.2 Interacción en el puerto serial (Escritura de comandos de acción hacia el Roomba) [Elaboración Propia]

Códigos de programación para el control del servomotor basado en periodos de funcionamiento, estableciendo una frecuencia de giro del motor y un giro inicial, rango de giro, y giro final.

```

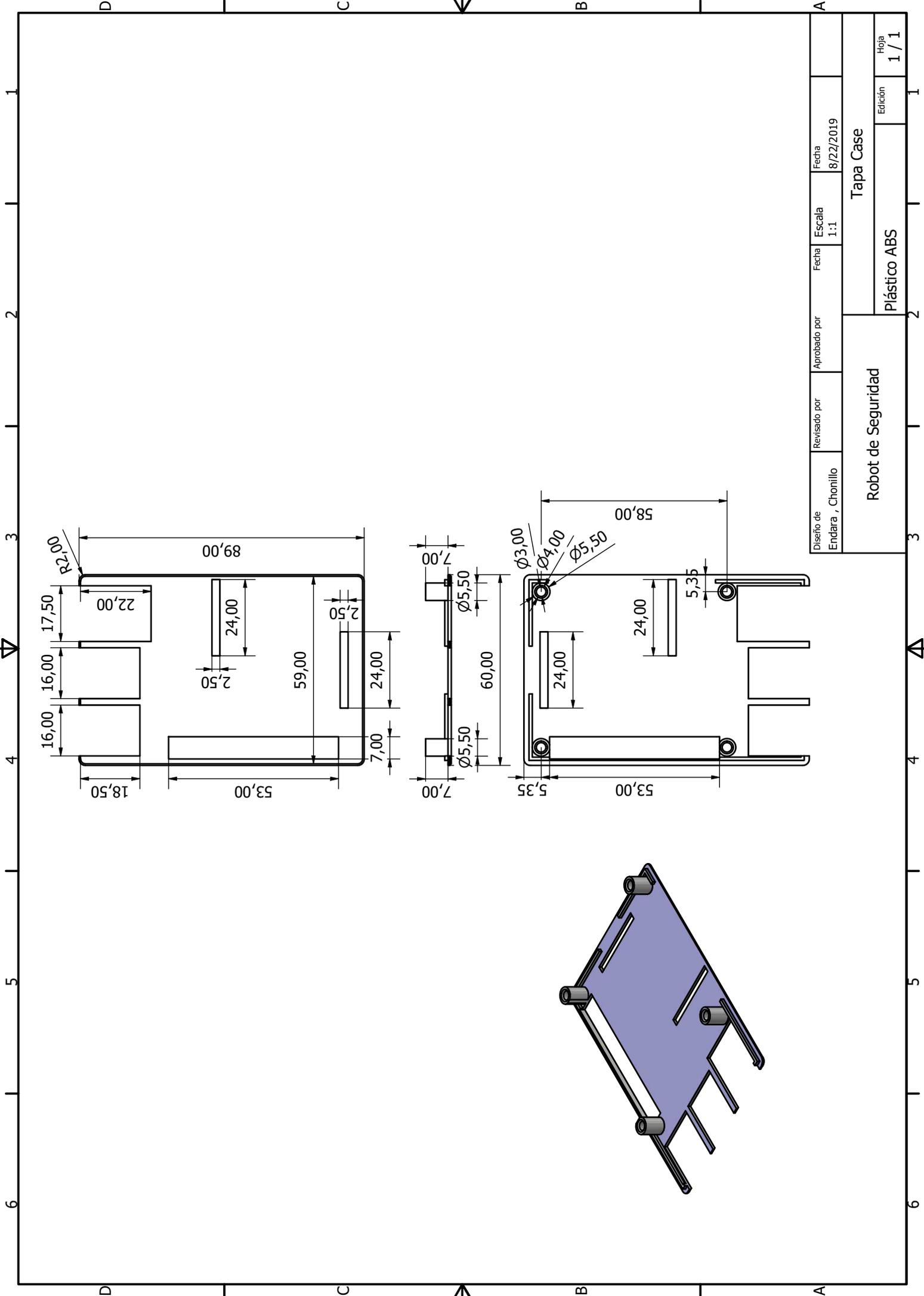
1 import RPi.GPIO as GPIO #Importamos la libreria RPi.GPIO
2 import time             #Importamos time para poder usar time.sleep
3
4 GPIO.setmode(GPIO.BOARD) #Ponemos la Raspberry en modo BOARD
5 GPIO.setup(21,GPIO.OUT)  #Ponemos el pin 21 como salida
6 p = GPIO.PWM(21,50)     #Ponemos el pin 21 en modo PWM y enviamos 50 pulsos por segundo
7 p.start(7.5)            #Enviamos un pulso del 7.5% para centrar el servo
8
9 try:
10     while True:        #iniciamos un loop infinito
11
12         p.ChangeDutyCycle(4.5) #Enviamos un pulso del 4.5% para girar el servo hacia la izquierda
13         time.sleep(0.5)      #pausa de medio segundo
14         p.ChangeDutyCycle(10.5) #Enviamos un pulso del 10.5% para girar el servo hacia la derecha
15         time.sleep(0.5)      #pausa de medio segundo
16         p.ChangeDutyCycle(7.5) #Enviamos un pulso del 7.5% para centrar el servo de nuevo
17         time.sleep(0.5)      #pausa de medio segundo
18
19 except KeyboardInterrupt: #Si el usuario pulsa CONTROL+C entonces...
20     p.stop()              #Detenemos el servo
21     GPIO.cleanup()       #Limpiamos los pines GPIO de la Raspberry y cerramos el script

```

Imagen A.3 Códigos de programación general para control de Servomotor desde Raspberry Pi 3, B+, lenguaje de programación Python (Controlar un servomotor con Raspberry Pi | FPaez)

APÉNDICE B

1. Planos del case, parte superior, dimensiones, material, escala
2. Planos del case, parte inferior, dimensiones, material, escala
3. Planos de módulo de cámara Arducam, dimensiones, material, escala
4. Planos de tarjeta programable Raspberry Pi 3, B+, dimensiones, material, escala
5. Planos de tapa superior del Roomba, dimensiones, material, escala
6. Planos de tapa superior del Roomba-2da parte, dimensiones, material, escala



Diseño de Endara , Chonillo	Revisado por	Aprobado por	Fecha 8/22/2019	Escala 1:1	Fecha 8/22/2019
Robot de Seguridad			Tapa Case		
Plástico ABS			Edición 1 / 1		
Hojas			1 / 1		

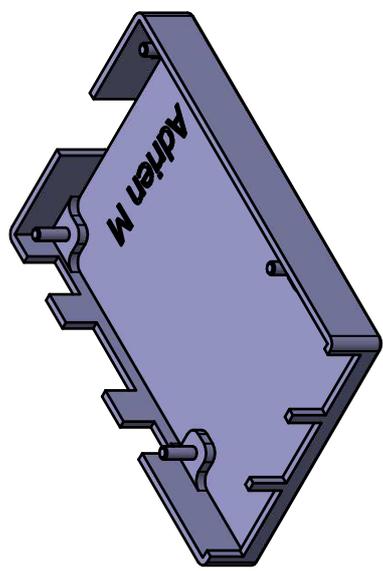
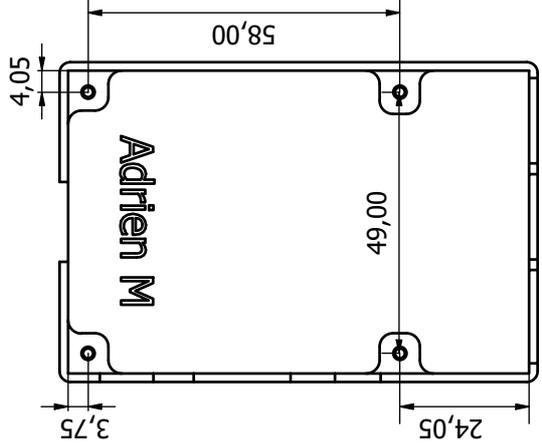
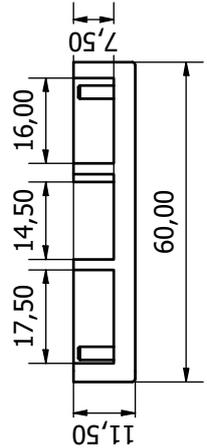
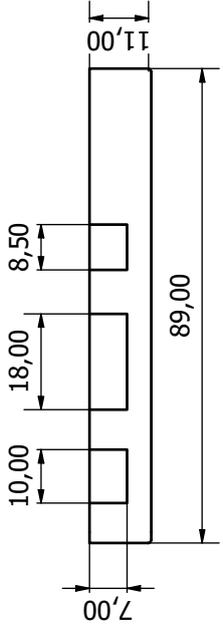
D

C

B

A

1 2 3 4 5 6



Diseño de Endara , Chonillo	Revisado por	Aprobado por	Fecha 8/22/2019	Fecha 8/22/2019	Edición 1 / 1
Robot de Seguridad			Base Case		
Plástico ABS			Hojas 1 / 1		

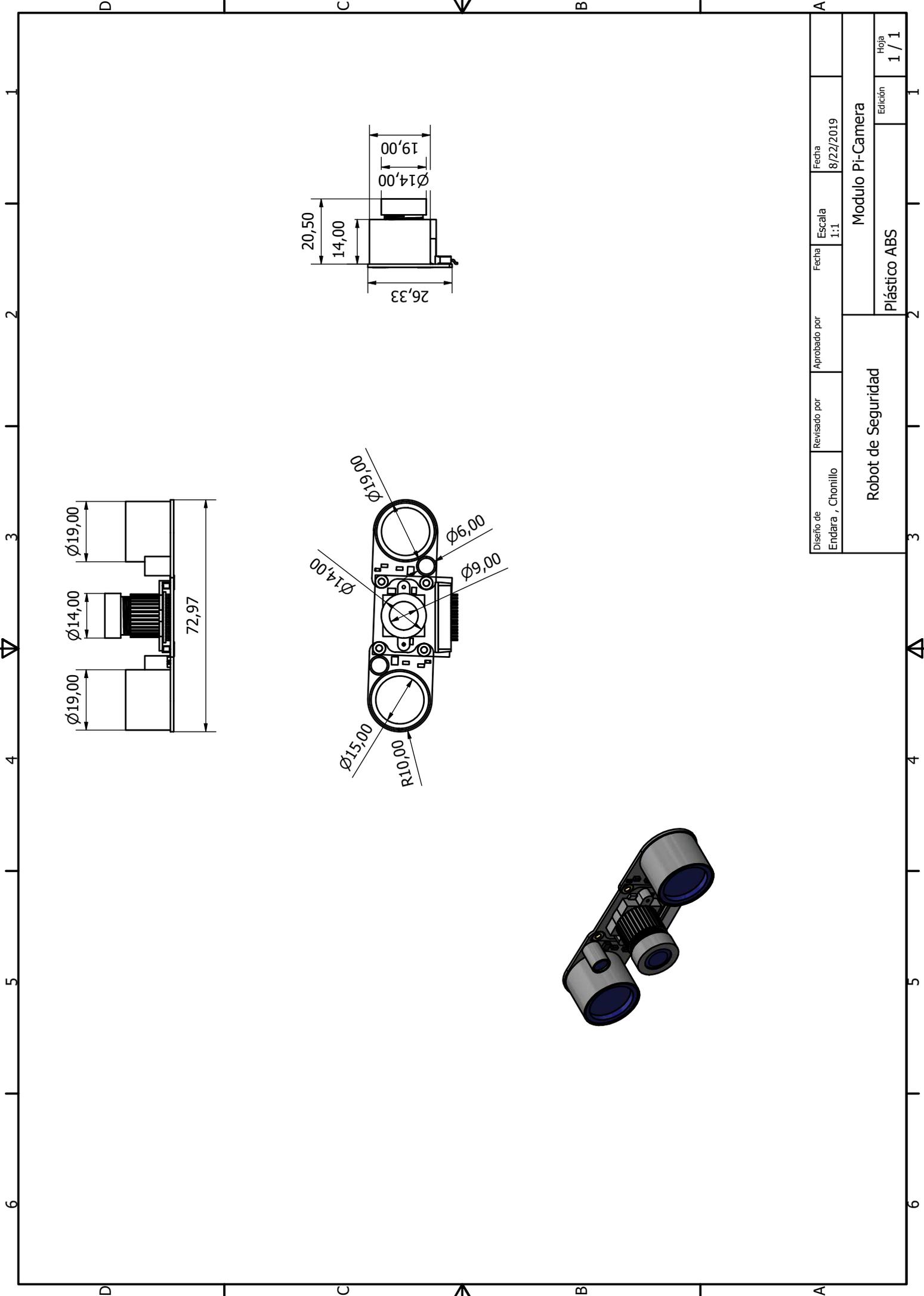
D

C

B

A

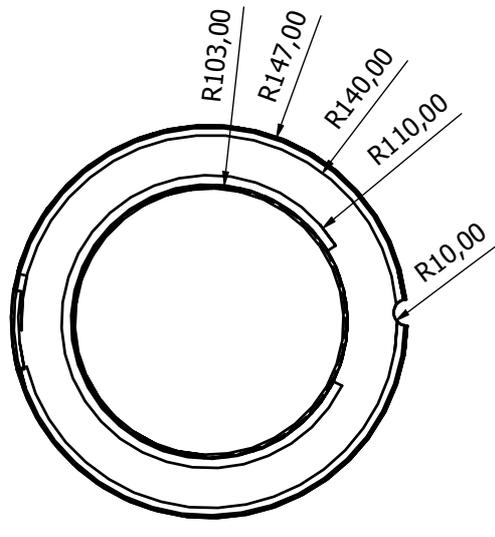
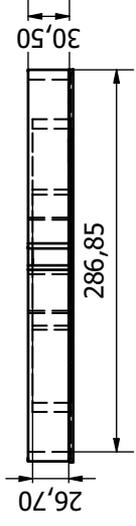
1 2 3 4 5 6



Diseño de Endara , Chonillo	Revisado por	Aprobado por	Fecha 8/22/2019	Escala 1:1	Fecha 8/22/2019
Robot de Seguridad			Modulo Pi-Camera		
Plástico ABS			Edición 1 / 1		

1 2 3 4 5 6

D C B A



Diseño de Endara , Chonillo	Revisado por	Aprobado por	Fecha 9/1/2019	Escala 1:1	Fecha
Robot de Seguridad			Tapa Superior - Roomba (1)		
			Plástico ABS		
			Edición 1 / 1		
			Hoja 1 / 1		

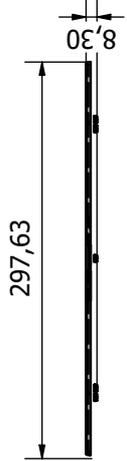
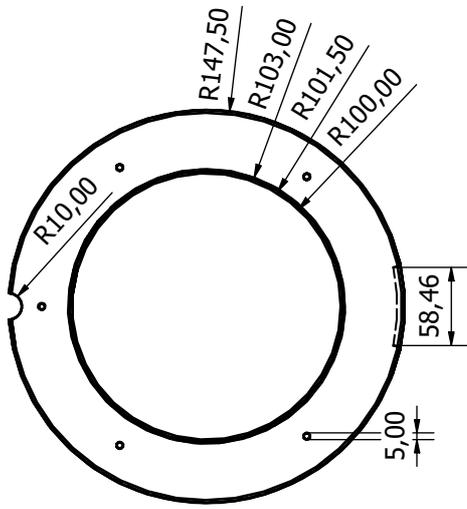
D

C

B

A

1 2 3 4 5 6



Diseño de Endara , Chonillo	Revisado por	Aprobado por	Fecha 9/1/2019	Escala 1:1	Fecha
Robot de Seguridad			Tapa Superior - Roomba (2)		
			Plástico ABS		
			Edición 1 / 1		
			Hoja 1 / 1		

D

C

B

A

1 2 3 4 5 6