

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un dispositivo para recolección de basura en ambientes urbanos

INGE-2312

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Alex Fabricio Rosero Silva

Kevin Wilter Macías Rodríguez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo con profundo cariño a mi familia, cuyos lazos fuertes y amor incondicional han sido el fundamento de mi camino. A mis amigos, quienes han compartido risas y brindado un apoyo inquebrantable. Este logro es también un tributo a la familia extendida, cuya presencia y amor han enriquecido cada momento de este viaje. A mis mascotas Max y en especial a Ovi quien fue un apoyo incondicional de amor y cariño. A Cristiano Ronaldo que a través de su ejemplo me enseñó a jamás rendirme pase lo que pase. Gracias a todos por ser parte integral de este significativo capítulo en mi vida.

Alex Fabricio Rosero

Este logro es un testimonio no solo de mi esfuerzo, sino también de la red de apoyo que ha tejido mi vida. Dedico este trabajo con cariño a mi familia, cuyos abrazos han sido mi refugio.

A mis amigos, cuyas risas han iluminado los días oscuros. Y a aquellos que, aunque no estén físicamente presentes, viven en mis recuerdos y en la esencia de mi ser.

A todos los seres queridos, gracias por ser mi inspiración y motivación constante.

Kevin Wilter Macías

Agradecimientos

Expreso mi sincero agradecimiento a Dios, cuya luz ha guiado cada uno de mis pasos en este viaje académico.

A mis padres, quienes han sido la roca inquebrantable de amor y apoyo, les agradezco por sus sacrificios incansables y su aliento constante.

A mis profesores, cuyos conocimientos y orientación han sido fundamentales en mi formación académica.

Alex Fabricio Rosero

Agradezco a Dios por ser mi faro, guiándome con sabiduría y fortaleza en cada etapa.

A mis padres, verdaderos héroes detrás de mi éxito, les agradezco por su amor incondicional y sacrificios que han forjado mi camino.

A mis profesores, quienes han compartido no solo conocimientos, sino también inspiración y orientación valiosa, les estoy agradecido por su dedicación.

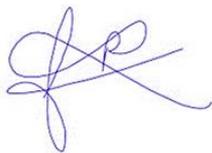
Kevin Wilter Macías

Declaración Expresa

Nosotros Rosero Silva Alex Fabricio y Macías Rodríguez Kevin Wilter acordamos reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita e indefinida para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán en forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina Transferencia Resultados Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre resultados del proyecto de graduación, no se realizara publicación divulgación alguna, sin previa autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 30 de enero del 2024.



Rosero Silva Alex
Fabricio



Macías Rodríguez Kevin
Wilter

Evaluadores

Carlos Saldarriaga, Ph.D.

Profesor de Materia

Bryan Puruncajas, M.Sc.

Tutor de proyecto

Resumen

En Guayaquil se recogen más de 4000 toneladas de desechos y se barren más de 3400 km de calles al día. Los desafíos de la recolección manual de basura por parte de los carretilleros en una de las ciudades con mayor actividad económica y generación de desechos en el país, denota la necesidad de optar por una alternativa que mejore la capacidad de recolección por parte de los carretilleros.

Este proyecto se enfocó en el diseño de un dispositivo de recolección para ambientes urbanos. Se realizaron cálculos específicos para determinar la potencia necesaria del motor, evaluando parámetros y condiciones de operaciones del dispositivo. También mediante el análisis de elementos finitos se evaluó la resistencia estructural de las piezas del dispositivo con el objetivo de identificar posibles puntos de fallo y garantizar la integridad del diseño. Además, con el sistema de alarma para el llenado de del almacenamiento, se mejoró el uso de la capacidad de almacenamiento del dispositivo.

Los resultados destacan un sistema de succión funcional, autonomía de 4 horas, interfaz intuitiva y una posición económica favorable en comparación con el mercado actual.

Palabras Clave: aspirador urbano, capacidad de recolección, portabilidad, potencia de succión, autonomía.

Abstract

In Guayaquil, more than 4000 tons of waste are collected and more than 3,400 kilometers of streets are sterilized per day. The challenges of manual garbage collection by forklift drivers in one of the cities with the greatest economic activity and waste generation in the country, denotes the need to opt for an alternative that improves the collection capacity by forklift drivers.

This project focused on the design of a collection device for urban environments. Specific calculations were carried out to determine the necessary engine power, evaluating parameters and operating conditions of the device. Also, through finite element analysis, the structural resistance of the device parts was evaluated with the objective of identifying possible points of failure and guaranteeing the integrity of the design. In addition, with the storage fill alarm system, the use of the device's storage capacity was improved.

The results highlight a functional suction system, 4-hour autonomy, intuitive interface and a favorable economic position compared to the current market.

Keywords: urban, collection, portability, suction power, autonomy.

Índice general

Resumen.....	I
Abstract	II
Índice general	III
Abreviaturas	V
Simbología	VI
Índice de figuras	VIII
Índice de tablas.....	IX
Capítulo 1	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del problema	3
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4 Marco teórico	6
1.4.1 Estado del arte.....	6
1.4.2 Tecnologías de recolección de residuos.....	9
1.4.3 Funcionamiento de una aspiradora	10
1.4.4 Motor de eléctrico de corriente alterna.....	16
1.4.5 Sistema de control	18
1.4.6 Sistema embebido	18
Capítulo 2.....	20
2.1 Metodología	21
2.2 Alternativa de solución.....	21
2.2.1 Selección de alternativas	21
2.3 Proceso de diseño	24
2.3.1 Selección y modelado del motor.....	24

2.3.2	Cálculo velocidad de entrada de aire.....	28
2.3.3	Calculo número de Reynolds	28
2.3.4	Factor de fricción de Darcy-Weisbach	29
2.3.5	Principio de Bernoulli	29
2.3.6	Cálculo de ruido	30
2.4	Selección y modelado del circuito	31
2.5	Especificaciones técnicas.....	33
Capítulo 3.....		35
3.1	Resultados y análisis	36
3.2	Análisis de elementos finito de soporte del motor y tapa del almacenamiento.....	36
3.2.1	Análisis de fatiga.....	40
3.3	Análisis de elementos finito del tubo flexible.....	42
3.3.1	Análisis de fatiga.....	44
3.4	Análisis de elementos finito del contenedor de almacenamiento	46
3.4.1	Análisis de fatiga.....	48
3.5	Movilización y maniobrabilidad	49
3.6	Análisis de costes	52
Capítulo 4.....		54
4.1	Conclusiones y recomendaciones	55
4.1.1	Conclusiones.....	55
4.1.2	Recomendaciones	56
Referencias.....		57
Apéndices.....		63

Abreviaturas

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GADM	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal
HEPA	High-Efficiency Particulate Air
FEM	Fuerza Electromagnética
Re	Número de Reynolds
LCD	Liquid Crystal Display
GPS	Global Positioning System
SD	Secure Digital

Simbología

kW	Kilovatio
m^3	Metros cúbicos por segundo
m^2	Metros cuadrados
$\frac{m}{s}$	Metros por segundo
J	Julios
kg	Kilogramo
Hp	Caballo de fuerza
L	Litro
N	Newton
Pa	Pascal
W	Vatio
kPa	Kilopascal
s	Segundo
V	Voltio
A	Amperio
Rpm	Revoluciones por minuto
M	Metro
$\frac{f^3}{s}$	Pies cúbicos por segundo
$\frac{K}{L}$	Kilogramo por litro
Pa*min	Pascal minuto
dB	Decibelio
C°	Grado Celsius
mA	Miliamperio
cm	Centímetro

$\frac{W}{h}$

Vatio-hora

MPa

Megapascal

Índice de figuras

Figura 1.1 Limpieza desechos urbanos en Guayaquil.....	3
Figura 1.2 Limpieza de rejillas de alcantarillas, por acumulación de basura.....	4
Figura 1.3 Operativos de limpieza en festividades	5
Figura 1.4 Aspirador eléctrico de aceras	7
Figura 1.5 Aspirador urbano peatonal.....	8
Figura 1.6 Aspirador urbano FTH 240.....	9
Figura 1.7 Componentes básicos internos de una aspiradora	11
Figura 1.8 Esquema del principio de Bernoulli	12
Figura 1.9 Ilustración de la tasa de flujo volumétrico.....	13
Figura 1.10 Energía cinética y potencial.....	14
Figura 1.11 Estructura interna de un filtro	15
Figura 1.12 Partes de un motor eléctrico	16
Figura 1.13 Representación de la ley de Ampère	17
Figura 1.14 Sistema de control en bucle cerrado	18
Figura 1.15 Sistemas embebidos con arduino.....	19
Figura 2.1 Metodología del diseño.....	24
Figura 2.2 Diagrama del funcionamiento del sistema.....	32
Figura 3.1 Modelo cad de soporte del motor y tapa del almacenamiento.....	36
Figura 3.2 Fluctuación del esfuerzo de Von Mises por una carga variable	37
Figura 3.3 Tensión de Von Mises de la tapa	38
Figura 3.4 Tensión de Von Mises del soporte.....	38
Figura 3.5 Escala grafica de tensión de Von Mises	39
Figura 3.6 Modelo cad del tubo flexible	42
Figura 3.7 Tensión de Von Mises del tubo flexible	43
Figura 3.8 Modelo cad contenedor de almacenamiento.....	46
Figura 3.9 Tensión de Von Mises del contenedor.....	47

Índice de tablas

Tabla 2.1 Valoración del peso de específico de cada criterio	22
Tabla 2.2 Clasificación de cada criterio de acuerdo con su peso	23
Tabla 2.3 Matriz de decisión de solución.....	23
Tabla 2.4 Fuerza y potencia generada por el motor a una presión y área dada.....	25
Tabla 2.5 Parámetros del motor seleccionado.....	26
Tabla 2.6 Dimensión del tubo de succión	26
Tabla 2.7 Dimensión del almacenamiento	27
Tabla 2.8 Parámetros del generador.....	27
Tabla 2.9 Cálculo de velocidad de succión	30
Tabla 2.10 Requerimientos del sistema	31
Tabla 2.11 Ficha técnica del buzzer SFM-27I	33
Tabla 2.17 Datos técnicos de la placa de expansión de registro GPS shield	33
Tabla 2.12 Ficha técnica del sensor SHARP GP2Y0A21YK0F.....	33
Tabla 2.13 Potencia consumida.....	34
Tabla 3.1 Propiedad del material de la tapa	36
Tabla 3.2 Propiedad material del soporte.....	37
Tabla 3.3 Ciclo de esfuerzo de la tapa del contenedor.....	39
Tabla 3.4 Ciclo de esfuerzo del soporte del motor.....	40
Tabla 3.5 Factores de corrección	41
Tabla 3.6 Propiedad del material del tubo flexible.	43
Tabla 3.7 Ciclo de esfuerzo del tubo flexible	44
Tabla 3.8 Propiedad del material contenedor de almacenamiento.....	47
Tabla 3.9 Ciclo de esfuerzo de la tapa del contenedor.....	48
Tabla 3.10 Componente electrónico	52
Tabla 3.11 Componente mecánico	52
Tabla 3.12 Costo total	53

Capítulo 1

1.1 Introducción

La acumulación de basura en áreas urbanas tiene un impacto en la calidad de vida de las personas y en el entorno. Aunque se han tomado medidas por los entes gubernamentales, la falta de eficiencia en la recolección y distribución de desechos en los espacios públicos sigue siendo un problema crítico. El proyecto "Diseño de equipos de recolección de desechos en áreas urbanas de Guayaquil" fue propuesto para solucionar este problema.

La legislación ecuatoriana establece que los municipios (GADM) son responsables de la gestión de residuos sólidos y aguas residuales. Esta es la base del proyecto. Con la creación de un sistema eficiente de recolección de desechos urbanos, el objetivo principal es mejorar la gestión de desechos y la calidad de vida de los ciudadanos [1].

El objetivo del dispositivo propuesto es recolectar residuos generales en áreas urbanas mediante un sistema de recolección autónomo y portátil con una interfaz de usuario simple. Se espera que una implementación exitosa no solo solucione el problema de los desechos en Guayaquil, sino que también tenga repercusiones comerciales y contribuya a los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, especialmente en lo que respecta a la salud, el bienestar y la mitigación del cambio climático [2].

Figura 1.1

Limpieza desechos urbanos en Guayaquil [3]



1.2 Descripción del problema

La recolección de basura en Guayaquil se lleva a cabo a través de camiones recolectores que cumplen con horarios establecidos. La empresa de recolección local contrata a trabajadores de limpieza, también conocidos como 'carretilleros', que recorren la ciudad a pie para limpiar las calles [4]. A pesar de los esfuerzos de las autoridades locales para abordar los desechos en la ciudad, ésta enfrenta problemas de recolección ineficiente y dispersión de basura en áreas públicas, generando olores desagradables y proliferación de ratas, cucarachas entre otras plagas [5].

Figura 1.2

Limpieza de rejas de alcantarillas, por acumulación de basura [6]



Esta problemática perjudica la salud pública, la estética urbana y el ecosistema. Como resultado, se plantea la necesidad de desarrollar un sistema de apoyo que facilite la recolección de basura en las áreas donde se produce una mayor concentración de basura.

1.3 Justificación del problema

En áreas urbanas como Guayaquil, la acumulación de desechos tiene un impacto en la calidad de vida y la salud de los residentes, presentando un entorno insalubre de desaseo y desorden. Las normas de Ecuador otorgan a los gobiernos municipales la tarea de gestionar los desechos sólidos.

Figura 1.3

Operativos de limpieza en festividades [7]



La acumulación de desechos representa un riesgo para salud pública al propiciar el incremento de gérmenes y bacterias que generan diversas enfermedades que pueden afectar a personas (niños, adultos mayores, personas en estado de salud vulnerable) y animales domésticos. A esto se suma, que los desechos en los bordillos de las vías obstruyen las alcantarillas o rutas de evacuación del agua en periodos de lluvia formándose inundaciones que generan daños materiales, accidentes y congestión vehicular [8].

Además, su éxito podría generar oportunidades comerciales y ayudar a otros municipios que enfrentan problemas similares. Esto no solo mejorará la gestión de desechos en Guayaquil, sino que también promoverá soluciones en otros lugares, ayudando a solucionar los problemas de recolección de desechos en las ciudades y avanzar hacia un futuro sostenible.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un dispositivo de recolección de basura para zonas urbanas, implementando un sistema mecatrónico portátil de succión, para potenciar la capacidad de recolección de los "carretilleros" encargados de la limpieza en sectores urbanos de Guayaquil.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diseñar un sistema de succión para capturar y gestionar eficientemente los residuos generales en entornos urbanos.
2. Desarrollar el sistema de alimentación de la aspiradora y los componentes electrónicos relacionados para garantizar su autonomía y portabilidad, así como para facilitar su uso en diferentes áreas urbanas.
3. Crear una interfaz de usuario intuitiva para facilitar a los operadores del dispositivo su utilización de manera sencilla, optimizando la recolección de basura.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Estado del arte

La limpieza urbana sigue siendo un problema en las ciudades de todo el mundo. Los desechos sólidos son una preocupación estética, ambiental y de salud pública. Las aspiradoras municipales son una de las nuevas tecnologías que han mejorado la recogida de desechos urbanos.

La empresa SA Lange Christian en Bélgica aprovechando los beneficios de una aspiradora para el aseo doméstico presentó su primer prototipo, el Glutton Collect, un aspirador de aceras eléctrico. El diseño inicial ha experimentado mejoras como se puede observar en la Figura 1.4, logrando una autonomía de 16 horas, con capacidad de almacenamiento de 240 litros, baja contaminación acústica y motor eléctrico de 1.5 kW. Los primeros países en recibir este dispositivo

fueron Bélgica y Francia, donde más de 1400 localidades y 330 ciudades emplean esta herramienta tecnológica para el aseo urbano [9].

Figura 1.4

Aspirador eléctrico de aceras [9]



Por otro lado, la empresa TMSITALY ha desarrollado su propia versión de aspirador urbano, el Ariamatic 240 con tracción autónoma. Este robot aspirador puede desempeñarse en áreas industriales, urbanas y metropolitanas, dado que cuenta con sensores para detectar y evitar obstáculos. Además de un sistema de succión, pulverización y filtros para obtener mejores resultados de limpieza y confiabilidad. [10]

Una versión más simple fue desarrollada por la empresa brasileña ESCOBRAS, tal como se muestra en la *Figura 1.5*, empleando un motor de combustión interna, acoplado a un tacho plástico de residuos. Este aspirador urbano conserva la idea de facilitar la recolección de desechos en ambientes urbanos [11].

Figura 1.5

Aspirador urbano peatonal [11]



Además, el aspirador urbano FTH 240 creado por la empresa Mersa cleaning technology, tiene características especiales para uso urbano, como un sistema de frenado que evita que las ruedas se muevan en pendientes para mantener la seguridad. Para que sea más fácil de usar, también incluye un mango que contiene todos los controles eléctricos. El modelo FTH 240 tiene ruedas de 400 mm de gran diámetro que pueden superar obstáculos como aceras y bordillos de hasta 10 cm de altura.

Figura 1.6

Aspirador urbano FTH 240 [12]



Como se presentó en esta sección, existen algunos diseños de aspiradoras urbanas que fueron desarrollados con diferentes características y propósitos en específicos. En este contexto, se destaca el dispositivo propuesto en este trabajo, con un enfoque en brindar mayor capacidad de recolección, facilidad de operación y reposición de combustible, aprovechando el tiempo de uso del dispositivo.

1.4.2 Tecnologías de recolección de residuos

Existen varios tipos de tecnologías y técnicas empleados en la recolección de los residuos, entre ellas, las más frecuentes son:

- **Recolección de contenedores:** Este método requiere que los habitantes depositen sus desechos en contenedores colocados en lugares estratégicos. Los camiones de recolección vacían periódicamente estos contenedores, lo que reduce el trabajo manual y mejora la eficiencia del proceso.

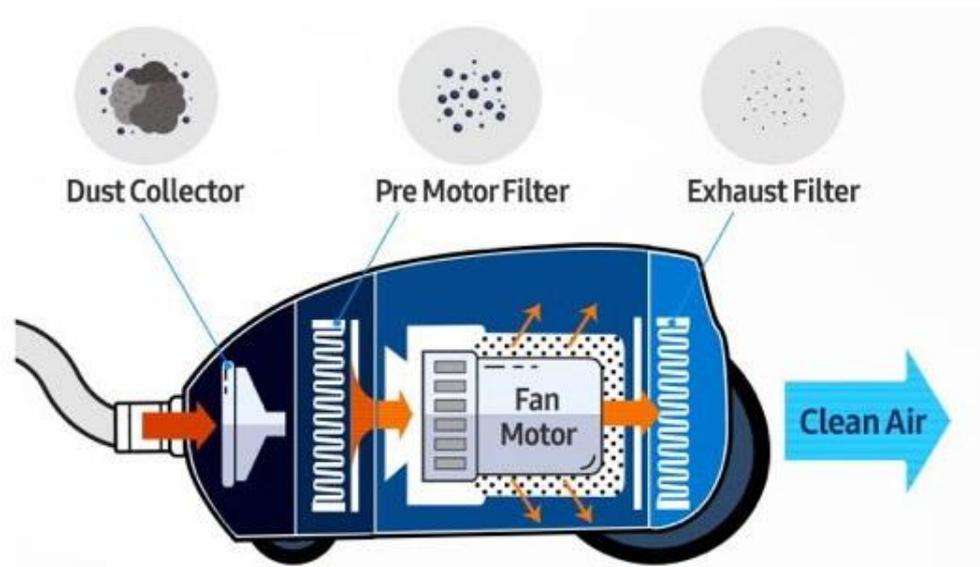
- **Recolección selectiva:** Para fomentar el reciclaje y la gestión adecuada de los materiales recolectados, la recolección selectiva busca separar los diversos tipos de desechos en su origen.
- **Automatización de vehículos de recolección:** La automatización de la recolección de desechos implica el uso de vehículos especializados que pueden procesar los desechos de manera eficiente y reducir la necesidad de intervención humana [13].
- **Sensores y sistemas de gestión inteligente:** El monitoreo en tiempo real de los contenedores, la optimización de las rutas de recolección y la reducción de costos operativos son posibles gracias a la integración de sensores y sistemas inteligentes [13].

1.4.3 Funcionamiento de una aspiradora

Las aspiradoras son herramientas cruciales para la limpieza de superficies y suelos. La succión funciona para recolectar polvo y suciedad. En la *Figura 1.7* se muestra el recorrido del aire junto con la suciedad a través de las diferentes partes del dispositivo. El tubo de succión lleva el aire hasta el contenedor o bolsa donde se queda la mayor parte de las partículas de suciedad, posteriormente el aire pasa por un filtro que protege el motor y en algunos casos, por un segundo filtro que limpia el aire expulsado por la aspiradora.

Figura 1.7

Componentes básicos internos de una aspiradora



Las partes principales de una aspiradora son:

- Entrada y salida de aire: La entrada de aire es la abertura a través de la cual el aire y la suciedad ingresan al sistema de aspiración, y su diseño tiene un impacto en la fuerza de succión. La salida de aire expulsa el aire limpio del sistema de aspiración [14].
- Filtros: Los filtros son esenciales para capturar partículas de suciedad que pueden afectar el funcionamiento del motor. Los filtros HEPA son particularmente buenos para mejorar la calidad del aire, como resultado, existen normas que certifican estos filtros [15].
- Depósito: El depósito retiene los desechos aspirados y se ubica donde se genera la presión negativa del motor [16].
- Motor: La presión negativa generada por el motor expulsa partículas de suciedad de una boquilla y las deposita en el depósito [16].

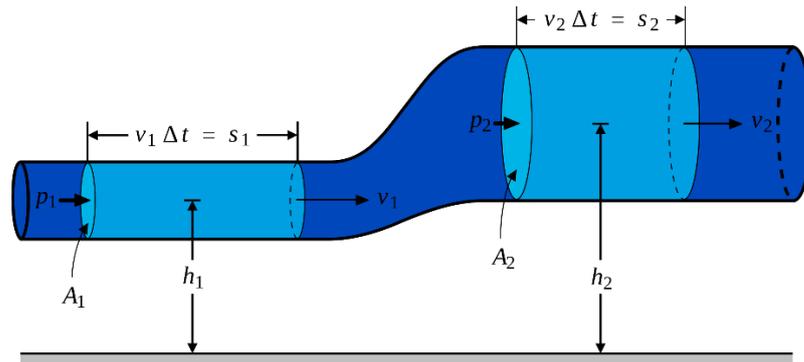
1.4.3.1 *Succión y presión negativa*

La succión es el proceso de crear una presión negativa en un lugar específico, lo que permite que un fluido (líquido o gas) se mueva hacia ese lugar desde un lugar con mayor presión.

- **Succión:** Es un resultado de la diferencia de presión entre dos lugares. Se refiere al proceso de reducir la presión en un área específica para atraer o extraer un fluido.
- **Presión negativa:** Indica una presión inferior a la presión del entorno.

Figura 1.8

Esquema del principio de Bernoulli [17]



La Ley de Bernoulli, que relaciona la velocidad del flujo de aire y la presión en un fluido incompresible, se puede utilizar para expresar la succión, donde:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

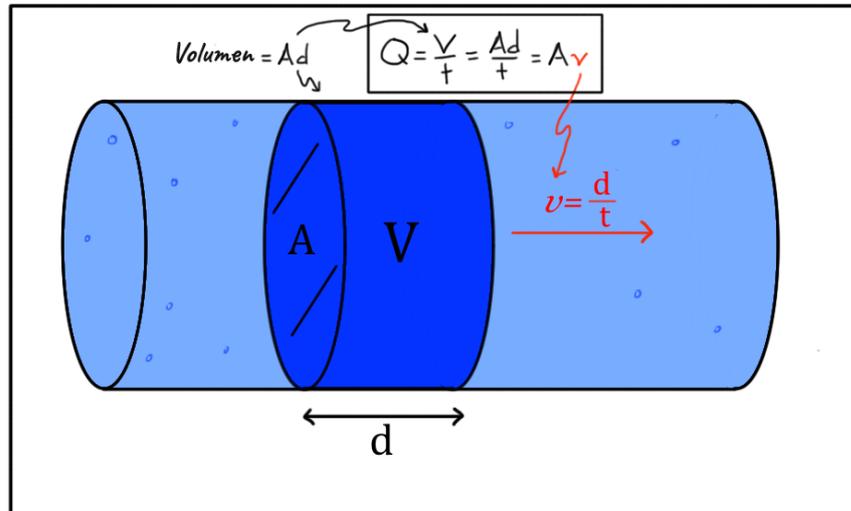
Donde **P** es la presión, **ρ** es la densidad del fluido, **h** la altura la que se encuentra el fluido y **v** es la velocidad del fluido [18].

1.4.3.2 Flujo y velocidad del aire (fluido)

La cantidad de aire (fluido) que atraviesa una sección transversal en un periodo de tiempo se conoce como flujo de aire, mientras que la velocidad se relaciona con la rapidez y dirección específicas con las que se mueve [19].

Figura 1.9

Ilustración de la tasa de flujo volumétrico [20]



El flujo de aire se puede describir a través de la siguiente expresión, donde:

$$Q = A * V$$

Donde Q [m^3/s] es el flujo (caudal), A [m^2] es el área transversal, V [m/s] la velocidad del fluido.

Además, también se puede utilizar la ecuación de continuidad cuando el flujo es constante la cual establece:

$$A1 * V1 = A2 * V2$$

Donde A [m^2] es el área transversal, V [m/s] la velocidad del fluido.

1.4.3.3 Ley de conservación de energía

Según la primera ley de la termodinámica, en un sistema cerrado la suma de los cambios en la energía interna, la energía cinética, la energía potencial, la energía química, el calor agregado al sistema y el trabajo realizado debe ser cero [19]. Esto implica la conservación de la energía, la energía total de un sistema aislado permanece constante en el tiempo.

Se la puede expresar por la siguiente ecuación:

$$\Delta U + \Delta K + \Delta E + \Delta Q + C = W$$

Donde:

ΔU [J]: Cambio en la energía interna del sistema.

ΔK [J]: Cambio en la energía cinética del sistema.

ΔE [J]: Cambio en la energía potencial del sistema.

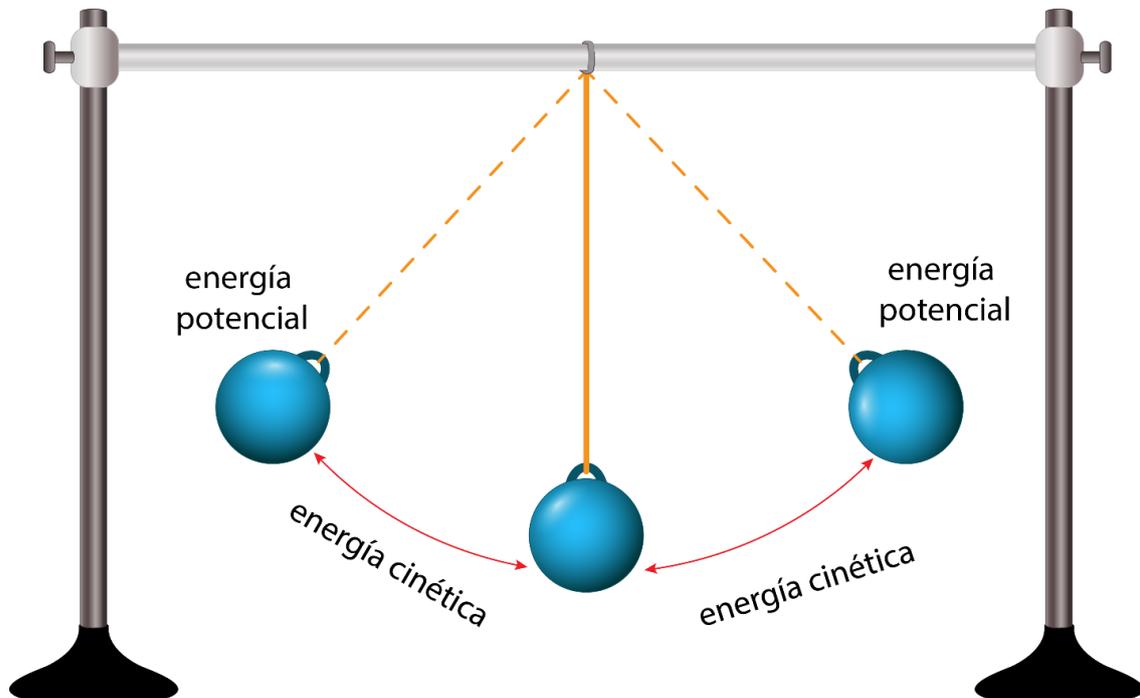
ΔQ [J]: Cambio en la energía química del sistema (en procesos químicos).

C [J]: Calor transferido al sistema

W [J]: Trabajo realizado por el sistema

Figura 1.10

Energía cinética y potencial [21]



Esta ley dicta que la energía en un sistema cerrado indica que el trabajo realizado será nulo, Sin embargo, para los cálculos que se realizarán no se idealizará un entorno de trabajo libre de fricción, debido a eso, el trabajo no será cero [19].

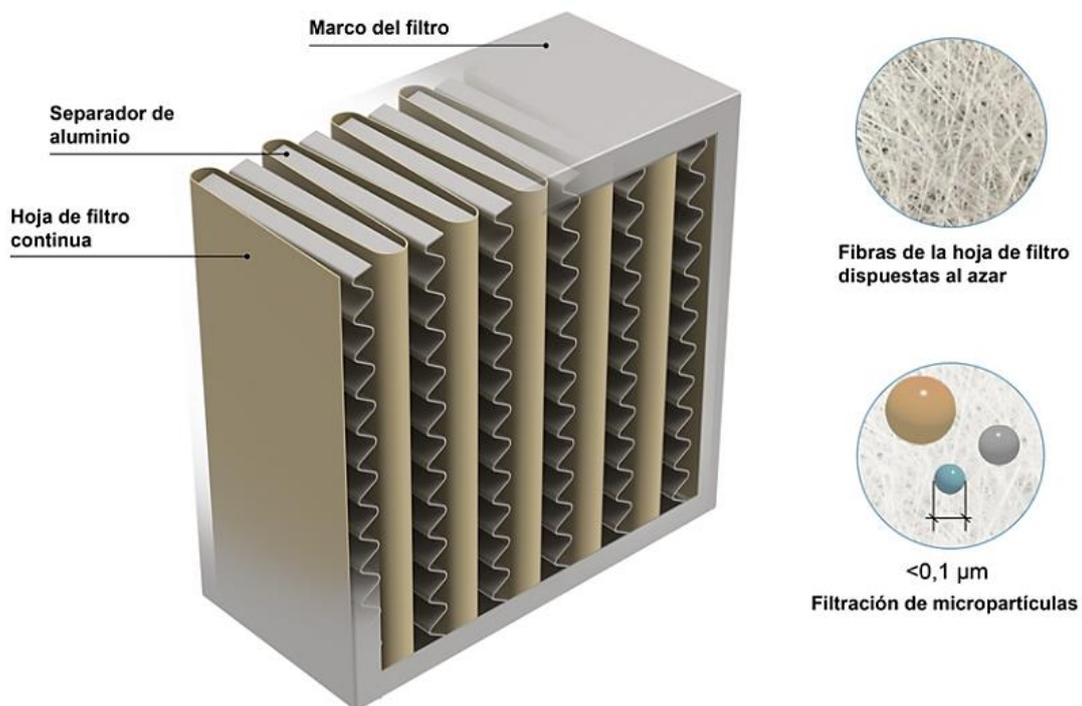
1.4.3.4 Filtro

Las aspiradoras liberan partículas ultrafinas en el aire que expulsan conteniendo esporas, ácaros de polvo, bacterias, virus, entre otros; esto puede afectar la salud de las personas que inhalan el aire circundante donde la aspiradora está en funcionamiento. Para ello se emplean filtros que se ubican entre el motor y la bolsa o contenedor, y a la salida del aire. Existen filtros para neutralizar olores desagradables en el proceso de aspiración, otros filtros de tipo lavables para su reutilización.

Sin embargo, los filtros HEPA están especializados para el área de aspiradoras. Funcionan forzando el aire a través de la malla y pliegues de fibras densas atrapando partículas de suciedad e impidiendo ser expulsadas al ambiente [22].

Figura 1.11

Estructura interna de un filtro [23]



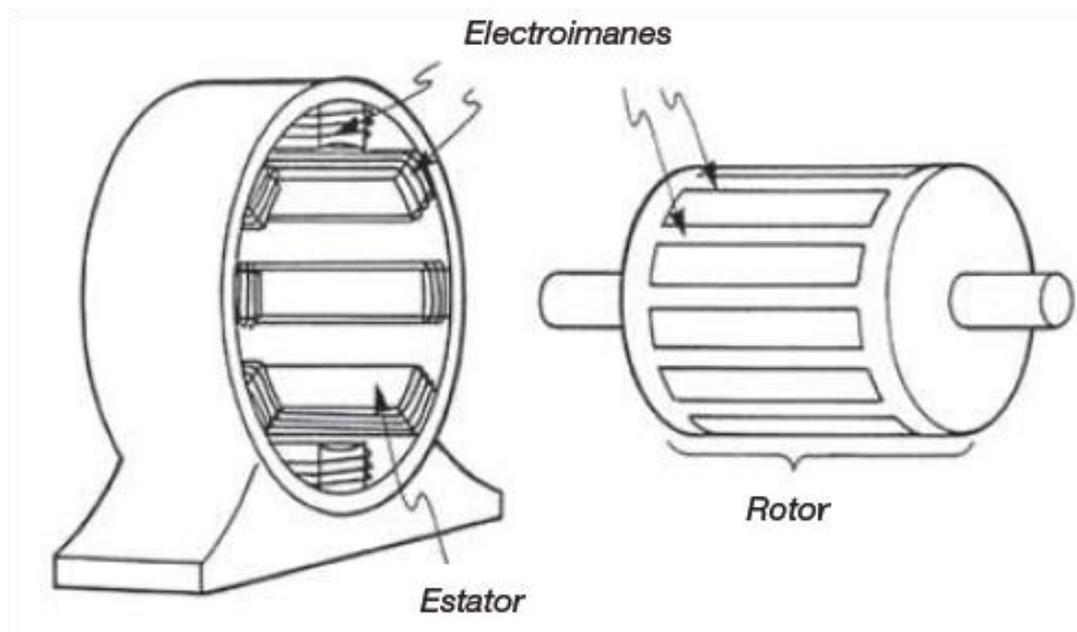
Nota. Los Filtro HEPA pueden llegar a capturar más el 99.97% de las partículas del aire que los atraviesa. [24].

1.4.4 Motor de eléctrico de corriente alterna

En principio, un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variables. Los motores eléctricos tienen dos partes básicas, una parte fija llamada estator, y una móvil llamada rotor como se observa en *Figura 1.12*.

Figura 1.12

Partes de un motor eléctrico [25]



- Estator: la electricidad llega a las bobinas del estator, generando un campo magnético a su alrededor que cambia de dirección debido a la corriente alterna. El campo magnético giratorio resultante induce una fuerza magnética en el rotor que es la parte móvil del motor.
- Rotor: conformado generalmente por un núcleo de hierro, tiene una baja resistencia magnética y ayuda a concentrar y direccionar el flujo magnético. A medida que el campo magnético giratorio del estator cambia de dirección, la fuerza electromagnética en el rotor cambia haciendo que este gire en una dirección constante [26].

1.4.4.1 Principios físicos

Dos leyes fundamentales hacen posible la existencia de motores eléctricos: la ley de Ampère y la ley de Faraday.

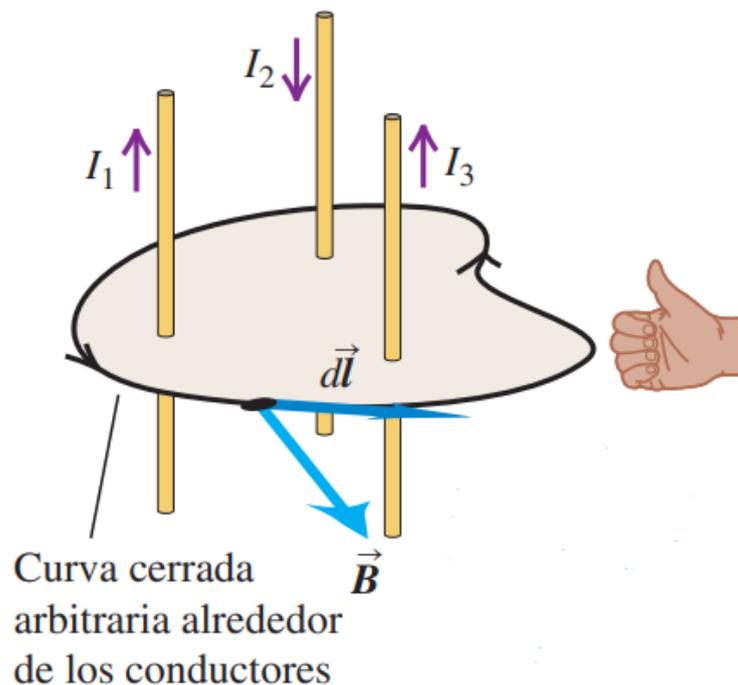
La ley de Faraday de la inducción establece que: La fuerza electromotriz (FEM) inducida en una espira cerrada es igual al negativo de la tasa de cambio del flujo magnético $\frac{d\Phi}{dt}$ a través de la espira en función del tiempo [27].

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Donde N es el número de espiras. Por otro lado, la ley de Ampère indica que una corriente I en el estator genera un campo magnético B, interactuando con el rotor.

Figura 1.13

Representación de la ley de Ampère [27]

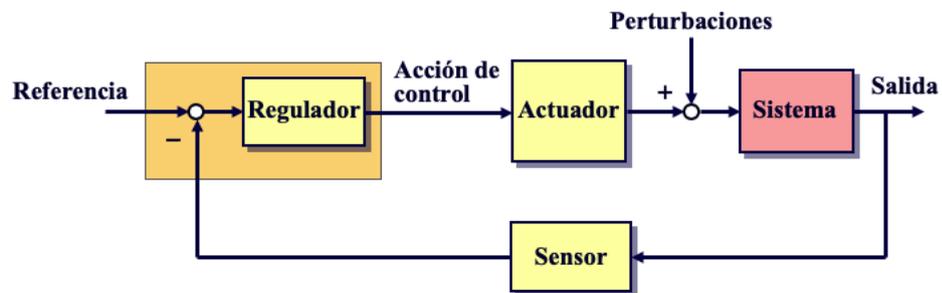


1.4.5 Sistema de control

Un sistema de control es el conjunto de componentes interconectados que conforman un único dispositivo, cuenta con entradas y salidas permitiendo monitorear y gestionar el comportamiento de a un proceso. Como se muestra en la *Figura 1.14* los cuatro componentes principales de control, suelen ser el regulador o controlador, el actuador, sistema o proceso y el sensor [28].

Figura 1.14

Sistema de control en bucle cerrado [29]

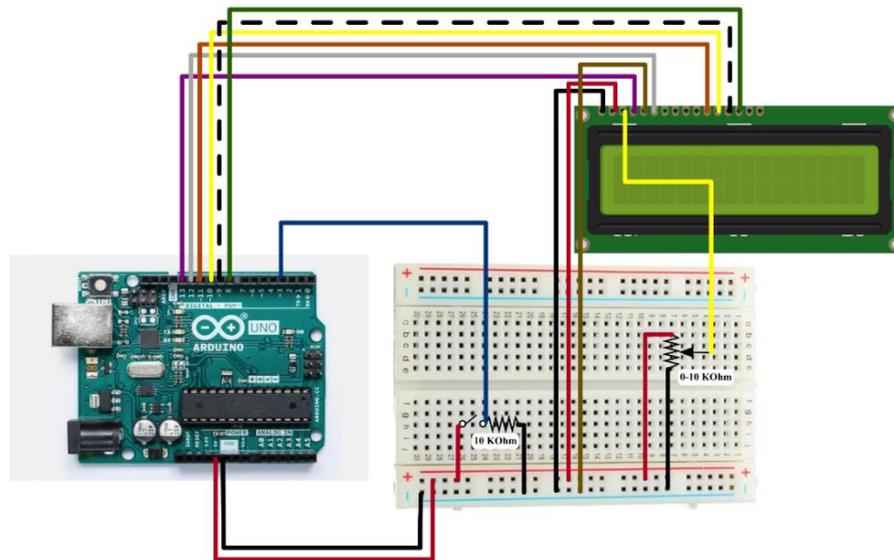


1.4.6 Sistema embebido

Un sistema embebido es una colección de componentes electrónicos que están conectados entre sí para realizar una tarea específica. En resumen, los sistemas integrados se distinguen de otros sistemas principalmente por tener una unidad central de procesamiento que recibe, analiza y procesa los datos de los sensores, luego envía señales a los actuadores y muestra el rendimiento real. [30]

Figura 1.15

Sistemas embebidos con arduino [31]



Capítulo 2

2.1 Metodología

La metodología desempeña un papel fundamental para el planteamiento de etapas, procedimientos, técnicas y estrategias que permitan el cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio del presente trabajo.

2.2 Alternativa de solución

- *Solución A*

Diseño de un dispositivo portable de limpieza por aire comprimido, en vez de emplear succión, se usaría aire comprimido para soplar la suciedad o residuos hacia un compartimiento de recolección.

- *Solución B*

Diseño de un aspirador robótico autónomo; por medio de cámaras, sensores y software de reconocimiento visual, este aspirador robótico identifica automáticamente la suciedad y los objetos a limpiar.

- *Solución C*

Diseño de una aspiradora portable operada manualmente, equipada con un generador eléctrico que le proporciona autonomía en ambientes urbanos, ofreciendo una mejora en la capacidad de recolección al operario.

2.2.1 Selección de alternativas

- **Portabilidad:** Se requiere que el dispositivo se pueda trasladar con facilidad, adaptándose a los diferentes tipos de suelos y superficies urbanas.
- **Peso:** Dado el peso de los componentes, como el peso de la recolección, se requiere que el peso del dispositivo no exceda 50 [kg].
- **Rendimiento energético:** Considerando el área de trabajo del dispositivo, se requiere una autonomía energética de 4 horas.

- **Potencia de succión:** Se requiere una potencia de 1.4 [Hp], para los diferentes tipos de desechos encontrados en las áreas urbanas.
- **Almacenamiento:** El dispositivo debe tener una capacidad de almacenamiento de residuos de 240 [L].
- **Durabilidad y resistencia a Impactos:** Dada la naturaleza urbana, se desea que el dispositivo sea razonablemente resistente a golpes y vibraciones.
- **Mantenimiento:** El diseño del dispositivo debe dar facilidad de limpieza y repuesto de sus componentes.

Una vez terminado de establecer los criterios que se tendrán en cuenta para el diseño del dispositivo, se determinó el peso de cada uno, como se puede observar en la *Tabla 2.1*.

Tabla 2.1

Valoración del peso de específico de cada criterio

Criterio	Portabilidad	Peso	Rendimiento energético	Potencia de Succión	Cap. Almacenamiento	Durabilidad y Resistencia	Mantenimiento	$\sum +1$	Ponderación	
Portabilidad		1	1	1	0.5	1	0.5	6	0.22	
Peso	0		0.5	0.5	0	0.5	0.5	3	0.11	
Rendimiento energético	0	0.5		0.5	0	1	1	4	0.15	
Potencia de Succión	0	0.5	0.5		0.5	1	0.5	4	0.15	
Cap. Almacenamiento	0.5	1	1	0.5		1	1	6	0.22	
Durabilidad y Resistencia	0	0.5	0	0	0			1.5	0.06	
Mantenimiento	0.5	0.5	0	0.5	0			2.5	0.1	
								Suma	27	1

Tabla 2.2*Clasificación de cada criterio de acuerdo con su peso*

		Peso Total	27
Pesos	Criterio	Clasificación	% de Decisión
6	Portabilidad	1	22.2
6	Cap. Almacenamiento	2	22.2
4	Rendimiento energético	3	14.8
4	Potencia de Succión	4	14.8
3	Peso	5	11.1
2.5	Mantenimiento	6	9.3
1.5	Durabilidad y Resistencia	7	5.6

Después de haber evaluado y clasificado cada criterio como se muestra en la *Tabla 2.1* y *Tabla 2.2*, se destaca que el criterio con mayor porcentaje de impacto en el diseño es la portabilidad del dispositivo y la capacidad de almacenamiento del dispositivo. Además, otros dos criterios a considerar es el rendimiento energético y potencia de succión para el correcto desarrollo del diseño.

Tabla 2.3*Matriz de decisión de solución*

Conclusión	Portabilidad	Peso	Rendimiento energético	Potencia de Succión	Cap. Almacenamiento	Durabilidad y Resistencia	Mantenimiento	Total	Clasificación
<i>Solución A</i>	0.25	0.33	0.25	0.17	0.42	0.33	0.42	2.17	2
<i>Solución B</i>	0.33	0.25	0.33	0.33	0.17	0.25	0.25	1.92	3
<i>Solución C</i>	0.42	0.41	0.42	0.50	0.42	0.42	0.33	2.92	1

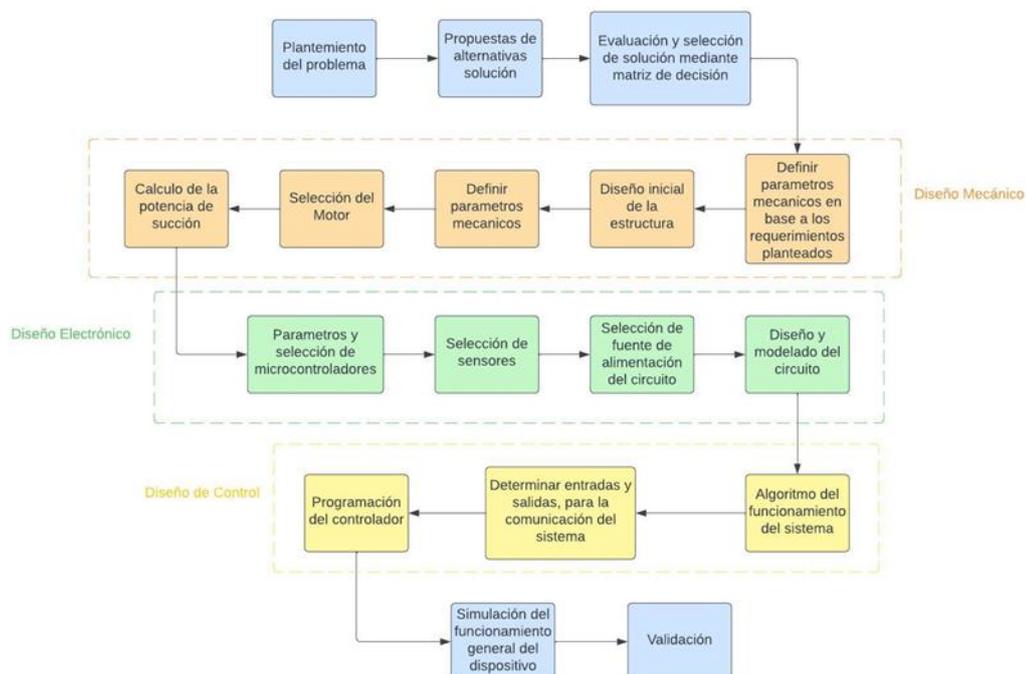
Como se observa en la *Tabla 2.3*, en base a la matriz de decisión, se determinó la **solución C** como la mejor alternativa de solución a la problemática planteada inicialmente.

2.3 Proceso de diseño

Después de haber culminado la selección de la alternativa de solución, se elaboró el mapa de la metodología que comprende los pasos que se empleó para el desarrollo ordenado de la propuesta de solución abordada.

Figura 2.1

Metodología del diseño



El proceso sistemático del diseño se muestra en la *Figura 2.1* iniciando desde el planteamiento del problema y evaluando potenciales soluciones, pasando por el diseño mecánico, electrónico y control, finalizando en la validación de la solución desarrollada.

2.3.1 Selección y modelado del motor

La elección del motor viene medida por las siguientes fórmulas:

$$\text{Fuerza del motor [N]} = \text{Presión generada del motor [Pa]} * \text{Área de succión [m}^2\text{]} \quad (2.1)$$

$$\text{Potencia del motor [W]} = \frac{\text{Fuerza del motor [N]} * \text{Distancia de aspirado [m]}}{\text{Tiempo de succión [s]}} \quad (2.2)$$

Como en las zonas urbanas lo que se encuentra como objeto más pesado es una botella de cristal vacía o con contenido la masa de esta en promedio 0.8 Kg por lo que su peso es de 8 N . Se tomaron como referencia la presión de vacío que se genera por el motor que este caso es 22.7 kPa y su potencia es de 1100 W , además del área de ingreso de los objetos que es 0.015 m^2 .

Se calculó la fuerza que genera el motor con la presión de succión y área antes mencionada:

Tabla 2.4

Fuerza y potencia generada por el motor a una presión y área dada

Fuerza del motor	340.5 [N]
Presión del motor	22.7 [kPa]
Área de succión	0.015 [m ²]
Potencia del motor	1362 [W]
Distancia de aspirado	0.2 [m]
Tiempo de succión	0.6 [s]

Considerando los 340 [N] que puede brindar el motor, se evidencia un sobredimensionamiento de la potencia del mismo, aunque la velocidad de succión al salir del tubo se limita a 0.053 [m/s] . Esta relación entre la potencia del motor y la velocidad de succión es crucial para el desempeño del dispositivo. Se requiere mantener una adecuada relación "Potencia de succión/Velocidad de succión". Así, se establece un rango óptimo de potencia entre $(740 - 1800) \text{ W}$ para aspiradoras sin "Bolsa para almacenamiento". Este criterio se basa en el análisis del "Test estándar IEC60312 para aspiradoras", que indica que una mayor potencia de succión se traduce en una mejor eficacia.

En cuanto a la eficiencia energética, Topten, una plataforma especializada en clasificar productos, sigue rigurosas normativas europeas y criterios técnicos relevantes. Siguiendo el reglamento delegado de la Unión Europea (UE) N° 665/2013 y 666/2013 [32], Topten establece

una recomendación específica: una potencia máxima de 1 600 [W] para aspiradoras. En el mercado actual, se encuentran aspiradoras con motores que varían entre 1 000 [W] y 1 500 [W], según lo expuesto en el estado del arte del capítulo 1.

Considerando lo expuesto, se opta por seleccionar un motor con las características indicadas en la *Tabla 2.5*, ya que su potencia de succión se encuentra dentro del rango necesario para garantizar el rendimiento óptimo de la aspiradora.

Tabla 2.5

Parámetros del motor seleccionado

Parámetros	Valor	Unidad
Voltaje	120	V
Máxima corriente	9.1	A
Vacío de sellado	22.7	kPa
Máxima potencia de aire	300	W
Máximo flujo de aire	0.05	m ³ /s
Velocidad del motor	19.2	rpm
Potencia	1100	W

Tabla 2.6

Dimensión del tubo de succión

Parámetros	Valor	Unidad
Diámetro interno	0.14	m
Longitud	1.5	m
Área de entrada	0.015	m ²

Dado que se requiere una capacidad de 240 litros, se toma las medidas de un contenedor de basura comercial como se muestra en la *Tabla 2.7*.

Tabla 2.7*Dimensión del almacenamiento*

Parámetros	Valor	Unidad
Alto	1.07	m
Ancho	0.6	m
Largo	0.75	m

Se emplea un generador con los siguientes parámetros expuesto en la *Tabla 2.8*, considerando el voltaje y potencia necesarios para el funcionamiento del motor anteriormente seleccionado.

Tabla 2.8*Parámetros del generador*

Generador	Valor	Unidad
Voltaje	120	V
Potencia	1 200	W
Potencia Nominal	1 000	W

2.3.1.1 Cálculo de flujo de aire

El cálculo del flujo de aire (CFM) en un sistema de aspiración puede obtenerse a través de la Ley de Bernoulli, considerando las resistencias del sistema, así como los filtros y las mangueras.

$$CFM = CFM_1 * m - (CFM_1 * m * FT_2) \quad (2.3)$$

CFM: Cálculo de flujo de aire con pérdida por acción del filtro [m^3/s]

CFM₁: Flujo de aire producido por el motor [f^3/s]

m: Factor de conversión a [m^3/s]

FT₂: Pérdida por filtro tipo 2

$$CFM = 104 * 0.0283168 - (104 * 0.0283168 * 0.1) = 2.64 \text{ m}^3/s$$

2.3.1.2 Cálculo de Área de la sección transversal del filtro

Para lograr la succión sin estropear el motor, este debe tener un filtro por lo que se determina el área total del filtro que va a estar rodeando al motor.

$$A = \pi r^2 \quad (2.4)$$

A : Área del filtro [m^2]

r : Radio [m]

Con un radio de 0.5 m, se obtiene un área de 0.8 m^2

2.3.2 Cálculo velocidad de entrada de aire

Se determina la velocidad del aire a través de la boquilla de succión para asegurar la recolección de objetos.

$$V = \frac{CFM}{A} \quad (2.5)$$

V : Velocidad del aire [m/min]

$$V = \frac{2.92}{0.8} = 3.3 \text{ m/min} = 0.055 \text{ m/s}$$

2.3.3 Cálculo número de Reynolds

En base a el valor del Número de Reynolds, se determina si el flujo del aire antes de haber succionado algún elemento es laminar ($Re < 2\,300$), transicional ($2\,300 < Re < 4\,000$) o turbulento ($Re > 4\,000$), con este número es posible predecir cómo se comporta el flujo de aire a través del tubo flexible y del filtro.

$$Re = \frac{(\rho * V * DIT)}{\mu} \quad (2.6)$$

ρ : Densidad del aire [Kg/L]

DIT : Diámetro interno del tubo [m]

μ : Viscosidad dinámica del aire [Pa*min]

$$Re = \frac{(1.2 \times 10^{-3} * 3.7 * 0.14)}{1.032 \times 10^{-3}} = 0.7$$

Por lo que se decidió que el flujo del aire a través del conducto y del filtro es laminar.

2.3.4 Factor de fricción de Darcy-Weisbach

Con el factor de fricción se determina la pérdida de carga o la resistencia al flujo en un conducto o tubería.

$$\Delta P = K \frac{\rho * V^2}{2} \quad (2.7)$$

$$K = \frac{1}{R} \quad (2.8)$$

K : Coeficiente de pérdida de presión

ΔP : Pérdida de presión [Pa]

R : Radio de Curvatura [m]

$$\Delta P = \left(\frac{1}{0.73} \right) \frac{1.2 * (3.7)^2}{2} = 11.2 Pa$$

2.3.5 Principio de Bernoulli

Tomando como referencia el nivel del suelo, además de tener la presión atmosférica y la presión de vacío que se toman del entorno y de la succión generada por el motor se, determina lo siguiente:

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 * \left(P_2 + \rho g h_2 + \left(\frac{\rho V_2^2}{2} \right) - (P_1 + \rho g h_1) \right)}{\rho}} \quad (2.9)$$

V_1 : Velocidad de aspiración [m/s]

P_1 : Presión de Guayaquil promediada [kPa]

P_2 : Presión al vacío [kPa]

h_1 : Altura a nivel del suelo donde está el inicio de tubo de succión [m]

h_2 : Altura donde se ubica el final del tubo de succión [m]

Tabla 2.9*Cálculo de velocidad de succión*

Velocidad de succión	
P_1 kPa	100.7
P_2 kPa	27
V_2 [m/s]	3.3
ρ [kg/m ³]	12
h_1 [m]	0
h_2 [m]	1.7
V_1 [m/s]	3.2

$$V_1 = 3.2 \text{ m/min} = 0.053 \text{ [m/s]}$$

2.3.6 Cálculo de ruido

Se procede a determinar la cantidad de ruido que puede generar el dispositivo a una distancia a la que sería operado, para determinar las medidas de seguridad para que pueda ser usado sin algún riesgo de daño a su integridad.

$$L_w = 10 * \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (2.10)$$

L_w : Nivel de presión sonora [dB]

P : Potencia del motor [W]

P_0 : Potencia del motor de referencia [W]

$$L_w = 10 * \log_{10} \left(\frac{634.130477}{1 \times 10^{-12}} \right) = 148 \text{ dB}$$

2.4 Selección y modelado del circuito

Tabla 2.10

Requerimientos del sistema

Alarma de aviso de llenado	Para una mejorar el uso del dispositivo, al momento de recorrer las áreas urbanas, se empleó una alarma e indicador que permita conocer al operador el estado lleno del contenedor.
Registro de ruta	Por medio de un GPS, se pretende monitorear el recorrido que hacen los operarios con el dispositivo y posteriormente pueda usarse el registro para determinar las áreas con mayores requerimientos de limpiezas.

Presentado los requerimientos se desarrolló la lógica del funcionamiento del sistema en la *Figura 2.6*. Se empleó al Arduino uno, que tiene como base el microcontrolador ATmega328P, el cual tiene capacidad para cumplir las funciones que se requieren para este sistema. Al encender el generador, se encenderá simultáneamente el microcontrolador, inicializando las variables y configuraciones de pines especificadas en el código cargado. El Led verde permanecerá encendido mientras el microcontrolador esté activo.

El sensor de distancia SHARP, estará ubicado a 10 cm desde la tapa del contenedor de desechos y a un lado de la pared de este, el microcontrolador monitorea el llenado del almacenamiento, y cuando la distancia de entre los desechos y el sensor sea menor a 10 cm, se activará la alarma y el led rojo e indicando por la pantalla LCD que el almacenamiento se encuentra lleno.

Para el registro del recorrido del dispositivo recolector, se empleó una tarjeta que cuenta con el sensor GPS y ranura para ingresar una tarjeta SD donde se almacenarán los datos, dado que en las áreas urbanas donde se realizan limpieza no siempre se tendrá conexión a la red. El sensor GPS, usa el módulo NEO-6M que son una serie de receptores para recibir datos satelitales. Los datos almacenados en la SD pueden ser empleados en herramientas web para visualizar gráficamente las trayectorias obtenidas.

Figura 2.2

Diagrama del funcionamiento del sistema



La fuente de alimentación de todo el dispositivo de aspiración es un generador inversor modelo IG1200, que cuenta con una salida de 120V AC para alimentar el motor y 12V DC para alimentar el circuito eléctrico, se hicieron ajustes en las conexiones del generador para que todo funcione correctamente. Adicional a esto, se integró un botón de parada, que corta la energía tanto al motor, como al sistema. El objetivo del botón de parada fue el de proporcionar una forma rápida y efectiva de detener el funcionamiento del dispositivo recolector en caso de emergencia o para fines de mantenimiento.

2.5 Especificaciones técnicas

Tabla 2.11

Ficha técnica del buzzer SFM-27I

Buzzer SFM-27I	
Voltaje nominal	12 V
Voltaje de operación	3-24 V
Corriente nominal máxima	20 mA
Sonido mínimo a 10 cm	95 dB
Temperatura de funcionamiento	20 - 80 C

Tabla 2.17

Datos técnicos de la placa de expansión de registro GPS shield

Placa de expansión de registro GPS Shield	
Voltaje de operación	3.3 - 5 V
Corriente	20 mA
Puertos por defecto a usar del arduino uno	TxD y RxD
Antena GPS activa	

Tabla 2.12

Ficha técnica del sensor SHARP GP2Y0A21YK0F

Sensor a distancia SHARP GP2Y0A21YK0F	
Voltaje de operación	4.5 – 5.5 V
Corriente	30 mA
Rango de detección	10 - 80 cm

Tabla 2.13*Potencia consumida*

Componentes	Potencia W
Buzzer SFM-27	0.24
Placa de expansión de registro GPS Shield	0.1
Sensor a distancia SHARP GP2Y0A21YK0F	0.15
Piloto LED	0.24
Pantalla LCD	0.003
Arduino	0.24
Potencia Total	0.973
Consumo en 4 horas	3.892 W/h

En la *Tabla 2.18* se presenta la potencia consumida por cada componente, según las especificaciones técnicas, empleando la fórmula $P = VI$. Además, se obtuvo la potencia total, para calcular el consumo en 4 horas, dado que es el tiempo que se desea permanezca en funcionamiento el dispositivo.

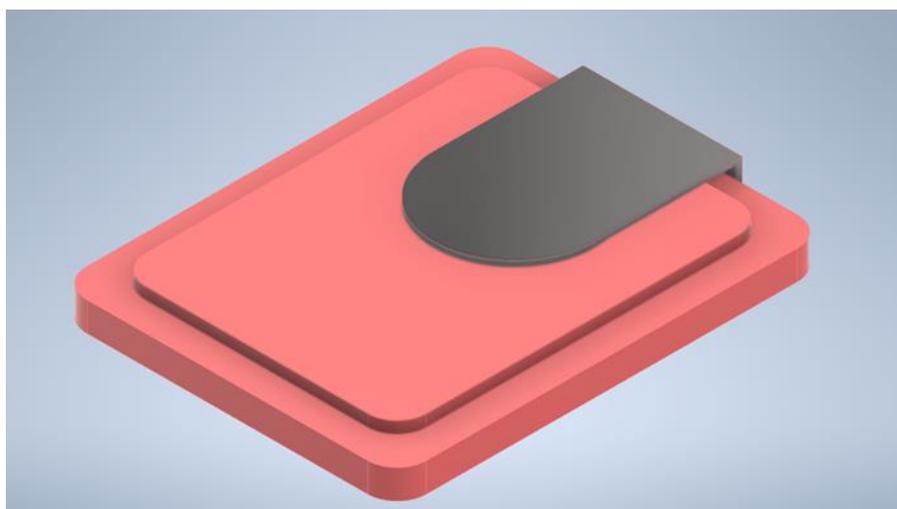
Capítulo 3

3.1 Resultados y análisis

3.2 Análisis de elementos finito de soporte del motor y tapa del almacenamiento

Figura 3.1

Modelo cad de soporte del motor y tapa del almacenamiento



El análisis se centra en analizar por separado el soporte y la tapa de un contenedor de almacenamiento. Se observa que la falta de un soporte central en la tapa puede causar deformaciones debidas al peso sumado del motor, la caja de protección y el filtro. En cuanto a los materiales, el Polietileno de alta densidad del contenedor no puede cambiarse debido a que es un producto comercial. Sin embargo, se ha seleccionado Acero Inoxidable AISI 440c para el soporte del motor debido a su resistencia y durabilidad.

Tabla 3.1

Propiedad del material de la tapa

Material	Polietileno alta densidad
Resistencia a la tensión	20.67 Mpa
Resistencia a la fluencia	13.78 Mpa
Resistencia a la fatiga sin corregir	No disponible
Método de fabricación	Forjado en frío

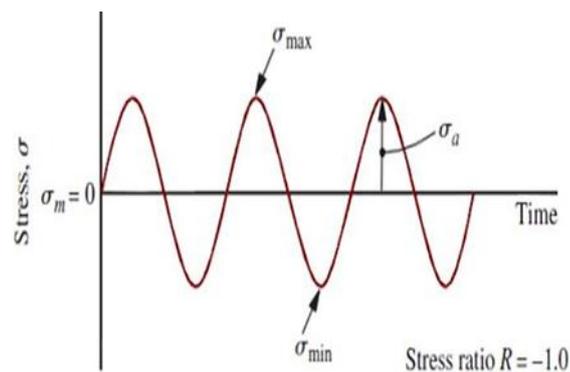
Tabla 3.2*Propiedad material del soporte*

Material	Acero inoxidable
Resistencia a la tensión	689 Mpa
Resistencia a la fluencia	861 Mpa
Resistencia a la fatiga sin corregir	No disponible
Método de fabricación	Forjado en frío

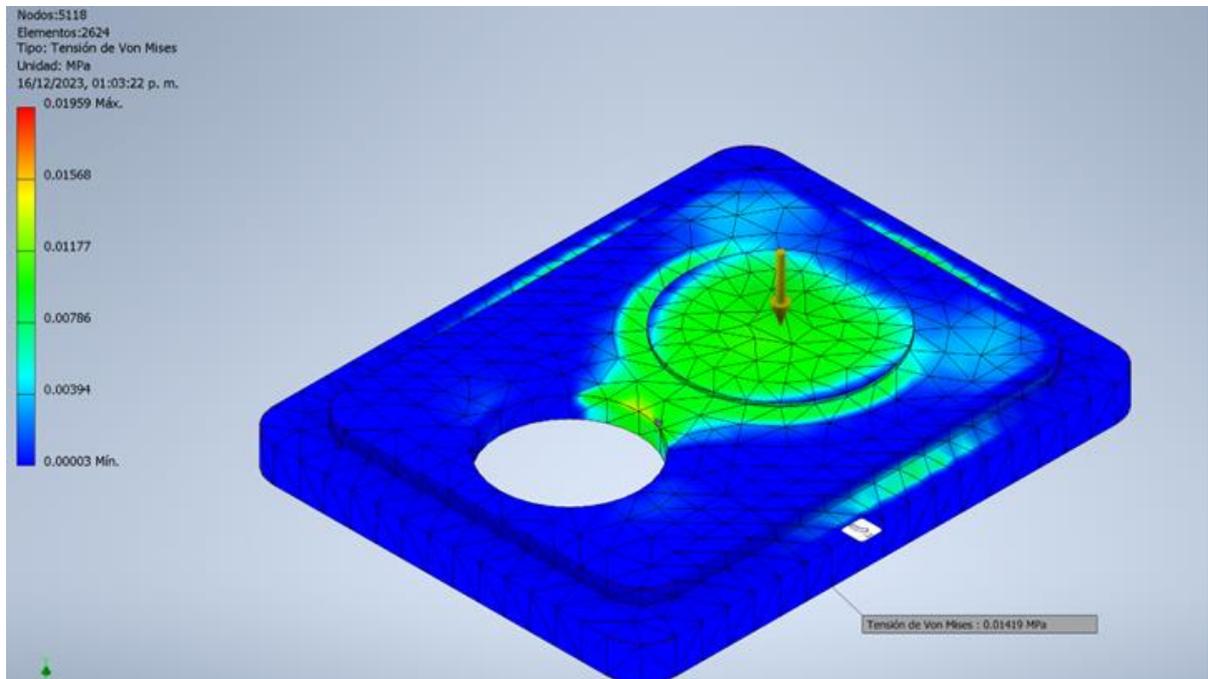
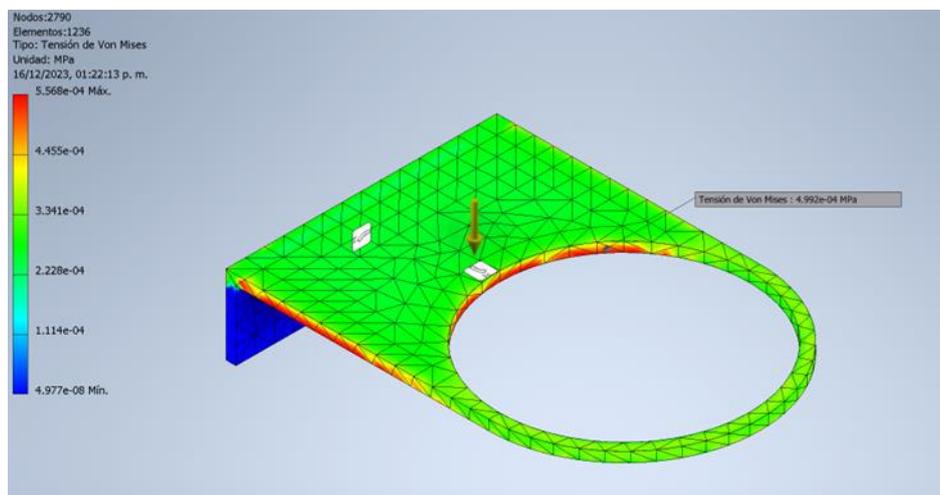
Se aplicó una carga en el soporte y en la tapa. El tipo de carga que se empleó es de flexión, debido a que la función principal de esta pieza es soportar el peso del motor. En total existe una fuerza de 23.52 [N] que retiene la tapa y el soporte.

Para determinar el ciclo de esfuerzos para el punto de interés, se usó la carga original y la carga invertida.

Siguiendo los conceptos teóricos.

Figura 3.2*Fluctuación del esfuerzo de Von Mises por una carga variable [33]*

En la teoría de fatiga de materiales, cargas con “Stress Ratio” de -1 impactan de manera diferente en la fatiga y la vida útil de la tapa y el soporte en comparación con cargas variables. A continuación, se sometió a las piezas al análisis dinámico.

Figura 3.3*Tensión de Von Mises de la tapa***Figura 3.4***Tensión de Von Mises del soporte*

Para analizar los ciclos de esfuerzo se coloca una sonda en la zona más crítica del elemento según el rango de color que entre más rojo más crítico se vuelve, tal como se muestra en la *Figura 3.5*.

Figura 3.5

Escala grafica de tensión de Von Mises



Nota: Esta imagen denota el rango de colores que entre más Rojo tiene una zona esta es más crítica y mientras más se acerca al azul menos crítica es la zona.

Al analizar los ciclos de esfuerzo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.3

Ciclo de esfuerzo de la tapa del contenedor

Condición de carga A [MPa]		Condición de carga B [MPa]	
σ'	0.014	σ'	0.014
σ_1	-0.00025	σ_1	0.014
σ_3	0.014	σ_3	0.00025
Ciclo de esfuerzos			
σ'_{max}	0.014		
σ'_{min}	-0.014		
σ'_m	0		
σ'_a	0.014		
R	-1		

La *Tabla 3.3* resume el ciclo de esfuerzo en la tapa del contenedor bajo dos condiciones de carga A y B. El esfuerzo promedio (σ') es constante en 0.014 [MPa] en ambas condiciones. Aunque el primer esfuerzo principal (σ_1) varía (-0.00025 [MPa] para A y 0.014 MPa para B), y el tercer esfuerzo principal (σ_3) también difiere (0.014 [MPa] para A y 0.00025 [MPa] para B). En el

ciclo de esfuerzos, σ'_{max} es 0.014 [MPa], σ'_{min} es -0.014 [MPa], σ'_m es 0 [MPa], σ'_a es 0.014 [MPa], y la relación de carga (R) es -1, indicando un ciclo simétrico.

Tabla 3.4

Ciclo de esfuerzo del soporte del motor

Condición de carga A [MPa]		Condición de carga B [MPa]	
σ'	0.0005	σ'	0.0005
σ_1	-0.0001	σ_1	0.0007
σ_3	-0.0007	σ_3	0.0001
Ciclos de esfuerzos			
σ'_{max}	0.0005		
σ'_{min}	-0.0005		
σ'_m	0		
σ'_a	0.0005		
R	-1		

La *Tabla 3.4* resume el ciclo de esfuerzo en la tapa del contenedor bajo dos condiciones de carga A y B. El esfuerzo promedio (σ') es constante en 0.0005 MPa en ambas condiciones. Aunque el primer esfuerzo principal (σ_1) varía (-0.0001 [MPa] para A y 0.0001 MPa para B), y el tercer esfuerzo principal (σ_3) también difiere (0.0005 [MPa] para A y 0.0005 [MPa] para B). En el ciclo de esfuerzos, σ'_{max} es 0.0005 [MPa], σ'_{min} es -0.0005 MPa, σ'_m es 0 MPa, σ'_a es 0.0005 [MPa], y la relación de carga (R) es -1, indicando un ciclo simétrico.

3.2.1 Análisis de fatiga

Resistencia a la fatiga sin corregir para la tapa del contenedor (polietileno de alta densidad):

$$Se' = 0.5Su \quad (3.1)$$

$$Se' = 0.5 * 13.78$$

$$Se' = 6.89 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fatiga sin corregir para el soporte del contenedor (Acero Inoxidable 440c), empleando la *ecuación 3.1*:

$$Se' = 0.5 * 861$$

$$Se' = 430.5 MPa$$

Factores de corrección para la ecuación de Marin.

$$Se = ka * kb * kc * kd * ke * S'e \quad (3.2)$$

Tabla 3.5

Factores de corrección

<i>ka</i>	1.054
<i>kb</i>	1
<i>kc</i>	1
<i>kd</i>	1
<i>ke</i>	0.814

Se procede a continuar con los cálculos, para hallar el *Se* con la *ecuación 3.2*:

$$Se_{tapa} = 1.054 * 1 * 1 * 1 * 0.814 * 6.89$$

$$Se_{tapa} = 5.91 MPa$$

$$Se_{soporte} = 1.054 * 1 * 1 * 1 * 0.814 * 430.5$$

$$Se_{tapa} = 369.3 MPa$$

Se determinó el factor de seguridad para el punto mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\sigma'a}{Se} + \frac{\sigma'm}{Sut} = \frac{1}{N} \quad (3.3)$$

De la cual, se obtuvo para la tapa $N= 422.142857$ y para el soporte un $N=738\ 600$. Además, se calcula si existe falla por fluencia en los primeros ciclos de aplicación de la carga dinámica utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{\sigma' a}{S_y} + \frac{\sigma' m}{S_y} = \frac{1}{N} \quad (3.4)$$

Obteniendo los siguientes valores: para la tapa un $N= 984$ y para el soporte un $N=1\ 722\ 000$.

Dado a que $N > 1$ usando la resistencia a la fluencia, se concluye que la pieza no falla por fluencia en los primeros ciclos de aplicación al aplicarse una carga dinámica y estática a las cuales la tapa y el soporte son sometidas.

3.3 Análisis de elementos finito del tubo flexible

Figura 3.6

Modelo cad del tubo flexible



El análisis se centra en analizar el tubo flexible. Se analiza el tubo flexible en todo su largo completo. En cuanto al material de este, el Polietileno de baja densidad del contenedor no puede cambiarse debido a que es un producto comercial.

Tabla 3.6

Propiedad del material del tubo flexible.

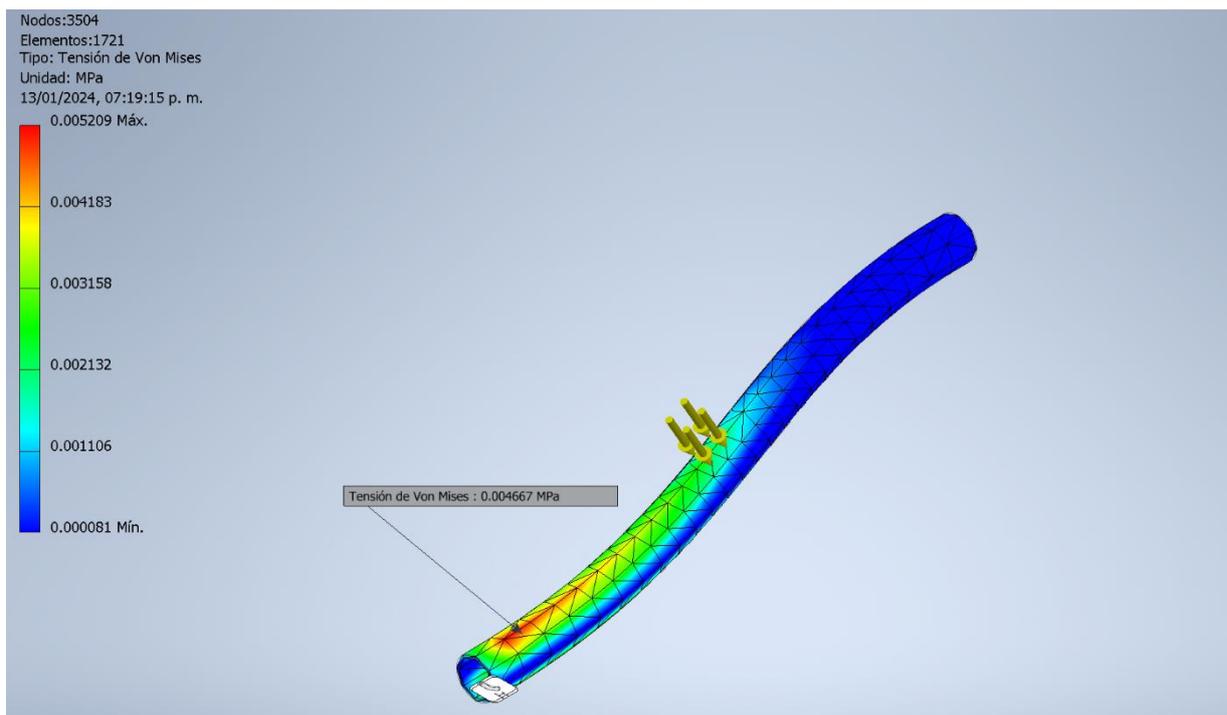
<i>Material</i>	<i>Polietileno baja densidad</i>
Resistencia a la tensión	10.8 Mpa
Resistencia a la fluencia	11 Mpa
Resistencia a la fatiga sin corregir	No disponible
Método de fabricación	Forjado en frío

Se aplicó una carga a lo largo del tubo flexible para simular los golpes que recibiría este a lo largo de la succión. El tipo de carga que se empleó es de flexión. En total existe una fuerza de 12 [N] que retiene el tubo flexible. Para determinar el ciclo de esfuerzos para el punto de interés, se usó la carga original y la carga invertida.

Siguiendo los conceptos teóricos mostrados en la *Figura 3.2*, se aplica cargas con “Stress Ratio” de -1, para el tubo flexible. Asimismo, se sometió a las piezas al análisis dinámico como se muestra en la *Figura 3.7*.

Figura 3.7

Tensión de Von Mises del tubo flexible



Para analizar los ciclos de esfuerzo se coloca una sonda en la zona más crítica del elemento. Tomando como referencia la escala de colores de la *Figura 3.5*. Igualmente se analizó los ciclos de esfuerzo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.7

Ciclo de esfuerzo del tubo flexible

Condición de carga A [MPa]		Condición de carga B [MPa]	
σ'	0.005	σ'	0.005
σ_1	0.005	σ_1	0.005
σ_3	0.00007	σ_3	0.00007
Ciclo de esfuerzos			
σ'_{max}	0.005		
σ'_{min}	0.00007		
σ'_m	0		
σ'_a	0.00493		
R	-1		

La *Tabla 3.7* resume el ciclo de esfuerzo del tubo flexible bajo dos condiciones de carga A y B. El esfuerzo promedio (σ') es constante en 0.005 [MPa] en ambas condiciones. Aunque el primer esfuerzo principal (σ_1) varía (0.005 [MPa] para A y 0.005 [MPa] para B), y el tercer esfuerzo principal (σ_3) también difiere (0.00007 [MPa] para A y 0.00007 [MPa] para B). En el ciclo de esfuerzos, σ'_{max} es 0.005 [MPa], σ'_{min} es 0.00007 [MPa], σ'_m es 0 [MPa], σ'_a es 0.00493 [MPa], y la relación de carga (R) es -1, indicando un ciclo simétrico.

3.3.1 Análisis de fatiga

Con la *ecuación 3.1*, se obtiene la resistencia a la fatiga sin corregir para el tubo flexible (polietileno de baja densidad):

$$Se' = 0.5 * 11 [MPa]$$

$$Se' = 5.5 [MPa]$$

De la *ecuación 3.2* y los factores de corrección mostrados en la *Tabla 3.5*, se calcula el Se

$$Se_{tubo} = 1.054 * 1 * 1 * 1 * 0.814 * 5.5$$

$$Se_{tubo} = 4.71 \text{ [MPa]}$$

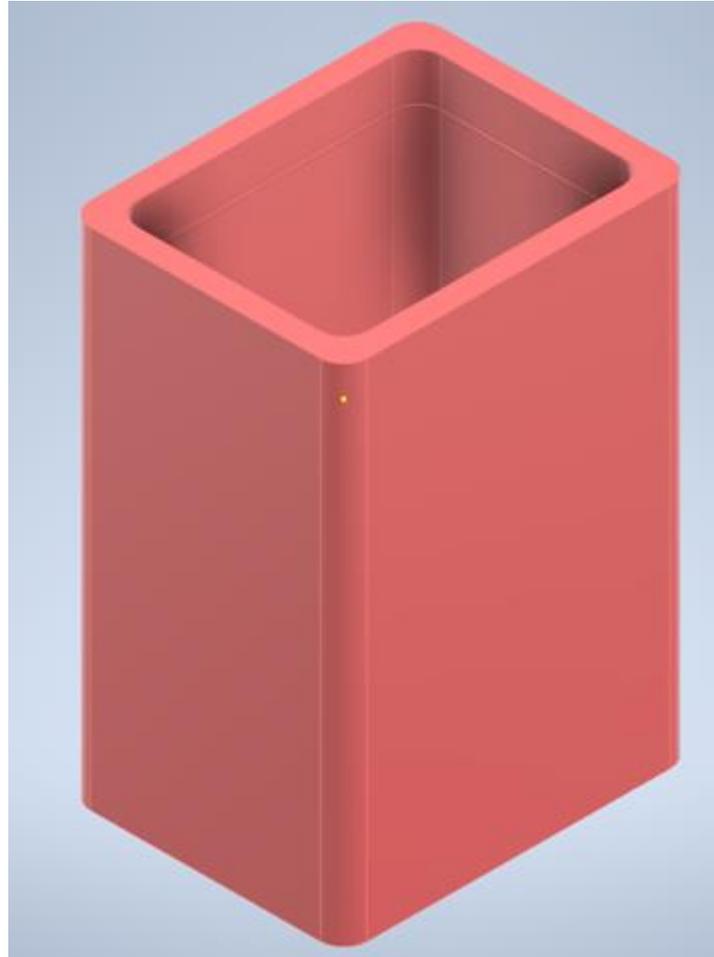
Se determinó el factor de seguridad para el punto mediante la *ecuación 3.3*, obteniendo un factor de seguridad de $N = 1\ 164$. De igual manera, se calcula si existe falla por fluencia en los primeros ciclos de aplicación de la carga dinámica utilizando la *ecuación 3.4*, Obteniendo para el tubo flexible un $N = 2\ 231$.

Como, $N > 1$, se concluye que la pieza no falla por fluencia en los primeros ciclos de aplicación al aplicarse una carga dinámica y estática a las cuales el tubo flexible no sufre daños graves.

3.4 Análisis de elementos finito del contenedor de almacenamiento

Figura 3.8

Modelo cad contenedor de almacenamiento



El análisis se centra en analizar el contenedor donde se almacenará la basura. Se analiza el contenedor con varias cargas debido a los golpes que sufre está en la succión. En cuanto al material de este, el Polietileno de alta densidad del contenedor no puede cambiarse debido a que es un producto comercial.

Tabla 3.8

Propiedad del material contenedor de almacenamiento

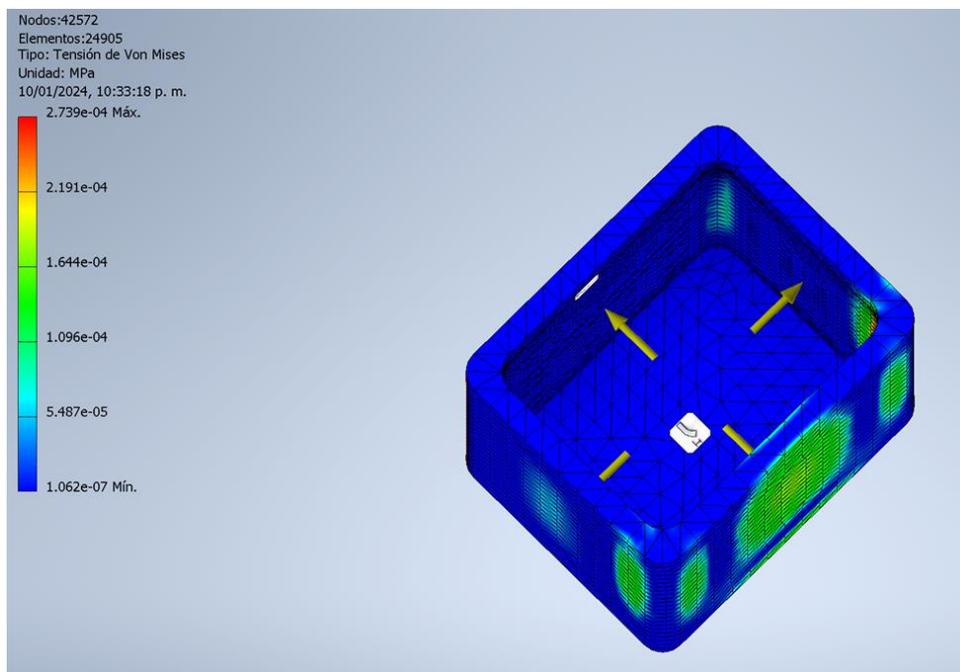
<i>Material</i>	<i>Polietileno alta densidad</i>
Resistencia a la tensión	20.67 Mpa
Resistencia a la fluencia	13.78 Mpa
Resistencia a la fatiga sin corregir	No disponible
Método de fabricación	Forjado en frío

Se aplicó una carga a lo largo del contenedor para simular los golpes que recibiría en las paredes. El tipo de carga que se empleó es de flexión. En total existe cuatro fuerzas de 10 [N].

Al igual, que, en los análisis anteriores para determinar el ciclo de esfuerzos para el punto de interés, se usó la carga original y la carga invertida, ver *Figura 3.2*. Del mismo modo, se sometió a las piezas al análisis dinámico.

Figura 3.9

Tensión de Von Mises del contenedor



Para analizar los ciclos de esfuerzo se coloca una sonda en la zona más crítica del contenedor. Tomando como referencia la *Figura 3.5*.

Tabla 3.9

Ciclo de esfuerzo de la tapa del contenedor.

Condición de carga A [MPa]		Condición de carga B [MPa]	
σ'	0.0002	σ'	0.0002
σ_1	0.0003	σ_1	0.00001
σ_3	-0.00001	σ_3	-0.0003
Ciclo de esfuerzos			
σ'_{max}	0.0003		
σ'_{min}	-0.00001		
σ'_m	0		
σ'_a	0.00031		
R	-1		

La *Tabla 3.9* resume el ciclo de esfuerzo del contenedor bajo dos condiciones de carga A y B. El esfuerzo promedio (σ') es constante en 0.0002 [MPa] en ambas condiciones. Aunque el primer esfuerzo principal (σ_1) varía (0.0003 [MPa] para A y 0.00001 [MPa] para B), y el tercer esfuerzo principal (σ_3) también difiere (-0.00001 [MPa] para A y -0.0003 [MPa] para B). En el ciclo de esfuerzos, σ'_{max} es 0.0003 [MPa], σ'_{min} es -0.00001 [MPa], σ'_m es 0 [MPa], σ'_a es 0.00031 [MPa], y la relación de carga (R) es -1, indicando un ciclo simétrico.

3.4.1 Análisis de fatiga

De la *ecuación 3.1*, se obtiene la resistencia a la fatiga sin corregir del contenedor (polietileno de alta densidad):

$$Se' = 0.5 * 11 [MPa]$$

$$Se' = 6.89 [MPa]$$

De la *ecuación 3.2* y los factores de corrección mostrados en la *Tabla 3.5*, se obtiene el Se

$$Se_{contenedor} = 1.054 * 1 * 1 * 1 * 0.814 * 5.5$$

$$Se_{contenedor} = 4.71 [MPa]$$

Mediante la ecuación 3.3 se determinó el siguiente factor de seguridad $N = 19\ 064$. Además, se calcula si existe falla por fluencia en los primeros ciclos de aplicación de la carga dinámica utilizando la ecuación 3.4, obteniendo para el contenedor $N = 44\ 452$. Finalmente, dado que $N > 1$ usando la resistencia a la fluencia, se concluye que la pieza no falla por fluencia en los primeros ciclos de aplicación.

3.5 Movilización y maniobrabilidad

Dentro de la portabilidad del dispositivo, se destaca la movilización y maniobrabilidad del mismo, por parte del operador. A continuación, se presentan accesorios que facilitan esta tarea:

Figura 3.10

Diseño del manubrio



Figura 3.11

Adaptación del manubrio al dispositivo de recolección



Como se observa en la *Figura 3.11*, el manubrio que se encuentra junto a la estructura, tiene como función principal, movilizar el dispositivo, adaptándose a operadores diestros y zurdos.

Figura 3.12*Muleta modificada*

Este dispositivo mostrado en la *Figura 3.12* fue diseñado para permitir la maniobrabilidad y movimiento del tubo flexible, objetivo de proporcionar mayor comodidad al operador durante el uso de la aspiradora.

3.6 Análisis de costes

Tabla 3.10

Componente electrónico

Componentes	Precio \$
Arduino Uno	13
Modulo GPS y SD	10
LEDs	4
PCB	8
Zumbador Buzzer	1
Sensor ir	4
Pantalla LCD Arduino	6
Total	\$ 46

En la *Tabla 3.10* se detallan la lista de componentes esenciales para la implementación del componente electrónico del dispositivo de recolección urbana. Para la selección de cada componente, se consideró precios accesibles y especificaciones técnicas que permitan el buen desempeño del sistema.

Tabla 3.11

Componente mecánico

Componentes	Precio \$
Motor	164
Manguera Flexible	51
Estructura	170
Generador	300
Llantas Traseras	56
Llantas Posteriores	50
Contenedor	95
Total	886

En esta categoría, se encuentran los componentes fundamentales que conformarán la estructura física del dispositivo recolector. La selección de estos componentes se basa los requerimientos de los clientes y los pesos de cada criterio de la *Tabla 2.2*. El motor provee la potencia de succión, mientras que las llantas y la estructura facilitan la movilidad en entornos

urbanos. La manguera flexible y el contenedor completan la funcionalidad, facilitando la recolección de residuos.

Tabla 3.12

Costo total

	Precio \$
Electrónica	46
Mecánica	886
Mano de obra	218
Total	1 150

Finalmente, en la *Tabla 3.12* se proporciona el costo global del dispositivo. Se resalta una inversión menor en comparación con otros dispositivos disponibles en el mercado actual, sin comprometer la funcionalidad básica y los objetivos propuestos en el proyecto integrador.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

4.1.1 Conclusiones

- Se diseñó con éxito un sistema de succión para capturar residuos urbanos de manera eficiente. Se presta atención al análisis de esfuerzos y fatiga, asegurando una construcción robusta capaz de ser resistente y durable.
- El diseño del sistema de alimentación en la aspiradora garantizó una autonomía superior a 4 horas, ya que emplea combustible fósil para suministrar energía a los componentes eléctricos.
- La interfaz intuitiva mantuvo como prioridad hacer que el uso de este dispositivo por parte de los carretilleros, sea fácil y seguro de operar cuando el dispositivo se encuentre activo.
- La elección de materiales para fabricar el aspirador se ha centrado en opciones fácilmente disponibles a nivel local, lo que resulta en un costo de producción asequible y favorece la viabilidad económica del proyecto.
- La validación mediante simulación con elementos finitos respalda la fiabilidad del diseño propuesto, prestando especial atención a las partes más propensas a posibles fallas.
- Finalmente, el diseño se posiciona económicamente de manera favorable en comparación con el mercado actual, considerando que ronda los precios de este tipo de aspiradoras oscila entre 1 600 y 25 000 dólares.

4.1.2 *Recomendaciones*

- Optimizar la eficiencia económica del proyecto mediante una revisión constante de los costos de los componentes y la identificación de posibles áreas de ahorro.
- Explorar oportunidades de mejora continua en la interfaz de usuario para garantizar una experiencia intuitiva y accesible, considerando retroalimentación de usuarios y tendencias tecnológicas.
- Establecer una comunicación proactiva con los "carretilleros" de Guayaquil para comprender mejor sus necesidades específicas y adaptar el dispositivo recolector de residuos de manera continua para satisfacer su requerimiento

Referencias

- [1] Ministerio del Ambiente Agua y. Transición Ecológica. “Programa ‘PNGIDS’ Ecuador – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica”. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, velará por un ambiente sano y el respeto de los derechos de la naturaleza o pacha mama. [En línea]. Disponible: <https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador>. (Accedido el 25 de octubre de 2023).
- [2] Objetivos de desarrollo sostenible, "Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos", Naciones Unidas, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2>. (Accedido el 27 de octubre de 2023).
- [3] Cortesía, "Urvaseo, nueva empresa de recolección de desechos sólidos en Guayaquil; no se subirá tasa", Qué!, 20/08/2019, <https://quenoticias.com/comunidad/urbaseo-nueva-empresa-de-recoleccion-de-desechos-solidos-en-guayaquil-no-se-subira-tasa>.(Accedido el 27 de octubre de 2023).
- [4] URVASEO, "Nuestra flota", "URVASEO", <https://urvaseo.com/nuestra-flota>. (Accedido el 27 de octubre de 2023).
- [5] M.I Municipalidad de Guayaquil. “ORDENANZA QUE NORMA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS GENERADOS EN EL CANTÓN GUAYAQUIL”. Guayaquil. [En línea]. Disponible: <https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/2021/10/23-12-2010.-Ordenanza-que-norma-el-manejo-de-los-desechos-solidos-no-peligrosos-generados.pdf>. (Accedido el 27 de octubre de 2023).

- [6] @urvaseo. " Trabajando en la Av. Víctor Emilio Estrada. Enfrentemos juntos la llegada del fenómeno el niño." Publicación de Instagram.
https://www.instagram.com/p/CuW8VxOtMvf/?img_index=1. (Accedido el 27 de octubre de 2023).
- [7] José Beltrán, "El consorcio Urvaseo opera en Guayaquil desde el 21 de diciembre" El Universo, 31/10/2020,
<https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/12/31/nota/9123028/intensifican-operativos-limpieza-avenidas-guayaquil>. (Accedido el 27 de octubre de 2023).
- [8] "Invierno complica sistema de recolección de basura en la urbe". El Telégrafo. [En línea]. Disponible: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/invierno-complica-sistema-de-recoleccion-de-basura-en-la-urbe>. (Accedido el 10 de diciembre de 2023).
- [9] Glutton. "Glutton®: 20 years of expertise at the service of your city". Glutton® - Votre expert en matériel électrique de voirie. [En línea]. Disponible: <https://www.glutton.com/en/categorie/the-success-story-of-a-belgian-leader-in-street-cleaning.html>. (Accedido el 27 de octubre de 2023).
- [10] Tsmitaly. "ROBOTIC WASTE VACUUM CLEANERS ARIAMATIC 240". Tsmitaly.[En línea]. Disponible: https://www.tsmitaly.com/en/professional-cleaning-machines/robotic-waste-vacuum-cleaners/?utm_source=organic-youtube&utm_medium=youtube&utm_campaign=Ariamatic_240_urban_waste_vacuun_cleaner_autonomous_driven. (Accedido el 27 de octubre de 2023)
- [11] Escobras. "Aspirador Urbano | Escobras Limpeza Mecanizada". Escobras Limpeza Mecanizada. [En línea]. Disponible: <https://escobras.com.br/aspirador-urbano/>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).

- [12] “Aspirador urbano FTH 240, creado para mecanizar la limpieza de exteriores.” Mersa - Fregadoras Maquinas de Limpieza. [En línea]. Disponible: <https://www.mersa.org/shop/aspiradores-urbanos/aspirador-fth-240/>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).
- [13] M. S. Klamkin y S. Schuster, “5461”, Amer. Math. Monthly, vol. 75, n.º 2, p. 202, febrero de 1968. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.2307/2315922>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).
- [14] S. Robles. “¿Cuáles son las partes de una aspiradora?” Casa Confortable. [En línea]. Disponible: <https://casaconfortable.com/partes-de-una-aspiradora/>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).
- [15] Limpieza Eficiente. “¿Cuáles son las Partes de una Aspiradora? - Guía Completa”. Limpieza Eficiente. [En línea]. Disponible: <https://limpiezaeficiente.com/cuales-son-las-partes-de-una-aspiradora>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).
- [16] J. A, “Fundamentos del funcionamiento de las aspiradoras domésticas”, J. Household Appliances, vol. 15, n.º 3, 2019, art. n.º 3.
- [17] MannyMax. Esquema del principio de Bernoulli. (6 de octubre de 2005). [Imagen]. Disponible: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/BernoullisLawDerivationDiagram.svg>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).
- [18] J. R. Rizzo, "Application of the Bernoulli Equation in Mechanical Engineering," in IEEE Transactions on Education, vol. 58, no. 2, pp. 91-96, 2015, doi: 10.1109/TE.2014.2322676.
- [19] Khan Academy. “¿Qué es la ecuación de Bernoulli? (artículo) | Khan Academy”. Khan Academy. [En línea]. Disponible: <https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-bernoullis-equation>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).

- [20] K. Academy. “¿Qué es la tasa de flujo volumétrico? (artículo) | Khan Academy”. Khan Academy. [En línea]. Disponible: <https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-volume-flow-rate>. (Accedido el 28 de octubre de 2023).
- [21] Lira, A. Introducción a conceptos termodinámicos y de conversión de energía. Unidades de Apoyo para el Aprendizaje. CUAED-UNAM/Facultad de Arquitectura. [En línea]. Disponible: https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/e36b4343-a671-47db-b534-f04de123b57a/Introduccion_conceptos_termodinamicos_conversion_energia/index.html. (Accedido el 30 de octubre de 2023).
- [22] IndoorDoctor. “The HEPA Vacuum and Why It Matters | Indoor Doctor”. Indoor Doctor. [En línea]. Disponible: <https://www.indoordoctor.com/blog/hepa-vacuums-and-why-they-matter>. (Accedido el 30 de octubre de 2023).
- [23] Airtecnicos. (2021, 17 de febrero). Filtros HEPA, ¿qué son y cómo funcionan? Air curtains Manufacturer Specialist | Door Air curtain suppliers. <https://www.airtecnicos.com/es/noticias/filtros-hepa-que-son-y-como-funcionan>. (Accedido el 30 de octubre de 2023).
- [24] IndoorDoctor. “The HEPA Vacuum and Why It Matters | Indoor Doctor”. Indoor Doctor. [En línea]. Disponible: <https://www.indoordoctor.com/blog/hepa-vacuums-and-why-they-matter>. (Accedido el 30 de octubre de 2023).
- [25] Vaello Sancho, J. R. (s.f.). Motores Síncronos. - Formación para la Industria 4.0. Formación para la Industria 4.0 - Cursos gratuitos y online para la Industria. Instalador electricista, Autómatas y Robótica. <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/motores/motores-sincronos>. (Accedido el 1 de noviembre de 2023).

- [26] Industrial Quick. (s.f.). AC Motor: What Is It? How Does It Work? Types & Uses. OEM Manufacturers | OEM Manufacturing Companies | IQS Directory.
<https://www.iqsdirectory.com/articles/electric-motor/ac-motor.html>. (Accedido el 1 de noviembre de 2023).
- [27] M. W. Zemansky y R. H. Dittman, "Física Universitaria, Volumen 2", 14ª ed. México, D.F.: Addison-Wesley, 2013
- [28] R. Hernández Gaviño, Introducción a los Sistemas de Control: Conceptos, aplicaciones y simulación con Matlab. Naucalpan de Juárez: Pearson, 2010.
- [29] Bookdown. "1.5 Sistemas de control | Introducción a la Automatización Industrial". Bookdown. [En línea]. Disponible:
https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sistemas-de-control.html. (Accedido el 1 de noviembre de 2023).
- [30] J. L. Alva Alarcón y N. F. Alcorta Santisteban, SISTEMAS EMBEBIDOS. Monserrate Trujillo: UNIV. PRIV. ANTENOR ORREGO, 2020.
- [31] UNIVERSIDAD DE MURCIA. "Sistemas embebidos con Arduino - Unidad de Innovación". UNIVERSIDAD DE MURCIA. [En línea]. Disponible:
https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos_2/ingenierias/sistemas-embebidos-con-arduino. (Accedido el 1 de noviembre de 2023).
- [32] Bush, E., & Esebeck, J. v. (2017, octubre). Vacuum cleaners: Recommendations for policy design. Topten.
https://storage.topten.eu/source/files/PolicyRecommendations_topten_VacuumCleaners_102017.pdf. (Accedido el 5 de diciembre de 2023).

[33] R. L. Mott, E. M. Vavrek y J. Wang, *Machine Elements in Mechanical Design*, 6th ed.
Nueva York, NY, EE. UU.: Pearson, 2018, p. 169.

APÉNDICES

Apéndice A

Código del sistema empleado el microcontrolador atmega328p

En este apéndice se muestra una captura del código, mismo que se encuentra en el repositorio de GitHub, el link se encuentra al final de la imagen.

```
1 #include <LiquidCrystal.h>
2 #include <TinyGPS.h>
3 #include <SD.h>
4 #include <SoftwareSerial.h>
5 #include <SPI.h>
6
7 const int irSensorPin = A0;    // Pin del sensor de infrarrojo
8 const int buzzerPin = 5;      // Pin del buzzer
9 const int greenLedPin = 6;    // Pin del LED verde
10
11 LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13);
12 TinyGPS gps;
13 SoftwareSerial ss(0, 1); // pines digitales empleados por la placa de expansión GPS-SD
14 File rawdata;
15
16 void setup() {
17     pinMode(irSensorPin, INPUT);
18     pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
19     pinMode(greenLedPin, OUTPUT);
20     lcd.begin(16, 2);
21
22     Serial.begin(9600);
23     ss.begin(38400);
24
25     // inicializacion de SD CARD
26     Serial.print("iniciando SD card...");
27     pinMode(10, OUTPUT);
28     if (!SD.begin(10)) {
29         Serial.println("... inicializacion fallida!");
30     }
31     else
32         Serial.println("... inicializacion realizada ");
```

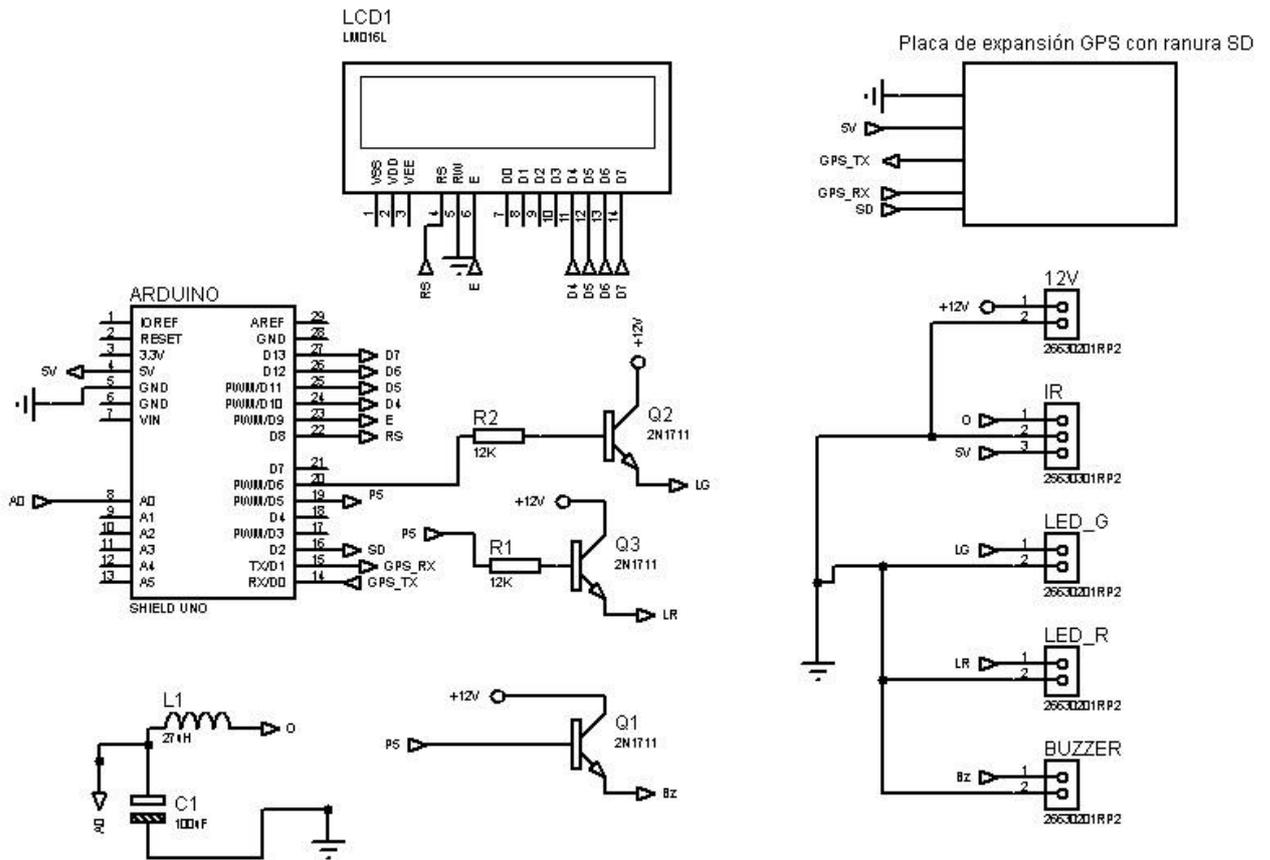
Repositorio:

<https://github.com/KevinMaciasR/System>

Apéndice B

Diagrama esquemático del sistema

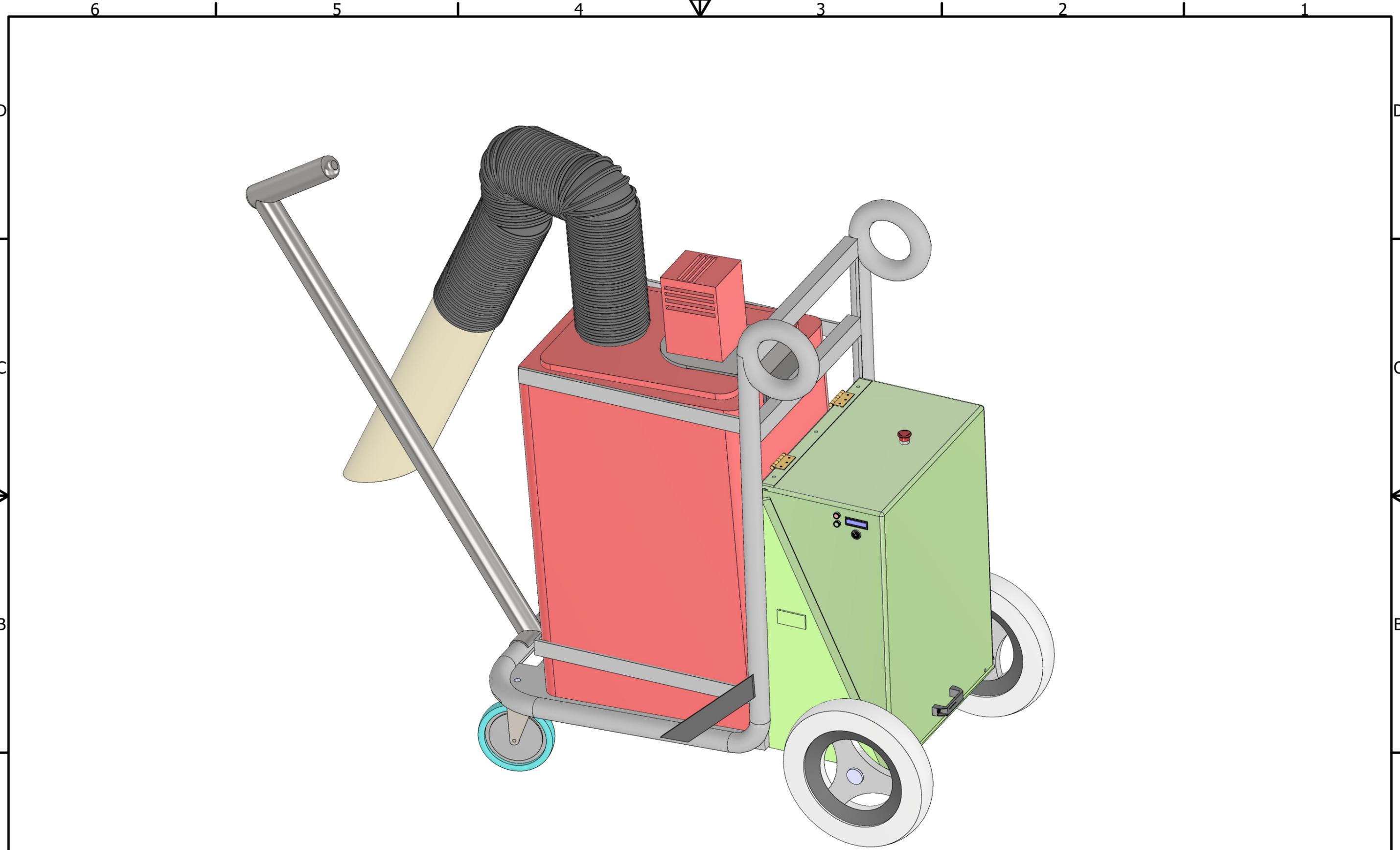
En este apéndice se muestra el diagrama esquemático empleado en el dispositivo de recolección.



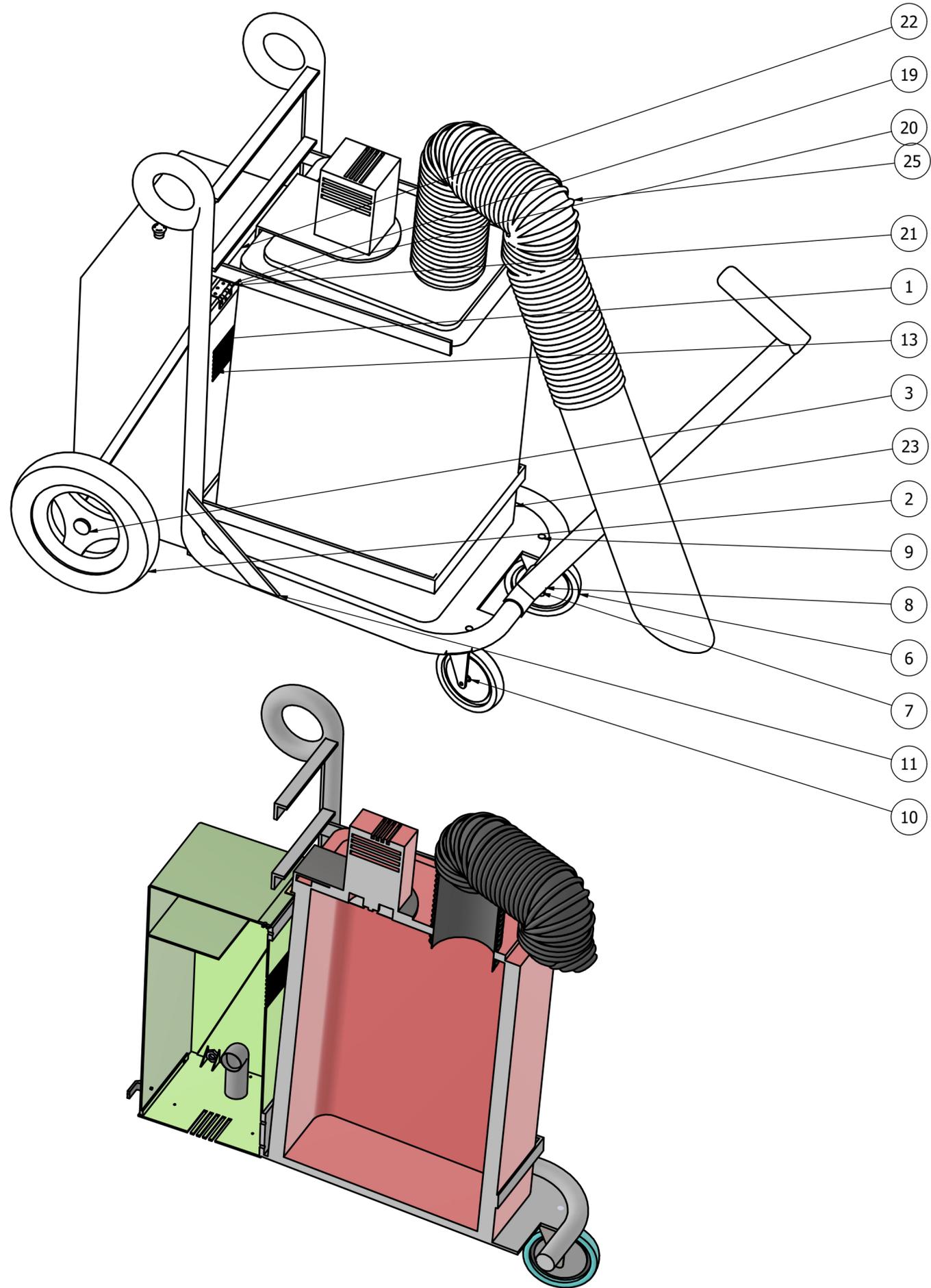
Apéndice C

Planos mecánicos y ensamble del dispositivo

En esta sección se muestran los planos mecánicos y la vista del ensamble del dispositivo.

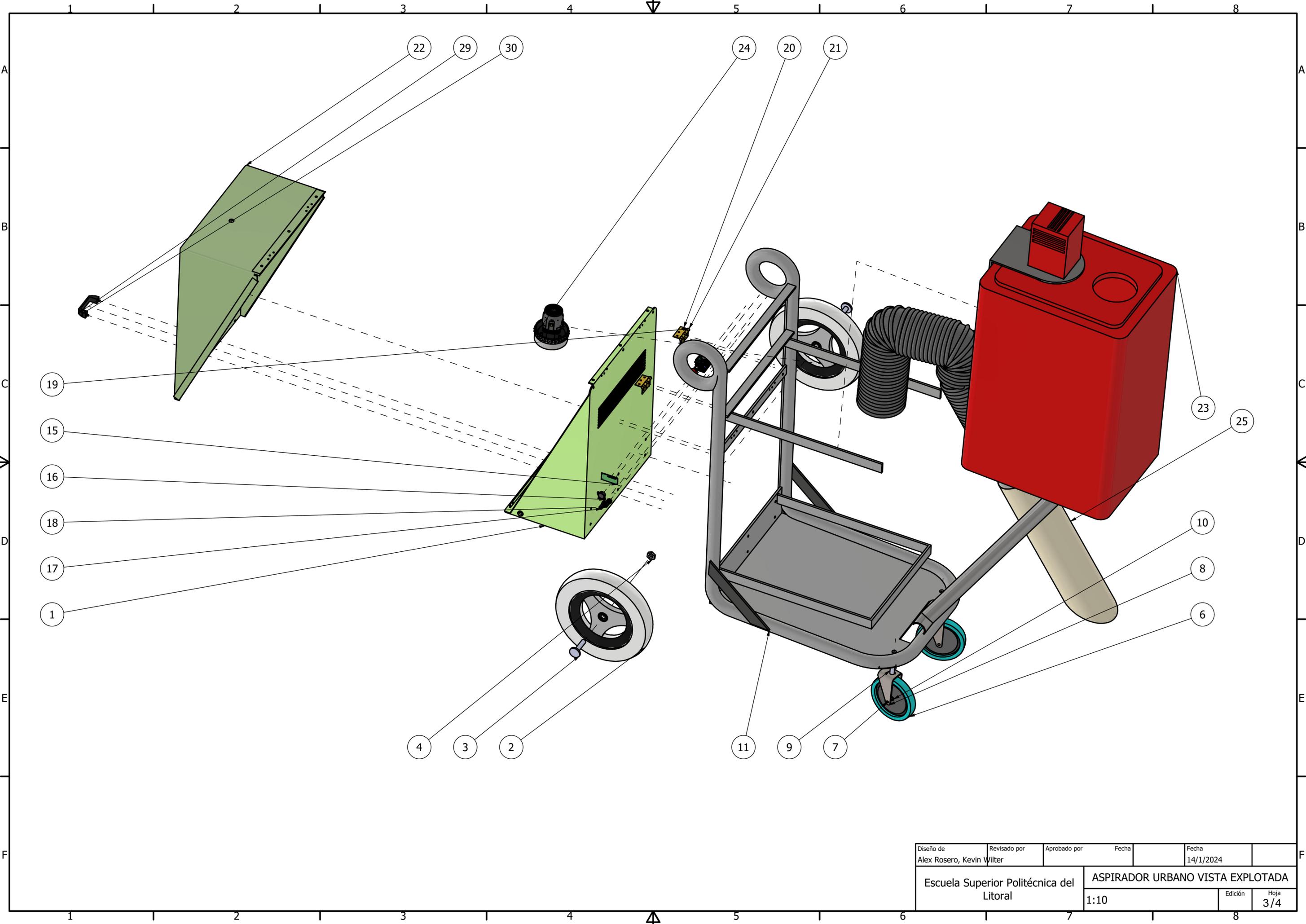


Diseño de Alex Rosero, Kevin Wilter	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 14/1/2024
Escuela Superior Politécnica del Litoral		ASPIRADOR URBANO RENDERIZADO		
		1:10	Edición	Hoja 1/4

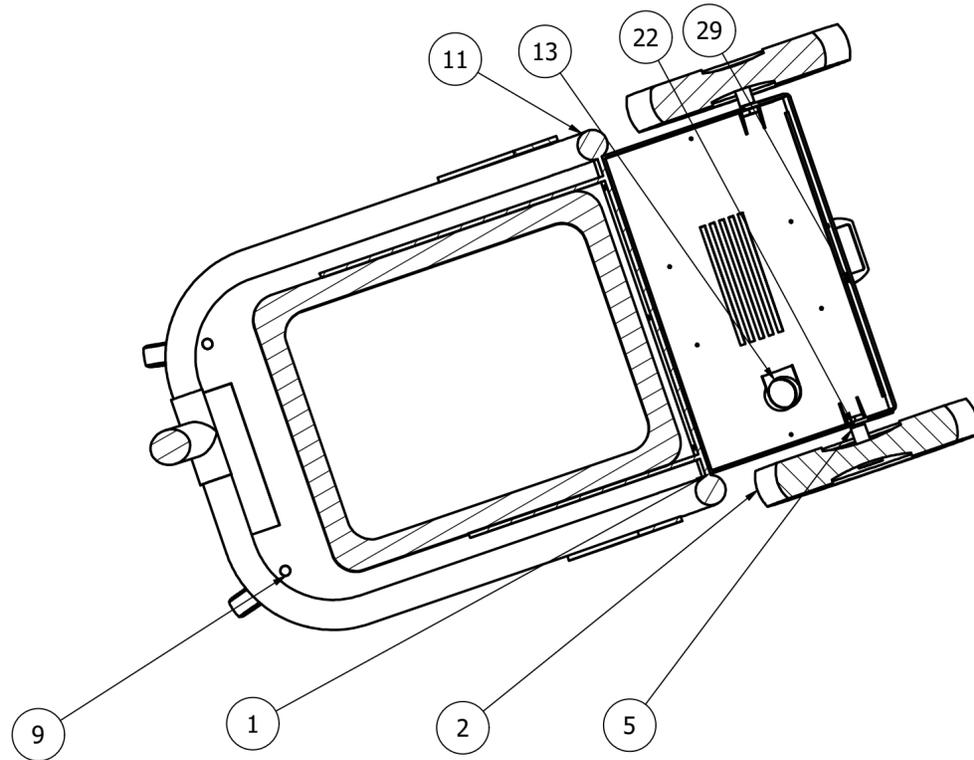
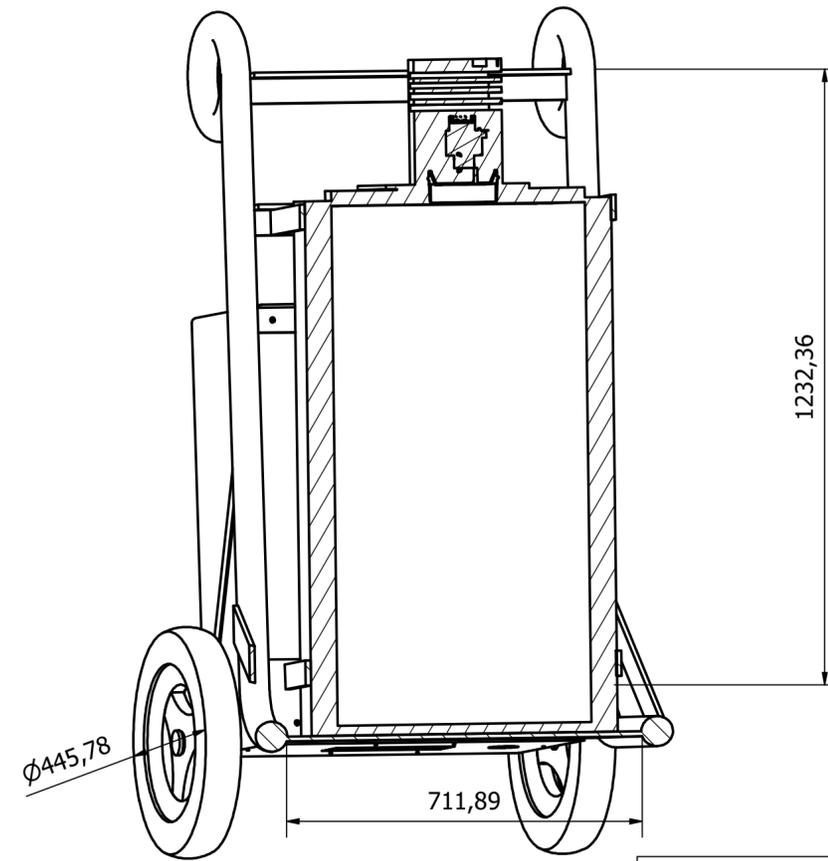
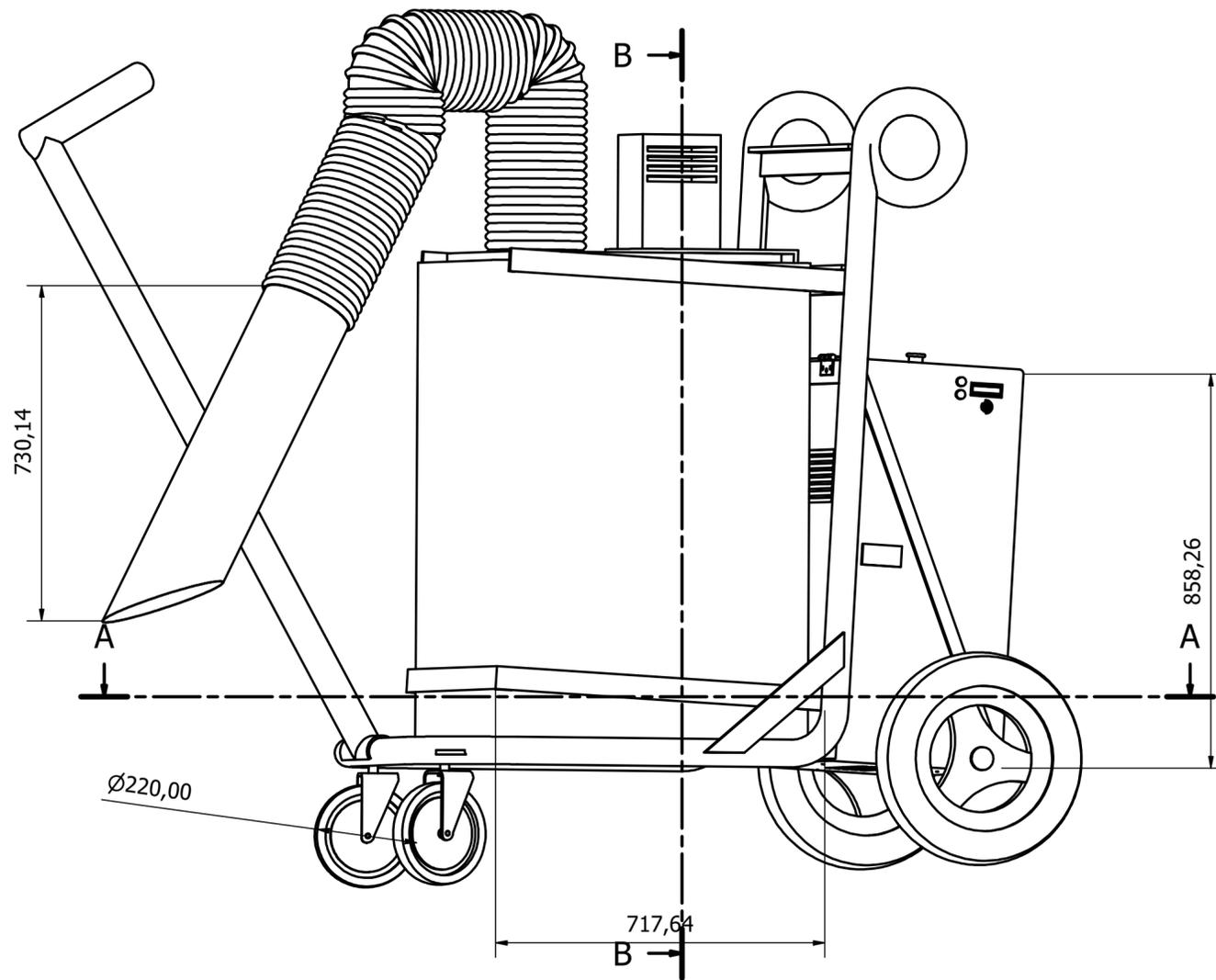


LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Low cover back
2	2	C Wheel Large
3	2	Bolt 10x85
4	2	Nut 10x10
5	2	CWL support
6	2	C Wheel small
7	2	CWS support
8	2	C Wheel small cover
9	2	Nut 15x45
10	2	C Wheel small roll
11	1	Estructura
12	1	Honda EU10i 3D 2
13	1	Tubo_Escape
15	1	LCD_2x16
16	1	Piezo Buzzer 3-24V
17	1	Pilot LED Red
18	1	Pilot LED Green
19	2	Bisagra p1
20	2	Bisagra p2
21	2	Perno bisagra
22	1	Low cover front
23	1	Tacho
24	1	Motor
25	1	Tubo Flexible
29	1	Manija
30	2	Perno_Manija
32	1	Circuito
33	1	Boton Parada
34	1	Manubrio

Diseño de Alex Rosero, Kevin Macías	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
			14/1/2024	
Escuela Superior Politécnica del Litoral		ASPIRADOR URBANO VISTA ISOMÉTRICA		
		1:10	Edición	Hoja 2/4



Diseño de Alex Rosero, Kevin Wilter	Revisado por	Aprobado por	Fecha 14/1/2024
Escuela Superior Politécnica del Litoral		ASPIRADOR URBANO VISTA EXPLOTADA	
1:10		Edición	Hoja 3/4



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Low cover back
2	2	C Wheel Large
6	2	C Wheel small
7	2	CWS support
8	2	C Wheel small cover
9	2	Nut 15x45
10	2	C Wheel small roll
11	1	Estructura
12	1	Honda EU10i 3D 2
13	1	Tubo_Escape
15	1	LCD_2x16
16	1	Piezo Buzzer 3-24V
17	1	Pilot LED Red
18	1	Pilot LED Green
19	2	Bisagra p1
20	2	Bisagra p2
21	2	perno bisagra
22	1	Low cover front
23	1	Contenedor
24	1	Motor
25	1	Tubo Flexible
29	1	Manija
30	2	Perno_Manija
32	1	Circuito
33	1	Boton Parada
34	1	Manubrio

Diseño de Alex Rosero, Kevin Wilter	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
				14/1/2024
Escuela Superior Politécnica del Litoral		ASPIRADOR URBANO PLANO CONJUNTO		
		1:10	Edición	Hoja 4/4