



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño Conceptual de un
Sistema de Recolección de
Residuos en Playas**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

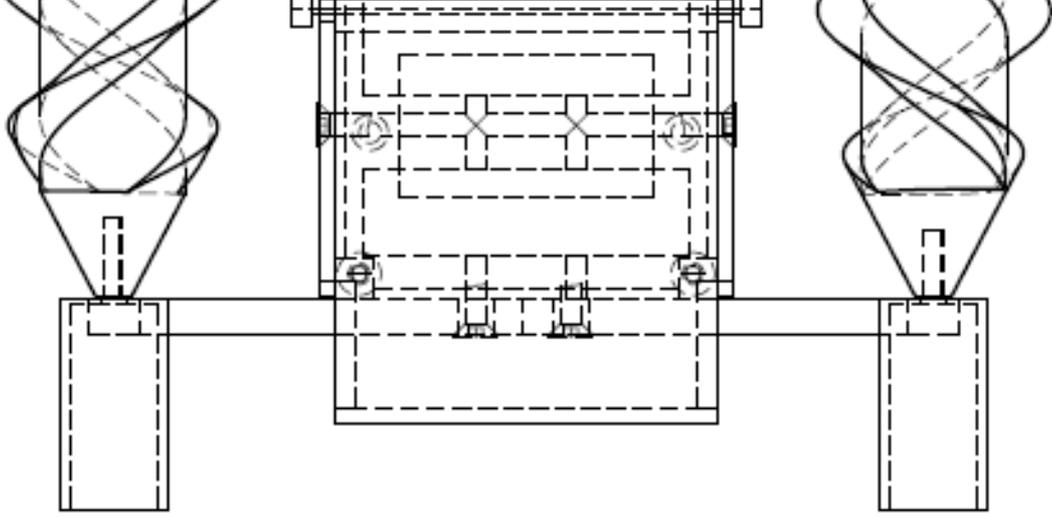
Diego Méndez Carter

DIRECTOR DE TESIS

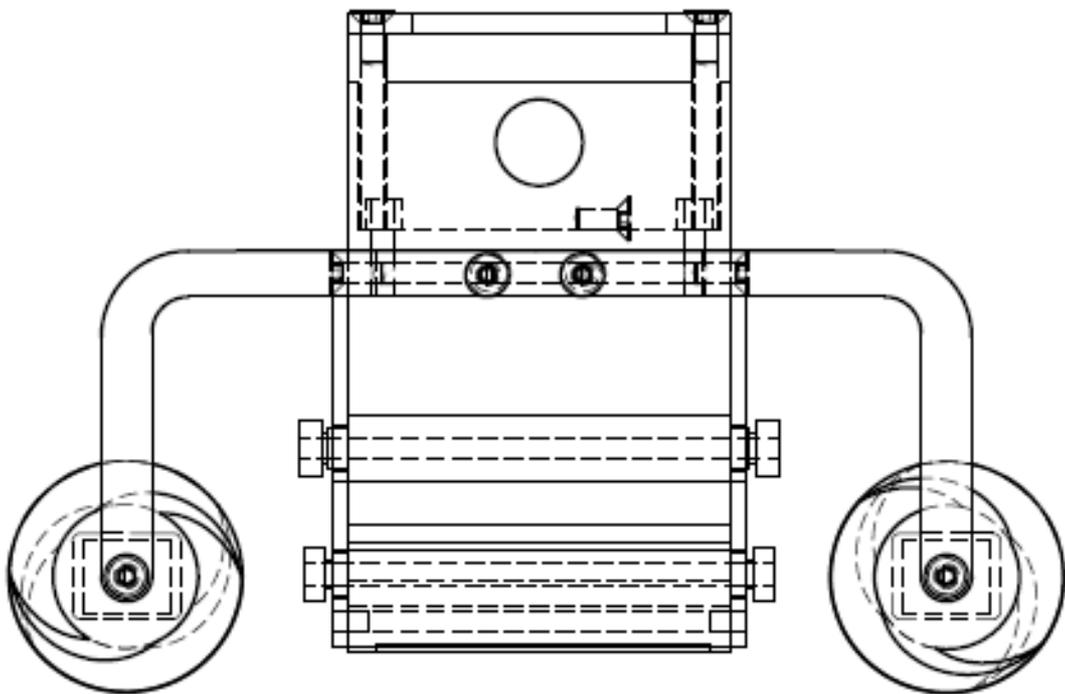
Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich



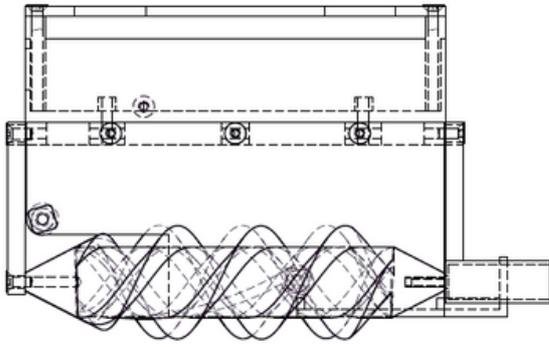
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024



PROYECTO:
DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA
DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN
PLAYAS



Autor: Diego Méndez Carter



TÍTULO DE PROYECTO:

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN PLAYAS

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

Diego Méndez Carter

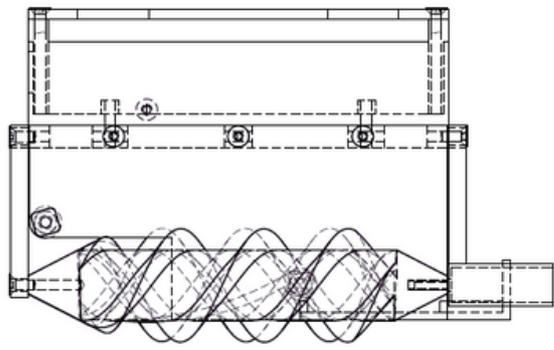
Con la dirección del Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich



Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Ingeniería



A mi familia, por estar siempre y tener paciencia en este proceso que culmina con este escrito. (Bueno, después de tantos años compartiendo mesa con partes de robots, algo debió haber salido, ¿cierto?).

A mi abuela, por estar siempre pendiente de mi.

A Esperanza, que sin tu amistad no creo haber podido llegar hasta acá.

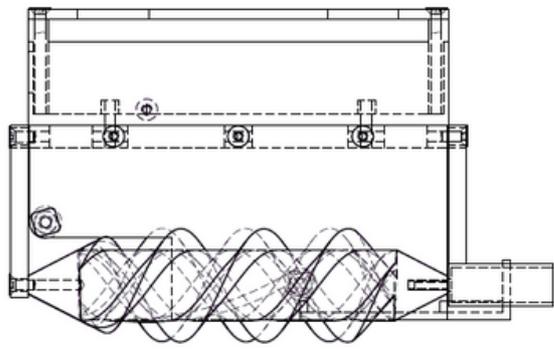
A Andrés, Cassiel, Jaqueline, Diego y Jorge, que sin ustedes la carrera no hubiera sido la misma.

Al Club de robótica de la facultad de ingeniería, junto con sus exmiembros, que me arroparon por mucho tiempo, abriéndome las puertas y enseñándome lo que es armar de verdad.

Al grupo de EE Sustaining y Sourcing en Nogales, que me acompañaron en las discusiones dándome su retroalimentación ingenieril durante este proceso.

A Darío, que me ayudo a darme claridad en la ejecución.

Al Dr. Alejandro, por su paciencia al darme guía en este trabajo.



¿CÓMO LLEGUÉ AQUÍ?

Mi interés en la robótica se forjó durante los años que pasé en el club de robótica (CROFI). Este lugar fue una fuente constante de inspiración, especialmente al ver a mis compañeros diseñar el robot limpiador de playa para el torneo mexicano de la especialidad, que se celebra anualmente en distintas universidades del país. Este evento no solo era una competencia, sino también una plataforma de aprendizaje y colaboración, donde cada miembro del equipo aportaba su conocimiento y habilidades.

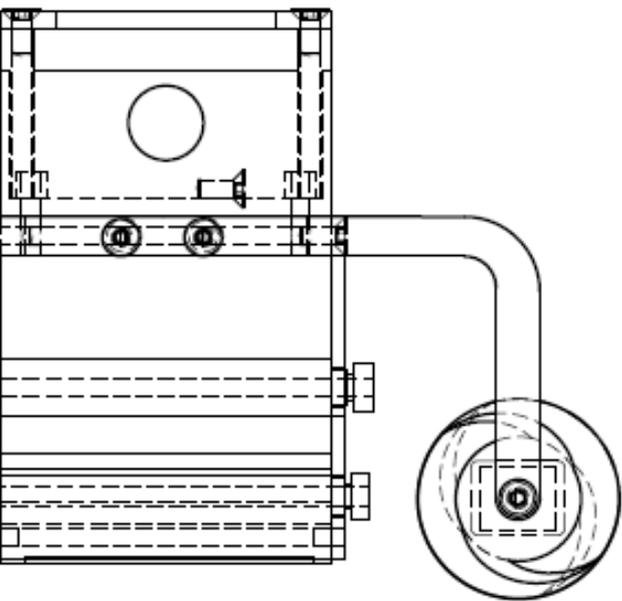
Uno de los momentos más significativos fue cuando vi a Pakal, de los últimos diseños del club, convertirse en un prototipo excepcional. Ser testigo de sus capacidades y del esfuerzo conjunto de un equipo multidisciplinario me motivó profundamente a seguir este camino.

Con la llegada de la pandemia, decidí aprovechar el tiempo de confinamiento para diseñar mi propia plataforma. Mi objetivo era aprender todo lo que implicaba crear un modelo desde cero. Desde la selección de materiales hasta la realización de mi primer concepto, cada paso fue un desafío que me permitió entender las complejidades y dificultades del proceso. Este aprendizaje práctico me dio una visión clara de los posibles fallos y me ayudó a identificar áreas de mejora.

Durante este periodo, me embarqué en un viaje de comprensión empírica sobre lo que es un robot móvil. Me sumergí en el desarrollo de sistemas y en la sinergia entre las diferentes disciplinas que conforman la mecatrónica. Este tiempo fue crucial para satisfacer mi sed de conocimiento en un área que me apasiona profundamente.

El trabajo que presento a continuación es el resultado de las conclusiones a las que llegué después de dos intentos previos de crear un prototipo de esta magnitud. He aprendido que conceptualizar un sistema es tan importante como su desarrollo y no debe tomarse a la ligera. Es esencial realizar pruebas de concepto y considerar las necesidades específicas del reto para el cual se está diseñando. Esto no solo permite un mejor desarrollo del producto, sino que también asegura que futuras actualizaciones no requieran empezar desde cero. Además, se logran mejoras más claras y se reduce el tiempo de ingeniería necesario para resolver detalles menores, permitiendo así centrarse en las mejoras significativas.

ÍNDICE



00. ¿QUÉ ES ESTO?	1
0.1 <i>¿Cómo esta llevada a cabo esta tesis?</i>	3
<i>Referencias del capítulo cero</i>	5
01. LA PROBLEMATIZACIÓN DE LA COSA	6
1.1 <i>En el sol hay playa</i>	8
1.1.1 <i>“Fabrication of a motor-less beach- sand cleaning machine for beach resorts”</i>	12
1.1.2 <i>Design and analysis of Sea Beach Cleaner Machine</i>	14
1.1.3 <i>Development of an autonomous Beach Cleaning Robot “Hirottaro”</i>	16
1.1.4 <i>“BeBot”</i>	17
1.1.5 <i>Garbage Collection Robot on the Beach Using Wireless Communications</i>	18
1.2 <i>¿Qué busco con esto?</i>	12
<i>Referencias del capítulo uno</i>	20
02. ASUMIENDO ALGUNAS COSAS DE LA COSA	22
2.1 <i>Y si no se puede ¿qué?</i>	23
2.2 <i>Hagamos una ensalada</i>	24
2.2.1 <i>¿Cómo se moverá la cosa?</i>	25
2.3 <i>¿Qué nos queda?</i>	39
<i>Referencias del capítulo dos</i>	40
03. LA COSA DECONSTRUIDA	41
3.1 <i>Jugando a ser Dios (Buscando el concepto)</i>	47
3.2 <i>La anatomía de la cosa (Mecánica)</i>	53
3.3 <i>El sistema nervioso de la cosa (Electrónica)</i>	58
3.4 <i>Psicoanalizando la cosa (software)</i>	61
3.5 <i>¿Cuál es la delgada línea?</i>	62
<i>Referencias capítulo tres</i>	63

04. RETANDO A LA COSA

4.1 Describiendo el CAD

4.2 Prueba de concepto

4.2.1 Implementación del concepto

4.2.2 Conclusiones del trabajo conceptual

4.3 El remaster de la cosa (Trabajo Futuro)

Referencias capítulo cuatro

05. REFLEXIONES DE ESTA COSA

64

65

68

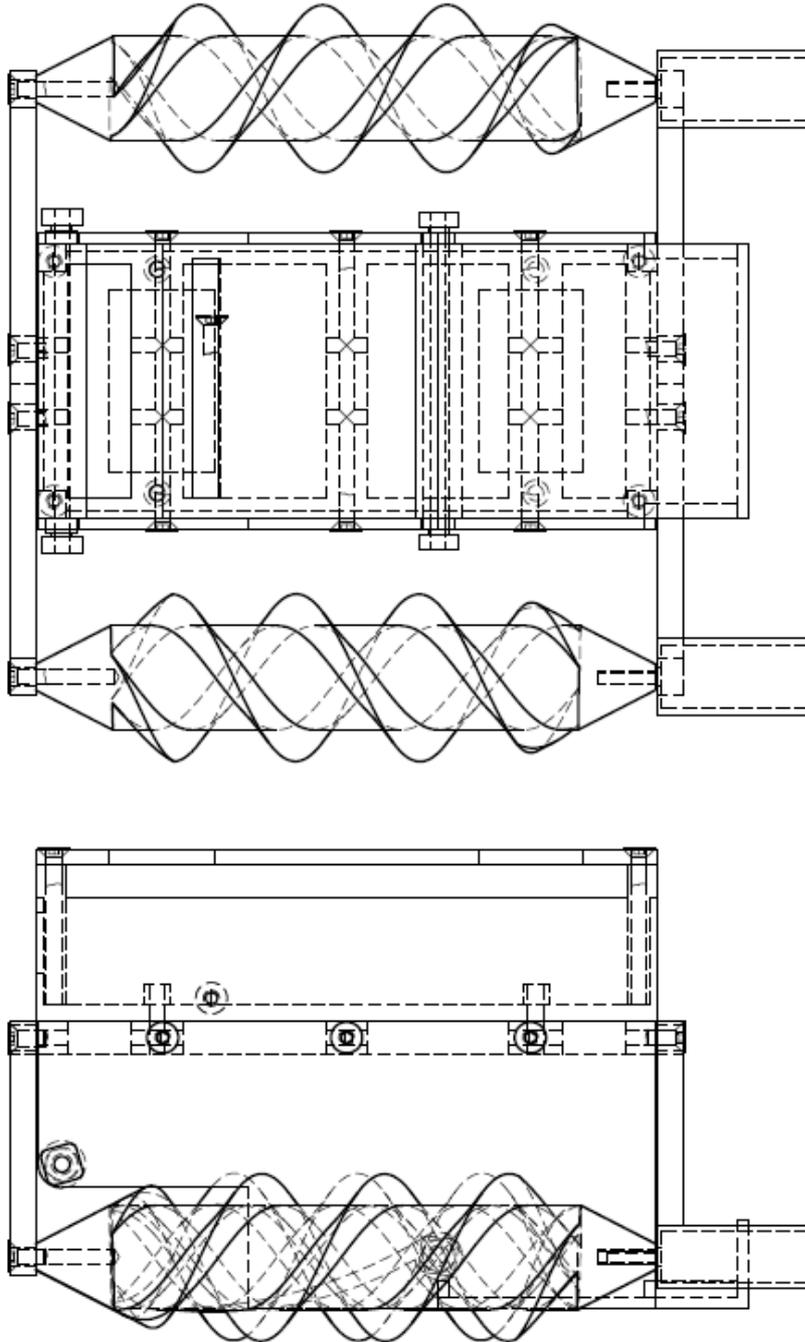
71

72

78

80

81



ÍNDICE

00

¿QUÉ ES ESTO?

1

Cuando comencé a escribir esta tesis junto con mi asesor Alejandro Ramírez, uno de los puntos que acordamos fue el buscar hacer el diseño de un robot limpiador de playa, que fue mi mayor interés durante la carrera.

Para la situación en la que me encontraba, iniciando mi vida laboral fuera de la Ciudad de México, me implicó alejarme del ámbito universitario (o sea, no estar cerca de los laboratorios, recursos bibliotecarios y otros materiales para apoyar el desarrollo de este proyecto). Por lo que, para cumplir con este objetivo de buscar diseñar un móvil, encontrar un balance creativo y de recursos en el desarrollo, se propuso la realización de un concepto. Lo anterior me implicó recuperar todo lo que tiempo atrás había estado investigando, además de recuperar lo aplicado en el club de robótica, así como lo aprendido en las clases de diseño que ya habíamos llevado durante los cinco años de mi carrera

La realización de un concepto es un proceso complejo que implica no solamente recordar y aplicar todo lo aprendido en el trayecto formativo universitario, sino además leer e investigar sobre el tema y así poder desarrollarlo. De manera personal considero que exponer el tema y ahora presentarlo por medio de esta tesis, terminó siendo de uno de los trabajos y gimnasias cerebrales más extenuantes que he tenido (lo anterior parafraseando al Profesor Ocariz).

Muchos de los parajes de este, son un tanto personales. Tan es así, que la forma en la cual está escrita es en primera persona del singular. Esto le da un enfoque a lo denominado: "punto de vista del autor" [1]. Lo que me permitió expresar todas las ideas generadas en la fase de la conceptualización del prototipo, además de englobar mis ideas y experiencias producidas durante el mismo desarrollo.

Al fin y al cabo, lo que pretendo no es lograr una perspectiva arrogante hacia el lector. Sin embargo, el uso de la primera persona del singular me permitió hacer visible que el desarrollo de creación y generación de conceptos e ideas es un proceso sumamente íntimo.

Si de manera contraria habláramos de un proyecto desarrollado por medio de un trabajo en equipo, estaríamos, hipotéticamente, mencionando una serie de discusiones en donde junto con mis compañeros, amigos y profesores podríamos descubrir y ampliar la forma de crear conceptualmente un robot. Lo anterior nos hubiera permitido atacarlo a partir de mesas redondas, o por medio de "lluvias de ideas".

Estas estrategias al final sabemos que son resultado de todas las experiencias tenidas a lo largo de un camino en la vida. Lo que, de alguna forma, reafirma la forma de cómo escribí esta tesis: desde la primera persona del singular.

El uso de esta forma verbal ha sido eje temático de cuestionamientos, un buen ejemplo, ¿en el artículo "Why no 'me' in PhD?" en The Guardian [2] el cual el autor fue criticado y cuestionado por usar la primera persona en artículos de rigurosidad científica, con la premisa de "...esto no es ficción". En sus conclusiones, la entrevistada Aslihan Agaoglu, respondió lo siguiente: "by removing the first person point of view and the active voice from your writing, what you're actually doing is removing yourself" [removiendo a la primera persona y la voz activa de los escritos lo que estás haciendo es removerte a ti mismo, traducción propia].

Considero que esta afirmación es totalmente válida, por lo que como dije anteriormente, esta tesis fue un reflejo personal en la concepción de una solución en un proceso de diseño. (Que como se mencionó anteriormente, sería un trabajo muy diferente si se hubiera desarrollado dentro un grupo de investigación).

Cierto es que, en el área de las humanidades, este formato de redacción en primera persona es más recurrente, ya que [2] "le da a la escritura un estilo más cercano en el que escritor aparece como sujeto a los enunciados".

Sin embargo, es conocido que el uso de este tipo de escritura en el género académico de tesis en ciencias "duras" hace que se pierda objetividad, que es un elemento propio del rigor académico.

De manera personal considero, que una forma de escritura tenga la facultad de afectar de manera directa la calidad o validez científica de lo propuesto en él, sino por el contrario, sigo creyendo que lo hace más cercano aquellos que queremos que nos lean.

0.1 ¿CÓMO ESTA LLEVADA A CABO ESTA TESIS?

Este escrito comprende el diseño conceptual de un robot limpiador de playa cuyo propósito es dar una propuesta para la problemática en la acumulación de residuos en la arena. Para ello se encuentra estructurado por medio de cinco capítulos y los cuales se aborda una metodología (que es el apartado donde sustento las ideas generadas), además una historia de diseño (sección donde se describen los postulados y la toma de decisiones durante el proceso)

y una prueba de concepto (que es donde se refuerzan el punto de las ideas generadas en etapas anteriores. Todo lo anterior narrado de una forma muy singular.

En el capítulo 1, exploro la problemática en la que estará basado el concepto y a su vez, se demuestra que existen diversos grupos de personas interesadas en la resolución del mismo problema. Así, expuse unos principios de diseño como estandarte para las ideas concebidas en los capítulos subsecuentes.

En el capítulo 2, se muestran diversos bocetos y escenarios para el robot. Aquí me permití llamar "Cosa" al móvil, lo anterior debido a que considero que es un nombre ideal a "algo" aún no definido en concreto. Además, le daba la ironía y ambigüedad de lo que es el concepto de una "Cosa". Cabe señalar que en este apartado se evaluaron y se tuvieron diversas controversias con Alejandro, en relación con las ideas e iteraciones a seguir para los bocetos generados.

En el capítulo 3, describo la funcionalidad de la "cosa" haciendo una deconstrucción de las tareas generales que este objeto podría llevar a cabo; Cabe señalar que para hacer clara la descripción del proceso fue necesario nombrar cada uno de los órganos. Este apartado es relevante debido a que en el describo la solución principal del reto propio de esta tesis.

He de confesar que durante el proceso busqué apoyo solicitando el punto de vista de algunos compañeros y amigos sobre los límites del concepto para pasarlo a la realidad. Con la información recabada llego a la conclusión personal que esto sigue siendo una decisión muy particular de cada grupo de diseño, por lo que no hay un punto de vista homogéneo ni único.

El capítulo 4 muestra el desarrollo de lo que en la realidad se necesita, es decir, en el apartado donde se intenta mostrar cómo es volver tangible el concepto o al menos una prueba de ello.

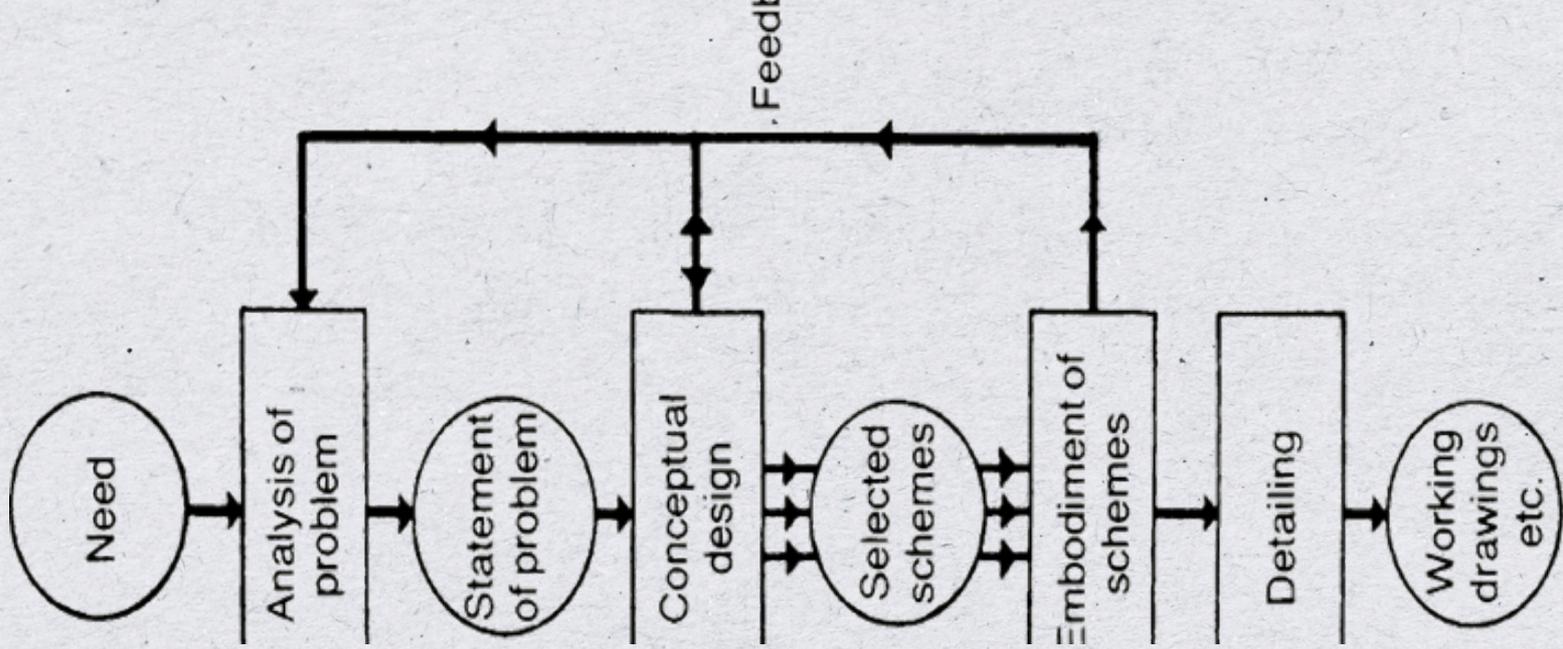
Finalmente, en el capítulo 5 se abordan las conclusiones de toda la investigación, además aprovecho el espacio para abrir y dejar algunos cuestionamientos sobre el procesos, errores y trabajo a futuro. Así mismo se hace el planteamiento en prospectiva para la realización de un prototipo funcional.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO CERO

[1] “Nosotros contra ellos: El uso de la primera y tercera persona en documentos de investigación - Enago Academy Spanish”. Enago Academy Spanish. Accedido el 8 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.enago.com/es/academy/we-vs-they-using-first-or-third-person-in-a-research-paper/>

[2] Guardian staff reporter. “Academic writing: Why no 'me' in PhD?” the Guardian. Accedido el 8 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.theguardian.com/higher-education-network/blog/2013/apr/19/academic-writing-first-person-singular>

[3] “Estilo personal o impersonal en el resumen – aprendizaje U. Chile”. Aprendizaje U. Chile – Portal de recursos de aprendizaje, Departamento de Pregrado, Universidad de Chile. Accedido el 8 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://aprendizaje.uchile.cl/recursos-para-leer-escribir-y-hablar-en-la-universidad/profundiza/profundiza-espanol-escribir-resumen-tesis/estilo-personal-impersonal-resumen/>



01

LA PROBLEMATIZACIÓN DE LA COSA

Reto de Diseño & Estado del Arte.

¿Por qué diseñamos? ¿Qué necesidad tenemos para querer imaginar cosas y plasmarlas en nuestras vidas? Es tan complejo que hay tantas formas de decir que es, pero mejor, pongamos otras perspectivas :

Adolfo Navarro[1] Establece que el diseño es la capacidad de creación que tenemos aplicada a las necesidades de nuestro entorno.

Michael French [2, pp. 11] menciona, que el diseño es todo el proceso de la concepción, invención, visualización, calculación, clasificación, refinamiento y especificación de los detalles que determinan una forma de un producto ingenieril.

Eppinger y Ulrich [3, pp. 3] estipulan sobre el diseño que, en el desarrollo de un producto, involucrando un equipo de diseño, menciona que su función es el definir la forma física de este para que satisfaga las necesidades de un cliente.

Los autores anteriores escribieron que diseñamos por necesidades de una problemática (¿ahí la importancia de la definición de las cosas, no creen?) Entonces ante un reto existente, cual sea, se propone darle una solución.

Y bueno, si ponemos con anterioridad otra circunstancia, necesitamos encontrar un reto al que queramos darle una solución y esa es una ventaja, ya que desafortunadamente hay muchos de donde escoger.

Ahora, French también nos muestra un camino genérico para poder diseñar.

Como dije anteriormente, [2] todo parte de una necesidad, o sea, una oportunidad recién percibida.

Michael French comenta que en la etapa de análisis del problema consiste en identificar la necesidad de manera más precisa. Para poder siquiera pensar en una propuesta, es necesario tener una buena visión del nicho en el que quiero establecer este trabajo; Larry Leifer [4], en su metodología "Design Thinking" Menciona que tres cosas son imperantes para tener buenas soluciones:

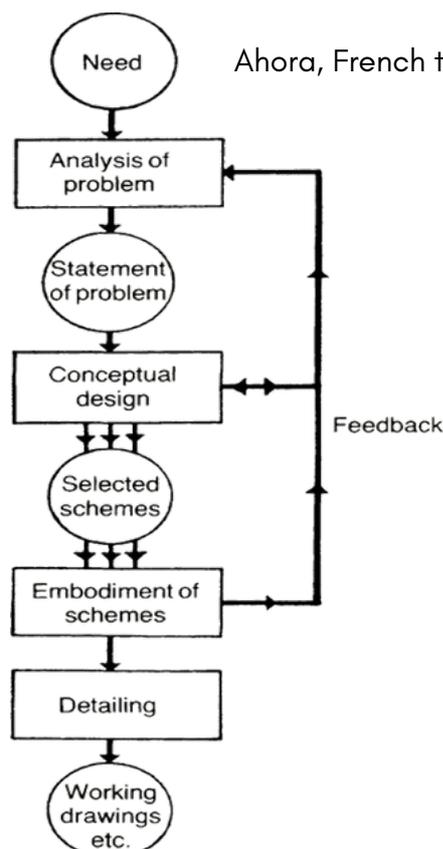
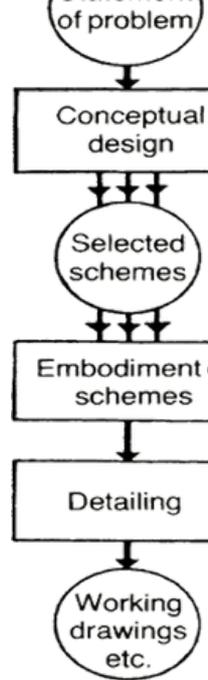


Figura 1. 1Digrama de bloques de un proceso de diseño [2]

Entender el problema,

El reto de diseño debe ser definido para permitir el desarrollo de buenas soluciones. A la que le podríamos denominar como la potencial, debe caber en el espacio y ventana de diseño (o sea, que esto este definido en los principios de diseño previamente establecidos).

Para ello, una buena guía para plantear una problemática es la siguiente tabla:



¿QUÉ?	¿QUIÉN?	¿POR QUÉ?	¿DÓNDE?	¿CUÁNDO?	¿CÓMO?
¿Qué o cuál es el problema?	¿Quién está involucrado?	¿Por qué el problema es importante?	¿Dónde ocurre el problema?	¿Cuándo el problema inicio?	¿Cómo es que el problema puede ser una oportunidad?
¿Qué nos gustaría saber con esto?	¿Quién es afectado por esta situación?	¿Por qué ocurre?	¿Dónde fue resuelto anteriormente?	¿Cuándo las personas quieren ver resultados?	¿Cómo puede ser resuelto?
¿Cuáles son las suposiciones que están escudriñando?	¿Quién decide?	¿Por qué no ha sido resuelto?	¿Existen soluciones similares?	¿Cuándo el proyecto puede empezar?	¿Qué cosas se han usado para resolver el problema?

Tabla 1. 1Preguntas para plantear el problema, obtenida de [4]

En el siguiente apartado empezaré a desglosar todas las dudas para justamente entender lo que queremos encontrar con esta tesis.

1.1 EN EL SOL HAY PLAYA

¿Cuál es la problemática que me gustaría abordar?

Algo que ha marcado pauta en las últimas décadas, ha sido la contaminación de la superficie terrestre, pero de manera específica de la "basura marina", que es cualquier material sólido persistente, manufacturado o procesado que ha sido descartado, vertido o eliminado en el medio ambiente marino o costero (como lo define las Naciones Unidas [1]).

¿Cómo se origina esta problemática la contaminación en las playas?

Y bueno, Greenpeace - México reporta que el plástico es el mayor contaminante de las playas, en conjunto de las colillas de cigarro; el cuál, un estudio realizado por esta organización menciona que, de 42 sitios en 10 ciudades en diferentes zonas del país, se obtuvieron 827 fragmentos de basura, los cuales 396 fragmentos corresponden a material plástico [3]. También, se realizaron 30 auditorías de marca, estas ofrecen pruebas del papel que las empresas desempeñan para eliminar la crisis mundial de contaminación plástica, recolectando 19 mil 797 piezas, que de estas 4 mil 507 son de Coca Cola representando el 22.77% del total de la contaminación; Por su parte, PepsiCo tuvo 2 mil 298 siendo el 12.11% y Nestlé 747 piezas siendo el 3.77% del total de la contaminación [3].

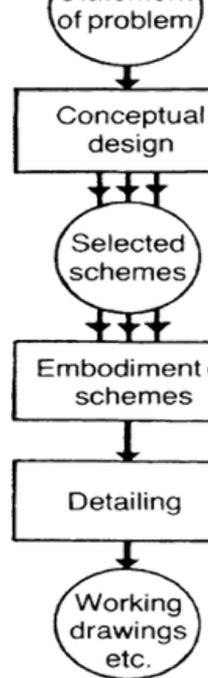
Además, Rivas. M y Garellin. en su artículo "Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural de México" [6] Mencionan que esta invasión plástica es debido a que los productos de este material pueden recorrer largas distancias y transportarse de las zonas urbanas, hasta los océanos a través del viento, agua de lluvia, ríos y por acción directa de las personas.

Por las actividades realizadas en las playas también se le atribuye al turismo, pesca y depósito de aguas residuales. De hecho, por un estudio realizado por el CINVESTAV [7] de 384 personas entrevistadas, el 64.8 por ciento afirmó ser los principales generadores de contaminación plástica en la playa.

Y en Ocean Conservancy [8], tienen datos que sugieren que los plásticos son responsables del 3% al 4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, si seguimos así se espera que se triplique para el 2050. Provocando un daño en la bacteria y el plancton del océano. Estos organismos son esenciales para la absorción del dióxido de carbono de la atmósfera. Esta es la razón por la cual los océanos ayudan a la moderación del cambio climático.

¿Cómo se origina esta problemática la contaminación en las playas?

Esto afecta mayormente a las comunidades que están establecidas en las costas. Ellos experimentan principalmente inundaciones, aumento en el nivel del mar y huracanes más extremos. Así mismo, la infraestructura petroquímica que produce los plásticos emite cantidades significativas de contaminación del aire y del agua provocando severos problemas de salud de las personas como el asma, cáncer, entre otros [8].



Así mismo, Mario López Araiza [9] en su estudio sobre turismo en Yucatán reporto que existen alteraciones ecológicas por la contaminación plástica. Ya que los plásticos son persistentes y móviles, lo que facilita su integración a la cadena alimentaria de un ecosistema, con impactos ambientales que se manifiestan en diferentes niveles como la flora, fauna marina, arrecifes de coral, como en las actividades de pesca comercial y turismo.

Las playas ofrecen diversas oportunidades de recreación para millones de personas; sin embargo, sus múltiples usos como depósitos de aguas residuales, la ocupación de localidades, turismo, pesca y demás actividades que generan residuos, las ubica como vías de entrada, disposición y transferencia de plásticos al ambiente.

Datos de la Encuesta Nacional sobre Recreación y Medio Ambiente de 2008 realizada en Estados Unidos de América, menciona que 42% de las personas de 16 años o más visita una playa oceánica cada año [10].

Con lo anterior me atrevo a decir que la problemática afecta directamente a todo aquel que disfruta de una visita ocasional a las playas o bien, aquellos que viven del mar provocando estragos en la cadena de suministro alimentaria, así como las actividades turísticas

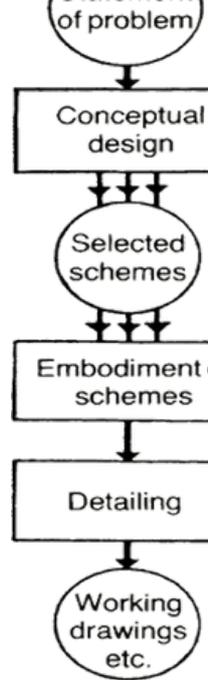
¿Por qué nos afecta la contaminación en las playas?

En [9] menciona que la principal entrada de los micro plásticos en la cadena alimentaria es a través de los organismos de zooplancton que confunden los micro plásticos con su alimento; el zooplancton forma parte de la dieta de la mayoría de las especies marinas, aumentando el riesgo de que los contaminantes marinos lleguen hasta el ser humano.

Mario Lopez [9] comenta que estos plásticos están biodisponibles y podrían encontrarse en organismos, como especies marinas o bien al transformarse en micro plásticos (partículas de 100 micras hasta 5 milímetros) estar en la comida que consumimos.

¿Dónde y quienes han podido atacar este problema?

Para este apartado, busqué diferentes soluciones que atacan la problemática, para darnos a entender que es lo que se ha intentado y cuáles han sido sus conclusiones.



Los criterios de búsqueda para los prototipos mostrados a continuación fueron a partir de palabras clave como: máquina, playa, recolección, residuos, robot. Con una temporalidad de al menos unos 5 años hacia la actualidad. A excepción del prototipo de "Hirottarro", ya que considero que es un buen ejemplo de un prototipo autónomo para esta tesis en particular.

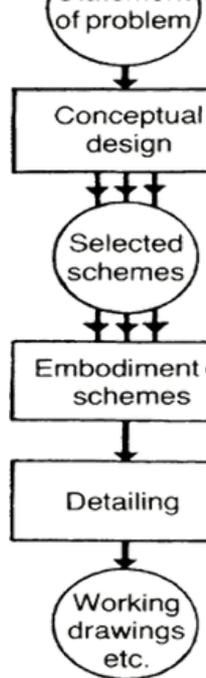
De manera resumida muestro cuatro características que son de mi interés en relación con las soluciones identificadas:

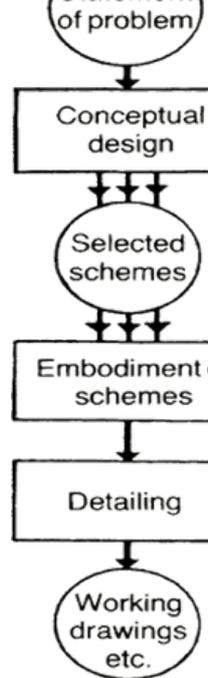
- Autonomía: Si o no, ya que me gustaría evaluar si requiere ayudas humanas (o sea, que si requiere intervención de un humano para asistir en la función de recolección o bien en su ejecución) para funcionar.
- Sistema de recolección: Cómo es el sistema con el que hace recolección de residuos.
- Sistema de locomoción: Me gustaría observar cómo se mueve en la arena, si desliza, si tiene ruedas, si vuela, etc.
- ¿Es comercial o es un prototipo?: Me gustaría saber si es un prototipo o es un producto (un producto comercial) que está en el mercado.

1.1.1 "Fabrication of a motor-less beach-sand cleaning machine for beach resorts"

En el artículo [12], presentado por el Dr. Tze Ching Ong, "Fabrication of a motor-less beach-sand cleaning machine for beach resorts"

Menciona que una alternativa a la recolección manual de residuos es usando herramientas como rastrillos que lastran la basura hacia un compartimiento que tienen incorporado. En una ciudad de Malasia, a pesar de que existen en el mercado cierto tipos de máquinas lastre automatizadas. Siguen prefiriendo métodos manuales para la recolección de basura. Aunque los usuarios se quejan de dolores de espalda baja y músculos en general. Por lo que este proyecto busca mitigar los problemas de estar agachándose constantemente en la limpieza continua de la superficie en la arena. Fabricando un recolector impulsado por fuerza externa para limpiar la arena.





La máquina de recolección es un carro que tiene un mecanismo de recolección que se activa con una palanca en el mismo mango donde se empuja la máquina. Su uso es con un solo operador que se pone por detrás de él llevándolo en la dirección deseada, como un coche de supermercado. Cuando se acumula la basura por el frente, el mecanismo debe ser accionado para que se deposite los residuos en el compartimiento que tiene.



Imagen 1. 1 Prototipo limpiador de playa del artículo: “Fabrication of a motor -less beach-sand cleaning machine for beach resorts”

La máquina, demostró ser más efectiva recogiendo basura en un menor tiempo, que lo de una persona haciendo la acción en el mismo espacio donde se probó su funcionalidad:

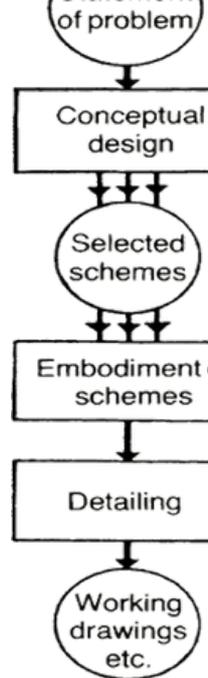
- Recolección manual – 2 minutos con 17 segundos
- Recolección con la máquina – 1 minuto

Finalmente, se comenta en el artículo que el objetivo se cumplió ya que esta máquina funciona bien y presentan un buen desempeño en su uso. Además, que su construcción es simple y barata; con un costo aproximado de 543 Ringgit Malayos, que son aproximadamente 143 DLLS al tipo de cambio en el que se está escribiendo esta tesis.

De lo que puedo obtener de este prototipo es lo siguiente:

CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIÓN
Autónomo	No, requiere ayuda de un operador
Sistema de recolección	Es un mecanismo de arrastre, el cual es accionado mediante una palanca para levantar los residuos.
Sistema de locomoción	Cuatro ruedas sin motorizar. El coche es empujado por un operador y las ruedas no rotan más que en el eje al que están sujetas.
Es comercial o es un prototipo	Prototipo no comercial.

Tabla 1. 2 Elaborado con los comentarios correspondientes



1.1.2 Design and analysis of Sea Beach Cleaner Machine

En la India, Shrutka Danole y Suhas Kulkarni [13] escribieron el artículo " Design and analysis of sea Beach Cleaner Machine".

Plantean un dispositivo que se coloca a lo largo de una playa y el mar para permitir que solo la arena de la playa pase a través del sótano inferior. Los desechos flotantes como botellas, latas de plástico y diversos tipos de desechos son levantados por elevadores conectados a una cinta transportadora. La cinta transportadora gira con una rueda dentada impulsada por un motor solar. Cuando el motor funciona, la cinta transportadora comienza a moverse, haciendo que los elevadores se levanten. El material de desecho es levantado por los dientes del elevador y almacenado en una caja colectora. Una vez llena, se retiran los desechos de la caja. Cabe destacar que el motor obtiene su accionamiento mediante energía solar.

En la parte inferior de la caja hay una placa inclinada de 45 a 50 grados montada para nivelar la superficie de la playa. El material utilizado es M/S Mid-Grade, disponible fácilmente en el mercado a un costo menor en comparación con otros. Dos rodillos están conectados entre sí mediante una transmisión por correa, en los cuales se montan cubos perforados mediante juntas remachadas.

Cuando el sistema se permite en el drenaje, los rodillos comienzan a girar, haciendo que los cubos se muevan dentro del sistema de drenaje hasta el material dentro del bloque de drenaje. Los cubos recogen material de desecho y residuos flotantes del bloque de drenaje. Los cubos permiten que el agua fluya hacia afuera al estar perforados, recolectando solo las partes de desecho en un colector de almacenamiento ubicado detrás de la transmisión por correa.

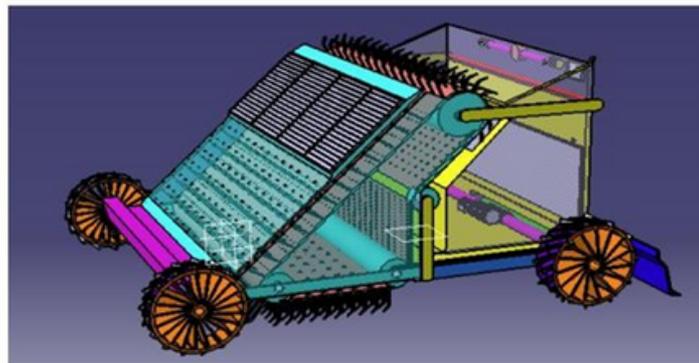
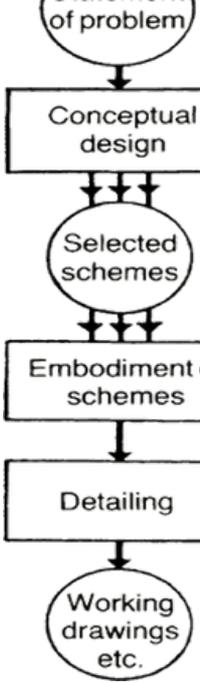


Imagen 1. 2 Prototipo limpiador de playa del artículo: " Designing and Analysis of Sea Beach Cleaner Machine"



El artículo menciona las siguientes ventajas de su dispositivo:

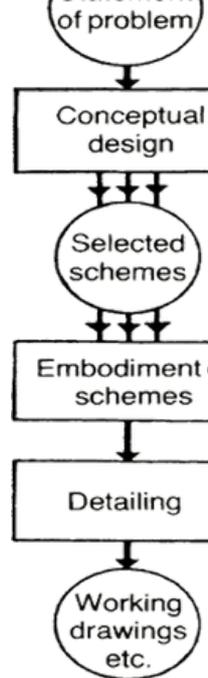
- Reducción en el consumo de energía.
- Conservación y protección del medio ambiente.
- Reducción de puntos de obstrucción y desbordamiento de aguas residuales.
- Más seguro en comparación con la recolección manual de basura.
- Mitigación del calentamiento global.
- Eliminación de vertederos.
- Fácil de usar.
- Altamente económico

Los autores concluyen que el sistema no requiere más mano de obra humana para la limpieza de aguas residuales, lo cual puede reducir el contacto directo de los trabajadores con estas, evitando así riesgos para la salud de los mismos. Además, este método es solar y manual, por lo que el tiempo de trabajo es menor en comparación con el método convencional.

De este artículo me llevo lo siguiente:

CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIÓN
Autónomo	El artículo menciona poca intervención humana, por lo que lo caracterizo como un híbrido.
Sistema de recolección	Es un mecanismo de tipo rastrillo, pareciera que es una escoba que recoge residuos constantemente
Sistema de locomoción	Cuatro ruedas motorizadas accionadas por una aplicación
Es comercial o es un prototipo	Prototipo no comercial.

Tabla 1. 3 Elaborado con los comentarios correspondientes



1.1.3 Development of an autonomous Beach Cleaning Robot “Hirottaro”

Hirottaro, es un robot desarrollado por Tomoyasu Ichimura y Shin-ichi Nakajima [14] por el College de Gunma en conjunto con el Instituto Tecnológico de Nigata en Japón. En su artículo mencionan que el robot fue diseñado para ser capaz de recolectar basura en playas que tienden a ser muy frecuentadas. Su sistema de recolección está basado en la acción de limpiar pisos con escoba y recogedor. Así mismo, fueron capaces de hacerlo autónomo en el área determinada. El robot tiene unas dimensiones y peso de 1350 mm, 600mm y 250 kg respectivamente y puede mantenerse activo durante una hora usando una batería de plomo-ácido. El mecanismo de la dirección está compuesto por orugas de caucho independientes. El sistema de recolección replica la función de recoger residuos como si un humano estuviera barriendo, con un mecanismo que utiliza un motor. Y una leva mueve adelante y atrás el cepillo con un mecanismo de cuatro barras. [6]

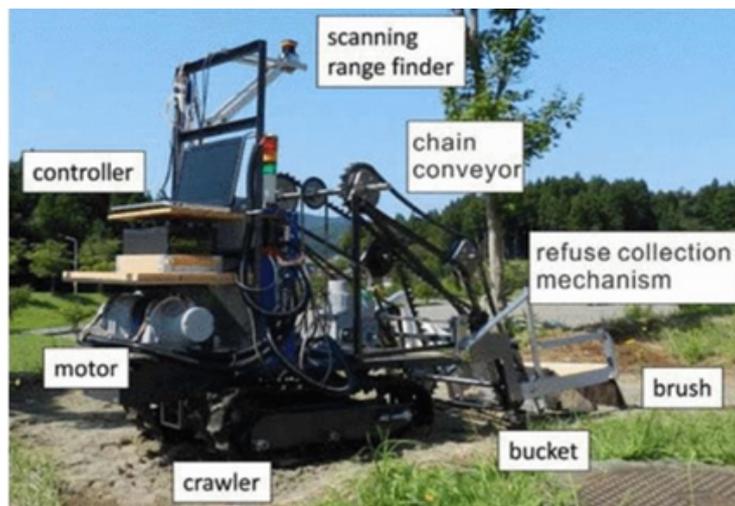
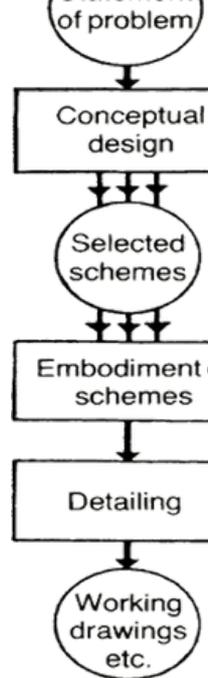


Imagen 1. 3 Prototipo limpiador de playa del artículo: “DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS BEACH CLEANING ROBOT “HIROTTARO”

Este robot tiene conducción autónoma. No tiene necesidad de tener a un operador bajo su resguardo. Utilizando un sistema de marcadores en un área delimitada de 20X20 metros, en las cuatro esquinas de este cuadrado. Logrando ubicar a Hirottaro para que siguiera una trayectoria.

La conclusión en este artículo fue que faltaron experimentos en arena con el prototipo del robot, pero lo han llevado al punto de autonomía, lo que haría la tarea de la recolección de residuos altamente automatizado.



De este escrito me gustaría resaltar lo siguiente:

CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIÓN
Autónomo	Sí, totalmente
Sistema de recolección	Es un mecanismo de una escoba, prácticamente replica la acción humana de barrer
Sistema de locomoción	Bandas tipo oruga
Es comercial o es un prototipo	Prototipo no comercial.

Tabla 1.4 Elaborado con los comentarios correspondientes

1.1.4 “BeBot”

BeBot [15]. Es una iniciativa de 4Ocean siendo el primer robot que hacen en conjunto con la empresa Poralu Marine. Opera con dos baterías de 12V, asistido con un panel solar para recargarlas. Utiliza un sistema de recolección el cual junta porciones de arena que va filtrado mediante un movimiento de vibración para solamente extraer los residuos sin llevarse la arena misma que los cubre, depositándolos en un contenedor dentro del robot. El robot no distingue entre micro plásticos, plásticos o conchas de mar por lo que después de su recolección es necesario realizar una purga para separar los residuos de los elementos orgánicos de la playa. Esta máquina no es autónoma y funciona a través de radio control.[7]

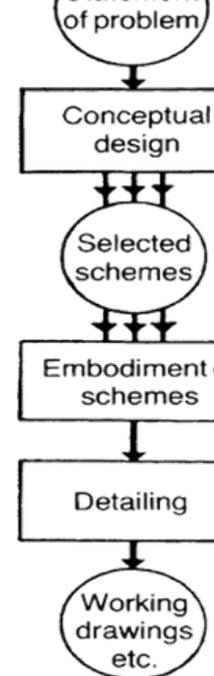


Imagen 1. 4 Prototipo limpiador de playa de la iniciativa 4Ocean

Finalmente, los comentarios de revisar esta iniciativa quedarían como:

CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIÓN
Autónomo	Híbrido, ya que requiere conducción por control remoto
Sistema de recolección	Es sistema de vibración
Sistema de locomoción	Son ruedas de oruga
Es comercial o es un prototipo	Prototipo comercial

Tabla 1.5 Elaborado con los comentarios correspondientes



1.1.5 Garbage Collection Robot on the Beach Using Wireless Communications

En el instituto de Ciencia y Tecnología de RAM Apuran India [16], Un grupo de estudiantes de ingeniería electrónica desarrollaron un robot recolector de basura en playa que se comunicaba a través de una aplicación para ser controlado de forma remota. Este se construyó en una base con ruedas de tipo oruga. La potencia era obtenida mediante una batería de 12V 30Ah conectada a unas celdas solares de 40W.

El robot se comunica a través de bluetooth cuyas instrucciones son procesadas con un pic18F4550. Este es también equipado con una cámara que se conecta por un protocolo IP.

El robot demostró tener retrasos en su implementación dependiendo de la distancia en la que se encuentre el operador de la unidad. Así mismo, la movilidad del robot depende de la aplicación que comunica los comandos a través de comunicación bluetooth, teniendo un rango limitado a 20 metros. Su interfaz presenta también la imagen enviada por la cámara montada en el robot para tener una idea clara de lo que está haciendo.

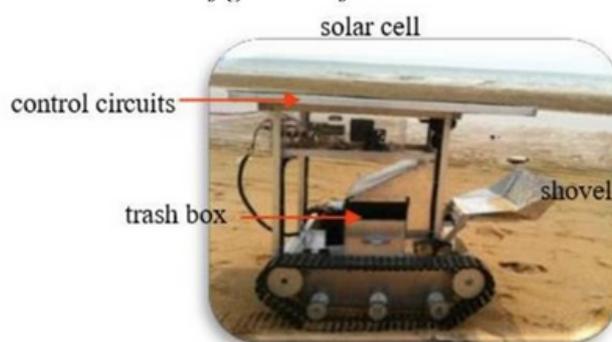


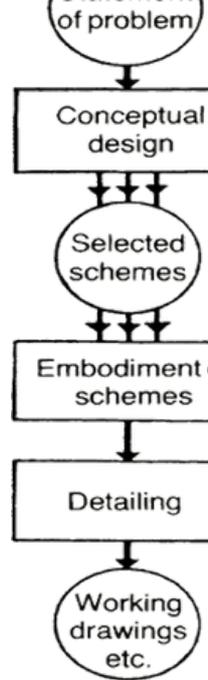
Imagen 1. 5 Prototipo limpiador de playa del artículo: Garbage Collection Robot on the Beach Using Wireless Communications

Al final, me sigue pareciendo una buena propuesta que logra su cometido que es ayudar a mitigar la contaminación de la playa. Y presenta soluciones de recolección similares a los anteriores. Así como una locomoción por orugas muy común en este tipo de máquinas.

Puedo obtenerlo siguiente:

CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIÓN
Autónomo	Híbrido, ya que requiere conducción por control remoto
Sistema de recolección	Es un recolector tipo bulldozer
Sistema de locomoción	Ruedas de oruga
Es comercial o es un prototipo	Prototipo no comercial

Tabla 1.6 Elaborado con los comentarios correspondientes



1.2 ¿QUÉ BUSCO CON ESTO?

Después haber planteado la necesidad y la problemática de la contaminación en algunas playas de México y del mundo, creo que la acción de diseñar una maquina capaz de mitigar el volumen de residuos atorados entre el océano y la playa es fundamental.

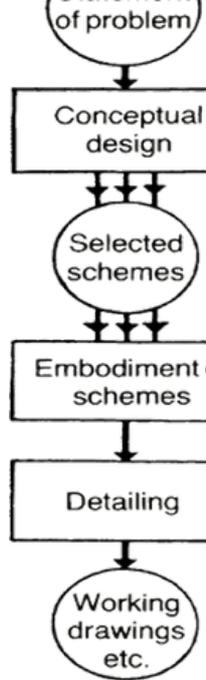
La búsqueda anterior me da pauta para poder establecer los objetivos de diseño, además de poder plantear todavía más supuestos y áreas de trabajo definidas en el diseño de esta máquina para limpiar arena.

Por lo que me parece prudente establecer el objetivo de este trabajo, que es: Desarrollar el concepto de un producto ingenieril para proporcionar un sistema de recolección de residuos en un ambiente de playa. describiéndolo con dibujos, esquemas y principios de diseño.

Como objetivos secundarios propongo:

- Buscar generar estos conceptos con bosquejos iterativos
- Realizar un diagrama funcional del sistema para su descripción
- Generar una prueba de concepto para hacer tangible las ideas generadas.

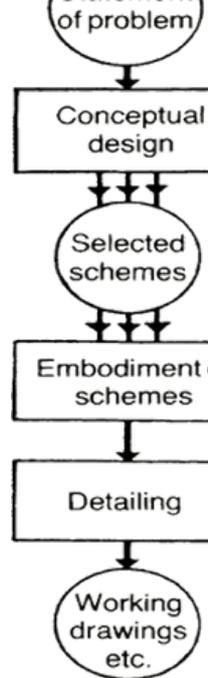
Cabe recalcar que estaré refiriéndome al concepto como "Cosa" ya que, la solución es muy difusa y sin características dadas en concreto. Por lo que se me hace un nombre adecuado para ir describiendo a este ente que se ira formando conforme se avance en este escrito.

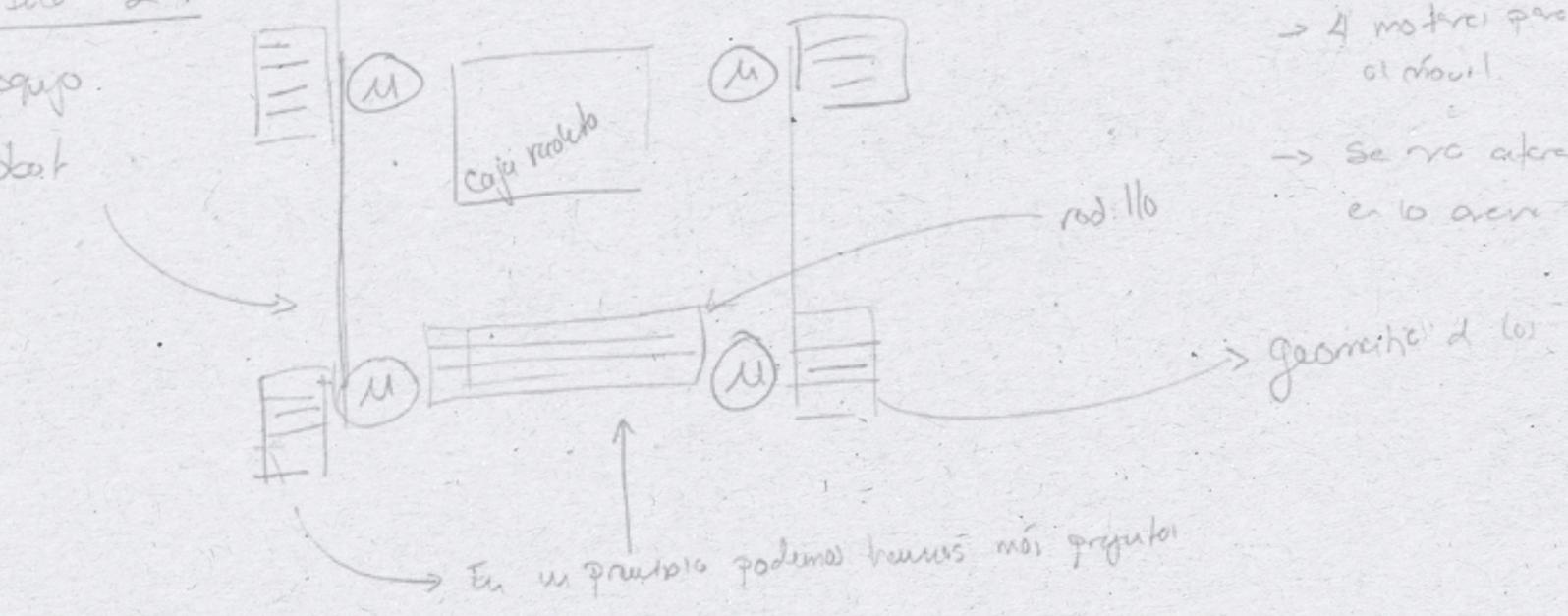


REFERENCIAS DEL CAPÍTULO UNO

1. A. Navarro. (2016, noviembre 22). "¿Por qué diseñamos?" Designaholic. [En línea]. Disponible en: <https://designaholic.mx/disenio/por-que-disenamos/#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20es%20esa%20capacidad,darle%20emo%20ci%C3%B3n%20y%20generar%20experiencias>. [Accedido: 16-jun-2024].
2. M. J. French, *Conceptual design for engineers*. Springer, 1999. DOI: 10.1007/978-1-4471-3627-9. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3627-9>. [Accedido: 16-jun-2024].
3. K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos: enfoque multidisciplinario*, 2004.
4. M. Lewrick, P. Link y L. Leifer, *The Design Thinking Playbook: Mindful Digital Transformation of Teams, Products, Services, Businesses and Ecosystems*. John Wiley & Sons, 2018.
5. Parlamento Europeo, "Plásticos en el océano:datos, consecuencias y nuevas normas europeas (Infografía)," 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20181005STO15110/plasticos-en-el-oceno-datos-efectos-y-nuevas-normas-europeas-infografia>. [Accedido: 16-jun-2024].

7. Conexión Cinvestav, "Contaminación plástica," 2023. [En línea]. Disponible en: <https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/contaminaci243n-pl225stica>. [Accedido: 16-jun-2024].
8. Ocean Conservancy, "Plastics and Climate," [En línea]. Disponible en: <https://oceanconservancy.org/climate/plastics-climate/>. [Accedido: 16-jun-2024].
9. Conexión Cinvestav, "Turismo, principal actividad que genera contaminación plástica en playas de Yucatán," 2023. [En línea]. Disponible en: <https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/turismo-principal-actividad-que-genera-contaminaci243n-pl225stica-en-playas-de-yucat225n>. [Accedido: 16-jun-2024].
10. US EPA, "La importancia de la protección de las playas," 2024. [En línea]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-proteccion-de-las-playas>. [Accedido: 16-jun-2024].
11. A. Indiran et al., *IV. ASC-2022/Fall Congress Hosted by - Change & Shaping The Future: Proceeding Book*. HOLISTENCE PUBLICATIONS, 2023.
12. Assoc. Prof. H. Ş.-Prof. Dr. S. E. E.-Prof. Dr. A. J.-Prof. Dr. M. A.-Dr. I. F.-Dr. L. Indiran, IV. ASC-2022/Fall Congress Hosted by - Change & Shaping The Future: Proceeding Book. HOLISTENCE PUBLICATIONS, 2023.
13. Indian Institution of Industrial Engineering (IIIE), NHQ- Mumbai, "61st National Convention of Indian Institution of industrial Engineering & 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2019)," 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jainesh-Sarvaiya/publication/363090219_Full_ICIE_2019_Surat_Proceeding_Book_Dr_Ravi_Kant/links/630dabe661e4553b954be0fc/Full-ICIE-2019-Surat-Proceeding-Book-Dr-Ravi-Kant.pdf#page=856. [Accedido: 16-jun-2024].
14. IEEE Xplore, "Development of an autonomous beach cleaning robot 'Hirottaro'," 2016. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7558676>. [Accedido: 16-jun-2024].
15. 4ocean, "4ocean x Poralu BeBot," [En línea]. Disponible en: <https://www.4ocean.com/pages/4ocean-x-poralu-bebot>. [Accedido: 16-jun-2024].
16. N. Varuneshreddy y K. Nikhil, "Garbage collection robot on the beach using wireless communications," oct. 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.ijresm.com/Vol_1_2018/Vol1_Iss10_October18/IJRESM_V1_I10_80.pdf. [Accedido: 16-jun-2024]





02

ASUMIENDO ALGUNAS COSAS DE LA COSA

Dibujos e Iteraciones Conceptuales del Diseño

En Toshiba creían que "...el producto en si no es tan importante. primordialmente es la intención con la que generan las ideas". [1, p. 47]

El diseño conceptual [1] aborda el problema y genera soluciones generales en forma de esquemas. Esta es la fase más exigente para el diseñador, donde hay mayores oportunidades para introducir mejoras notables y sorprendentes. Es el momento en el que la ingeniería, los conocimientos prácticos, los métodos de producción y los aspectos comerciales se integran, y se toman las decisiones más importantes.

Después de ahondar en la problemática en el capítulo anterior, ahora toca enfocarse¹ en lo que vamos a realizar para poder presentar una propuesta correspondiente a satisfacer nuestro objetivo de tesis.

La forma en cómo plantear el diseño es similar a lo hecho previamente en este trabajo, a partir de preguntas y respuestas siguiendo una narrativa de construcción de historia, muy similar al "Design thinking". [2] Esta metodología es característica por presentar un proceso no lineal e iterativo que se ocupa para entender a los usuarios, cuestionar suposiciones, redefinir problemas y crear soluciones innovadoras.

Por lo anterior propongo bosquejos rápidos y soluciones prematuras para ir conceptualizando finalmente una topología y dar con un sistema preliminar con un sketch, o dibujo del prototipo.

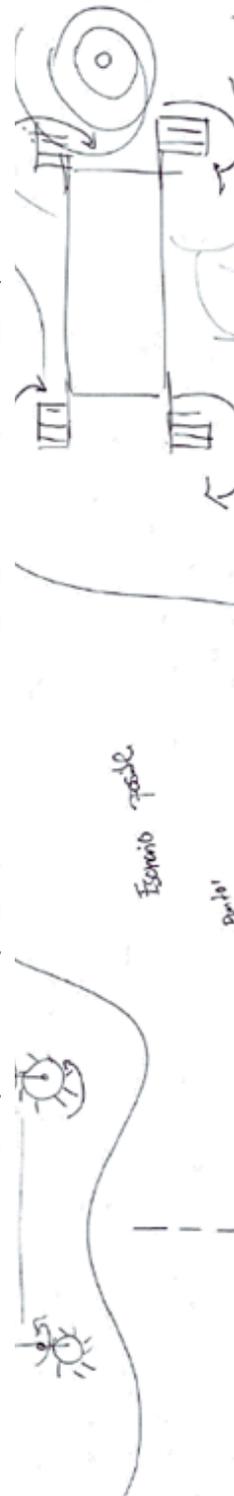
2.1 Y SI NO SE PUEDE ¿QUÉ?

Ahora recuperamos un poco la información que tenemos con respecto a este trabajo:

- Se busca conceptualizar una máquina
- Recogerá residuos en un ambiente cuya superficie de trabajo no es estable
- Estará en condiciones de humedad y a temperaturas altas.
- Lo delimitamos a residuos inorgánicos de cierto volumen como micro plásticos o por botellas de plástico.

Con esto sobre la mesa, es natural querer preguntarse ciertas cosas. Particularmente me surgieron las siguientes:

1. Este tipo de escritura es una invitación al lector a pensar que esta haciendo las mismas acciones que yo en este trabajo escrito.



- ¿Cuáles podrían ser los problemas para solucionar para esta nueva máquina?
- ¿Cómo se va a mover?
- ¿Cómo se va a comunicar con su ambiente (o la playa)?
- ¿Cómo lo vamos a proteger contra su hábitat?
- ¿Cómo va a cumplir con su propósito de limpiar la playa?

2.2 HAGAMOS UNA ENSALADA

Las preguntas anteriores dan cabida a tener en mente algunos dogmas o direcciones que se necesitan al iniciar un proceso creativo.

Los siguientes principios propuestos no son más que lo que a mí me gustaría seguir para poder atacar esta problemática. (cabe recalcar que pueden variar según los objetivos y experiencias del equipo de diseño. Así como de la filosofía de la empresa en la que se está diseñando).

Así que para la construcción de este concepto me gustaría poder guiarme con lo siguiente [3, p. 49]: **[Mencion mas pequenia]**

- Minimizar el rol de los mecanismos usando electrónica y software.
- Buscar el mejor rendimiento, desarrollando sistemas especializados en vez de diseños de propósito general.
- Hacer el mecanismo simple (Decrementa el número de partes movibles y minimiza la fricción).

Con esto como estandarte, ya es momento de proponer ideas generativas sobre las preguntas anteriores.



2.2.1 ¿Cómo se moverá la cosa?

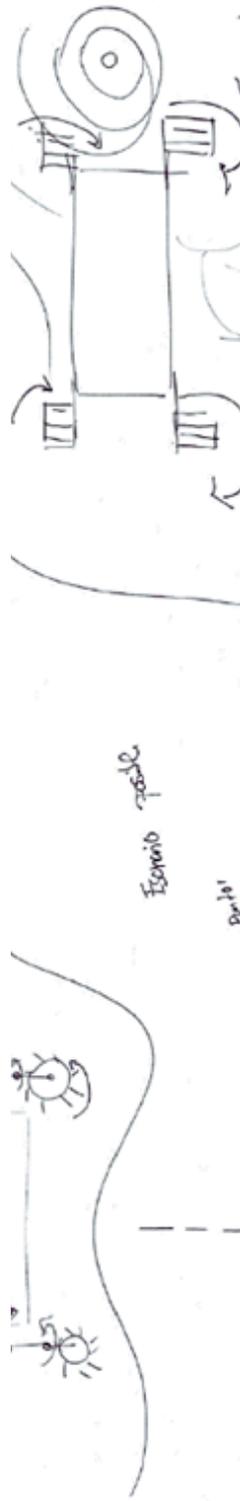
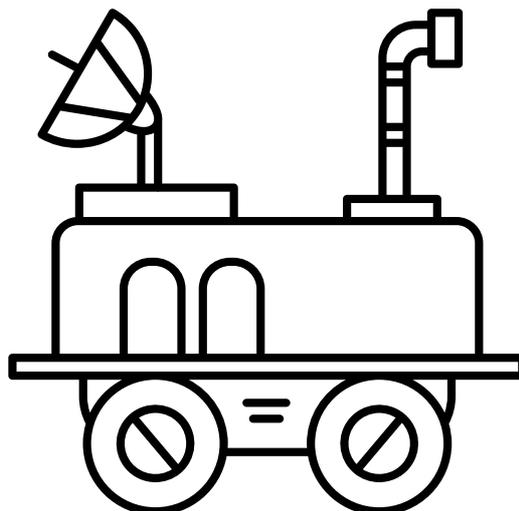
Existen varias formas en las que la cosa puede moverse. Se podría pensar en que esta utilizara a un operador para su uso o fuese totalmente autónoma; lo que uno busca es que tenga la menor intervención humana, lo ideal, es pensar en algún sistema para que los usuarios no tengan la necesidad de vigilarlo todo el tiempo.

Con esto, es natural visualizar en un robot, que permita realizar una acción repetitiva sin que tenga que estar siendo supervisada en todo momento.

Estos en sus configuraciones de locomoción pueden tener varios elementos como: ruedas omnidireccionales, con extremidades (bípedos, cuadrúpedos, hexápodos), con diferentes tipos de tracciones (y configuraciones de geometrías, etc.), voladores o incluso Deslizantes.

Las posibilidades pueden ser infinitas. Ahora lo importante en este caso es definir nuestras condiciones a tomar en cuenta, empezando por describir el terreno al que se va a enfrentar estando en la playa, que es un terreno inestable como es la arena.

Afortunadamente la NASA ha hecho un estudio similar sobre terrenos inestables definiéndolo como [4] "... un ambiente compuesto de partículas sueltas y granulares, como arena, grava o polvo..." Esto ocasiona que nuestra cosa, pueda tener dificultad de movimiento por las "... interacciones entre partículas y sistema de locomoción..." Una sugerencia es que haya una marcha cíclica a unas ruedas de la cosa. Esta solución sugiere algunos movimientos de tipo cangrejo. Con esto la maquina se puede adaptar a diferentes tipos de terreno de manera efectiva.



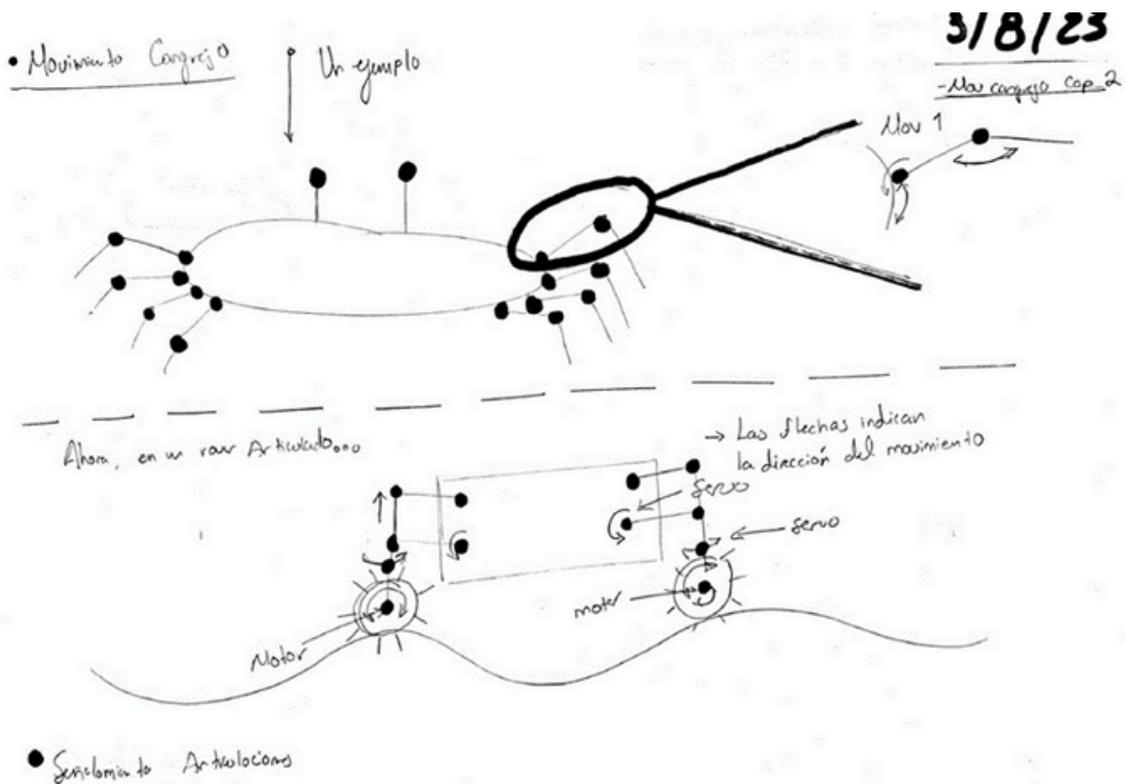
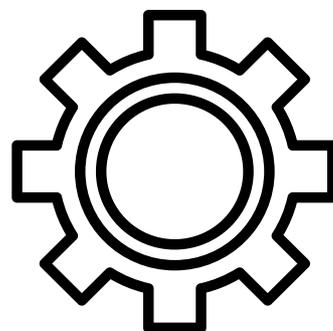


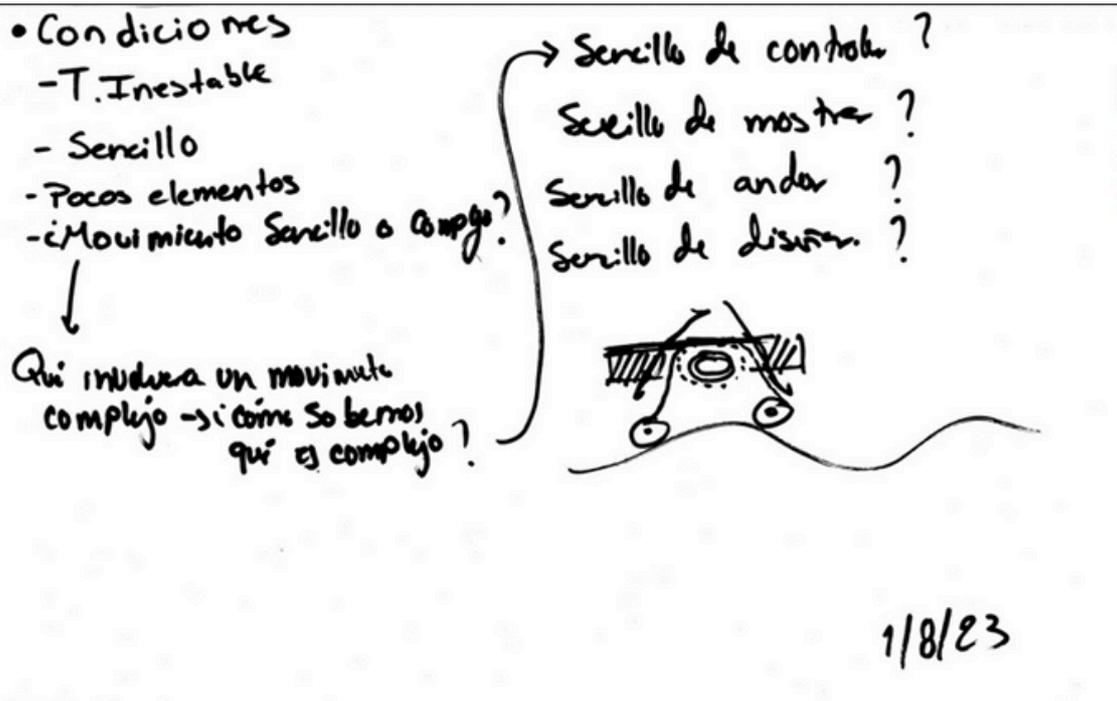
Imagen 2.1 Bosquejos de locomoción en ambientes granulares

Para proponer un tipo de movimiento quiero pensar en los principios del diseño redactados al inicio de este capítulo. Si bien, cuando decimos que algo es "simple" en mi concepción es la no robustez, o bien la poca complejidad del sistema.

¿Para ahondar en esto creo que es normal cuestionarse a lo que se le podría denominar un movimiento complejo?:

- ¿Que sea simple de controlar?
- ¿Que sea simple de montar?
- ¿Que sea simple en su funcionamiento?
- ¿Que sea simple en el andar?
- ¿Robustes con respecto a qué?





1/8/23

Imagen 2.2 Bosquejo y cuestionamientos sobre el proceso del concepto de “robustez”

Para evitar redundancias, propongo que cuando me refiera a algo “simple”, o no robusto, sea para definir a un sistema que tenga la menor cantidad posible de elementos mecánicos y electrónicos en su construcción, esto bien para ayudar en su mantenimiento.

En este apartado, sostuve una conversación con mi compañero Marco (ingeniero senior en hardware electrónico), me hizo notar que si bien, reduciendo la complejidad de ciertos elementos o interfaces, se transfiere a otras interfaces del diseño. Lo que es un factor para considerar en concepto de la máquina.

Primera Iteración:

Una primera propuesta para la locomoción sería empezar supuestos con un sistema de dirección tipo SKID [5, p. 64], en el cual la rotación del vehículo se logra mediante una diferencia en las velocidades de las ruedas izquierda y derecha. Sin embargo, este tipo de dirección conlleva un deslizamiento lateral, siendo característico de vehículos con ruedas no orientables.

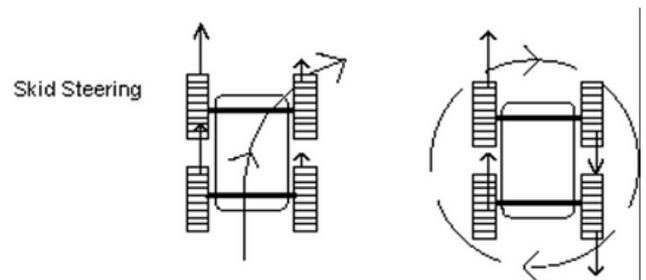


Imagen 2.3 Dirección tipo “Skid”

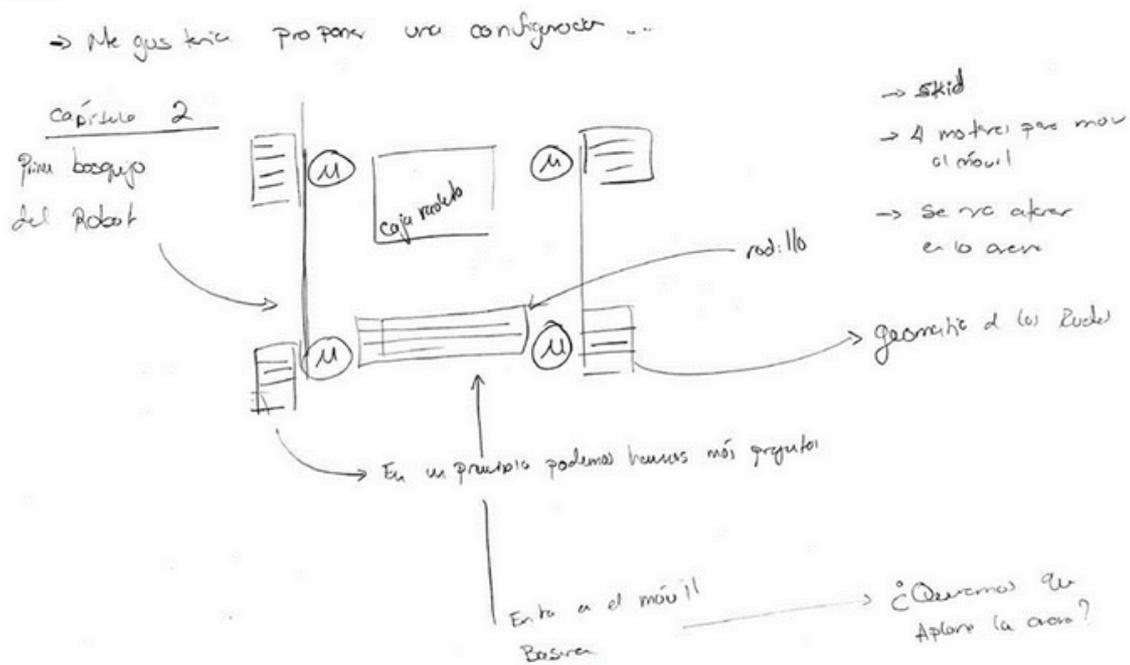


Imagen 2. 4 Bosquejos de la primera iteración, una configuración tipo SKID , con actuadores individuales en sus ruedas

Lo utilizaré como base para proponer y cuestionar las configuraciones e ideas que surjan en este proceso.

Los beneficios de este tipo de tracción o dirección son su gran versatilidad y la facilidad para realizar diferentes configuraciones en las ruedas cambiándolas de tamaño, poniendo una suspensión, aumentando el número de ruedas, etc. Esto es especialmente útil, ya que funcionaría como un robot de dos ruedas o diferencial, pero con más puntos de tracción. Además, su implementación se ve facilitada por el hecho de que solo requiere cuatro actuadores.

Ahora, es prudente preguntarnos cuáles son las dificultades de operar en terrenos granulares completamente inestables, como la arena. Según el artículo de Space Robots [4], "este tipo de terrenos son complicados ya que pueden actuar como sólidos, pero fluyen cuando se supera un esfuerzo de corte. El medio granular perturbado presenta desafíos para el movimiento debido a la acumulación asimétrica, ya que el medio granular ya no es homogéneo y predecible ... se ha observado que los robots con patas tienen dificultades para moverse cuando vuelven a entrar en terrenos granulares que han sido perturbados. Este problema se agrava en pendientes granulares, donde el terreno se debilita y el deslizamiento puede deformar las estructuras de soporte. Además, estos sistemas muestran un efecto de retroalimentación en el que la velocidad se reduce a medida que aumenta la perturbación del terreno. Para superar este problema, la forma en que el robot se mueve debe ser insensible o incluso ayudada por la perturbación del terreno que se crea durante la locomoción..."

Considerando esto, ¿cómo podemos garantizar que el robot sea ayudado por el sistema o sea insensible al terreno? Parece que la prioridad de la cosa debería ser avanzar, independientemente de las condiciones del hábitat.

Para ilustrar esto, podríamos explorar diferentes configuraciones en un escenario hipotético. Imaginemos una serie de imágenes que representen un escenario en el que la primera iteración del robot se estanca debido a las condiciones del terreno granulado.

¿Cómo podríamos salir de esta situación si el robot necesita ser insensible o aprovechar el terreno granulado para avanzar?

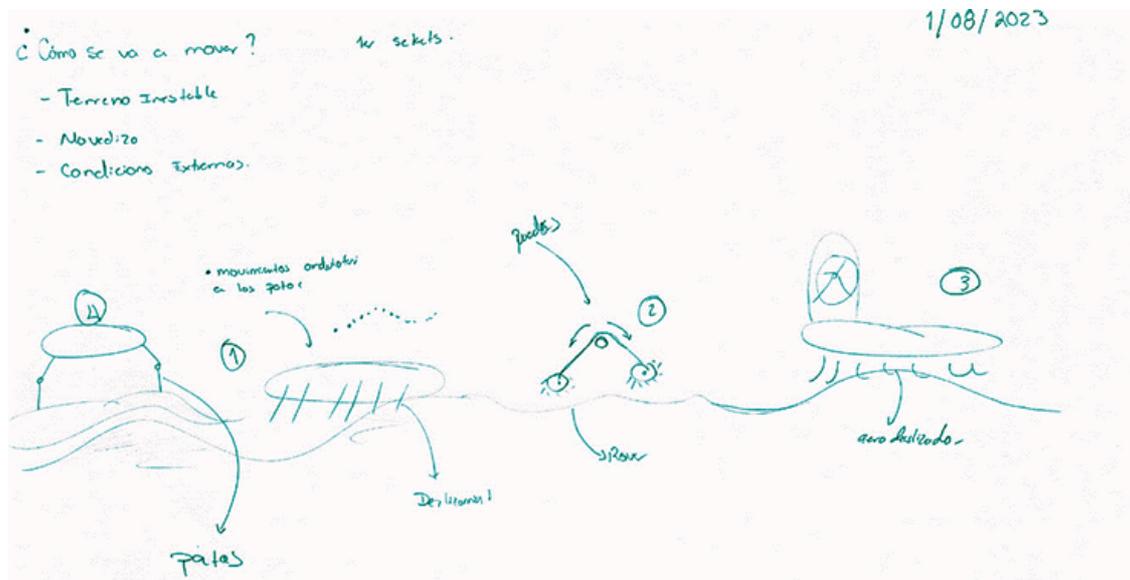


Imagen 2. 5 Bosquejos de las posibles iteraciones. 1) Locomoción bionspirada, 2) Robot Skid con suspensión móvil 3) Aerodeslizador, 4) Robot con extremidades para moverse.

Sigamos suponiendo y con la propuesta del tipo de locomoción "Skid" (o dirección de tipo deslizador), pensemos que hasta este momento no hemos tenido ninguna complicación y la cosa puede desplazarse sin problemas en la arena.

Al enfrentarse a una duna sumamente irregular (aunque redundante, dado que todo es irregular en este terreno), podrían surgir varios posibles escenarios:

Escenario A:

Donde el robot utiliza su diseño y configuración para adaptarse al terreno y superar la duna. Esto podría implicar ajustes automáticos en la distribución de la tracción, el ángulo de las ruedas o incluso la activación de algún mecanismo adicional para mejorar la estabilidad y el agarre en terrenos irregulares.

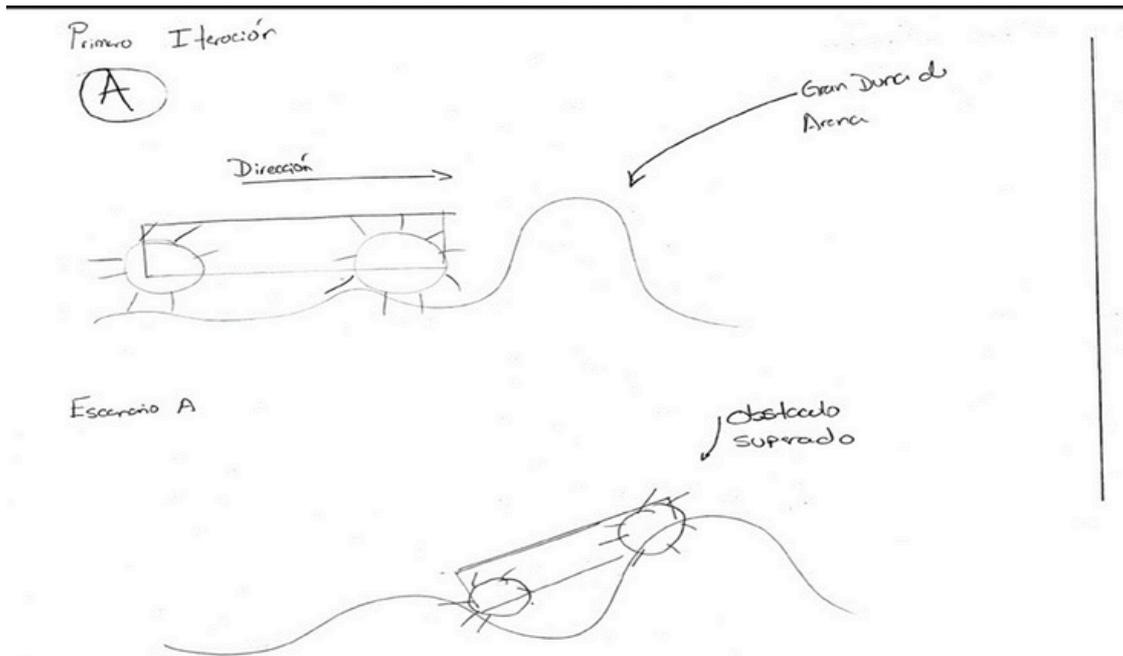


Imagen 2.6 Bosquejos del escenario A: Configuración skid, en una duna de arena

Podría pasar sin problemas y todos estarían contentos de que el obstáculo fue sobrellevado.

Escenario B

Donde el robot se encuentra con dificultades para ascender la duna debido a su forma y la falta de tracción en algunas áreas. Esto podría llevar a que la cosa se atasque o incluso retroceda, incapaz de superar el obstáculo de manera efectiva.

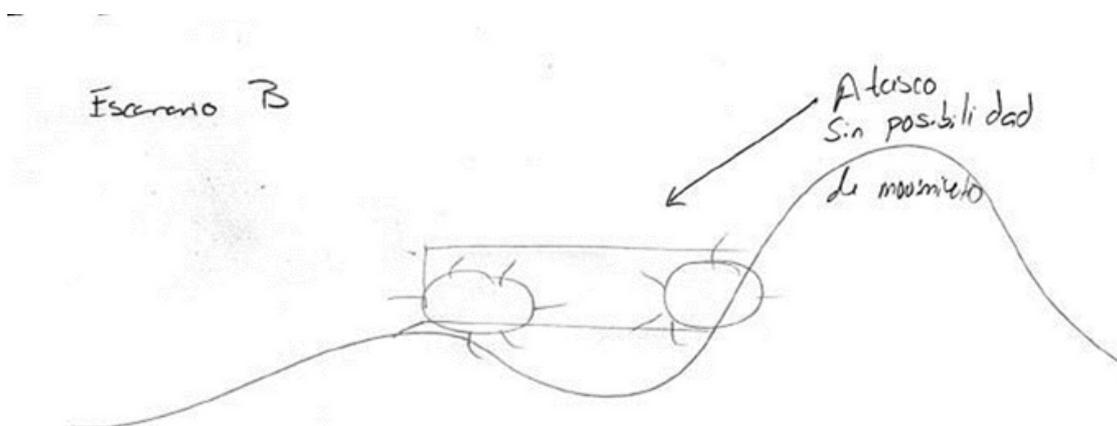


Imagen 2.7 Bosquejos del escenario B : Asumiendo el atascamiento de la locomoción skid.

Escenario C

Donde el robot incluso en la misma duna pueda quedar estancado sin poder girar ya que con el movimiento de las ruedas haga que se hunda cada vez más en la arena, como se observa en la imagen 2.8.

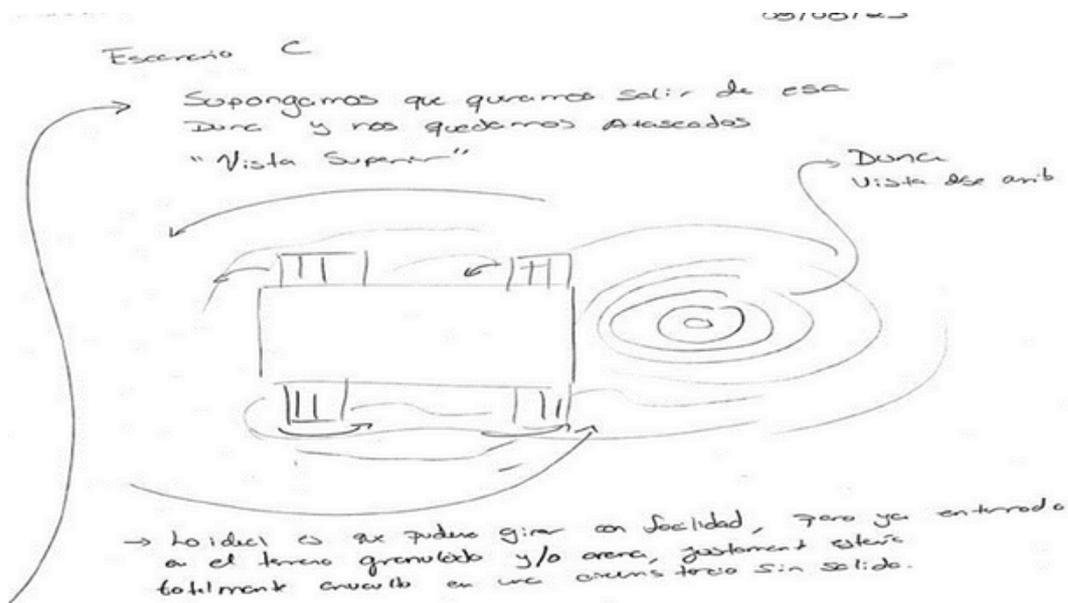


Imagen 2. 8 Bosquejos del escenario C: Asumiendo situación de atascamiento y hundimiento en la arena por esta configuración

Considerando lo anterior, resulta evidente que el diseño actual con cuatro ruedas independientes, si bien proporciona una mayor tracción; no contribuye significativamente a mejorar la autonomía de la cosa, o sea que requiere intervención humana para sobrellevar el atasco. Se necesita una mayor capacidad para sortear obstáculos y adaptarse a terrenos difíciles.

En este contexto, la propuesta de utilizar un sistema articulado, como sugiere la: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (National Aeronautics and Space Administration) NASA, por sus siglas en inglés, parece una opción pertinente. Permitiría al robot ajustar su forma y distribución de peso de manera dinámica, lo que podría mejorar su capacidad para superar obstáculos y mantener su movilidad en terrenos complicados.

Esto aumenta significativamente la autonomía y eficacia del robot al enfrentarse a desafíos en terrenos granulares como la arena.

En retrospectiva, es evidente que habría sido sensato llegar a esta solución desde el principio. Sin embargo, creo que, al enfrentarme al problema del estancamiento de la cosa en la primera iteración, ayuda a adquirir una valiosa experiencia que me da una nueva perspectiva más clara de mis ideas sobre cómo conceptualizar el movimiento.

Suponiendo que nos encontremos con la misma problemática, propongo que la cosa no solo sea capaz de desplazarse, sino también de escalar obstáculos, convirtiéndose en un cuadrúpedo. (Imaginen algo así como una cosa híbrido entre un robot articulado y diferencial), capaz de combinar las ventajas de un coche con la versatilidad de un cangrejo.

Esta nueva configuración híbrida nos permitiría enfrentarnos de manera más efectiva a los desafíos que presenta el terreno granular y otras superficies irregulares, ofreciendo una mayor capacidad de maniobra y adaptabilidad.

Segunda Iteración

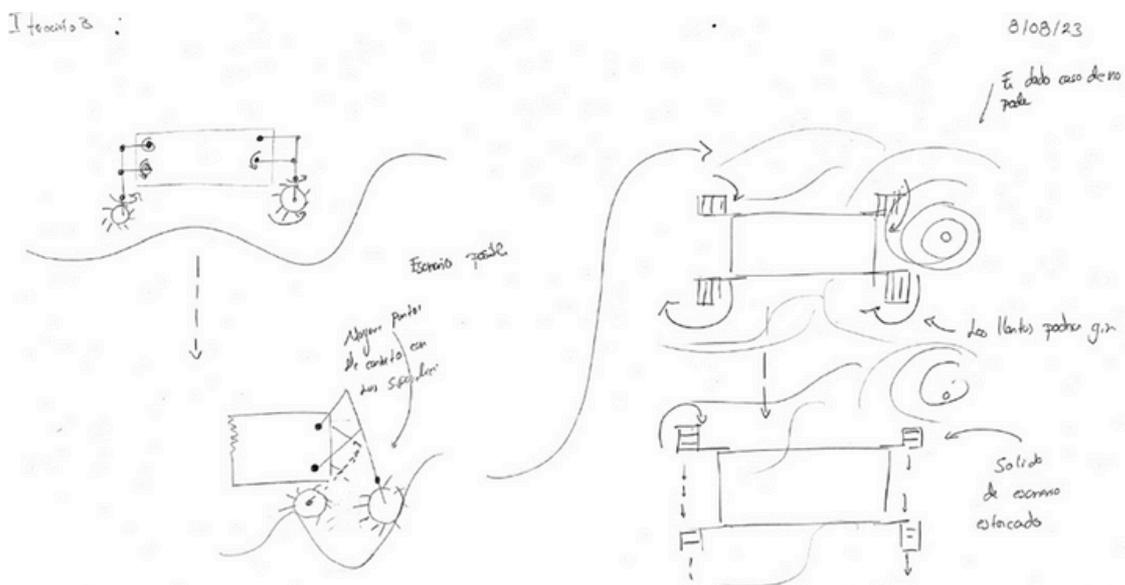
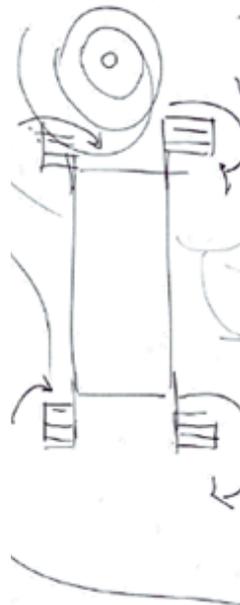


Imagen 2. 9 Bosquejos de la segunda iteración: Un robot articulado sorteador las dunas :

Este concepto nos ofrece la facilidad de sortear obstáculos de manera más efectiva, ya que el robot puede escalarlos o ajustar la orientación de sus ruedas para adaptar su trayectoria según sea necesario (como se ve en la imagen anterior). Esta versatilidad en el movimiento nos acerca al modelo que pueda modificar su dirección de manera casi instantánea, aunque aún enfrentamos algunas restricciones en cuanto a la movilidad.



A pesar de esto, sigo creyendo que, para simplificar el movimiento, deberíamos reducir el número de motores necesarios. Esto facilitaría la interacción del robot con el terreno granulado, que puede ser altamente cambiante. Al minimizar la complejidad de la interfaz entre el robot y la arena. Teniendo esto en la mesa, surgió el siguiente cuestionamiento:

¿Qué otras opciones podemos considerar para utilizar sólo dos actuadores en lugar de cuatro?

Podría adoptar una configuración tipo tanque, donde dos actuadores controlarían las velocidades de las ruedas en cada lado del robot, permitiéndole girar sobre su eje central al variar las velocidades de las ruedas.



Otra alternativa sería diseñar una transmisión de engranajes que conecte los ejes de las ruedas, permitiendo que se muevan de manera coordinada, similar a un robot diferencial.

También podríamos explorar una conducción tipo Ackerman, a pesar de que esto implica una mayor restricción en el movimiento. Esta opción llega a ser útil en escenarios que requieran una dirección más precisa, como terrenos con obstáculos estrechos.

Todas estas soluciones se leen prometedoras, pero considero que explorar otras geometrías (como rodillos o sistemas bionspirados), además de las tradicionales orugas y llantas, nos ofrecería una oportunidad adicional al mejorar el diseño.

Si optamos por una configuración helicoidal, podríamos perder algo de la versatilidad de movimiento que da el diseño actual, pero ganaríamos en otras habilidades únicas para la cosa. Se evitan atascos y simplemente deslizarnos por todos lados si es necesario, sin recurrir a un tercer actuador. Además, esta configuración ofrece una mejor protección para los actuadores y el propio concepto. Aunque se pierde velocidad, considero que esta es una excelente forma para explorar configuraciones no tan convencionales.

A decir verdad, esta fue una buena discusión con Alejandro ya que me dijo que no sería un movimiento tan eficiente, "si se quisiera asegurar un movimiento sin problemas, las orugas, serian una mejor opción ya que ofrece una mayor área de contacto con la arena, dándole mayor oportunidad para no estancarse".

En la universidad de Santiago, se desarrolló un estudio sobre propulsiones helicoidales sobre terrenos granulares, donde observaron que [6]: "...Cuando la hélice estaba suficientemente profunda en el medio granular, su rotación provocaba un movimiento propulsivo a lo largo del eje horizontal"

Al adoptar una configuración helicoidal, simplificaríamos el modelo en casi todos los aspectos de locomoción, ya que dejaríamos a la cosa con una configuración diferencial sin mecanismos externos (aunque podríamos agregar una reducción si fuera necesario).

Además, este enfoque reduciría el problema a la selección de motores con la capacidad suficiente para cargar el chasis y los residuos.

Tercera Iteración:

Con esta tercera iteración, congelaré la interfaz para comenzar a pensar en cómo abordar la recolección de basura. Adjunto la imagen del dibujo que representa esta idea.



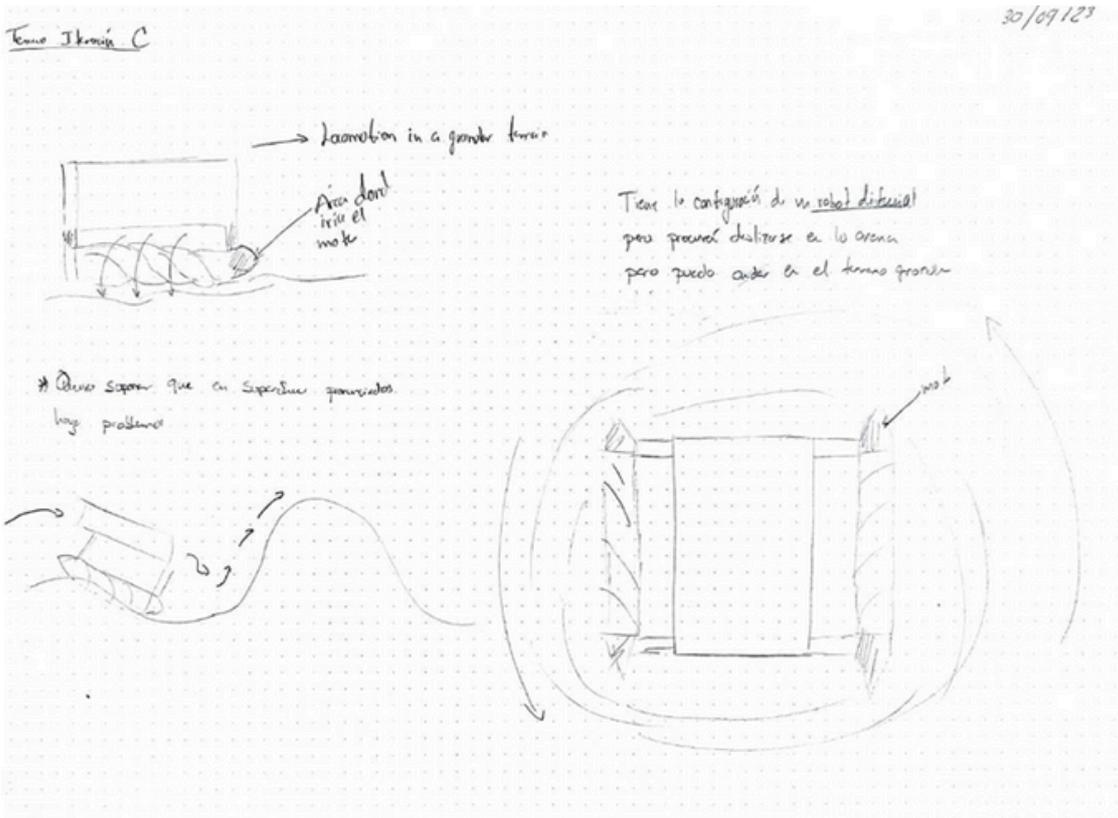


Imagen 2. 11 Bosquejos de diseño helicoidal : Asumiendo movimientos sobre la arena

Hasta este punto, parece que he adentrado rápidamente en la conceptualización de la cosa al proponer solo tres soluciones. Sin embargo, al sumergirme en el proceso de diseño y siguiendo el enfoque inspirado en el método de diseño "Design Thinking"; explorar y visualizar métodos divergentes de movilidad en terrenos granulares fue fundamental para llegar a conclusiones sobre el concepto.

Esto nos permitió iterar en cada una de las propuestas y, aunque podríamos continuar refinando los conceptos para simplificarlos aún más, he optado por aterrizarlos en este punto para seguir explorando y respondiendo más preguntas. Esto nos ayudará a desarrollar una propuesta concreta para la cosa y eventualmente llegar al diseño del primer prototipo en el futuro.

¿Como va a cumplir con su propósito de limpiar la playa?

Para continuar con nuestra exploración de configuraciones de recolección, considero importante presentar cómo se ve una playa sucia.

Si realizamos una búsqueda en Google con el término 'playa contaminada', encontraremos imágenes que muestran el aspecto desolador de estas áreas:



Imagen 2.12 Recorte de imagen realizada por la búsqueda en el sitio de Google imágenes bajo los términos “playa contaminada” playa contaminada - Búsqueda de Google

En los peores casos, una playa contaminada puede parecer más un terreno cubierto de grumos y rocas que una superficie granulada. El objetivo aquí es hacer evidentes los desafíos que nuestra cosa puede enfrentar al encontrarse con este tipo de entornos.

Una solución que podría venir a la mente de muchos es utilizar una pala y una bolsa para recoger los residuos. ¿Qué les parece si planteamos esta solución con el diseño actual del móvil, que corresponde a la iteración C?

¿Cómo nuestro diseño podría adaptarse y responder a las necesidades de limpieza en entornos como este?

Mientras divagamos un poco, una solución inicial y simple es incorporar un contenedor y unos brazos delanteros similares a los de un coche de construcción tipo Bulldozer; estos brazos podrían utilizarse para enterrar y recoger los residuos, facilitando así el proceso de limpieza en la playa contaminada.

Me permitiré bosquejarla cosa de la siguiente manera.



Imagen 2.13 Bulldozer

→ ¿Cómo programamos la Base?
Idea del Módulo C

30/09/23

Realización 1 - Buldozer

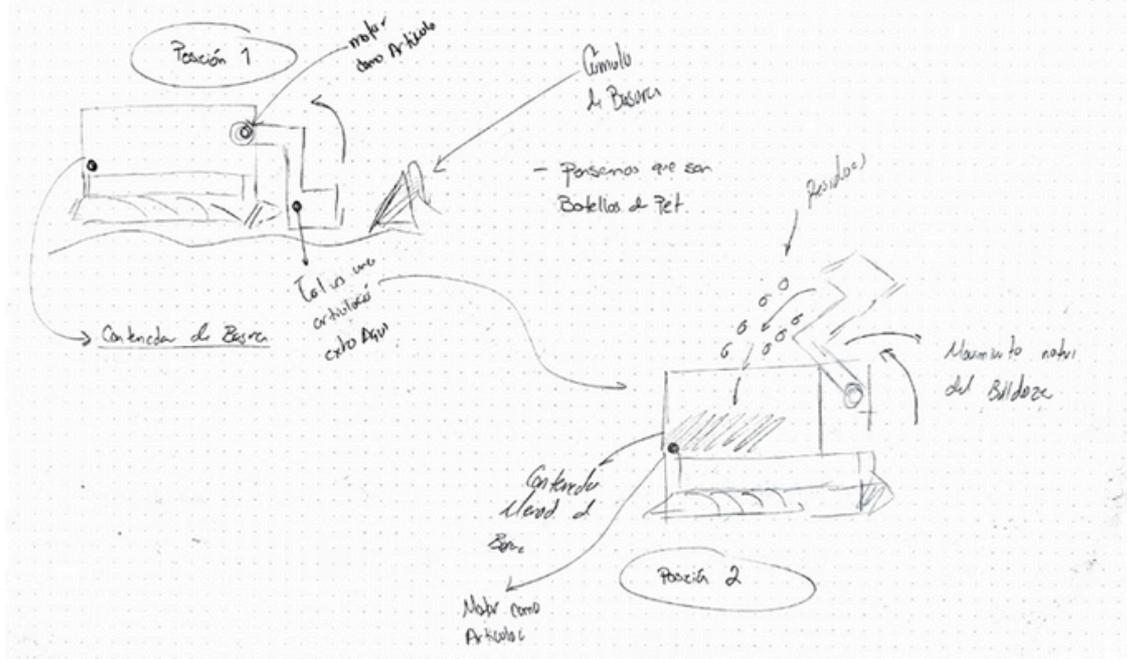


Imagen 2.14 Bosquejos de diseño helicoidal con configuración bulldozer

La idea inicial es bastante simple, pero aún hay aspectos que necesitamos abordar para mejorarla. Claramente, podemos seguir aplicando los principios de diseño que nos propusimos, como la simplicidad del modelo, la minimización de actuadores y elementos mecánicos, entre otros.

Sin embargo, aún no hemos determinado como depositar los residuos. Una posible solución sería agregar uno o dos actuadores que muevan el espacio de almacenamiento de residuos hacia atrás, similar a los camiones de carga. Este sistema se basaría en las articulaciones existentes y ciertas geometrías que facilitarían la deposición de los residuos en el contenedor.

Aunque podríamos continuar visualizando diversas variantes, sería más interesante evitar que el móvil se atasque. Dado que en este punto de las iteraciones no estamos seguros de si el móvil tendrá la fuerza suficiente para empujar la garra y enterrarse. Por otro lado, si opto por este enfoque, el sistema de recolección estaría compuesto por al menos cuatro motores (o idealmente dos, si son capaces de soportar el peso del contenedor y la garra), además del peso de los propios elementos del sistema, como el brazo y el contenedor en sí.

Este aumento en la complejidad del sistema podría generar preocupaciones adicionales, como el consumo de energía y la estabilidad de la cosa durante la recolección de residuos.

¿Qué pasaría si simplificamos los movimientos? Imaginemos un sistema en el que solo necesitemos pasar por encima de los residuos, utilizando un movimiento similar a la abducción en los ovnis (un tema fascinante que bien podría ser objeto de una tesis). Con este enfoque, podríamos reducir la cantidad de movimientos necesarios e incluso minimizar el proceso utilizando una garra que recolecte todo con pocos movimientos. Además, se puede utilizar este mismo sistema como un depósito para almacenar todo lo recolectado.

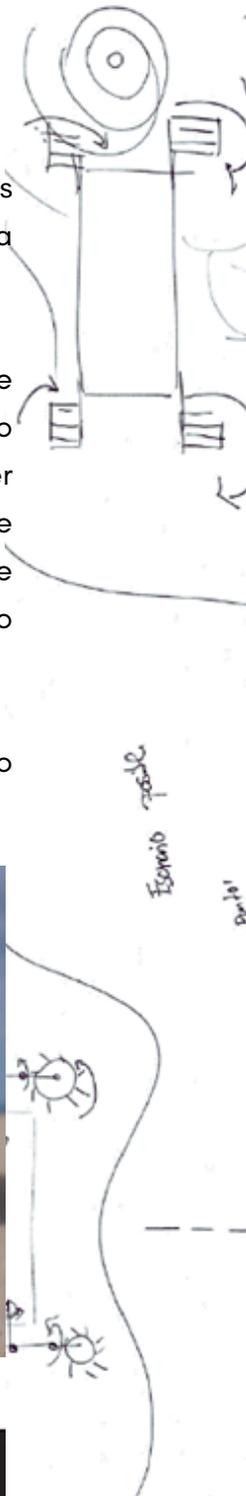
Existe un robot que tiene un movimiento similar al que estamos buscando, y creo que podríamos tomarlo como referencia para desarrollar nuestro diseño.



Imagen 2.15 Método de recolección de un prototipo comercial [7]: Identificando el objeto y aproximándose



Imagen 2.16 Método de recolección de un prototipo comercial [7]: Bajando su garra para recogerlo



El mecanismo para utilizar es muy parecido a una pinza que sube y que baja. Esta al momento de llegar a la altura necesaria para recoger el residuo, se cerrará a como se muestra en la imagen donde posteriormente terminará almacenando el residuo hasta que pueda ser recolectado por una persona.

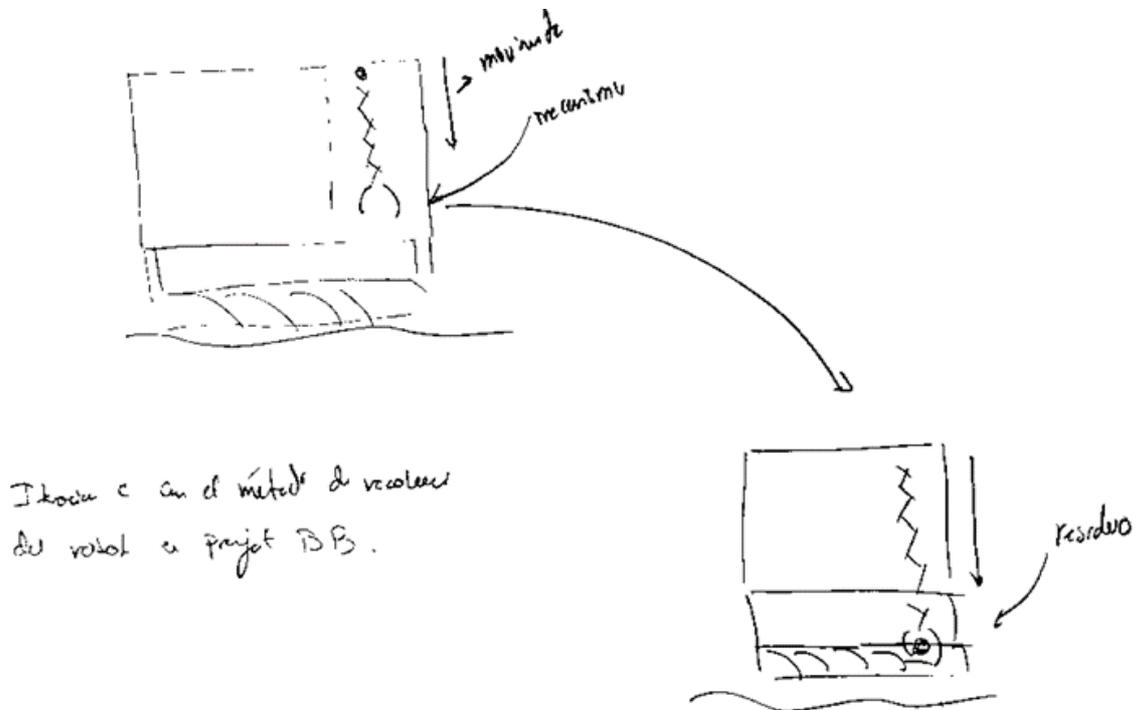


Imagen 2.17 Bosquejos de diseño helicoidal: aplicando el mismo sistema de recolección con una garral

2.3 ¿QUE NOS QUEDA?

Hasta el momento y con lo dibujado hemos contestado las preguntas de como se moverá la cosa y como recolectará.

El diseño conceptual de la cosa se ha establecido con un movimiento 'deslizante', lo que le proporcionará un comportamiento similar al de un robot diferencial, gracias a sus dos actuadores. Esta característica lo hace 'sencillo'. Además, he planteado una idea para la recolección de residuos, aunque implique un sistema relativamente complejo, resultará en un sistema interno de almacenamiento de residuos. Esto ayudaría a que sus componentes no estén directamente expuestos al hábitat.

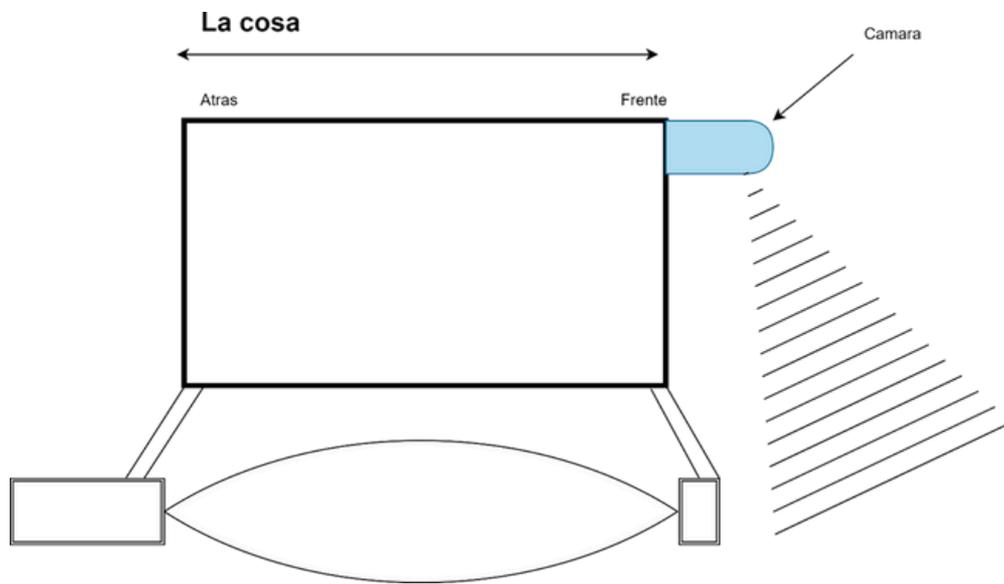


Imagen 2.18 Bosquejo preliminar de la cosa

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO DOS

[1] M. J. French, *Conceptual design for engineers*. Springer, 1999. DOI: 10.1007/978-1-4471-3627-9. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3627-9>. [Accedido: 16-jun-2024].

[2] “What is Design Thinking? — updated 2024”. The Interaction Design Foundation. Accedido el 8 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/design-thinking>

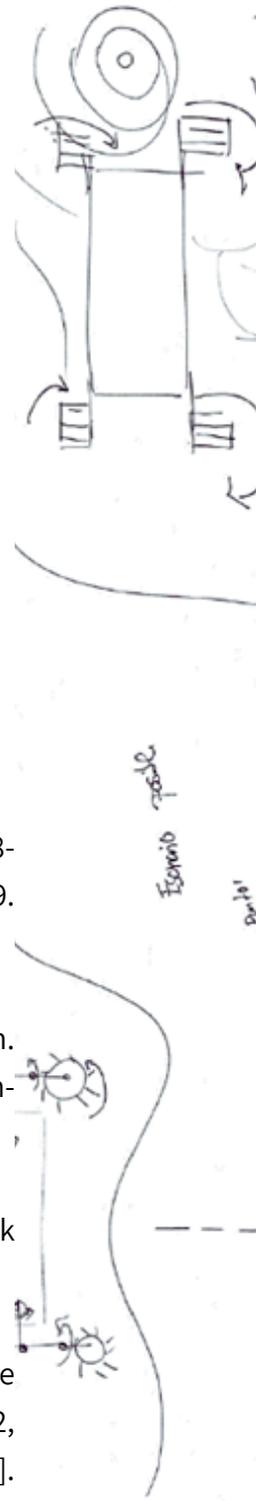
[3] J. Buur, *Mechatronics Design in Japan*, 2da reimpresión. Lyngby, Dinamarca: Iik Publication, 1990..

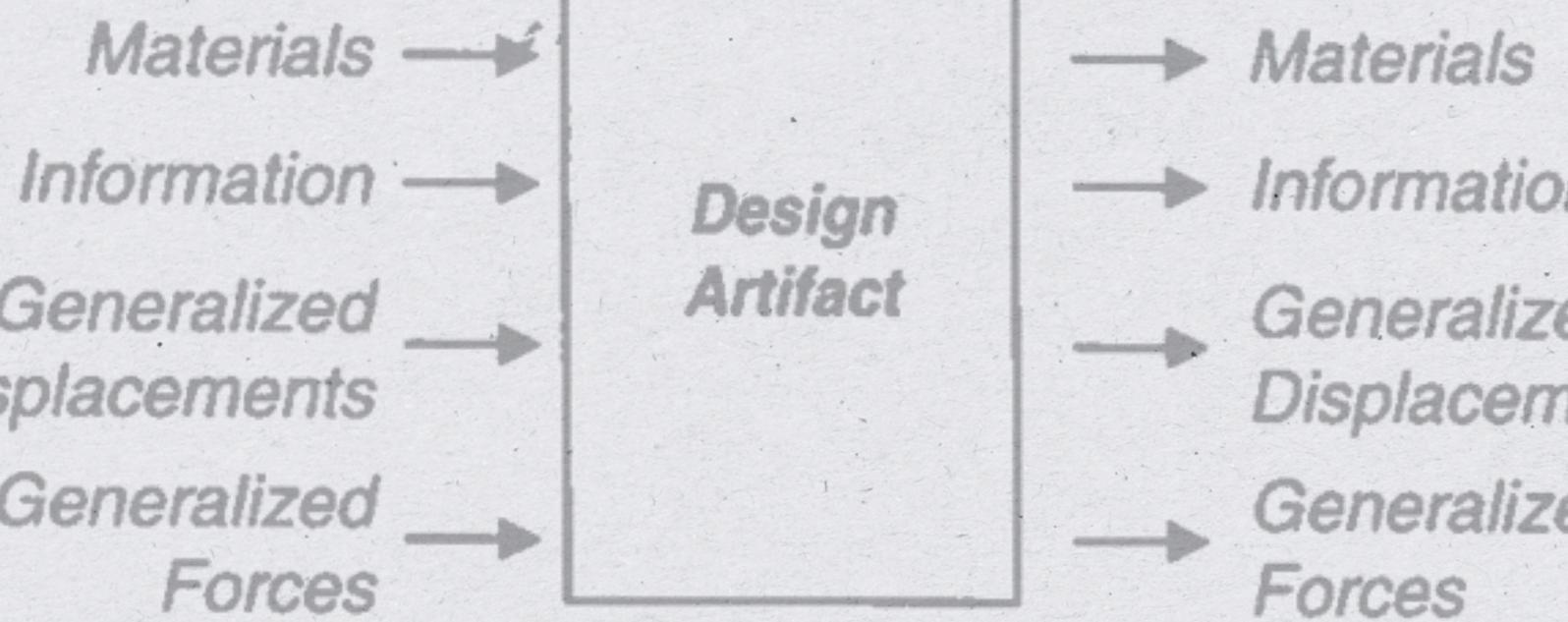
[4] S. Shrivastava et al., “Material remodeling and unconventional gaits facilitate locomotion of a robophysical rover over granular terrain”, *Sci. Robot.*, vol. 5, n.º 42, mayo de 2020, art. n.º eaba3499. Accedido el 8 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aba3499>

[5] J.-C. Fauroux, F. Chappelle, B.-C. Bouzgarrou, P. Vaslin, M. Krid y M. Davis, *Handbook of Research on Advancements in Robotics and Mechatronics*. IGI Glob., 2015.

[6] B. Darbois Texier, A. Ibarra y F. Melo, “Helical Locomotion in a Granular Medium”, *Physical Rev. Lett.*, vol. 119, n.º 6, agosto de 2017. Accedido el 8 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.119.068003>

[7] “Project.BB”. Project.BB. Accedido el 14 de julio de 2024. [En línea]. Disponible: <https://project.bb/>





03

LA COSA DECONSTRUIDA

Conceptualización del sistema

Hasta ahora solo he hablado de asumir y dibujar cosas, pero no he puesto nada que los describa funcionalmente, por lo que este capítulo está dedicado exclusivamente a poner en un esquema lo que involucra realizar la tarea principal de esta máquina que es recoger residuos.

Antes de cualquier otro movimiento, me parece justo definir lo que es un [1, p.12] sistema, siendo una combinación de componentes que actúan conjuntamente para alcanzar un objetivo específico. Lo que, a su vez, un componente es una unidad particular en su función del sistema.

Estos están sometidos a estímulos externos o internos que obtiene una respuesta para controlarlo o ver su comportamiento. Estos generalmente son fuerzas externas que accionan a las dichas llamadas funciones dentro del ente de la cosa (en el caso de un sistema puramente mecánico). Esquematizándolo se debería observar algo similar a esto:

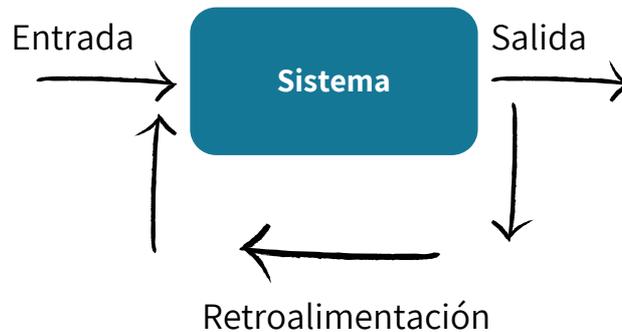
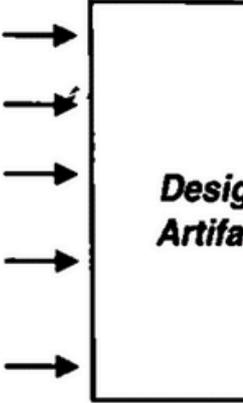


Imagen 3.1 Bosquejo de un sistema

Hay que tomar en cuenta que este puede estar retroalimentado para dar una corrección y compensar la salida.

Al tipo de relaciones en un sistema Jacob Buur lo llama "El nivel orgánico" que "se describe por las tecnologías y funciones principales cuando esta realiza alguna acción". Idealmente, la estructura orgánica es el resultado de acomodar tecnologías a las funciones del sistema". [2, p. 42]

Dicha estructura al fin y al cabo, puede distribuirse en dos formas [2, p. 44]: La espacial, que se "refiere a las relaciones entre los elementos del sistema que describe una posición relativa de los elementos" O sea, en donde podrían verse en el diseño y por otro lado también esta lo que Krause menciona como "Couplings" que me gustaría interpretar como "Distribución de conectores", esta son las relaciones entre los elementos del sistema que proveen transferencia de material, energía e información entre elementos" Lo que también debería involucrar las fuerzas a las que estará sometida todo el conjunto.



TIPO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA	EJEMPLO
Autónomo cambio de energía (por ejemplo, de eléctrica a mecánica)	Motor eléctrico convirtiendo electricidad en movimiento mecánico
Variación de componentes de energía (por ejemplo, amplificación de par de torsión)	Engranajes multiplicando el par en una máquina
Conexión de energía con una señal (por ejemplo, encendido de energía eléctrica)	Cables eléctricos transmitiendo electricidad a través de una red
Almacenamiento de energía (por ejemplo, almacenamiento de energía cinética)	Batería recargable almacenando energía para su uso posterior

Tabla 3.1 Tabla de ejemplos de conversión de energía [3, p.175]

Algunos ejemplos que engloban la idea de los intercambios y conversiones de esto son lo siguiente:

TIPO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA	EJEMPLO
Cambio de materia (por ejemplo, licuar un gas)	Convertir gas en estado líquido
Variación de dimensiones del material (por ejemplo, laminar chapa metálica)	Reducir el grosor de una lámina de metal mediante laminación
Conexión de materia con energía	Transferencia de Potencia
Conexión de materia con señal	Cortar el suministro de vapor
Canalización de material (por ejemplo, extracción de carbón)	Minar carbón de una mina
Almacenamiento de material (por ejemplo, almacenar grano en un silo)	Silo utilizado para almacenar granos

Tabla 3.2 Tabla de ejemplos en conversión de materia [3, p.175]

TIPO DE CONVERSIÓN DE SEÑALES	EJEMPLO
Cambio de señales (por ejemplo, de mecánicas a eléctricas o de continuas a intermitentes)	Convertir una señal mecánica en una señal eléctrica
Variación de magnitudes de señal (por ejemplo, aumentar la amplitud de una señal)	Amplificar mediciones de señales
Conexión de señales con energía (por ejemplo, amplificación de mediciones)	Adaptar señales para su uso en sistemas de control
Conexión de señales con materia (por ejemplo, marcar materiales)	Etiquetar productos en una línea de producción
Conexión de señales con señales (por ejemplo, comparar valores objetivo con valores reales)	Verificar si una medición está dentro de los límites deseados
Canalización de señales (por ejemplo, transferir datos)	Enviar datos entre dispositivos o sistemas

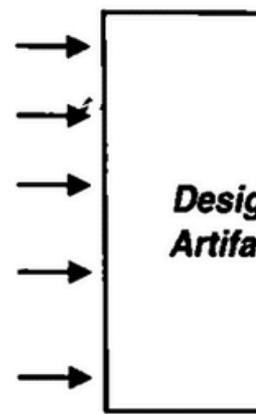


Tabla 3.3 Tabla de ejemplos en conversión de señales [3, p.175]

Para terminar esto, me gustaría englobar que en las funciones podrían ser incluso denominados como [2, p. 44] "Órganos" que son una clase de entidades que consisten en partes que desprenden fenómenos físicos, químicos o biológicos para crear un efecto requerido o una función particular.

En el libro de Innovative Conceptual Design [4, p.19] dice: "Para desarrollar un nuevo postulado, siempre es bueno ver al producto como una caja negra con sus entradas y salidas" El propósito de esto que es que al artefacto diseñado es el que hace las transformaciones de información, energía o movimiento". El diseñador debe ser capaz de identificarlas además de definir las transformaciones que el producto debe realizar.

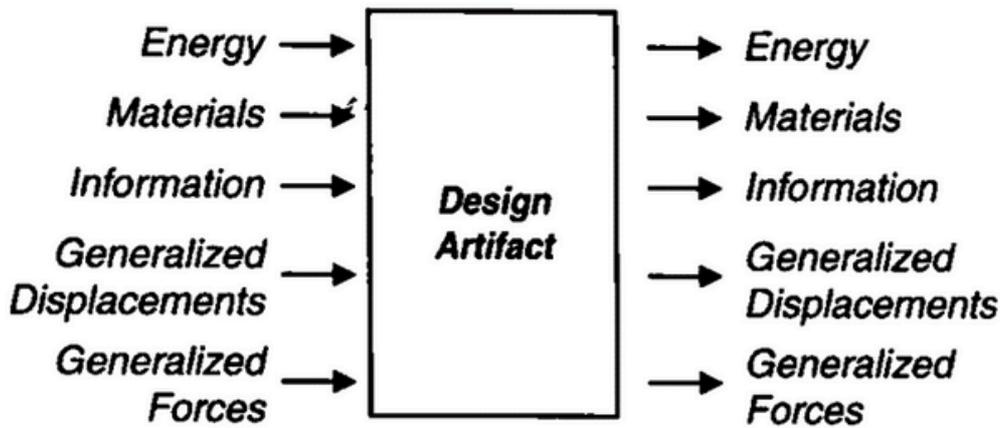
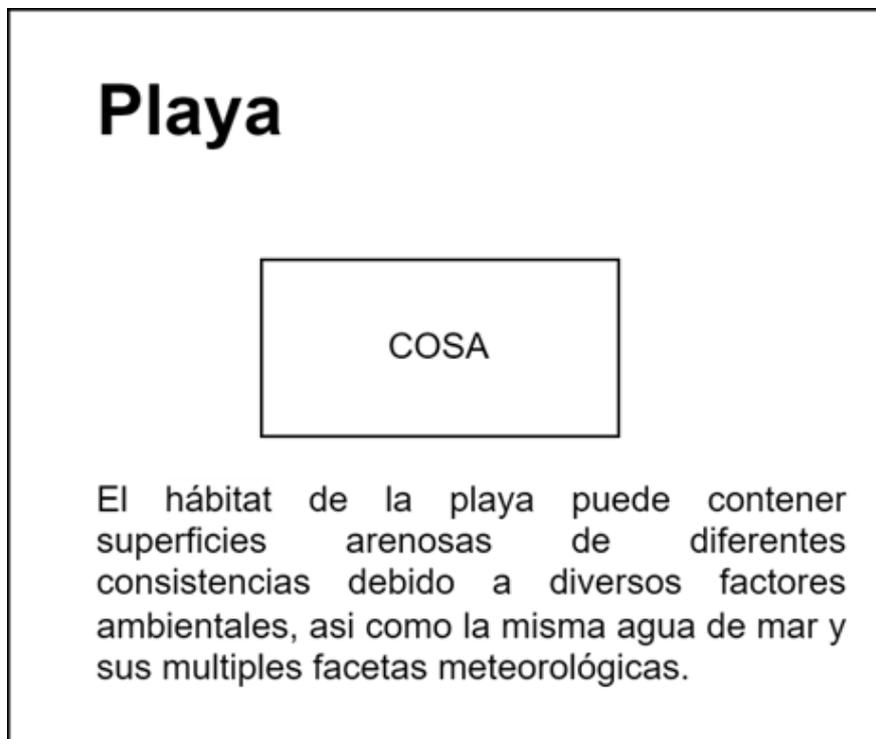


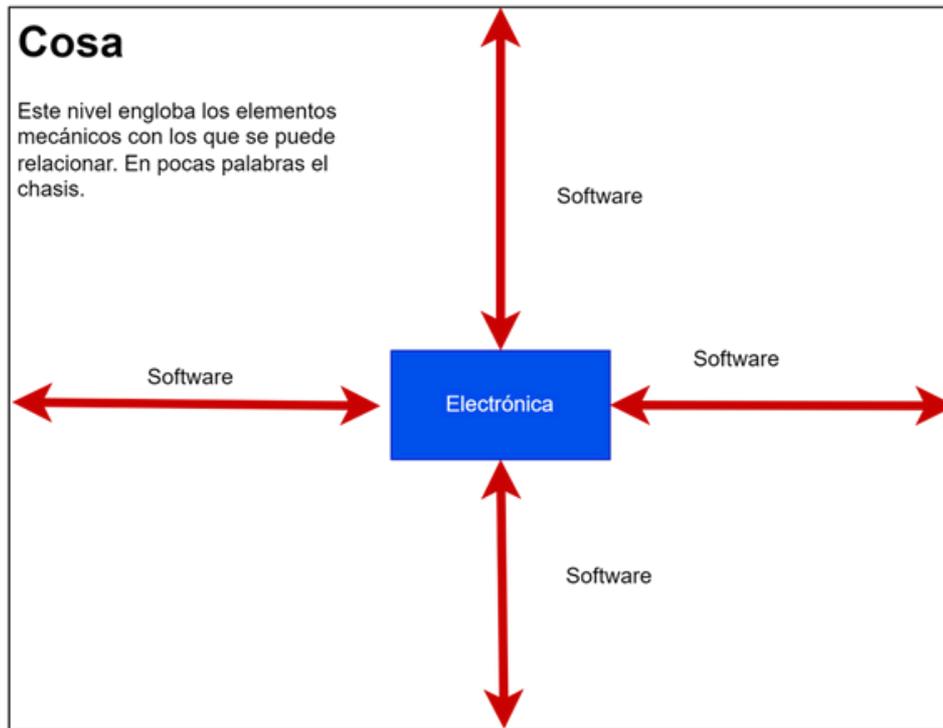
Imagen 3.2 Modelo de caja negra de un diseño de un artefacto con entradas y salidas [4, p.19]

El esquema 3.1 es una representación de la cosa con el hábitat de una forma simplificada. Tengo que recalcar que solamente pondré a la playa en algunas ocasiones para que no sea tan redundante, pero ayudara en sus descripciones y a tener un mejor entendimiento en como los órganos estarán funcionando con sus demás interfaces. Para esto, voy a empezar a hablar de diferentes aspectos sobre estas, por lo que creo prudente separar a los subsistemas que englobara el móvil como tal.



Esquema 3.1 Interfaz de la cosa con su hábitat con el cual estará en constante contacto. ((Corregir el diagrama)

Una Buena descripción de lo que imagino seria esto:



Esquema 3.2 Esquema de la configuración holística hipersimplificada

El chasis que protege los elementos orgánicos de la electrónica, comandado por el diseño de software, interviene en las interfaces mecánicas con las interfaces electrónicas. A esto lo llamo la configuración holística, que sería una forma hipersimplificada de ver al objeto.

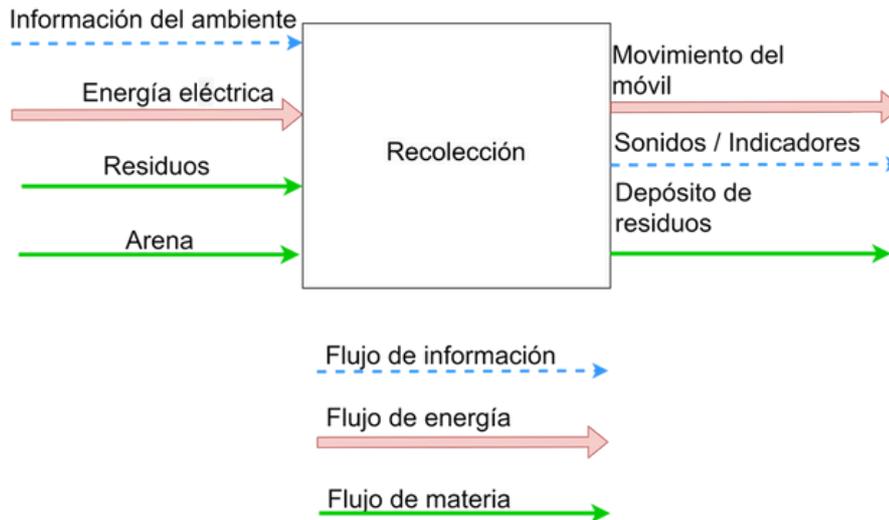
Algunos autores japoneses [5, p. 45] consideran que existen cinco tipos de órganos que generalmente integran a una gran mayoría de sistemas mecatrónicos: sensores, computadoras, actuadores, fuentes de energía y los mecanismos o la estructura. [2, p. 45]

Fujiwara Y Kajitani [2, p. 45], le encuentran cierto parecido a los órganos humanos: con los sentidos, el cerebro, las manos y las piernas. Ellos creen que el cuerpo humano es un sistema mecatrónico idealizado (algo que yo también comparto).

Ahora, conforme vaya deconstruyendo y haciendo las relaciones de los sistemas entre si, iré describiendo los componentes y los símiles con los órganos que hemos puesto en la mesa para que se puedan identificar.

3.1 JUGANDO A SER DIOS (BUSCANDO EL CONCEPTO)

Como empezamos a ver en el capítulo 2, dibuje a partir de una idea que teníamos, pero realmente no hemos puesto el diagrama de bloques enunciándola con sus relaciones.

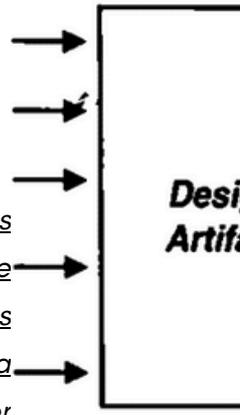


Esquema 3.3 – Primera abstracción de la cosa

Esta figura engloba las entradas y salidas de la función principal en el objeto. Puedo decir que es como la forma más superficial y abstracta del ente que todavía está en concepción.

La información que entra es sobre el ambiente: los residuos que vamos a recoger y obstáculos a evitar (por lo menos en esta iteración). Por otro lado, las salidas de este tipo serán sonidos e indicadores resultado de las interacciones entre el objeto y el ambiente, o bien parte de las decisiones que este deba tomar para cumplir con la función principal. Así mismo, la energía en el sistema es para alimentarlo y que se mantenga de forma autónoma. Internamente, esta puede ser manejada y administrada por otro subsistema. En cuanto al resultado de la energía suministrada, esto se verá reflejado en el movimiento del objeto para buscar los residuos en el hábitat. Por último, las entradas y salidas de materia serán los mismos residuos y parte de la arena que pueda tener al recolectar sus objetivos.

Ahora en [4, p.20], menciona que "...la función principal debe ser estudiada más a fondo, refinarse, cuantificarse y descomponerse en subfunciones. Esta tarea se tornará en una descripción un poco más detallada de las características particulares del producto. En un diseño complejo, podría requerir que se reduzca la función principal a subfunciones más pequeñas y manejables que puedan ser asignadas a diversos diseñadores o equipos de desarrollo..."

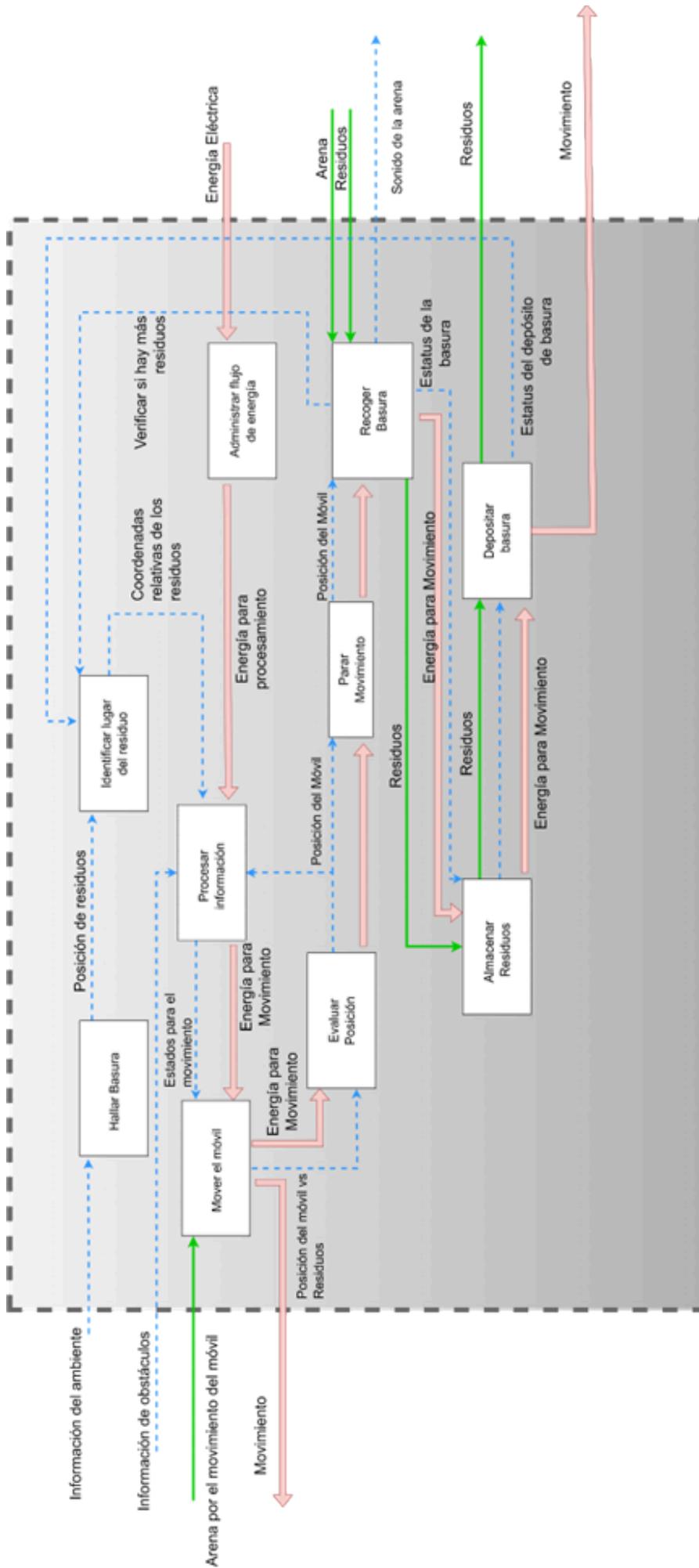


El siguiente esquema es resultado de ese ejercicio, a lo que le llamo "La Segunda abstracción"

Todo el entramado gris que mantiene a los órganos es prácticamente la función principal de recolección de residuos. Las entradas y salidas ya están más especificadas en los bloques o subsistemas internos, con sus debidas funciones enunciadas. Esto es para que en el siguiente nivel pueda desglosarlo con un poco más de detalle. Ayudará a identificar más las características de los elementos que necesitaremos para poder entrar en la siguiente fase. Por el momento, las describiré para que tenga más sentido al leerlas.

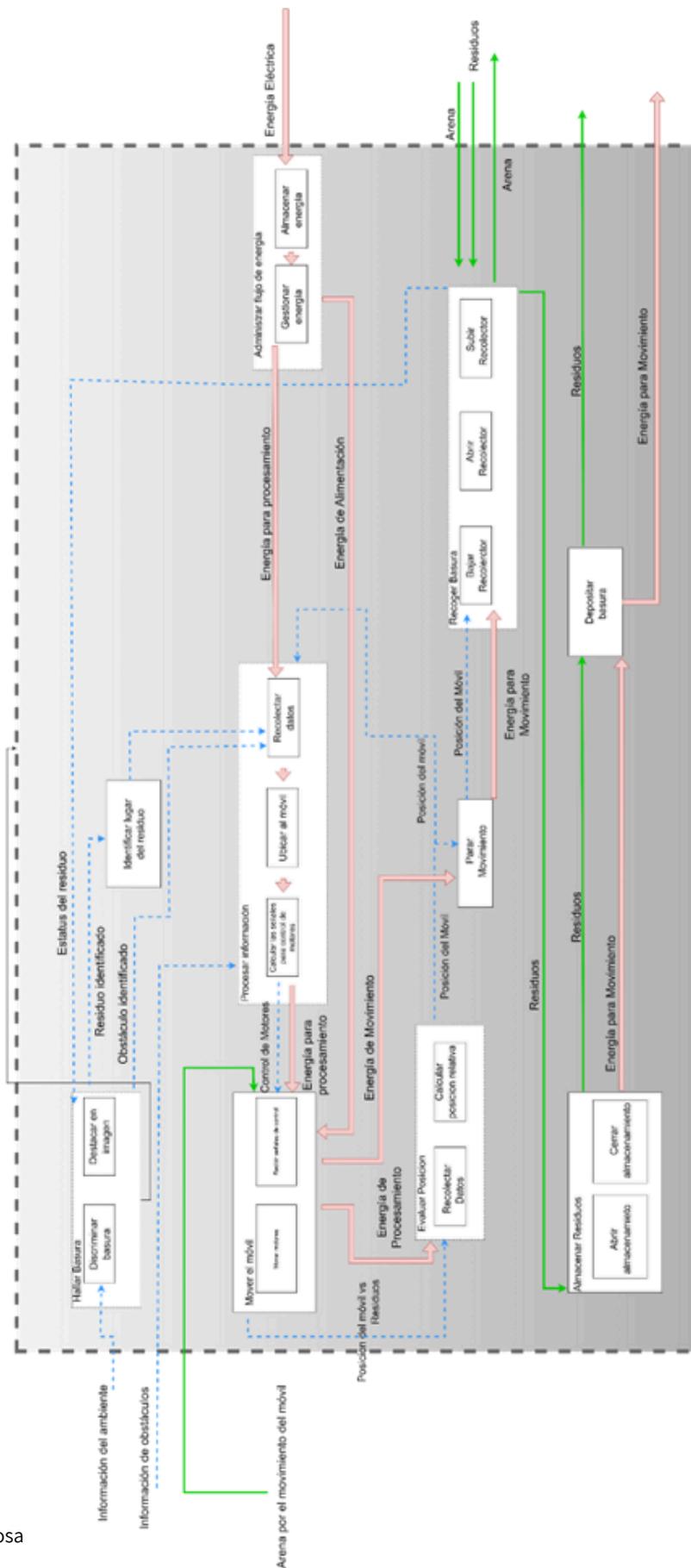
Las primeras subfunciones que hay que denotar son aquellas que, en mi concepción, llevarán la mayor carga de datos. Las tareas de 'Hallar basura' e 'Identificar lugar del residuo' tendrán toda la obtención de la información que se encuentra en el hábitat, ya que recogerán los datos necesarios para que podamos establecer una buena toma de decisiones en la cosa.

Siguiendo con este flujo de las líneas, "El procesamiento de la información" vendrá ligado a la energía que alimentará y mantendrá de forma autónoma a nuestro móvil. Este subsistema ayudará en la toma de decisiones y la recolección de datos. Las demás subfunciones se encargan del movimiento y proporcionan retroalimentación sobre la posición del móvil hacia los demás órganos de toma de decisiones. En esencia, "Mover al móvil", "Parar movimiento", "Recoger basura", "Almacenar residuos" y "Depositar basura" son elementos que engloban movimientos del robot, diseñados para satisfacer la función principal que es la recolección de basura. Por último, la subfunción de "Evaluar posición" es un paso híbrido en el que la información tiene una redundancia en su flujo, cuya función requiere evaluar constantemente la posición para alcanzar el objetivo de encontrar un residuo y terminar su movimiento en el lugar indicado.



Esquema 3.4 – Segunda abstracción de la cosa

Este esquema también comprende las salidas correspondientes que se encuentran descritas en la primera concepción. Como se darán cuenta, sigue siendo algo muy general en donde todavía son difusos los elementos necesarios para construirlo. No obstante, el siguiente paso es descomponer un nivel mas profundo las subfunciones para poder delegar tareas y así englobar qué tipo de elementos estamos buscando, ya sea mecánico, eléctrico o de software.



Esquema 3.5 – Tercera abstracción de la cosa

Con la abstracción anterior ya podría hacer una relación entre elementos que compondrán el concepto, incluso ponerles nombre y movimientos específicos a las subtareas.

El tercer nivel del concepto me ayuda a visualizar e idealizar los componentes que podría llevar la cosa. Así mismo, creo estoy en una posición que ya me permite verbalizar en que categoría entraría la subfunción (mecánica, electrónica o software) y de qué forma se relacionarían. Para ello me gustaría proponer una tabla con los elementos dibujados en el capítulo anterior. Esto dará por dar inicio a la fase de "Prueba de concepto" lo que la tabla terminará de bajar la idea del primer prototipo volviendo a cuestionar las propuestas hechos en el pasado. (podría considerarlo como una última iteración después de visualizar el diagrama funcional por completo).

Una forma en que podría ser interesante para darnos una idea seria ver los flujos de información que lleva en cada bloque, para así empezar a categorizarlos. El Segundo nivel es perfecto para este punto ya que las subfunciones no son tan complejas y todavía uno se puede dar una idea de cómo empezarían las interfaces a relacionarse. De una forma muy simplista (diría yo), siendo muy útil interpretarlos y acomodarlos de la siguiente forma:

Nombre de la función - Aquí pondremos los nombres de los recuadros del segundo nivel.

Flujos con los que interactúa - Un ejemplo de esto puede ser que una subtarea tenga dos flujos como por ejemplo de información y energéticos. Esto puede caer ya sea en una categoría de descripción de componentes o en varias por lo que se debería considerar su revisión en distintas categorías.

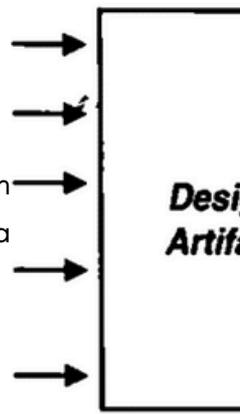
Categoría - Como se puede ver en el diagrama holístico, yo considero tres amplias categorías Software, Hardware y Electrónica.

Visualizandolo seria esto:

NOMBRE DE LA FUNCIÓN	RELACIONES	CATEGORÍA
Almacenamiento de basura	Información + Energía + Materia	Electrónico, Mecánico, Software
Recolección de basura	Información + Energía + Materia	Electrónico, Mecánico, Software
Depósito de basura	Información + Energía + Materia	Electrónico, Mecánico, Software
Administrar flujo de energía	Energía	Electrónico
Procesamiento de la información	Información + Energía	Electrónico, Software
Mover al móvil	Información + Energía + Materia	Electrónico, Mecánico, Software
Identificar el residuo	Información	Software
Hallar basura	Información	Software
Evaluar posición	Información + Energía	Electrónico, Software
Parar móvil	Información + Energía + Materia	Electrónico, Mecánico, Software

Tabla 3.3 Descripción de las relaciones del segundo nivel

Cómo se puede observar, no existe más que tres subfunciones que relacionan un tipo de energía. Los demás tendrán que ser analizados desde una perspectiva categórica evaluando sus particularidades



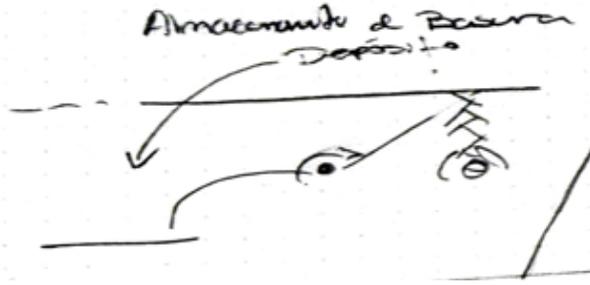
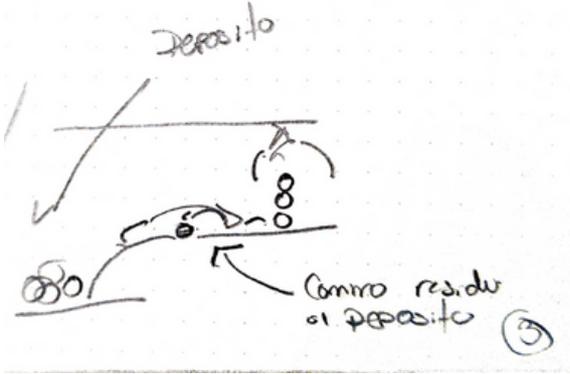
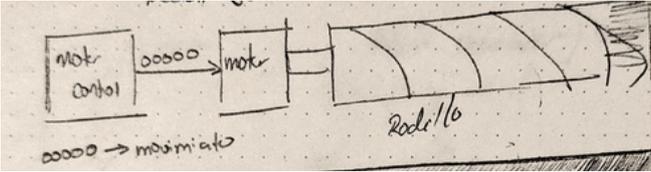
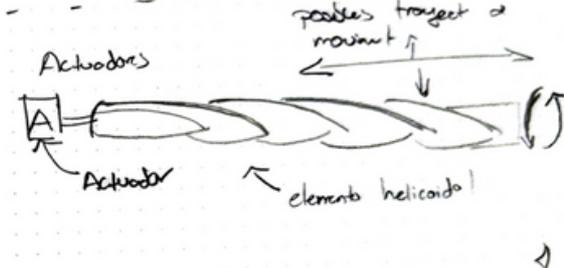
3.2 LA ANATOMÍA DE LA COSA (MECÁNICA)

En un ideal del proceso de diseño, se espera que el espacio creativo mecánico y el electrónico se terminen a la par. Esto implica que los equipos de trabajo encargados de dichas áreas están en constante comunicación por cualquier cambio o bien ponerse de acuerdo para poder “congelar” (estandarizar el diseño en una fase) y definir detalles en el siguiente nivel de desarrollo.

En este caso, en el concepto, sigo definiendo algunas geometrías y describiendo las funciones que necesito. En es este apartado debemos tomar en cuenta las interfaces entre el hábitat y la cosa, que son las fuerzas externas que van a interactuar con ella. Principalmente estas se encuentran en el Sistema de locomoción y recolección.

Si bien, con el resultado de la tabla en el apartado anterior nos dice que debemos analizar en esta subdivisión anatómica a cinco subfunciones: almacenamiento de basura, recolección de basura, depósito de basura, mover al móvil, Parar móvil. Para analizarlas e (y así como en todas) sugiero otra ultima tabla relacionando los dibujos que hemos hecho y empezarles a darles relación en concreto.

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	DIBUJO	COMENTARIO
Recoger Basura	Bajar Recolector		Me gustaría reevaluar este concepto, creo, que involucre muchos elementos mecánicos
	Abrir Recolector		
	Subir Recolector		

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	DIBUJO	COMENTARIO
Almacenar Residuos	<p>Abrir Almacenamiento</p> <p>Cerrar Almacenamiento</p>		Sin Comentarios
Depositar de basura	La subfunción solo es mencionada pero no desarrollada.		Sin Comentarios
Mover al móvil	Recibir señales de control		No tiene una salida que la relacione con función mecánica directamente
Mover al móvil	Activar Motores		Se observa cómo se mueve el rodillo

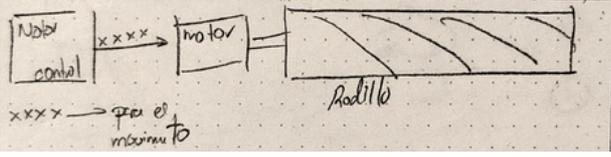
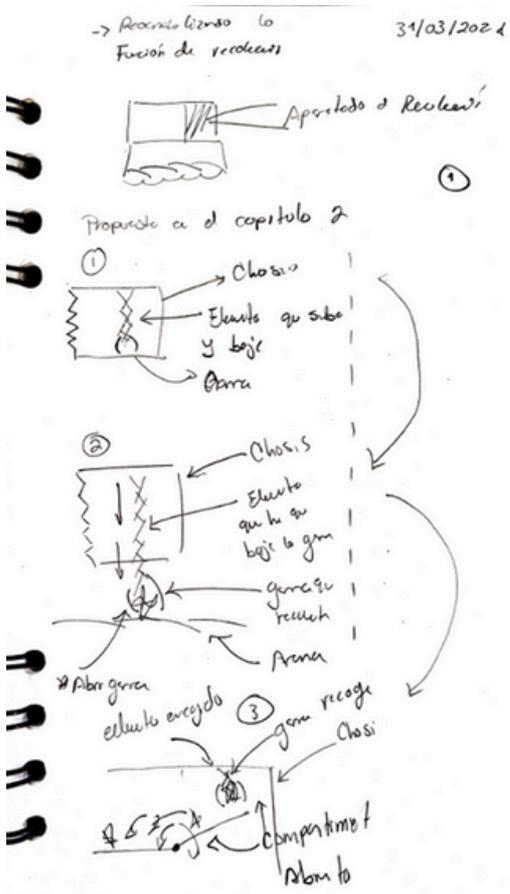
FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	DIBUJO	COMENTARIO
Parar al móvil	Recibir Recibir señales de control Parar Motores		No tiene una salida que la relacione con función mecánica directamente

Tabla 3.4 Descripción de las relaciones mecánicas (autoría propia)

Analizando la solución de la recolección de basura (que es la que más nos importa y por lo cual estamos todos reunidos aquí) la verdad mientras escribía la tabla, me empecé a cuestionar que involucraba muchos elementos extras. Requería una garra, algo que lo bajara y posteriormente algo que lo suba, esto tiene al menos tres actuadores en un solo Sistema. La idea de esto hace que choque un poco con el principio de diseño: "Que sera lo más sencillo posible".

Bosquejando mi punto se observaría lo siguiente:



Como podrán ver, si lo piensan este requiere al menos tres actuadores y el brazo que tiene el movimiento para acercar el residuo hacia la puerta de recolección requerirá una posición precisa del residuo, haciendo que la acción de el Sistema de recolección sea muy **"Compleja"**. Por lo que si volvemos a iterar en otras opciones, un principio que al parecer se puede leer un tanto obvio, es el de una barredora asegurando que todo lo que entre por el frente tenga mas oportunidad de ser recolectado.

Imagen 3.3 Reconceptualización de la recolección, esquema de elementos del concepto para recolección

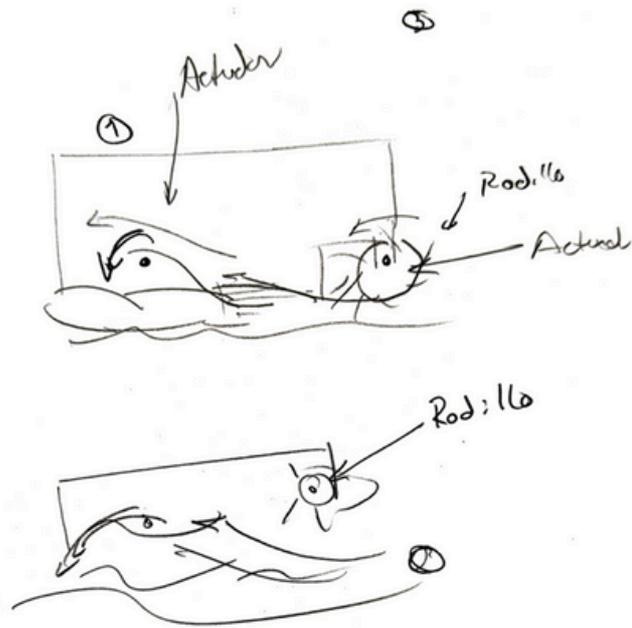
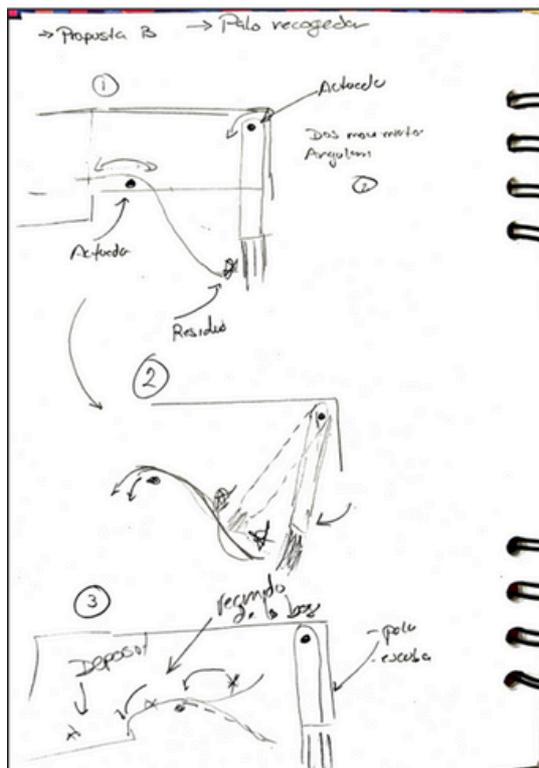


Imagen 3.4 Reconceptualización de la recolección

Esto lo hago ya que en mi concepción de un sistema sencillo, esta reduciendo el diseño del sistema de dos o mas actuadores a uno solo. Así, pues se cumple el principio de hacerlo lo mas simple posible.

Al observar las imágenes anteriores, puedo notar que son altamente similares. Sin embargo, en el caso de la imagen de la izquierda, se simula el movimiento de una escoba, mientras que en el caso de la derecha, se simula una barredora. La elección entre estas dos opciones será crucial para abordar el concepto del prototipo. Al final, hemos logrado reducir de tres a solo dos los actuadores pensados en el concepto anterior. De esta manera, obtenemos la tabla de conceptos mecánicos:

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	DIBUJO	COMENTARIO
Almacenamiento de basura	Abrir Almacenamiento		Con el concepto reevaluado, se simplifica la función de recolección.
	Cerrar Almacenamiento		

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	DIBUJO	COMENTARIO
Recolección de basura	Abrir / Cerrar recolector		Con el concepto reevaluado, se simplifica la función de recolección.
Recolección de basura	Abrir Almacenamiento		La subfunción solo es mencionada pero no desarrollada.
	Cerrar Almacenamiento		
Depósito de Basura	N/A		No tiene una salida que la relacione con función mecánica directamente
Mover al móvil	Recibir señales de control		
	Motores		No comments
Parar al móvil	Recibir Recibir señales de control		No tiene una salida que la relacione con función mecánica directamente
	Parar Motores		

Tabla 3.5 Descripción de las relaciones mecánicas finales

3.3 EL SISTEMA NERVIOSO DE LA COSA (ELECTRONICA)

Si hago el mismo ejercicio con los elementos electronicos, la tabla de funciones seria la siguiente:

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	ELEMENTO PROPUESTO	COMENTARIO
Recolección de la basura	Abrir, Mover, Subir Recolector	Actuador de movimiento angular continuo como un motor DC o un motor a pasos.	
Almacenamiento de Basura	Abrir almacenamiento	Este solo tendrá un rango de movimiento definidos, por lo que un servomotor o un motor a paso deberá ser suficiente.	Con el concepto reevaluado, se simplifica la función de recolección.
	Cerrar Almacenamiento		
Depósito de basura	La subfunción solo es mencionada pero no desarrollada.	Esta Función con un motor a pasa debe ser suficiente	solamente un movimiento deberá ser suficiente

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	ELEMENTO PROPUESTO	COMENTARIO
Procesar de la información	Recolectar Datos	Este fácilmente es un cerebro, se necesita un elemento altamente robusto capaz de almacenar y saber que hacer con la retroalimentación del hábitat.	Actualmente una computadora podría con la carga de esta función completa de manera rápida y general
	Ubicar el Móvil		
	Calcular las señales para control de motores		
Mover al móvil	Recibir señales de control	Se necesita un elemento que pueda controlar las señales y las señales lógicas	Depende del tipo de arquitectura en software podría definir algo para estas sub-fuciones
	Mover Motores	Se necesita algo que ejecute las instrucciones	
Parar al móvil	Recibir Señales de control	Se necesita un elemento que pueda controlar las señales y las señales lógicas	Depende del tipo de arquitectura en software podría definir algo para estas sub-fuciones
	Parar Motores	Se necesita algo que ejecute las instrucciones	
Evaluar Posicion	Recolectar Información	Debe haber un elemento dentro del procesamiento que constantemente este evaluando la posición de la cosa	Un tipo de sensor de posición ayudaría en esto.
	Calcular posición relativa	Esto, mas que un elemento electrónico que un atributo de información.	Entra en el diseño de software

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	ELEMENTO PROPUESTO	COMENTARIO
Administrar Flujos de Energía	Almacenar energía	Se trata de una batería	Para obtener este recurso deberá ser planteado en las siguientes fases, pero debe quedar claro que esto ayuda a sobrellevar la necesidad de autonomía que se requiere en el diseño, no obstante no es el problema central de este ejercicio.
	Gestionar Energía	Este debería ser un elemento capaz de mantener vivos todos los subsistemas lógicos además de desviar y suministrar potencia para los motores.	Este deberá ser una tarea que el equipo electrónico deberá solventar, ya que finalmente para la prueba de concepto no es necesaria, no obstante debe ser tomada en cuenta para todo el funcionamiento del sistema.

Tabla 3.6 Descripción de las relaciones electrónicas

Con esto que estoy planteando, pueden sentir como la carga del diseño electrónico esta llevada de la mano con un fuerte peso en el diseño de software. Lo que busco con esto es tratar de concentrar que en un punto de vista de producto, la carga mecánica tenga el menor numero de elementos posibles y tratar de encontrar cierta "modularidad" entre los órganos electrónicos.

Conceptualizando esta solución es justamente que la electrónica le quite carga a la parte mecánica y concentrando el mayor número de información para así poder de alguna forma limitar la jerarquía de órganos de esta sección.

Al final del siguiente capítulo dejare una sugerencia de materiales para una construcción completa, así como un diseño preliminar para armar un prototipo totalmente operativo y funcional.

Muchas de estas decisiones estarían siendo tomadas por el equipo encargado del diseño electrónico, en la siguiente fase del proceso creativo. Pero sus características deberán ser terminadas aquí. Que ese es el siguiente paso llamado "Embodiment" o bien, como me gusta llamarle: ***"El proceso de darle forma a la idea."***

3.4 PSICOANALIZANDO LA COSA (SOFTWARE)

Si bien, para mi es hilarante pensar en como podemos relacionar el software de un sistema con un simil hacia nuestro cuerpo; Practicamente seria nuestro cerebro. Ente dentro de nosotros encargados de procesar la información. No obstante las decisiones y el alma, por así decirlo, es aquello en lo que ligaría por completo esta parte del concepto.

Cuando me refiero al hecho de "psicoanalizar", no es mas como una forma de tratar de entender el flujo de información que estoy proponiendo para la maquina al realizar su función de recolectar basura.

Para ser sincero, esta es la primera vez que me planteo cómo se debe al menos poner en discusión este tema. Creo que, en este punto, en esta tesis los detalles de software quedan fuera de los alcances de esta tesis, ya que eso podrá ser determinado cuando tengamos al menos una lista de materiales propuesta.

Por otro lado, si analizamos de una última vez los órganos que conforman por completo el objeto, creo que puedo englobar tres grandes funciones:

- **Procesar Información:** Aquí literalmente recolectamos todo el flujo de datos tanto de los sensores como de la posición del móvil. Necesitamos algo que distribuya, como un centro de mensajes para comunicar y alinear las necesidades de lo que estamos trabajando.
- **Hallar basura:** Es aquella que, con base en lo que exista en el hábitat, nos proporcionará parte de la información que necesitamos. En este caso, tomaré una decisión en el siguiente capítulo para unir este apartado de una forma más sencilla.
- **Identificar lugar del residuo:** Aquí se está discriminando lo que existe en el hábitat.

Me gustaría recalcar que, para el diseño de software, o al menos el planteamiento, es importante que las tareas en las que se están pensando deben estar en total comunicación, o al menos los flujos de información deberán estar en constante contacto para que todo el objeto esté preparado. Para ello, se deberá implementar un sistema de mensajería entre los nodos del sistema. De los más populares para este tipo de aplicaciones actualmente es ROS (Robot Operating System), pero existen alternativas y otros tipos de frameworks para desarrollar este tipo de tareas.

Para la prueba de concepto, el desarrollo profundo del software no entra en los alcances finales de esta tesis, pero considero importante recalcar que será propicio una implementación de este estilo en el prototipo final del objeto.

3.5 ¿CUÁL ES LA DELGADA LÍNEA?

Un cuestionamiento muy duro que tuve con Marco (incluso hablándolo con Alejandro) fue el cuándo se debe empezar a construir algo después de todo este análisis, y sin lugar a dudas es un paso muy complicado de seguir. El punto que se discutió en su momento fue el alto nivel de abstracción en cada una de las fases del desarrollo de la idea y lo tedioso del proceso de concepción. Basado en todo lo propuesto por Alejandro y yo en este capítulo, sinceramente ya me siento con más confianza en empezar a materializar un prototipo. Después de los dos primeros capítulos, existe una idea de cómo se puede llegar a ver este objeto y, a su vez, de las tareas a realizar en su funcionamiento.

Un punto interesante es que, durante el final de todo esto, afortunadamente apareció dentro de todas mis búsquedas, un prototipo con el subsistema de locomoción propuesto (incluso existe una patente al respecto de un vehículo con el tipo de ruedas helicoidales). Alejandro me dejó la consigna de mejorarlo y adaptarlo a nuestros fines. Si bien, el objetivo de todo esto era conceptualizar un sistema capaz de limpiar la superficie de la arena con énfasis directo en el sistema de recolección, esto facilitará, sin lugar a dudas, la prueba de concepto. Y creo que es parte de la naturaleza misma del diseño conceptual.

En el siguiente capítulo haré referencia a este prototipo y su construcción para poner en evaluación la prueba de concepto.

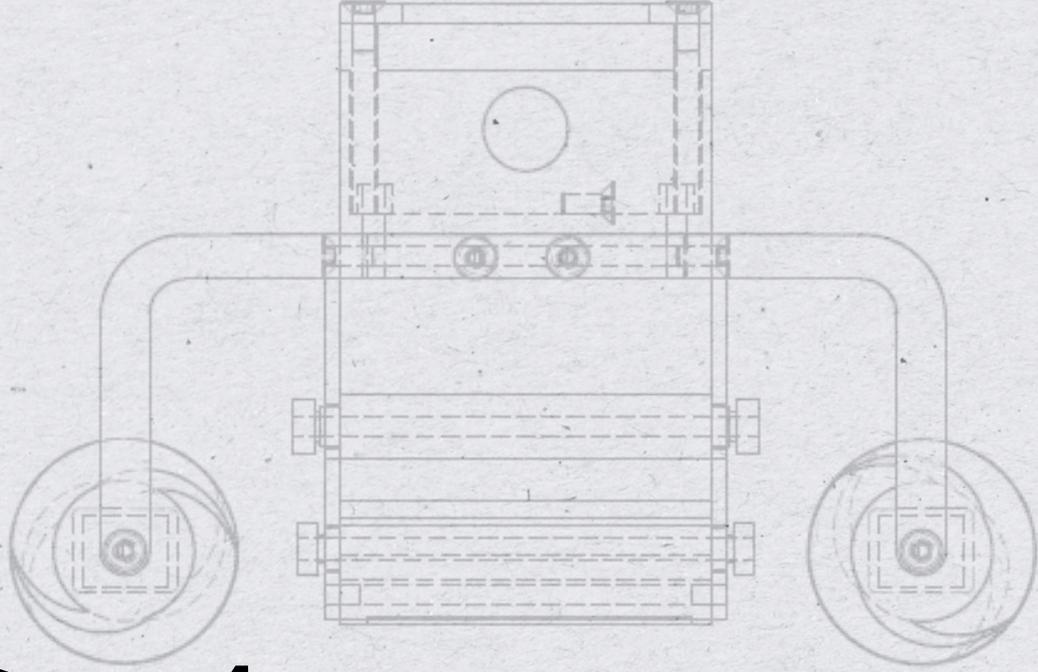
REFERENCIAS CAPÍTULO TRES

[1] Ogata, Modern Control Engineering. Pearson India, 2015.

[2] J. Buur, A theoretical approach to mechatronics design. Lyngby: Inst. Eng. Des., Tech. Univ. Denmark, 1990.

[3] K. Wallace, G. Pahl, W. Beitz y L. T. M. Blessing, Engineering Design: A Systematic Approach. Springer Lond., Ltd., 2013.

[4] E. Kroll, S. S. Condoor y D. G. Jansson, Innovative Conceptual Design: Theory and Application of Parameter Analysis. Cambridge Univ. Press, 2001.



04

RETANDO A LA COSA
Prueba de concepto

Si estuviéramos hablando de una empresa cuyo objetivo final es el desarrollo de un producto, podría asegurar que tendría un proceso de diseño similar. De manera clara, todo lo pensado anteriormente debió haber sido llevado por varios grupos funcionales incluyendo marketing, ingenieros, diseñadores industriales, psicólogos, vaya, un grupo multidisciplinario. Después de toda la investigación y bosquejo del producto, sería necesario evaluarlo con varias iteraciones de prototipos.

Este capítulo está centrado en la prueba de todo lo desarrollado en los apartados anteriores de este escrito. Se debe cuestionar, o más bien retar, todo aquello pensado y dibujado en una prueba de concepto. Con ello estaré buscando tomar conclusiones respectivas a los diseños anteriores, plasmar el camino hacia una segunda iteración del modelo o bien dar las instrucciones finales para que el equipo de diseño encargado del "Embodiment" empiece a dar forma del prototipo en general.

4.1 DESCRIBIENDO EL CAD

Dentro de mi búsqueda de información encontré un prototipo que tenía una locomoción similar a la que estaba proponiendo. Decidí basarme en ese diseño para poder materializar el concepto que he estado bosquejando con anterioridad.

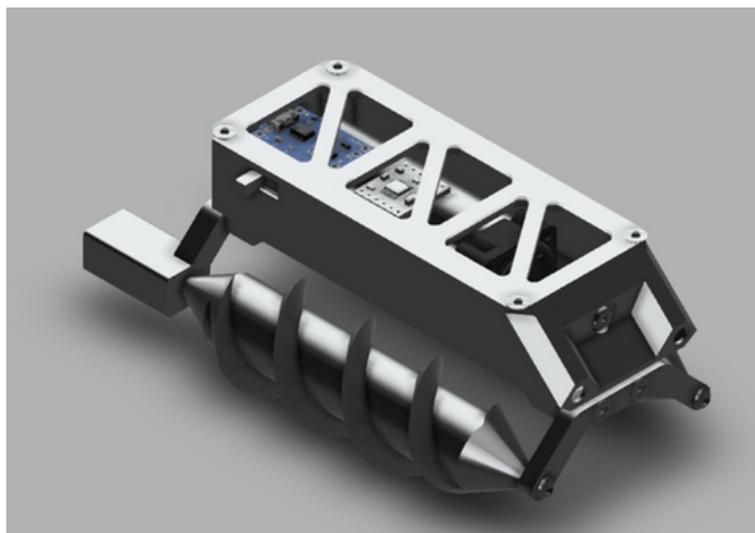
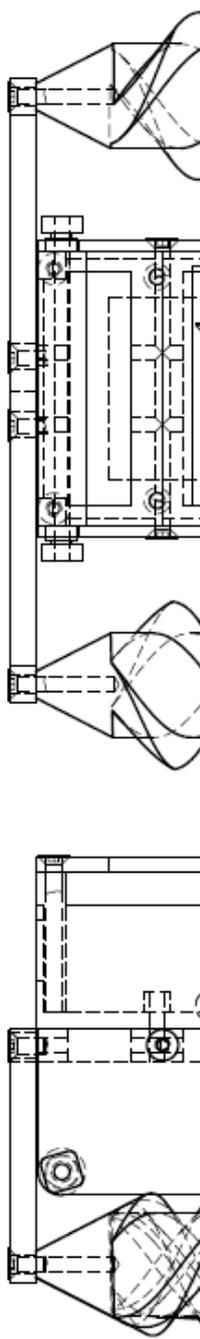
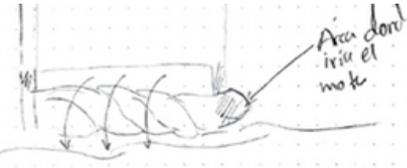
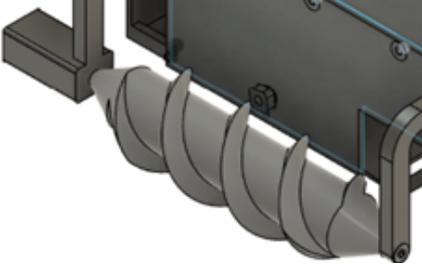
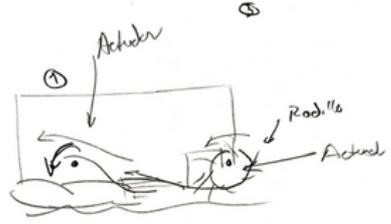
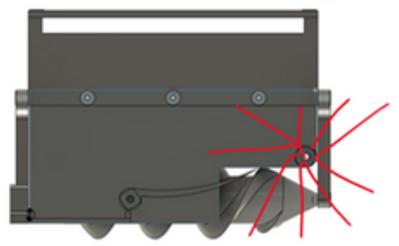
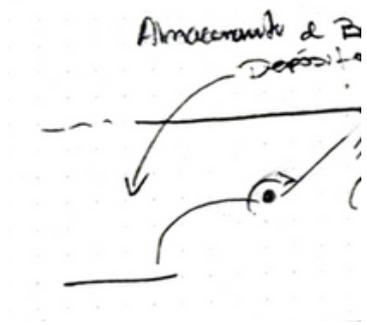
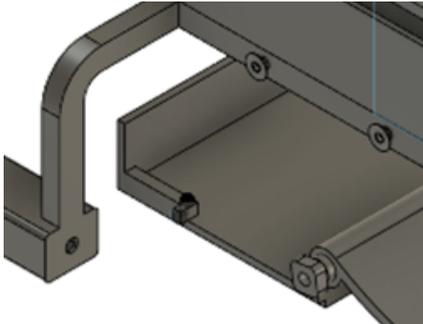


Imagen 4.1 Modelo de del prototipo en [1]



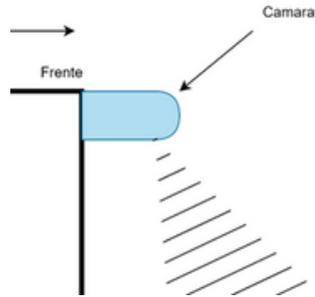
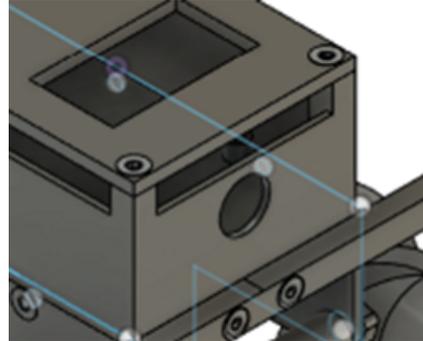
Este modelo [1] comprende la misma configuración que se había pensado en el capítulo 2. No obstante, hacía falta toda la interfaz de la recolección de residuos, así como la respectiva al almacenamiento. La siguiente tabla presenta una comparativa entre los elementos dibujados a mano alzada y los realizados en Fusion 360 con la primera iteración que realicé para este trabajo.

Si hago el mismo ejercicio con los elementos electrónicos, la tabla de funciones sería la siguiente:

FUNCIÓN	SKETCH	ELEMENTO PROPUESTO	COMENTARIO
Locomoción			Este helicoide puede tener diferentes parámetros. Para futuras iteraciones se puede intentar buscar otras configuraciones
Recolección de Residuos			El rodillo de recolección en su prueba de concepto tendrá unos cinchos con el fin de simular las cerdas de un cepillo
Almacenamiento de basura			Este espacio solo será para almacenar la basura recolectada.

FUNCIÓN

Visión

SKETCH**ELEMENTO PROPUESTO****COMENTARIO**

El espacio de la cámara está contemplado, no obstante, para esta iteración no será implementada.

Tabla 4.1 Comparativa entre sketches y diseños en CAD.

Para la prueba de concepto del sistema de recolección, decidí que antes de instalar cualquier actuador, sería completamente válido realizar las pruebas manualmente. Por otro lado, la locomoción será gestionada por dos motores controlados mediante Bluetooth. Esto permitirá observar el comportamiento del prototipo y sacar conclusiones sobre los dos helicoides que lo componen.

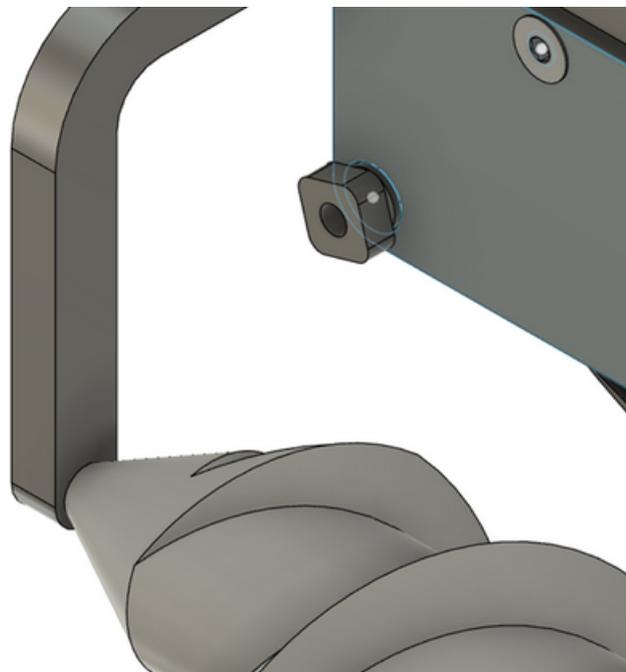
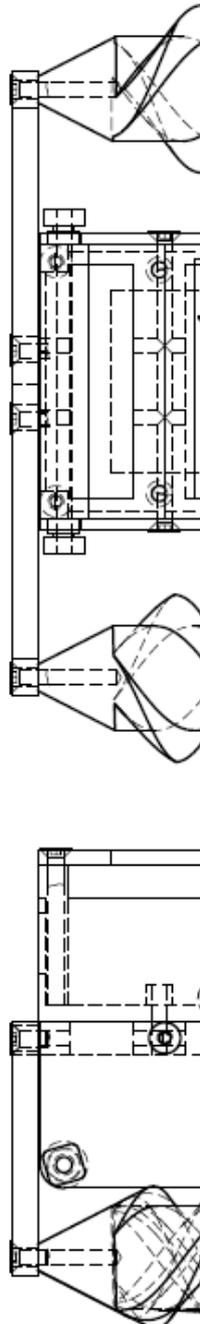


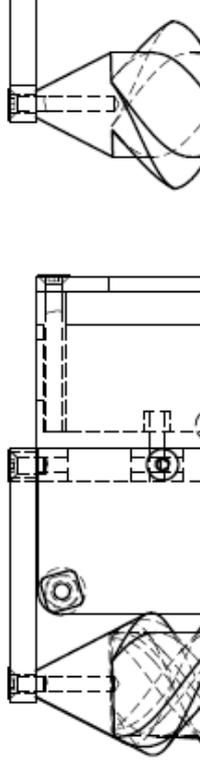
Imagen 4.2 Acercamiento del sistema manual de recolección

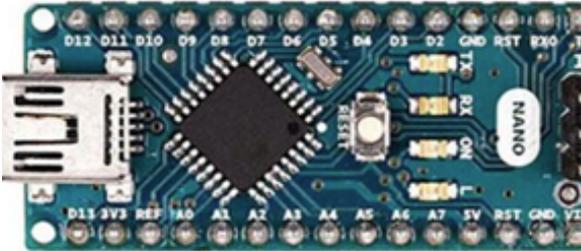


Aún falta probar el funcionamiento del prototipo en terrenos granulares. Hasta ahora, nada de lo que he diseñado y propuesto ha sido probado en estas condiciones. Por lo tanto, sería muy beneficioso registrar algunas mejoras para futuras iteraciones del prototipo.

4.2 PRUEBA DE CONCEPTO

Para retar a la cosa, fue necesario pensar en lograr un prototipo rápido, por lo cual los elementos de su construcción no deberían ser tan caros y de fácil acceso en su mayoría; Tome como referencia algunos materiales basandome en [1] para la creación de su prototipo. No obstante, en esta iteración propongo:



FUNCIÓN	NOMBRE DE COMPONENTE	ELEMENTO PROPUESTO
Procesamiento de la información	Arduino Nano x1	
Mover/parar Motores	Motor 2N20 3V 50 RPM x2	
	DRV8833 x1	

FUNCIÓN	SKETCH	ELEMENTO PROPUESTO
Administrar Flujo de energía	3.7V Battery X2	
Procesamiento de la información	TP4056 X1	
Procesamiento de la información	Modulo HC-05 bluetooth	

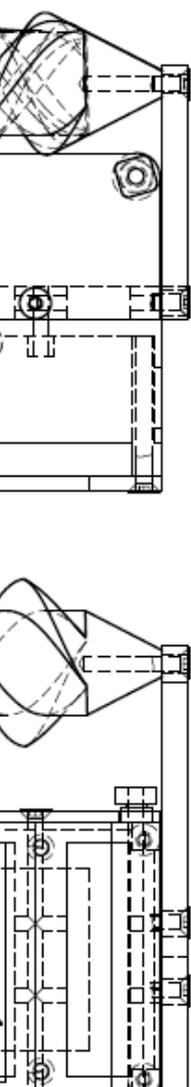
Tabla 4.2 Tabla con elementos propuestos para el prototipo

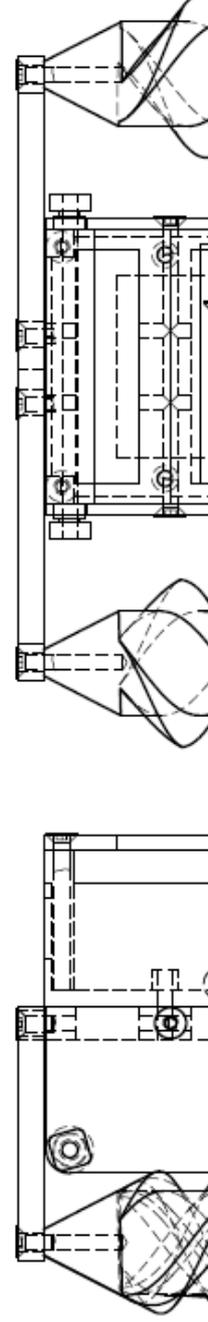
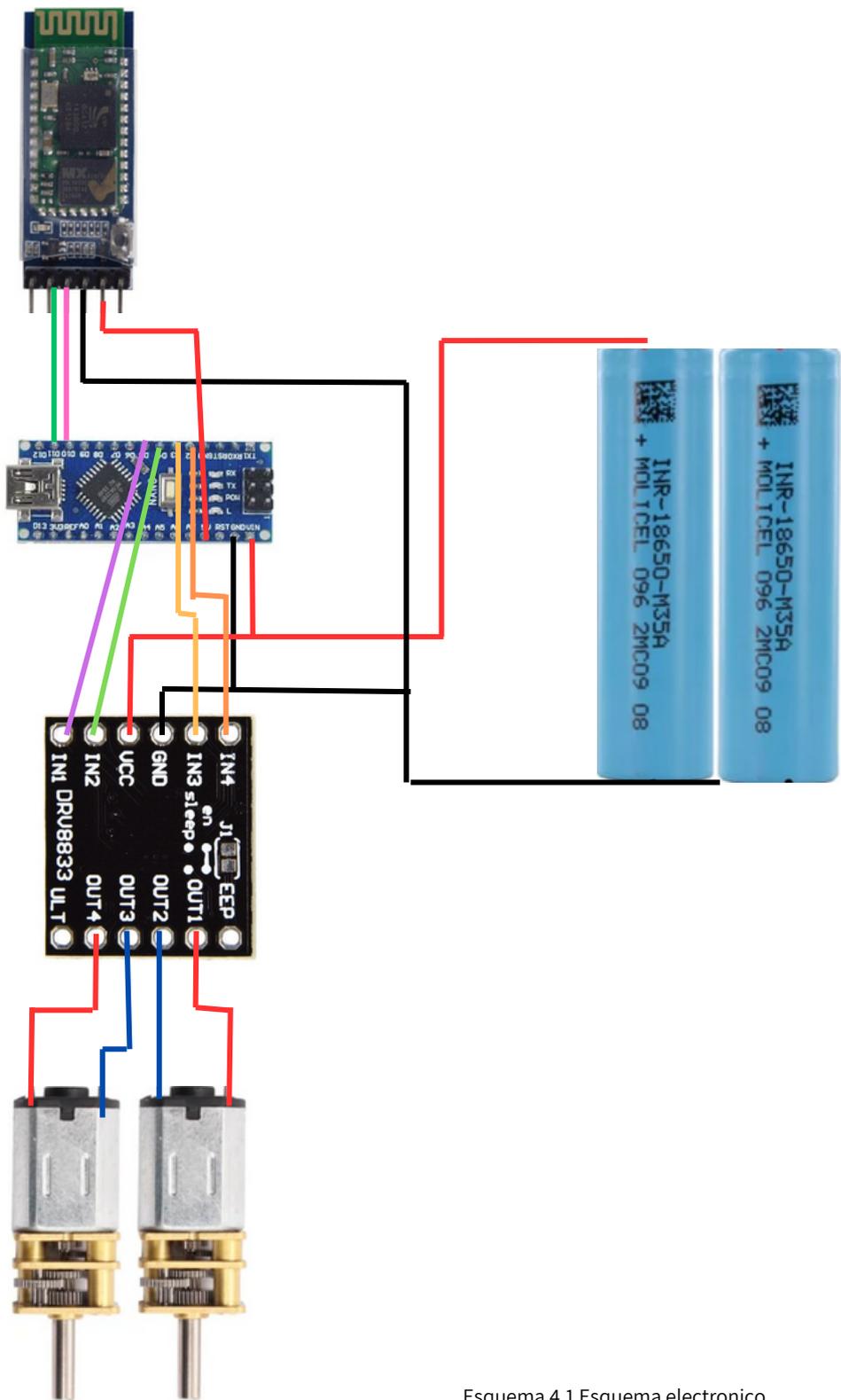
Esto es solo para permitir el movimiento y tener control manual del sistema. En su versión final, deberá ser completamente autónomo.

El esquema siguiente es la representación del subsistema conceptual electrónico de la cosa. Aquí muestro la configuración entre los órganos que representan funciones de la segunda abstracción. De manera general los comentarios de la tabla anterior resumen el funcionamiento de estos para fines de esta prueba.

Si bien, he seleccionado de forma muy general la plataforma Arduino nano ya que es muy versátil y ayuda a la realización de un prototipo rápido. Las baterías serán suficientes para administrar corriente para el circuito y a los motores, que también trabajan a al mismo voltaje de esta.

Hablando del controlador de motores, el DRV8833 [2] Es un circuito integrado con doble puente H para usar en un con un accionamiento bidireccional. Este se puede ocupar en aplicaciones de baja potencia y es un buen componente para proyectos de robótica. Con la tarjeta de desarrollo, esta tendrá los comandos dados por el módulo bluetooth que se comunicará por un protocolo serial entre ambos para darle instrucciones mediante una aplicación de celular.





Esquema 4.1 Esquema electronico

4.2.1 Implementación del concepto

Después de haber armado el prototipo, lo último que resta realizar son algunas pruebas para poder tomar conclusiones y tener una dirección sobre el trabajo futuro. Las siguientes pruebas son para evaluar algunos elementos que me interesan del concepto como su locomoción, así como observar su interacción de todo el funcionamiento del sistema recolector.

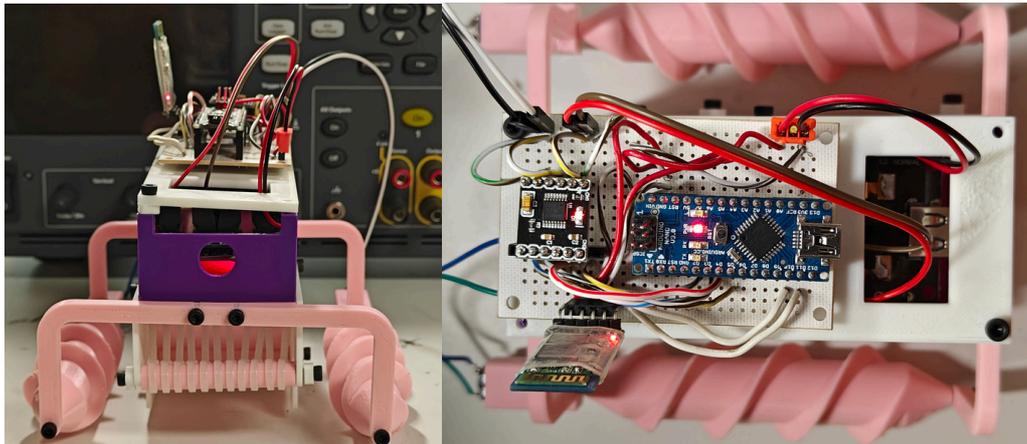


Imagen 4.3 Prototipo conceptual

PRUEBA A: Locomoción del móvil.

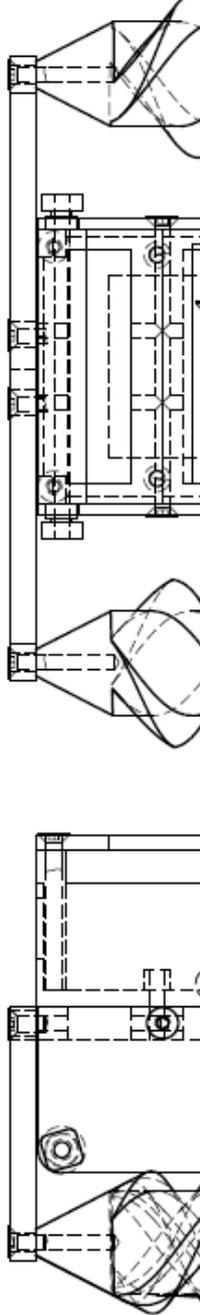
Para confirmar la versatilidad del diseño en terrenos granulados, evaluando la fiabilidad de los rodillos helicoidales. Los puntos a evaluar serían los siguientes:

- Velocidad de desplazamiento en el terreno
- Versatilidad en giros

PRUEBA B: Recolección de residuos

En esta prueba se busca observar la eficiencia de la recolección manual con el sistema propuesto, evaluando los siguientes aspectos:

- Recolección de pequeñas bolas de papel
- La geometría de la cavidad de recolección
- Posibilidad de que el sistema se quede atorado durante su funcionamiento
- Identificación de áreas de oportunidad para futuros trabajos



4.2.2 Conclusiones del trabajo conceptual

El prototipo mide aproximadamente de largo 12 cm y de ancho 13 cm. Estos datos es para tomar en perspectiva las dimensiones del concepto. Si bien, para evaluarlo y dejar en claro las necesidades del trabajo futuro, requiero observar estipulado en las pruebas que establecí anteriormente.

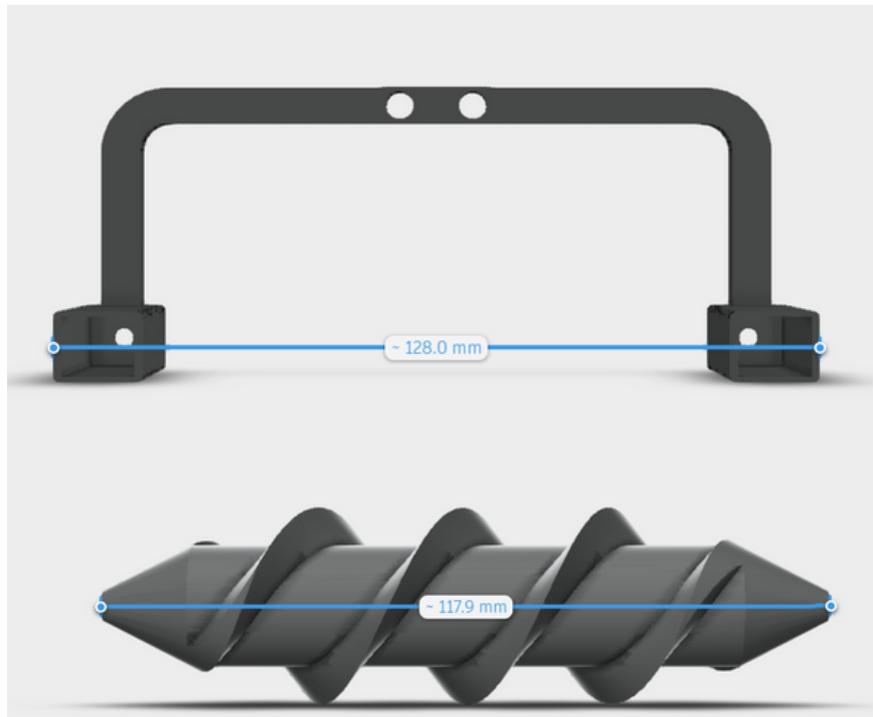
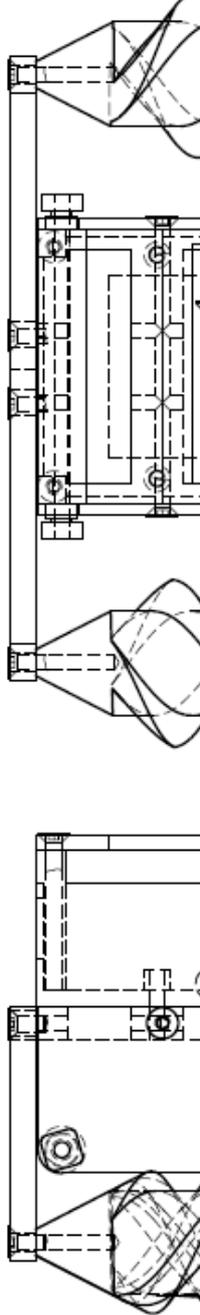


Imagen 4.4 Dimensiones aproximadas

De la prueba A:

- **Velocidad de desplazamiento en el terreno :**
 - Si evaluamos el prototipo para saber en cuanto tiempo es capaz de recorrer un metro de distancia. Tendremos una estimación parcial de que tan rápido se mueve un objeto en un ambiente granulado de un punto A un punto B casi diez veces mayor en su longitud.
 - En la programación de la tarjeta de desarrollo se deberá poner el máximo ciclo de trabajo soportado por las salidas digitales. Esto con la finalidad de poder escalar el modelo.
- **Versatilidad en giros:**
 - Para evaluar esta funcionalidad de la autonomía, me gustaría saber que tanto puede llegar a estancarse el móvil haciendo un giro completo con una referencia de inicio.



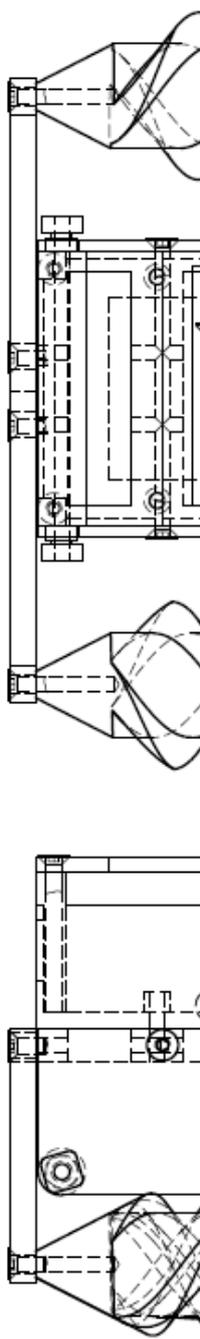
PRUEBA A: Conclusión de la locomoción

Probé el prototipo en diferentes terrenos granulados para evaluar su capacidad de locomoción. Sin embargo, no se comportó como esperaba, ya que no consideré varias geometrías concebidas en la primera iteración del diseño. A pesar de este contratiempo, se abren muchas áreas de oportunidad para futuras iteraciones. Si evaluamos el prototipo según los estándares previamente establecidos, podemos concluir que falla rotundamente en varios aspectos clave.

Velocidad de desplazamiento en el terreno: El prototipo apenas pudo avanzar en los diferentes terrenos de prueba. El chasis se atascaba debido a la extensión de las paredes, lo que impedía que el prototipo se mantuviera completamente sobre los rodillos. Como resultado, no pudo recorrer un solo metro en más de un minuto de funcionamiento. Este problema sugiere que es necesario revisar y ajustar el diseño del chasis y los rodillos para mejorar la movilidad en terrenos irregulares.

Versatilidad en giros: Los giros tampoco fueron una excepción. Aunque eran complicados, no se sentían totalmente orgánicos. El prototipo hacía un esfuerzo considerable para salir de cualquier estancamiento, lo que indica que el sistema de dirección necesita mejoras significativas. A pesar de la dificultad causada por la falta de altura suficiente entre el almacenamiento y los rodillos, esta fue la característica más rescatable en la prueba conceptual. Esto sugiere que, con algunos ajustes, el prototipo podría mejorar su capacidad de maniobra.

En resumen, aunque el prototipo no cumplió con las expectativas iniciales, las pruebas realizadas han proporcionado valiosa información para futuras iteraciones. Es evidente que se necesitan ajustes en el diseño del chasis, los rodillos y el sistema de dirección para mejorar su desempeño en terrenos granulados. Estas áreas de oportunidad serán cruciales para el desarrollo de un prototipo más eficiente y funcional en el futuro.



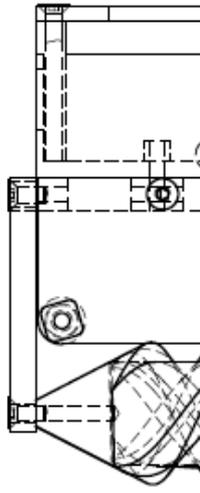
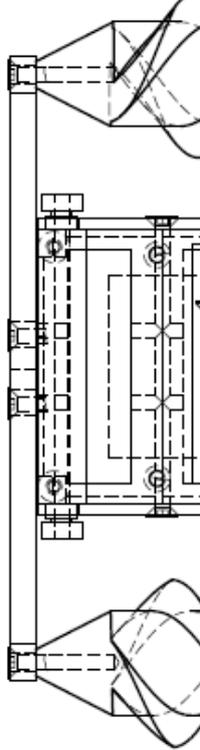
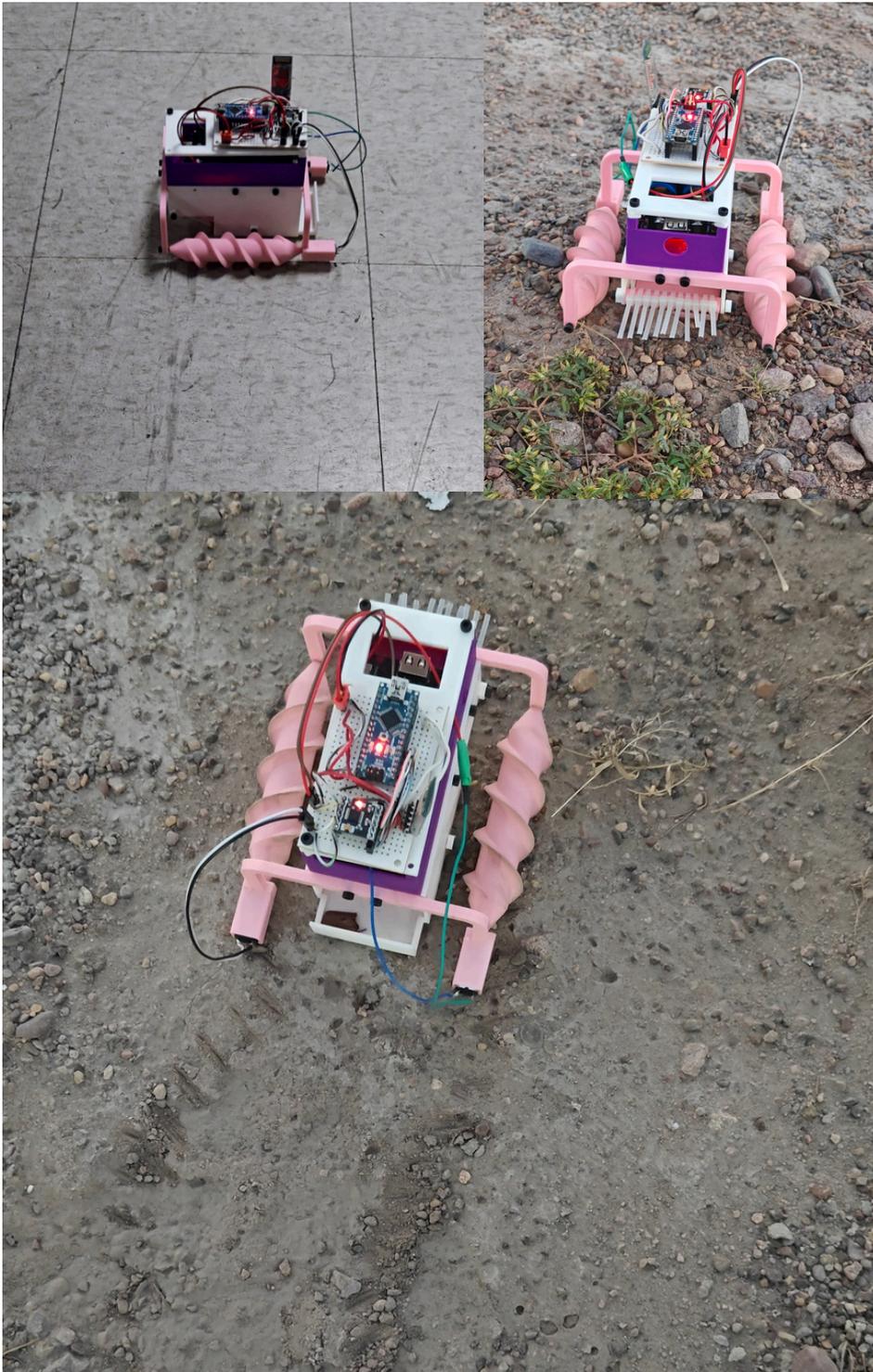


Imagen 4.5 Prueba de concepto - Locomoción.

PRUEBA B: Recolección de residuos

El objetivo de este experimento es evaluar la eficacia de la recolección manual con el sistema propuesto. Los resultados de este ejercicio proporcionarán una base para el rediseño mecánico y ofrecerán una guía realista para la configuración final del prototipo.

Lo que espero observar es que el diseño mismo revele los elementos que presentan conflictos en sus interacciones, permitiéndome tomar notas finales considerando los siguientes aspectos:

- Recolección de pequeñas bolas de papel:
 - Al girar manualmente el rodillo recolector con el móvil estático, se observará un trayecto hipotético desde el punto de recolección hasta el espacio de almacenamiento.
- Recolección de un mayor volumen de bolas de papel:
 - Este aspecto busca analizar cómo reacciona el sistema al manejar un mayor número de unidades para recolectar, aplicando el mismo principio de operación mencionado anteriormente.

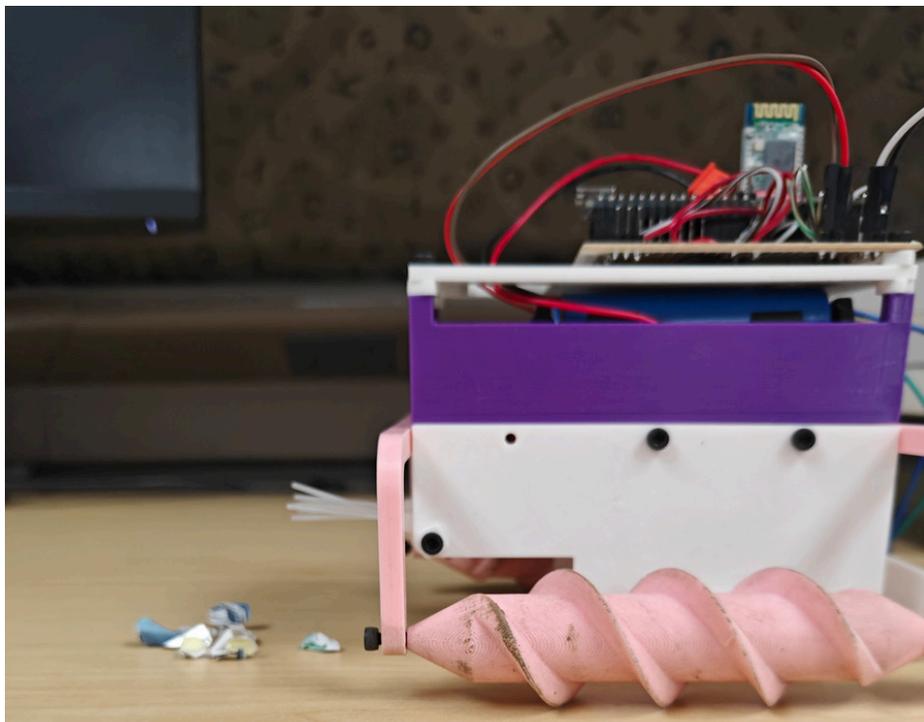
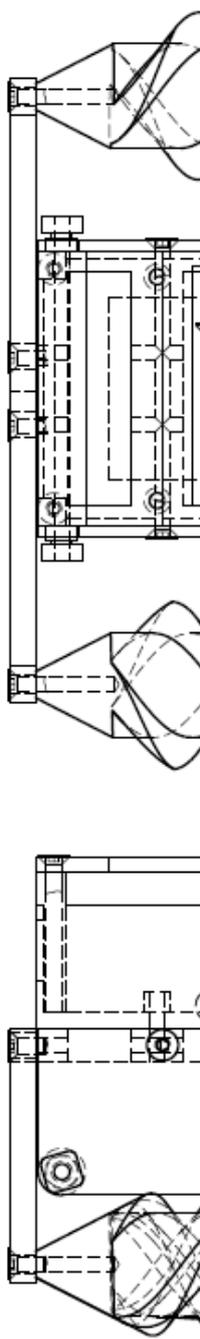


Imagen 4.6 Prueba de concepto - Recolección.



PRUEBA B: Conclusión

La forma de recolección es muy simple, emulando el principio de una barredora. En esta primera fase, tuvo problemas en realizar giros completos del rodillo, por lo que es necesario someterse a otra iteración en el diseño mecánico del chasis. Sin embargo, la función de recolección y almacenamiento cumple con el objetivo de limpieza.

Esto depende de muchos factores, como que los residuos se encuentren en la superficie y que el motor propuesto sea lo suficientemente potente para generar el par necesario y mover todos los residuos en su camino. Probablemente, un sistema planetario en el rodillo sea una buena opción para ahorrar espacio y mecanismos externos (El diseño de esto debería ser asignado a un equipo mecánico especializado).

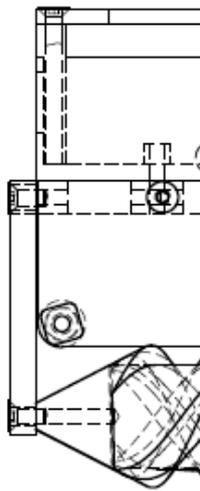
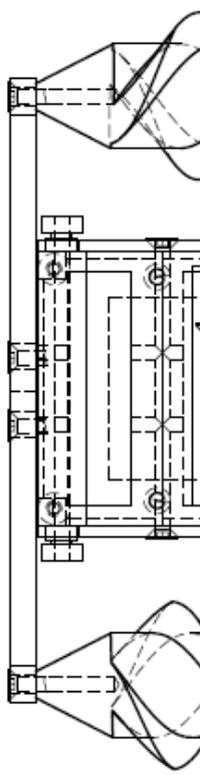
Otro aspecto a destacar es que el recolector y el sistema de almacenamiento se complementan muy bien, por lo que el espacio donde se resguardan los residuos es un concepto incompleto. De ahí pueden surgir varias soluciones brillantes, por lo que otro equipo de trabajo deberá enfocarse en ello para automatizar o permitir que un usuario sea capaz de recuperar los residuos obtenidos.

El dispositivo mostró un comportamiento similar en la recolección de grandes volúmenes y unidades individuales de residuos. No hay diferencia significativa entre ambos casos, por lo que, a pesar de los problemas para completar el movimiento, su acción parcial permite cumplir con el objetivo de recolección.

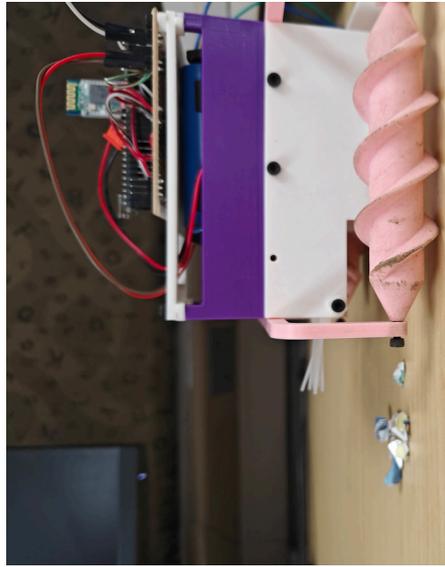
Finalmente, rechazo el concepto del rodillo en esta primera iteración, ya que se atasca y no puede girar completamente.

Por otro lado, la mecánica de recolección es parcialmente funcional en el rodillo, ya que logra obtener y almacenar los residuos del hábitat, por lo que se necesita rediseñar el chasis para comenzar la automatización de las interfaces, que en esta etapa fueron manuales.

Los pasos a seguir se detallarán en el trabajo futuro, pero la secuencia de recolección se presenta en la siguiente hoja.



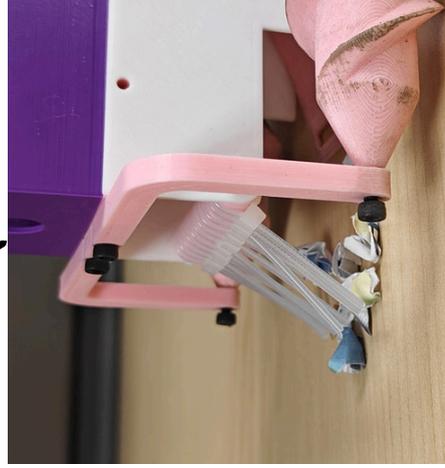
PRUEBA B: Pasos de Recolección



1 Identificación de los residuos

1

2



Acción de barrer del concepto

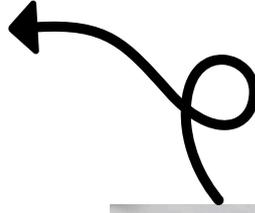
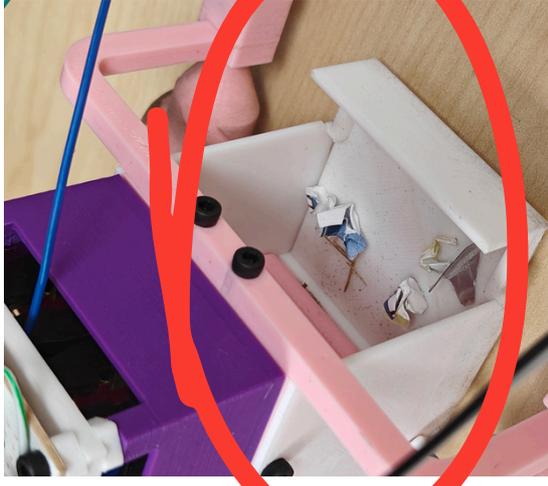
3

3 Recolectando hacia subsistema de almacenamiento



5

Residuos almacenados



4

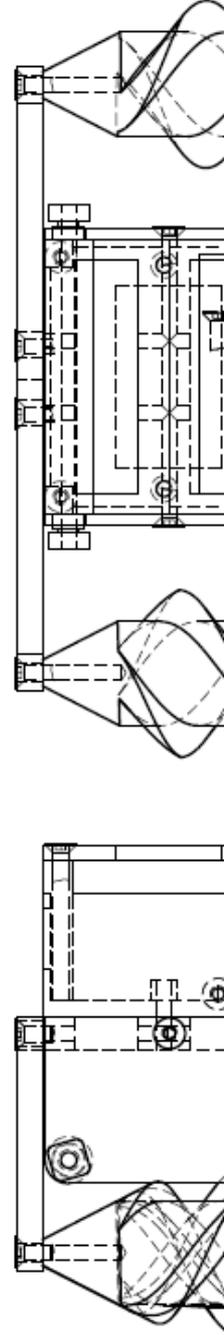


Imagen 4.7 Prueba de concepto - Serie de Recolección.

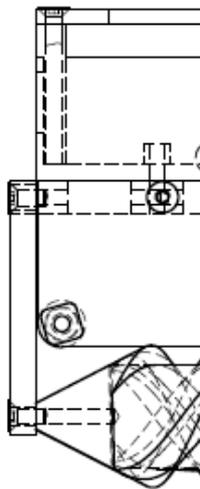
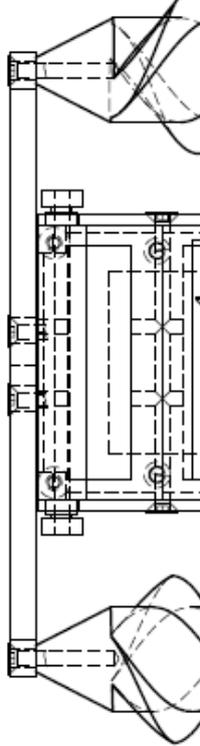
4.3 EL REMASTER DE LA COSA (TRABAJO FUTURO)

Hasta aquí llega lo que considero como diseño conceptual ya que funcionalmente hablando, el prototipo ayuda a comprobar de manera rápida los elementos estructurados en el esquema del capítulo 3.

El siguiente paso será la fase de “embodiment” en el cual toca definir dimensiones para un segundo prototipo.

Mecánicamente hablando se podría considerar lo siguiente:

- Materiales que soporten la humedad y la exposición al sol del hábitat en el que se encontrara sujeto el móvil
- Determinar la manufacturabilidad de este (ver que tan factible es realizar los helicoides propuestos) y determinar si se necesita otra iteración de este o no. (Pruebas de eficiencia A vs B serian necesarias para la validación del componente).
- También el pensar en reconfiguraciones de las cavidades para no exponer cables y pensar en el aislamiento de los subsistemas electrónicos.
- Agregar las interfaces para la motorización de los subsistemas de recolección y almacenamiento
- Rediseñar la interfaz de recolección con el hábitat puesto que no hace la mecánica de giro completamente.
- Pensar en la implementación de un rodillo con engranaje planetario interno para aislar el motor.
- Reconfiguración del sistema de recolección para hacer que los rodillos tengan mayor superficie de contacto en vez del lugar de almacenamiento

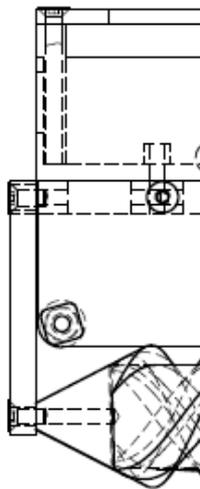
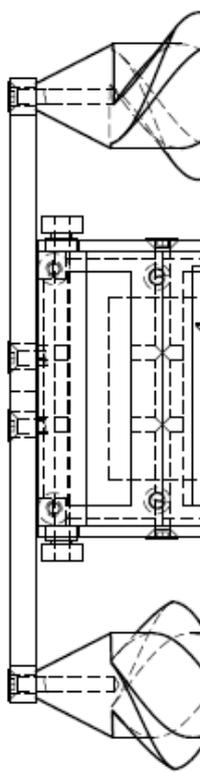


Si hablamos de los sistemas electrónicos, los retos a considerar serían los siguientes:

- La selección de la cámara para la obtención del ambiente de playa
- Selección del cerebro como microcomputadora para todo el trabajo de visión y localización (Algunas propuestas serían Jetson Nano o Raspberry Pi en sus primeras instancias)
- Desarrollo de todo el subsistema de control de motores para el movimiento de los drivers.
- Junto con el equipo mecánico, basado en dimensiones, determinar las características del motor para mover el móvil. (El diseño final deberá ser basado en las características del motor)
- Determinar la capacidad de las baterías, el tipo de composición que serían los adecuados tomando en cuenta el ambiente en el que estará sujeto y el sistema de potencia para poder suministrar energía a todos los demás subsistemas.
- Anadir al sistema un órgano/o subsistemas encargados de recarga de estas baterías
- Asegurarse de que todos los subsistemas tengan el correcto flujo de información mediante los protocolos adecuados.
- Evaluar si es necesario sensores externos o más de una cámara
- Evaluar el diseño de una PCB englobando el subsistema de control, Suministro de batería y control de locomoción.

Finalmente hablando de Software:

- Generar los algoritmos de visión para la recolección de residuos y localización de la cosa.



- Configuración del middleware para el intercambio de información entre los sistemas de alto nivel y bajo nivel
- Jerarquización del sistema (ponderar que tareas se harán con mayor prioridad con respecto a uno de otro)
- Programación del subsistema de locomoción y recolección con respecto al sistema de visión. O sea, sincronizar el sistema de visión para que la cosa encuentre los residuos a recolectar
- Diseñar e implementar un algoritmo de navegación para el correcto funcionamiento de la cosa.

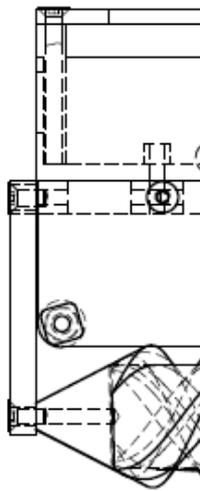
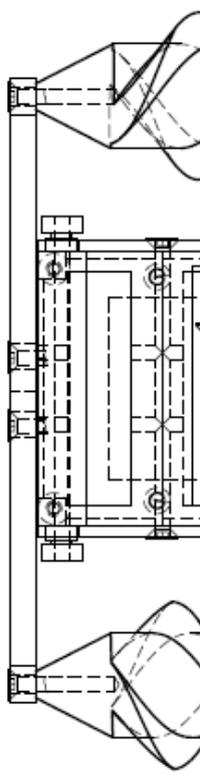
Los puntos anteriores idealmente deben ser desarrollados por diversos grupos de ingeniería (o en su defecto por varias personas dedicadas en cada rubro) Pero como dije, todo esto corresponde en la siguiente etapa de diseño de detalle y en el mantenimiento del producto a lo largo de su vida útil.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO CUATRO

[1] Gokux, "3D Printed Screw-propelled Robot With Video Feed," Instructables. [En línea]. Disponible en: <https://www.instructables.com/3D-Printed-Screw-propelled-Robot-With-Video-Feed/>. [Accedido: 31-ago-2024].

[2] Pololu, "Pololu 2130," [En línea]. Disponible en: <https://www.pololu.com/product/2130>.

[3] "How to Configure HC-05 Bluetooth Module As Master," Instructables. [En línea]. Disponible en: <https://www.instructables.com/How-to-Configure-HC-05-Bluetooth-Module-As-Master-/>.



05

REFLEXIONES DE ESTA COSA
Reflexiones y Conclusiones del
Sistema

Para mí, todavía es difícil hablar de robots como producto en nuestra época, cuando estos sistemas se siguen preparando y desarrollando para salir del laboratorio, con el fin de tener las primeras interacciones en un ambiente humano. Sin embargo, actualmente solo están en ambientes industriales, encargados de tareas repetitivas o bien como entes experimentales en la prueba de principios físicos.

Existen ejemplos domésticos como son las aspiradoras autónomas, que son muy caras para poder distribuir las entre toda la población. La obtención de una de ellas, en mi opinión, es un lujo para el usuario común.

Entrando un poco en materia sobre este trabajo; Una tesis de este nivel no es suficiente para darle el detalle completo a todo lo que involucra realizar un robot autónomo como lo he planteado anteriormente. Sin embargo, lo que creo que sí es posible y de suma importancia, son todos los requerimientos funcionales de un prototipo.

Puedo decir que el objetivo de plantear el diseño conceptual con todo lo desarrollado se cumplió. Empezando con el capítulo 0, que es solamente una justificación y en la presentación de las formas, así como el contexto en el que se dio el trabajo. Proponiendo un objetivo general para el desarrollo de todo el reto de diseño.

El capítulo 1, delimitó el reto de diseño, exponiendo modelos, preguntas, respuestas y datos que ayudan a esclarecer nuestro enfoque durante todo el escrito.

En el capítulo 2, fui capaz de entablar un bosquejo de lo que se buscaba realizar (de forma prematura), encontrando geometrías y plasmando las funcionalidades que desde un inicio se identificaron para las tareas de recolección y locomoción. Asumiendo de lo que serían las dificultades del robot.

Tomando en cuenta los principios de diseño, llevando casi toda la carga del modelo al software que está enfocado en llevar la menor electrónica posible y buscando la menor cantidad de elementos mecánicos entre las diferentes interfaces. Además de llevar la visión de un sistema de locomoción específico para ambientes granulados, fue fundamental en la reducción de interfaces mecánicas.

En el capítulo 3, se hizo una reconfiguración del sistema de recolección así como el planteamiento del esquema funcional englobando las principales relaciones entre los órganos del sistema. Este espacio me dio la oportunidad de ir verbalizando que serían los componentes necesarios para la implementación de cada función específica del móvil. Dando pie al capítulo siguiente que fue la prueba de concepto.

El capítulo 4, es aquel en donde nos entramos en la implementación de un prototipo rápido para la prueba de funcional sobre los sistemas de recolección y locomoción. Encontrando las diferentes áreas de mejora del diseño y concluir con los siguientes pasos, desglosando tareas en las áreas de mecánica, electrónica y software propiamente.

En este, probé la funcionalidad del sistema conceptual, tomando en consideración los subsistemas de recolección, locomoción y almacenamiento. Que son mis funciones secundarias englobando la tarea principal.

Aquí rechazo completamente la geometría propuesta de la interfaz entre el rodillo y el hábitat, pero compruebo que funcionalmente los subsistemas de recolección y almacenamiento actúan en armonía cumpliendo con la misión de la tarea principal, protagonista de todo este trabajo. Así mismo, el sistema de locomoción choca con las estructuras del sistema de recolección, haciendo que la propuesta general falle también. Sin embargo, puedo notar una amplia versatilidad en los movimientos laterales, que son un recurso para que el móvil pueda salir de algunos terrenos complicados. La función principal es efectuada correctamente; un móvil sin interferencias mecánicas y con una reconfiguración en su segunda iteración mejoraría completamente la coexistencia de los dos sistemas que integran al sistema total. Por lo que sigo probando el punto de la iteración rápida en un segundo prototipo.

El concepto, con estos subsistemas separados, funcionan y después de este primer ensayo, tomando las anotaciones considero que, en una segunda versión, este tendrá por completo las características y una muy buena propuesta geométrica para realizar un prototipo más apegado a la realidad con componentes más grandes y robustos.

Durante todo este trabajo, me cuestionaba sobre los entregables de esta fase de diseño. Se mencionan especificaciones técnicas para la realización de este. No obstante, creo que los datos pueden salir de prueba y error hasta cierto punto. Algunos elementos, como los helicoides, se pueden simular y calcular para obtener un dato certero del avance que se puede obtener al momento de accionarlo con la interfaz de la arena. Para fines de un prototipo rápido, creo que todavía es válido evaluar solamente la capacidad de moverse o no en un ambiente de suelo granulado. Sin embargo, me he dado cuenta de que esto es trabajo de los equipos en las fases de diseño de detalle y "embodiment". Ellos serán los que determinen con mayor claridad los requerimientos finales después del primer modelo que pruebe el concepto funcional.

Considero que lo que le da un alto valor a la tesis, es la definición de la forma y las funciones necesarias definidas para una cosa, ya que que da un mapa preliminar de un sistema muy simple y directo. Que si lo ponemos en contexto, suena a algo sumamente "primitivo".

¿Dónde queda la Inteligencia artificial?, ¿Dónde viene el salto a los sistemas inteligentes que se nos prometen en futuros cercanos en nuestra era? Bueno, algo que le daría un toque de profundidad sería el desarrollo de algoritmos para lo que llamo **percepción robótica** que es la forma en el robot aprende y se cubica en un ambiente variable con agentes externos.

Este tipo de temas, serían algo que , en nuestra era todavía lo veo complicado desarrollarlo a nivel licenciatura, pero alguien con conocimientos de posgrado, sería capaz de desarrollarlo totalmente.

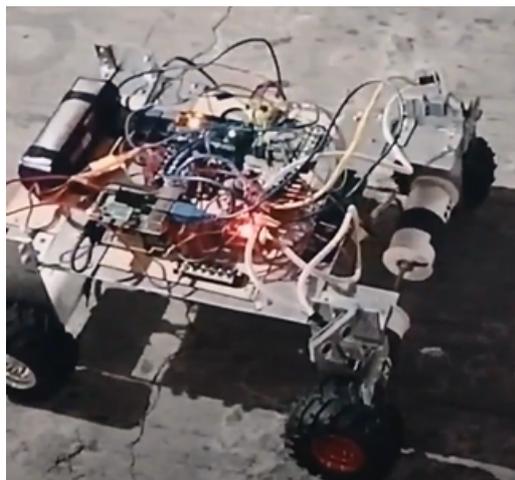


Imagen 5.1 – Prototipo de la reina roja

Algo importante que me gustaría recalcar es lo personal que puede llegar a ser un diseño. Anteriormente hablé de mi experiencia desarrollando un prototipo con las mismas intenciones y lo complicado que fue su implementación con ruedas comerciales. Estas requerían una batería muy grande para satisfacer el poder de mover el robot, ya que demandaba mucha corriente simplemente para avanzar o retroceder, pero para girar era todo un reto nuevo. Me di cuenta de que el planteamiento del sistema y sus funciones era más que solamente decir que se movería con motores con suficiente reducción. Involucraba pensar en el sistema como uno solo, más que en una modularidad de componentes intercambiables. Así mismo, muchas de las decisiones tomadas en esta tesis se derivaron de esto

Puedo decir que este no debería ser considerado como el diseño final, sino como una base para la siguiente implementación. Se debe realizar mucho trabajo a futuro, con ello proponer más características para considerar materiales y elementos específicos de su construcción. También se debería realizar el ensamble de los primeros elementos antes de siquiera accionar una electrónica conjunta, como un plan de pruebas previo para así congelar las instancias de diseño y no regresar a ellas una vez terminado su desarrollo.

Es necesario en la implementación de un prototipo de este calibre, un equipo multidisciplinario que integre no solamente expertos en el área de ingeniería. Se debe considerar también elementos sociales y psicológicos para determinar el impacto que generaría una "cosa limpiando residuos en la playa, personal especializado en medio ambiente para tener un dato en como este puede modificar el hábitat y hacer que este coexista en armonía con la flora y fauna que estuvo antes de ello. Una mejor absoluta en el diseño industrial de las piezas porque no solamente lo funcional cuenta en máquinas de este estilo.

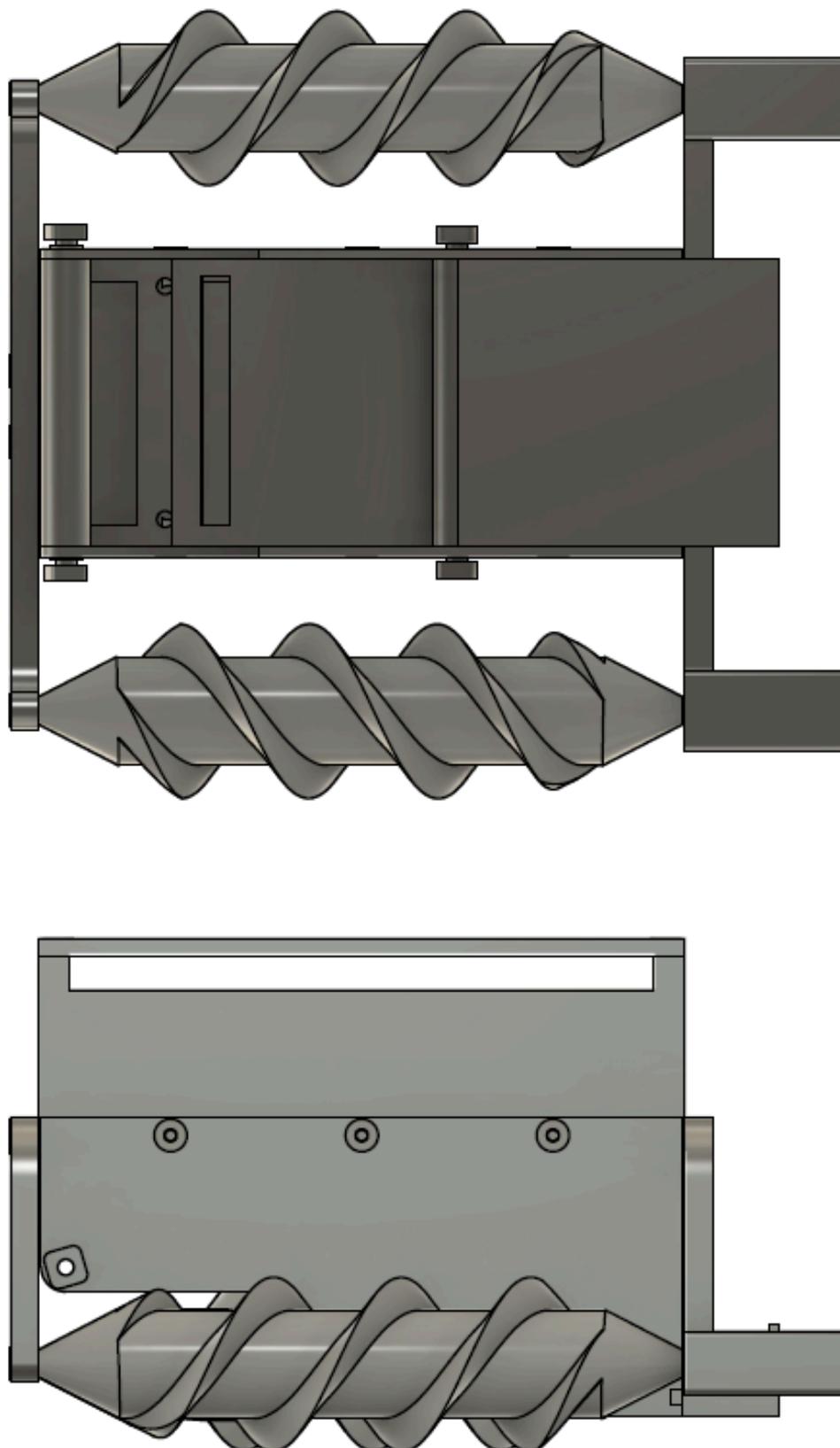


Imagen 5.2 - Concepto terminado