



CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA INDUSTRIAL



**REPORTE DE PROYECTO PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
TECNÓLOGO PROFESIONAL EN CONTROL AUTOMÁTICO E INSTRUMENTACIÓN**

SEMINARIO DE PROYECTO INTEGRADOR

NOMBRE DEL PROYECTO:

MISUX

MALETA INTELIGENTE SEGUIDORA DE USUARIO

INTEGRANTES:

- | | |
|----------------------------------|----------|
| • LÁZARO FABRICIO TORRES OROZCO | 15300277 |
| • MARTÍN RICARDO DEL RÍO GRAGEDA | 15300067 |

ASESOR TÉCNICO:

- LIC. EN ING. EN MECATRÓNICA SEBASTIÁN ALBERTO JIMÉNEZ PÉREZ

PROFESOR DE LA MATERIA DE SEMINARIO INTEGRADOR:

HAROS VARGAS JUAN MANUEL

Tabla de contenidos

Sumario.....	3
Introducción	4
Justificación.....	5
Capítulo I	6
Contextualización de problemática de la investigación	6
1.1 Planteamiento del problema	6
1.2 Objetivos	7
1.2.1 Objetivo general	7
1.2.2 Objetivos específicos	7
1.3 Meta de ingeniería	8
Capítulo II.....	8
Marco del estado del arte o de la Cuestión.	8
2.1 Referente histórico.	9
2.2 Marco del estado de la técnica	10
Capítulo III	24
Proceso Metodológico de la elaboración del proyecto.....	24
3.1 Tipo de investigación	24
3.2 Proceso	24
3.3 Recursos, escenario, población, muestra.	33
3.4 Identificación de variables	35
3.5 Conceptualización y operacionalización de las variables	35
3.6 Instrumento aplicado	37
3.7 Cronograma	40
CAPÍTULO IV.	41
Resultados obtenidos con la aplicación o elaboración del proyecto	41
4.1 Resultados	41
4.2 Discusiones	48
4.3 Futuras líneas de investigación	49
CONCLUSIONES	50
Referente bibliográfico	51
Glosario	58
Anexos	64

MISUX: MALETA INTELIGENTE SEGUIDORA DE USUARIO

Sumario

MISUX es un desarrollo de una maleta seguidora de usuario que tiene como objetivo ofrecer ventajas que una maleta convencional no tiene.

Actualmente, el flujo de personas que viajan en avión o que utilizan una maleta o algún dispositivo para cargar sus cosas es muy alto, y las complicaciones que nacen a partir de este hecho no han sido solucionadas adecuadamente. Además de esto, las personas con una discapacidad motriz se ven imposibilitadas en cargar sus pertenencias, lo que daña su autoconfianza y autonomía. Así pues, MISUX pretende dar solución a este problema.

Se utilizó una metodología de investigación tecnológica y el uso de diversos métodos, tales como el método sistemático puesto que se tomaron fragmentos de investigaciones anteriores y se unieron para formular una solución general,

En el presente proyecto se detallan los métodos usados para lograrlo. Primero que nada se trabaja en la estructura del prototipo, tomando en cuenta las necesidades físicas de la maleta en cuanto a lo que se refiere a los motores y batería, puesto que debe ser capaz de cubrir demandas de carga de peso y velocidad. Posterior a ello se trabaja en la forma de detectar el ángulo y la distancia a la que se encuentra el objetivo a seguir. Por medio de Bluetooth se intentó relacionar la intensidad de la señal con la distancia para luego triangular las señales, pero esto derivó en más problemas, por lo que se decidió usar un sensor GPS. Además de esto, la calibración y uso de una brújula magnética fue necesario y más complejo de lo que se esperaba. En el apartado de resultados se detallan las gráficas de las señales obtenidas contra el tiempo y las diferentes respuestas a los diversos métodos y formas.

Así pues, como resultado obtuvimos un prototipo funcional de una maleta seguidora que combina varios métodos y formas.

Introducción

Actualmente, el equipaje de mano sea haviendo indispensable, pero así como se hace indispensable, también se vuelve una carga pues es complicado jalarlo alrededor de todos los lugares a los que vamos, asimismo, esto puede llegar a ser una tarea difícil para personas con una discapacidad motriz. Así pues, el presente reporte plantea la creación de una maleta con seguimiento automático, cuyo objetivo general es desarrollar una maleta inteligente capaz de seguir automáticamente al usuario a una distancia razonable, proporcionando la libertad que una maleta convencional no puede ofrecer y los objetivos específicos son conseguir una autonomía de 2 horas de uso en la maleta, para garantizar una experiencia más agradable; diseñar un sistema capaz de evitar colisiones con obstáculos en el camino para evitar la interrupción del seguimiento, brindando así una mejor experiencia; integrar un interfaz usuario-máquina para llevar un monitoreo constante del estado de la maleta, evitando que la maleta se pierda o sea robada y crear un sistema de alerta en caso de que la maleta se encuentre demasiado lejos del usuario para poder emprender las acciones pertinentes para regresarla a su uso habitual.

La meta de ingeniería es entonces una maleta que pueda fungir como equipaje de mano que sea capaz de seguir al usuario en rangos adecuados, utilizando diversas tecnologías, como bluetooth, GPS y una unidad de procesamiento de movimiento.

En cuanto al referente histórico, tenemos que en los últimos años el número de personas que toman un vuelo ha ido en aumento mientras que las compañías a nivel mundial que desarrollan este tipo de maletas no; Cowarobot, Travelmate, FunPuppppy y ForwardX son las empresas que se han dedicado a la construcción de estos dispositivos que no han tenido suficiente penetración en el mercado.

En el desarrollo del proyecto se utilizó una investigación tecnológica aplicando métodos como el deductivo y sistemático. En el proceso encontramos el diseño y caracterización de los materiales como motores y batería, luego la construcción de la estructura para luego realizar los experimentos con la tecnología RSSI de bluetooth, que al no considerarse apta, se cambió por GPS. Asimismo, la utilización de una unidad de procesamiento de movimiento para conocer el ángulo geográfico al que apunta la maleta y un encoder para conocer la velocidad de la misma. Entre nuestros recursos encontramos todos

los materiales usados, el dinero gastado y todas las personas involucradas. El proyecto está enfocado entonces a personas que viajan con frecuencia y que usan una maleta pequeña para cargar sus pertenencias.

Entre las variables identificadas tenemos como independiente la distancia entre el usuario y la maleta y como dependientes el ángulo, la velocidad y la distancia con obstáculos, los cuales fueron medidos con distintos instrumentos como el módulo GPS, un sensor de procesamiento de movimiento MPU y un sensor ultrasónico respectivamente.

Dentro de los resultados encontramos las gráficas que relacionan distancia y RSSI del Bluetooth y la razón por la cual cambiamos a tecnología GPS. Asimismo, se presentan las fotos del prototipo como resultado. Entre las discusiones, tenemos que las señales de bluetooth no eran fácil de diferenciar y por lo tanto factibles de ser usadas. En cuanto a las futuras líneas de investigación encontramos que la integración de una cámara y un control remoto harían más efectivo el seguimiento.

Las conclusiones son que el bluetooth no sirve para medir distancia pero el GPS puede ser usado de buena manera para esto, así como comprobar que el uso de una maleta de este tipo si facilita las tareas de cargar con nuestras pertenencias.

Justificación

Nuestro prototipo propone una maleta inteligente seguidora de usuario que representará una solución a los problemas de movilidad que el uso de una maleta convencional puede generar. Entre estos problemas podemos encontrar la necesidad de cargar con toda la documentación requerida en los aeropuertos a la hora de tomar un vuelo, tarea que es aún más difícil con una mano ocupada en la maleta.

Asimismo, serán beneficiadas las personas que cuenten con alguna discapacidad motriz que les impida tener que cargar con su equipaje, adultos mayores incapaces de poder trasladar su equipaje o personas que, por simple comodidad, no quieren tener que preocuparse por su equipaje durante los viajes.

Actualmente, la cantidad de personas que viajan solo con equipaje de mano en vuelos cortos ha aumentado considerablemente, y con ello, los problemas que esto conlleva. Debido a que las aerolíneas cargan una cuota extra por documentar equipaje, la mayoría de los viajeros decide hacer uso solo del equipaje de abordar.

De acuerdo con el banco mundial, en 2017 solo en México viajaron más de 58 millones de pasajeros en vuelos (Mundial, 2019), convirtiéndolo en un mercado muy importante. Esto quiere decir que cada uno de estos 58 millones de pasajeros deben sufrir los problemas típicos de un usuario de aeropuerto, lo que lo convierte en una oportunidad perfecta de solución.

Además de todo, como se ha mencionado con anterioridad, la ayuda que representa para personas con discapacidad motriz es muy grande; de acuerdo con la fundación Adecco (Adecco, 2017), la tecnología puede causar un gran impacto en las personas con discapacidad, por lo que es importante brindarles herramientas para mejorar su calidad de vida.

Aunado a todo esto, la versatilidad que tiene una maleta y el sistema propio de la misma, la convierte en un desarrollo que puede ser aplicable a muchos escenarios, no solo al de un aeropuerto, sino, por ejemplo, al de una plaza comercial.

Desarrollos como Travelmate (Robotics, 2017) han sido la muestra perfecta de la tracción que han ganado estos dispositivos en la gente, generando una mayor expectativa. Sin embargo, la capacidad de acceder a estos gadgets es limitada, debido a sus altos costos. Por eso, también con la intención de garantizar que todos tengan acceso a productos de calidad, Misux será capaz de satisfacer estas necesidades a un costo accesible para las personas de negocios mexicanas. Por todo esto, es importante desarrollar MISUX.

Capítulo I

Contextualización de problemática de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

El equipaje de mano en cualquier viaje es indispensable, pero a la vez representa una carga extra cuando se va de un lado a otro, pues siempre debemos de asegurarnos de traer con nosotros nuestras

pertenencias. Cuando se viaja en avión, los documentos de identificación adquieren un valor aún más especial, pues en caso de algún accidente o emergencia son indispensables. Asimismo, jalar el equipaje de mano a través del aeropuerto resulta cansado y complicado, pues generalmente traemos en las manos nuestros documentos personales y de abordaje; después de un viaje en avión o de un día de negocios, lo último que un viajante quiere es tener que tirar de sus pertenencias. Además, esto que puede parecer simple para la mayoría de las personas, es una tarea muy complicada para las personas con discapacidad motriz, que se ven entonces imposibilitadas en llevar su equipaje, lo que además de complicar su viaje, merma su confianza. Asimismo, estos mismos problemas se presentan en otros escenarios como centros comerciales o al transitar por la calle. Todo esto nos ha llevado a plantear si es posible desarrollar un dispositivo capaz de transportar nuestro equipaje sin la necesidad de tener que lidiar con los problemas que conlleva el uso de una maleta tradicional y que, además, pueda ser usado por cualquier persona.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar una maleta inteligente capaz de seguir automáticamente al usuario a una distancia razonable, proporcionando la libertad que una maleta convencional no puede ofrecer.

1.2.2 Objetivos específicos

- Conseguir una autonomía de 2 horas de uso en la maleta, para garantizar una experiencia más agradable.
- Diseñar un sistema capaz de evitar colisiones con obstáculos en el camino para evitar la interrupción del seguimiento, brindando así una mejor experiencia.
- Integrar un interfaz usuario-máquina para llevar un monitoreo constante del estado de la maleta, evitando que la maleta se pierda o sea robada.
- Crear un sistema de alerta en caso de que la maleta se encuentre demasiado lejos del usuario para poder emprender las acciones pertinentes para regresarla a su uso habitual.

1.3 Meta de ingeniería

Una maleta de mano de dimensiones 50 * 40 * 20 cm capaz de cargar hasta 10 kg (el peso del sistema y el restante de equipaje del usuario) que sea capaz de seguir al dueño de la maleta a una distancia adecuada. Con una batería de polímero litio recargable (concordante con las restricciones de las líneas aéreas para el equipaje de mano) se alimenta el sistema para tener una autonomía de hasta dos horas, posterior a las cuales, se debe conectar al cargador que se conecta debidamente a la toma de 127 V de corriente alterna para su recarga. La maleta estará conectada al celular del usuario por medio de una simple aplicación, disponible para dispositivos Android, que servirá solamente para conectar, desconectar y avisar en caso de que la conexión se pierda entre el celular y la maleta (alrededor de 7 metros).

Además, tiene un sistema para evitar obstáculos por medio de sensores ultrasónicos que detectan si existe algo frente a la maleta a una distancia de hasta 30 cm para así, en caso de existir, rodearlos.



1 Maqueta de la maleta

Capítulo II

Marco del estado del arte o de la Cuestión.

2.1 Referente histórico.

En un mundo completamente interconectado, los viajes por avión se han vuelto el día a día de muchas personas, lo que ocasiona que tengan que transportar sus pertenencias de un lado a otro de alguna forma, siendo el método más usado la maleta común. El problema de usar una maleta es que se tiene que tirar de ella manualmente, tarea que se complica cuando debes tener tus papeles de abordaje, visa, pasaporte, celular, etc. a la mano. Así pues, recientemente muchas empresas han intentado desarrollar una forma en la que las personas no tengan que lidiar con su equipaje de mano, estas investigaciones han llevado a empresas como Travelmate, Cowarobot o Forward X a diseñar prototipos que hoy se pueden encontrar en el mercado.

El futuro de las maletas inteligentes parece prometedor, puesto que la constante miniaturización de la electrónica y el reciente interés por desarrollar sistemas de posicionamiento en interiores (IPS por sus siglas en inglés) permitirá crear prototipos más precisos, confiables y baratos.

Así pues, de acuerdo con Acena, encontrar el punto en que se encuentra un dispositivo es una tarea complicada y a la vez muy útil para diversos proyectos, por eso se llevó a cabo la investigación con el objetivo de corroborar que al usar un software es posible localizar un dispositivo a través de la medición de la intensidad de la señal cada 25 cm, luego cada metro para luego realizar los gráficos correspondientes y linealizar los resultados. Finalmente se comprobó que utilizar la RSSI aproxima la localización de un dispositivo medianamente bien. (Acena, 2015)

También tenemos que de acuerdo con Thuy Ong, una maleta capaz de mantenerse erguida y moverse autónomamente es difícil de controlar e implementar, pero gracias a la tecnología de Puppy, se propuso crear una maleta seguidora de usuario con la tecnología de Segway, comprobar que se mantenía erguida y tenía una buena velocidad. Aunque aún está en desarrollo, ha dado buenos resultados. (Ong, 2018)

Asimismo, tenemos que el desarrollo de maletas inteligentes ha ido un poco más allá, integrando sensores de obstáculos y caída más elaborados, como muestra, lo que presenta Cowarobot: un dispositivo capaz de cambiar la vida de los viajeros al reducir el estrés en los aeropuertos y la cantidad de cosas por cuidar. (Carman, 2016)

2.2 Marco del estado de la técnica

AÑO	LUGAR	AUTOR	CONCEPTO CLAVE
2017	EEUU	Travel Mate Robotics	<p>Travelmate es una maleta inteligente capaz de seguir al usuario por medio de comunicación bluetooth con el celular. Puede avanzar de manera horizontal o vertical además de integrar más funciones extras en la misma maleta, tales como una báscula digital, un cargador de celular y localización GPS en todo momento</p> <p>Utiliza dos motores, uno en cada rueda (las cuales son omnidireccionales para que las vueltas sean más suaves) y la batería va en medio de ambas ruedas. La aplicación en el celular permite además controlar otras características de la maleta.</p>
2016	EEUU	Cowarobot – a través de Verge	<p>Esta maleta inteligente integra tecnología multisensorial en el mango de esta, haciéndola capaz de tener información del ambiente para evitar obstáculos Integra sonares, Cliff detectors y un sensor de profundidad CO-EYE. Utiliza un brazalete que promete que la maleta se mantendrá a un brazo de distancia del usuario. Utiliza unas ruedas retráctiles en el centro de las cuatro ruedas, lo que hace posible que, al tocar el mango, se cambie a modo manual automáticamente. Su velocidad máxima es de 7.2 km/h. Tiene función de encontrar al usuario por medio del brazalete, así como un bloqueo del candado.</p>

			Si se pierde la conexión, avisa y, además, es capaz de transmitir su ubicación vía GPS.
2018	EEUU	90Fun	Como su nombre lo dice, esta maleta inteligente planea ser como una mascota que te sigue a todos lados. Utiliza un sensor externo que permite seguir al usuario. La característica más importante de esta maleta es que utiliza la tecnología de Segway (la empresa que falló en construir scooters de dos ruedas que se auto balanceaban e impulsaban dependiendo de la posición del usuario), por lo que solo requiere de dos ruedas y al inclinarse obtiene el impulso necesario. No existe mucha información al respecto, solo que fue un fracaso en el CES 2018.
2018	China	Forward X	La característica más sobresaliente de Ovis es su complejo algoritmo que pretende crear una inteligencia artificial capaz de “ver” y comprender el entorno que la rodea, esto junto con una red de algoritmos que intentan predecir la posición del usuario, hacen que la maleta siempre se encuentre a una distancia razonable con el usuario. Ovis también cuenta con un sistema anticollisiones capaz de reconocer el ambiente, calcular distancias y estimar la ruta a seguir evitando obstáculos potenciales. Como ya es costumbre es este tipo de maleta, Ovis cuenta con localización GPS, y cumple con los requisitos de la mayoría de las aerolíneas, por lo que se puede viajar con ella sin ningún problema.

2.3 Referencial teórico

En el presente desarrollo se abordaron dos métodos diferentes de seguimiento, que son explicados en el capítulo 3, sin embargo, se presentará aquí toda la teoría necesaria para poder comprender con precisión los pasos descritos en dicho capítulo.

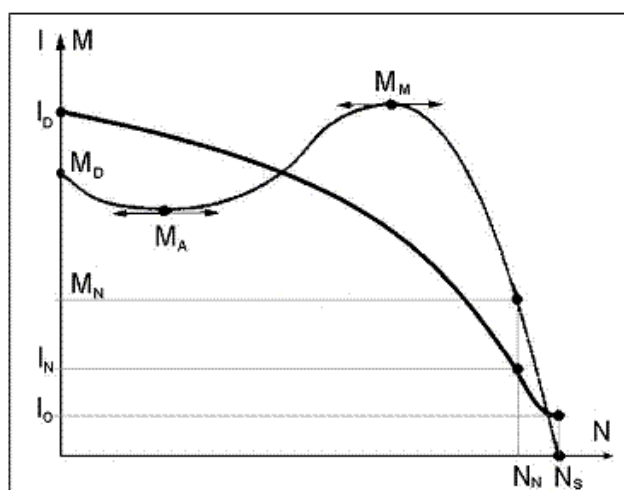
Parte mecánica-eléctrica-estructural.

Para poder llevar a cabo el objetivo de que la maleta se mueva, es necesario añadir un par de ruedas motorizadas; estos motores, además, deben cumplir con las características suficientes de torque, potencia, velocidad, consumo de corriente y eficiencia.

Podemos definir torque como una fuerza rotacional aplicada a un eje que causa su rotación.

Desde el punto de vista técnico, el torque de una fuerza con relación a un eje es el producto de la fuerza multiplicada por la distancia del punto de aplicación de la fuerza con respecto al eje.

Además de esto, la curva característica de torque/corriente contra velocidad es así:



2 Relación corriente-torque-velocidad

Donde N es la velocidad, I la corriente y M el torque. Asimismo, el subíndice n indica “nominal”.
(Villajulca, 2012)

Así pues, es necesario conocer también la eficiencia de un motor, pues a diferentes combinaciones de velocidad y torque, se tendrán diferentes eficiencias, resultando en una mayor necesidad de corriente o en su defecto, en la limitación de estas características que se pueden obtener de una corriente dada.

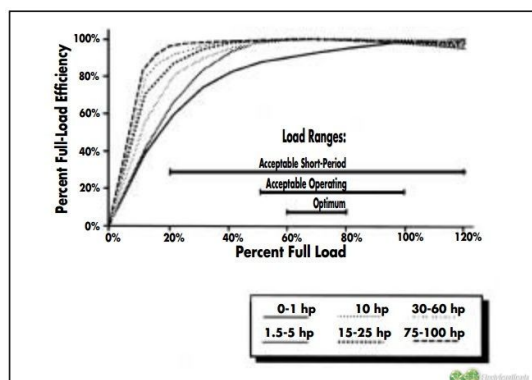
La eficiencia del motor eléctrico es la relación entre la potencia de salida (mecánica) y la potencia de entrada (eléctrica).

La salida de potencia mecánica se calcula en base al par y la velocidad requerida (es decir, la potencia requerida para mover el objeto conectado al motor) y la entrada de energía eléctrica se calcula en base al voltaje y la corriente suministrados al motor.

La salida de potencia mecánica es siempre inferior a la entrada de energía eléctrica, ya que la energía se pierde durante la conversión (eléctrica a mecánica) en diversas formas, como el calor y la fricción.

El diseño de un motor eléctrico tiene como objetivo minimizar estas pérdidas para mejorar la eficiencia.

Una gráfica que relaciona de manera adecuada estos parámetros es la siguiente:



3 Gráfica de eficiencia de los motores

Donde podemos apreciar los valores típicos de eficiencia de un motor (Aplicada., 2017)

Una vez teniendo la información relacionada con los motores, es necesario establecer el tipo de batería adecuada para este desarrollo.

Por la naturaleza propia del escenario donde la aplicación se llevará a cabo, es pertinente que sea recargable, además de que brinde una total seguridad en su uso, pues la batería será recargada por el usuario. También, debe cumplir con las regulaciones establecidas en los diferentes sitios donde se presenta aplicar este desarrollo.

Se llama batería eléctrica, acumulador o simplemente batería al dispositivo que, formado por una o varias celdas electroquímicas, puede convertir la energía química que almacena en electricidad. A diferencia de las pilas, la reacción química que permite su funcionamiento es reversible, lo que permite volver a cargar la batería por medios eléctricos.

Los principales tipos de baterías que existen comercialmente son de plomo-ácido, níquel-cadmio, níquel-hidruro metálico, iones de litio y polímero litio. (Shops, 2016)

Una tabla que enlista algunas de las baterías y sus principales características que las diferencian la encontramos a continuación:

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-40 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Fe	30-55 Wh/kg	1,2 V	+ de 10.000	4-8h	10 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h *	30%
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h *	20 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10%

4 Tabla características de las baterías

Además, de acuerdo con EL AL Israel Airlines, y toda la regulación aérea existente: “ . Todos los pasajeros pueden transportar la mayoría de los tipos de baterías de consumo y dispositivos que funcionan con baterías portátiles para su uso personal. Las baterías de repuesto deben protegerse de daños y cortocircuitos. Los dispositivos que funcionan con baterías deben ser protegidos de la

activación accidental y generación de calor. Las baterías permitidas en el equipaje de mano incluyen: Baterías Alcalinas Secas; Típica AA, AAA, C, D, 9-voltios, baterías del tamaño de un botón, etc. Baterías Recargables Secas tales como de níquel hidruro metálico (NiMH) y de níquel cadmio (NiCad). Las baterías de Iones de Litio (por ejemplo: litio recargable, polímero de litio, LIPO, litio secundario). Los pasajeros pueden transportar todos los tamaños de las baterías de iones de litio de consumo [hasta 100 vatios - horas (WH) por batería]. Este tamaño cubre las baterías AA, AAA, teléfonos móviles, PDA, cámara, video cámara, juegos de mano, tabletas, taladro portátil y baterías estándar de ordenadores portátiles. La valoración de los vatios – horas (WH) se marca en las baterías de iones de litio más nuevas y se explica en la sección P3/R3 a continuación. Los cargadores externos también se consideran como baterías. Los pasajeros también pueden traer dos (2) baterías de Iones de Litio Más Grandes (100-160 vatios – horas por batería) en su equipaje de mano. Este tamaño cubre las más grandes baterías de larga vida del mercado de portátiles y la mayoría de las baterías de iones de litio para los equipos de audio/visual de grado profesional. La mayoría de las baterías de iones de litio de consumo están por debajo de este tamaño. □□Baterías de Metal de Litio (por ejemplo: litio no recargable, litio primario). Estas baterías se usan regularmente con cámaras y otros pequeños aparatos electrónicos personales. El consumo del tamaño de las baterías (hasta 2 gramos de litio por batería) puede ser transportado. Esto incluye todas las típicas baterías no recargables utilizadas en cámaras (AA, AAA, 123, CR123A, CR1, CR2, CRV3, CR22, 2CR5, etc.) así como las baterías redondas y planas de litio del tamaño de un botón. □□Baterías húmedas antiderrames (electrólitos absorbidos), limitado a 12 voltios y 100 vatios – horas por batería. Estas baterías deben ser del tipo de electrólito absorbido (batería de gel, AGM, etc.), que cumpla con los requisitos de 49 CFR 173.159a (d); es decir, los electrólitos no fluirán de un estuche de batería agrietado. Las baterías deben estar en unos empaques exteriores fuertes o instalados en el equipo. Los pasajeros también están limitados a dos (2) baterías de repuesto (no instaladas). Los terminales de las baterías de repuesto deben estar protegidos (tapas no conductoras, cintas) en el empaque exterior. Las baterías y empaques exteriores deben estar marcados como baterías “antiderrame” o “baterías antiderrames.” Nota: Esta excepción es para los dispositivos electrónicos portátiles, no para las baterías de vehículos. Hay excepciones separadas para las sillas de ruedas eléctricas. (AI, 2015)

Así pues, la más conveniente es la batería Li.Po, es decir, de Polímero Litio, la cual se describe más ampliamente a continuación.

La batería de polímero de iones de litio, de ion de litio polímero o más comúnmente batería de polímero de litio (abreviadamente Li-poli, Li-Pol, LiPo, LIP, PLI o LiP) son pilas recargables (células de secundaria), compuestas generalmente de varias células secundarias idénticas en paralelo para aumentar la capacidad de la corriente de descarga, y están a menudo disponibles en serie de "packs" para aumentar el voltaje total disponible. Las baterías LiPo funcionan siguiendo el mismo principio que las baterías de iones de litio, el intercambio de electrones entre el material del electrodo negativo y el material del electrodo positivo mediante un medio conductor. Para evitar que los electrodos se toquen directamente, se coloca entre ellos un material con poros microscópicos que permite tan sólo los iones (y no las partículas de los electrodos) migren de un electrodo a otro.

Entre sus características principales se encuentran:

Vida útil: 2 a 3 años o unas 5000 cargas completas

Formas: son fabricadas en diversas formas y tamaños

Eficiencia: mejor relación tamaño eficiencia que otras tecnologías

Tasa de descarga: Alta tasa de descarga desde 1C hasta más de 25C

Voltaje de Celda: Cada celda tiene 3.7V, y se puede encontrar baterías de 1 a 6 celdas .

Parte de localización.

Para llevar a cabo la localización de un dispositivo con respecto a otro, se requieren de métodos complejos que permiten obtener una distancia y un ángulo más o menos preciso para poder entonces emprender un control adecuado y hacer que un dispositivo alcance al otro.

Se podrían realizar diversas clasificaciones de métodos de localización, entre ellas, podemos mencionar una:

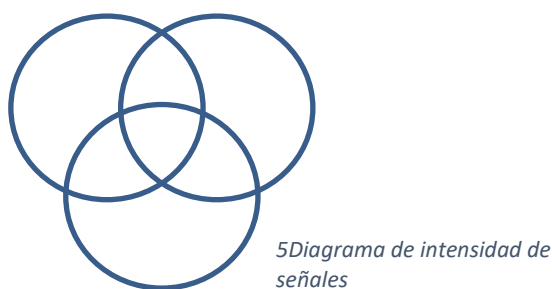
- En la que el objeto a seguir está estático. Este tipo de caso lo encontramos por ejemplo cuando algún dispositivo automático debe regresar a su punto de partida o centro de carga, tal y como sucede con algunos drones y algunas aspiradoras automáticas.
- En la que tanto el objeto que sigue como el seguido se mueven. En este caso, la situación se vuelve un tanto más complejo, puesto que las referencias son cambiantes y la forma de obtener información sobre dirección y distancia se complica.

Así pues, para los términos que se pretenden en este desarrollo, se caería en el segundo tipo de seguimiento, donde las referencias son cambiantes y solo se pueden realizar mediciones con referencias entre ellos mismos o con un marco de referencia mucho mayor, como el que puede representar el planeta tierra mismo.

PRIMER MÉTODO DE SEGUIMIENTO

Si se colocan diversos emisores a ciertas distancias unos de otros en un dispositivo, entonces otro dispositivo receptor es capaz de calcular, basado en la intensidad que recibe de cada fuente, la dirección de donde provienen dichas emisiones.

De esta forma, si se colocan tres emisores de señal en la maleta, un receptor capaz de medir la intensidad de cada uno de los sensores será capaz de determinar el punto de dónde vienen. Atendiendo al siguiente diagrama:



Cada una de las circunferencias representaría el espacio geométrico donde el emisor podría estar dado que la fuente es una fuente puntual en el centro de esta. Si se tienen dos sensores, el área donde

posiblemente se encuentre se reduce, sin embargo, siguen existiendo dos posibles lugares donde encontrarse; adelante o atrás. Para esto, un tercer sensor elimina esta disyuntiva.

Dado lo anterior, el Indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI por las siglas del inglés Received Signal Strength Indicator), es una escala de referencia (en relación con 1 mW) para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo en las redes inalámbricas (típicamente WIFI o telefonía móvil).

La escala tiene al valor 0 (cero) como centro; y representa 0 RSSI o 0 dBm. Aunque teóricamente puede darse el caso de medirse valores positivos, generalmente la escala se expresa dentro de valores negativos; cuanto más negativo, mayor pérdida de señal.

El RSSI indica intensidad recibida, no calidad de señal; ya que esta última se determina contrastando la intensidad de la señal respecto de la relación señal/ruido (E_b/N_o). (Carrillo, s.f.)

Esta característica puede ser usada para medir la distancia, puesto que varían de manera inversamente proporcional, no lineal.

Uno de los dispositivos que utilizan este tipo de característica, son los dispositivos Bluetooth.

La tecnología inalámbrica Bluetooth es una tecnología de ondas de radio de corto alcance (2.4 gigahertzios de frecuencia) cuyo objetivo es el simplificar las comunicaciones entre dispositivos informáticos, como ordenadores móviles, teléfonos móviles, otros dispositivos de mano y entre estos dispositivos e Internet. También pretende simplificar la sincronización de datos entre los dispositivos y otros ordenadores.

Permite comunicaciones, incluso a través de obstáculos, a distancias de hasta unos 10 metros. (Masadelante, 2018)

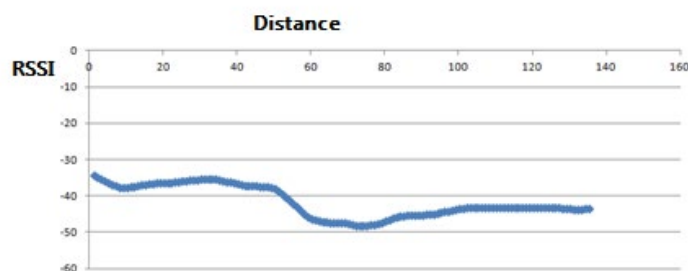
En cuanto al uso del RSSI del Bluetooth, tenemos que:

En la comunicación RT, se usa RX y RSSI para medir la intensidad de la señal de radio. Tanto RX como RSSI (Indicación de intensidad de señal recibida) son indicaciones del nivel de potencia que recibe una antena. La diferencia entre RX y RSSI es que RX se mide en mili vatios (mW) o decibel-mili vatios (dBm), mientras que RSSI es un porcentaje de intensidad de señal: cuanto mayor sea el número de RSSI, más fuerte será la señal.

A diferencia de RX, RSSI es una medida relativa que está definida principalmente por cada fabricante de chips. No hay una relación estandarizada de ningún parámetro físico en particular con la lectura de RSSI. Por ejemplo, el fabricante A podría tener un valor máximo de RSSI de 100, mientras que el fabricante B devolverá los valores de RSSI en cualquier lugar de 0 a 127. Sin embargo, en un chip específico, podríamos tener un mapeo de un valor de RSSI a un valor de RX físico particular. Para algunas plataformas, solo los datos RSSI están disponibles desde la API de alto nivel.

En función de la fluctuación de las señales de radio, podemos obtener un resultado bastante preciso de la tendencia RSSI. Se puede saber fácilmente si la señal es cada vez más fuerte o débil, por lo tanto, sabremos si nos estamos moviendo hacia o lejos de la fuente. Aún mejor, si se entiende la asignación específica entre el RSSI y la ubicación del dispositivo receptor específico, podríamos tener una estimación bastante precisa de la distancia. (Gao, 2015)

Un ejemplo de esta relación lo tenemos en la siguiente imagen:



6 Relación Distancia-RSSI

SEGUNDO MÉTODO DE SEGUIMIENTO

Otra de las opciones para hacer el seguimiento es conocer el punto exacto en el mundo en el que se encuentran ambos dispositivos (el que sigue y el que será seguido) para poder determinar entonces que ángulo seguir y cuánto avanzar para llegar al punto deseado.

Una de estas alternativas las ofrece los diversos sistemas de posicionamiento global.

Existen 3 grandes sistemas de posicionamiento global desarrollados por diferentes gobiernos del mundo.

Tenemos al GPS norteamericano, el GALILEO de la Unión Europea y el GLONASS ruso. Debido a que la cobertura en México y en todo el continente, además de su popularidad mundial y su fácil obtención, se hablará del GPS.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos.

El GPS se compone de tres elementos: los satélites en órbita alrededor de la Tierra, las estaciones terrestres de seguimiento y control, y los receptores del GPS propiedad de los usuarios. Desde el espacio, los satélites del GPS transmiten señales que reciben e identifican los receptores del GPS; ellos, a su vez, proporcionan por separado sus coordenadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa.

Hoy están al alcance de todos en el mercado los pequeños receptores del GPS portátiles. Con esos receptores, el usuario puede determinar con exactitud su ubicación y desplazarse fácilmente al lugar a donde desea trasladarse, ya sea andando, conduciendo, volando o navegando. El GPS es indispensable en todos los sistemas de transporte del mundo ya que sirve de apoyo a la navegación aérea, terrestre y marítima. Los servicios de emergencia y socorro en casos de desastre dependen del GPS para la

localización y coordinación horaria de misiones para salvar vidas. Actividades cotidianas como operaciones bancarias, de telefonía móvil e incluso de las redes de distribución eléctrica, ganan en eficiencia gracias a de la exactitud cronométrica que proporciona el GPS. Agricultores, topógrafos, geólogos e innumerables usuarios trabajan de forma más eficiente, segura, económica y precisa gracias a las señales accesibles y gratuitas del GPS. (Gov, 2019)

De esta forma, se puede disponer de una antena GPS y comparar estas coordenadas con las propias del celular para lograr establecer el ángulo geográfico a seguir.

Debido a que la tierra no es redonda, las fórmulas de geometría plana no funcionan en estos casos, por lo que hay que recurrir a otros métodos como la fórmula Haversine, para determinar al ángulo que existe entre dos coordenadas geográficas dadas:

La fórmula Haversine sirve para calcular la distancia geográfica en la tierra.

Si se tienen dos valores diferentes de latitud - longitud de dos puntos diferentes en la Tierra, entonces con la ayuda de la Fórmula Haversine, se puede calcular fácilmente la distancia del gran círculo (la distancia más corta entre dos puntos en la superficie de una Esfera). El término Haversine fue acuñado por el profesor James Inman en 1835. Haversine es una fórmula muy popular y de uso frecuente cuando se desarrolla una aplicación de SIG (Sistema de información geográfica) o se analizan rutas y campos.

El ángulo central de Haversine se puede calcular, entre dos puntos con r como el radio de la tierra, d como la distancia entre dos puntos, ϕ_1 , ϕ_2 es la latitud de dos puntos y λ_1 , λ_2 es la longitud de dos puntos respectivamente, como:

$$\text{havrsin} \left(\frac{d}{r} \right) = \text{havrsin}(\phi_2 - \phi_1) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \text{havrsin}(\lambda_2 - \lambda_1)$$

(Upadhyay, Haversine Formula – Calculate geographic distance on earth, s.f.)

RESPUESTA EN LA MALETA

Una vez que se puede obtener el ángulo al que se encuentra el objetivo a seguir del objeto que sigue, es necesario medir el ángulo de desplazamiento.

Para esto, se hará uso del sensor MPU 9250, un sensor que integra un acelerómetro, magnetómetro y giroscopio, con 6 grados de libertad. Se explica con mayor detalle en el apartado de instrumentos.

Asimismo, para poder analizar los valores obtenidos del mismo, es necesario aplicar algunos conceptos de matemáticas avanzadas, como los cuaterniones y los ángulos de Euler:

Los cuaterniones son una extensión de los números reales,

similar a la de los números complejos. Mientras que los números complejos son una extensión de los reales por la adición de la unidad imaginaria i , tal que

$$i^2 = -1$$

Los cuaterniones son una extensión generada de manera análoga

añadiendo las unidades imaginarias: i , j y k a los números

reales y tal que:

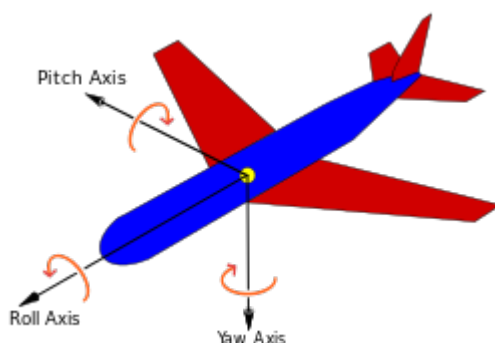
$$i^2 = j^2 = k^2 = -1$$

(Favieri, 2008)

Los cuaterniones unitarios proporcionan una notación matemática para representar las orientaciones y las rotaciones de objetos en tres dimensiones. Comparados con los ángulos de Euler, son más simples de componer y evitan el problema del bloqueo del cardán. Comparados con las matrices de rotación, son más eficientes y estables numéricamente. Los cuaterniones son útiles en aplicaciones de gráficos por computadora, robótica, navegación y mecánica orbital de satélites. (Torres del Castillo, 1999)

Se llevarán a cabo solo estas descripciones breves para no entrar en detalles abrumadores. Asimismo, la parte del código encargada de esto se compone de un archivo propio que es llamada a través de la función principal.

Por otro lado, los ángulos de Euler expresan la posición más general de un objeto con punto fijo mediante 3 ángulos, el de precesión, nutación y rotación propia (Cartagena, 2016). Que en aeronáutica se conocen como pitch, yaw y roll:



7 Ejes yaw, pitch y roll

Como se puede apreciar, el eje que interesa en la maleta es el yaw, y es el único en el que la gravedad no cambia en los diferentes planos del eje, por lo que es necesario utilizar el campo magnético de la tierra.

Capítulo III

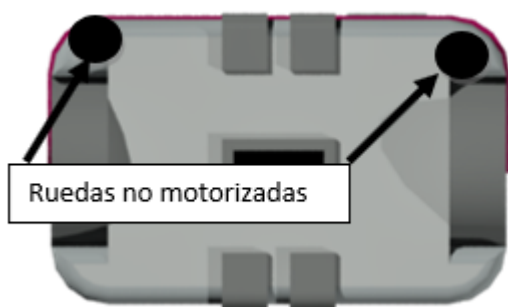
Proceso Metodológico de la elaboración del proyecto.

3.1 *Tipo de investigación*

En el desarrollo del presente proyecto “Maleta Inteligente Seguidora de Usuario” se utilizó una investigación tecnológica, puesto que durante todo el proceso se llevaron a cabo aplicaciones de los diversos conocimientos adquiridos, encontrando nuevas formas y métodos que al principio no se tenían considerados. Asimismo, esta metodología nos permitió combinar formas que otros habían usado antes en un mismo sistema. El método sistemático nos permitió también unir diferentes métodos usados en diferentes aparatos para formular una solución completa.

3.2 *Proceso*

El dispositivo es una maleta seguidora de usuario que tiene en la parte inferior dos motores, cuyas flechas salen por los laterales de la maleta, donde se colocarán las ruedas en la parte trasera de la maleta mientras que, en la parte delantera, como parte del mecanismo de movimiento, se mantienen las ruedas delanteras de la maleta original, como se muestra en la figura 2. De esta forma, los 10 kilogramos que deben ser transportados (determinados con base en las restricciones dadas por las aerolíneas para el equipaje de mano (Aeroméxico, 2018)) se distribuyen en cuatro ruedas, dejando un peso por rueda de 2.5 kg. A pesar de eso, debido a que solo las ruedas de atrás son las que están acopladas a los motores, cada uno de estos deberá mover el equivalente a 5 kg.



8 Diagrama de las ruedas

CARACTERIZACIÓN DEL MOTOR

Velocidad necesaria:

Una persona en promedio camina a 5 km/h equivalentes a 1.38 m/s, así, para obtener la velocidad angular necesaria, con una rueda integrada con un diámetro de 10 cm se tiene:

Diámetro de la rueda= 10 cm

Perímetro de la rueda= (10cm)* π = 31.41 cm

$$w = \left(\frac{5 \text{ km}}{1 \text{ h}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) \left(\frac{100000 \text{ cm}}{1 \text{ km}} \right) \left(\frac{1 \text{ rev}}{31.14 \text{ cm}} \right) = 267.6 \text{ rpm}$$

$w=267.6 \text{ rpm}= 28 \text{ rad/s}$

Torque necesario

En la figura 3 se encuentra el diagrama de cuerpo libre para poder representar la fuerza necesaria para hacerla funcionar, para así poder calcular el torque necesario en los motores.

Si se quiere una aceleración de 1km/h*s, es decir, que del reposo a la velocidad normal del caminado se logre en 5 segundos:

$a= 0.338 \text{ m/s}^2$

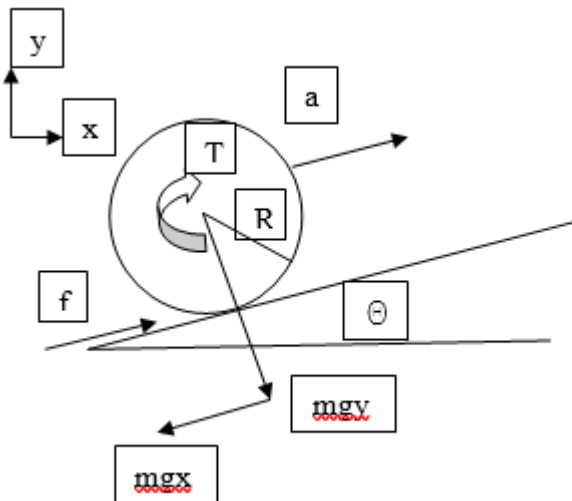


Figura 9: Diagrama de cuerpo libre de la maleta

$$a=0.3 \text{ m/s}^2$$

$$m=10 \text{ kg}$$

$$N=2, \text{ número de ruedas}$$

$$\omega=29 \text{ rad/s}$$

$\theta \rightarrow$ La inclinación de las rampas en la vía pública para el tránsito de personas no puede ser superior a una pendiente del 8% (SEGOB, 2013)

$$\tan^{-1}(0.08)= 4.57^\circ \text{ redondeados a } 5^\circ$$

Se supondrá entonces una eficiencia del 65 por ciento, puesto que es un valor por debajo del promedio de eficiencias de los motores de corriente directa (Aplicada., 2017)

Entonces para el torque se tendría que:

$$T = \frac{(a + g(\sin\theta)) * m * r}{N} * \frac{100}{e}$$

$$T = \frac{\left(0.3 \frac{m}{s^2} + \frac{9.8m}{s^2} * (\sin(4.57^\circ)) * 10kg * 0.05m\right)}{2} * \frac{100}{65} = 0.4438 \text{ Nm} = 4.52 \text{ kgf} * \text{cm}$$

(Robotshop, 2013)

Potencia

Dada la velocidad angular y el torque calculado, se puede calcular la potencia necesaria:

$$P = \omega * T = \left(29 \frac{\text{rad}}{s}\right) * (0.4438 \text{ Nm}) = 12.87 \text{ W}$$

Corriente

Habiendo calculado la potencia y teniendo los 12V de alimentación, entonces:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{12.87W}{12V} = 1.07 \text{ A}$$

Finalmente, la caracterización del motor se tiene en la tabla 1:

Tabla 1. Caracterización de motor

Velocidad angular	270 rpm
Potencia	12.87 W
Corriente	1.07 A
Voltaje	12V

CARACTERIZACIÓN DE LA BATERÍA

El voltaje de la batería que se usará será de 14.8V (4S).

La corriente promedio consumida por cada motor es de aproximadamente 1.07A, como se cuenta con 2 motores la corriente total será:

$$2 * 1.07A = 2.14A$$

El consumo por parte de los dispositivos de control (microcontrolador, sensores bluetooth, etc.) y demás dispositivos es tan pequeña que será despreciado.

El tiempo de uso de la batería de estableció en 2 horas de uso, por lo tanto, la capacidad de la batería será de:

$$2h * 2.14A = 4.28Ah$$

La corriente inicial de cada motor es de 5.6A para cada uno, entonces la corriente máxima que se requiere es de:

$$2 * 5.6A = 11.2A$$

Aproximando la capacidad de la batería a valores comerciales, se tendrá una capacidad de 5.2Ah, entonces la tasa de descarga será la siguiente:

$$\frac{11.2A}{5.2Ah} = 2.15c$$

La cual se redondeará a 3c.

La batería por usar tendrá que ser de litio con una capacidad menor a 160wh debido a las exigencias de las aerolíneas (AeroMexico, 2015).

Entonces, en la tabla 2 se presentan los parámetros para la elección de la batería.

Tabla 2. Caracterización de la batería

Material	Litio
Voltaje	14.8V
Capacidad	5200mAh
Tasa de descarga	3c

CONEXIÓN USUARIO-MALETA

El seguimiento del usuario por parte de la maleta se llevará a cabo con una conexión bluetooth entre el celular del viajero y el módulo Bluetooth HC-05 para compartir las coordenadas del celular al Arduino, (Makezine, 2014), este sensor utiliza ese protocolo de transferencia de información para entablar una comunicación con otro(s) dispositivo(s). El HC-05 se puede comportar como un dispositivo tanto esclavo como maestro, es decir, puede conectarse a algo (siendo maestro con hasta siete esclavos) o ser el esclavo de otro maestro.

Rastreo

Para ubicar a la persona y poder compararla con la posición de la maleta se hará uso de un sensor GPS (Global Positioning System) NEO6MV2 que utiliza la triangulación de señales de diversos satélites para calcular la posición en términos de latitud y longitud de la antena, brindando así una precisión de más/menos 2.5 metros en el peor de los casos (Carrod, 2018)

Una vez teniendo la información de las dos coordenadas (la del celular y la de la maleta) se procederá a hacer el cálculo del ángulo en términos geográficos que la maleta debe seguir:

La fórmula de la distancia de Haversine nos ayuda en este punto y es importante hacer notar que la forma en cómo se obtiene el ángulo geográfico entre dos coordenadas no se parece en nada a la forma en cómo se obtiene un ángulo en geometría (Upadhyay, 2017) sino que se deben aplicar los siguientes cálculos:

$$\beta = \text{atan2}(X, Y),$$

donde

$$X = \cos \theta_b * \sin \Delta L$$

$$Y = \cos \theta_a * \sin \theta_b - \sin \theta_a * \cos \theta_b * \cos \Delta L$$

L: longitud

Θ : Latitud

De esta manera, si se tienen dos puntos con coordenadas distintas podemos calcular qué ángulo hay que seguir en una brújula para llegar a dicho lugar.

Para convertir esta información a un ángulo geométrico tomando al Este como 0° (recordando que convencionalmente, el 0 geográfico es el norte, pero geoméricamente es el 90) solo basta con restarle 90 a la medida, multiplicarla por menos uno y, en caso de que la medida sea negativa, sumarle 360° (simplemente será este un ángulo correspondiente).

Posicionamiento de la maleta

Para poder posicionar la maleta en el ángulo de ataque correcto se debe hacer uso de un MPU (Motion Processing Unit) 9250 que es de 9 ejes. (TDK, s.f.)

Este circuito integrado hace uso de los MEMS que son sistemas Micro Electromecánicos (CMM, s.f.) para detectar 3 diferentes medidas:

Acelerómetro: mide la aceleración que existe en 3 ejes

Giroscopio: mide la velocidad angular en los tres ejes

Magnetómetro: Expresa una medida de la intensidad de campo magnético en tres ejes, generalmente tomando como referencia el campo magnético de la tierra.

De esta manera, se completan los 9 ejes que son necesarios para conocer el ángulo de la maleta.

Existen diferentes ángulos de movimiento que se pueden calcular, sin embargo, para fines de nuestra maleta, el ángulo yaw es el de mayor importancia y al mismo tiempo, el más complicado de obtener puesto que hay que hacer muchos cálculos a partir de la información de los otros sensores y utilizar cuaterniones, que están definidos como una extensión de los números reales, equivalente a la de los números complejos que se generan de manera análoga añadiendo las unidades imaginarias i , y y k y que a su vez son utilizados en geometría compleja (Pérez, 2010)

Asimismo, los ángulos de Euler establecen que puede demostrarse que cualquier rotación de un sólido puede expresarse como la composición de tres rotaciones elementales alrededor de ejes diferentes (no necesariamente ortogonales). A su vez, estas rotaciones pueden considerarse en torno a unos ejes fijos o en torno a unos ejes intrínsecos. (Sevilla, 2016) De esta forma, se puede obtener de manera precisa la orientación de la maleta.

Interfaz de usuario:

Para la interfaz de usuario se desarrollará una aplicación móvil con el software de Android Studio que consiste en el emparejamiento con el sensor Bluetooth y el inicio de la secuencia de seguimiento, así como su término.



10: Interfaz de Usuario de la aplicación

EVITADOR DE OBSTÁCULOS

Para la función de evitar obstáculos se hará uso de un sensor ultrasónico HCSR04 (Microkits, .) conectado a un microcontrolador Arduino Mega 2560 (Mantech, s.f.), que es capaz de medir distancias por medio de la emisión de una señal ultrasónica que rebota con lo que encuentre a su paso, regresando y siendo medido por el receptor del módulo sensor. La resolución de este es de .3 cm y el alcance de 4 m, por lo que solo será necesario una simple programación para probar si la distancia medida es menor de 30 cm, y en caso de serlo, esperar un tiempo para ver si es solo un obstáculo instantáneo, como una persona cruzando; de lo contrario, girar la maleta hasta que deje existir ese obstáculo. En el anexo se puede encontrar la forma en cómo se deben conectar los sensores a la tarjeta.

CONTROL

Para llevar a cabo el control se utiliza la tarjeta de desarrollo Arduino MEGA, debido a que cuenta con las entradas y salidas suficientes para el sistema, además de un bajo consumo de corriente.

Etapas de potencia

La etapa de potencia estará compuesta principalmente por un Shield Controlador para Motor Dual-VNH2SP30 (STMicroelectronics, 2017) el cual es una tarjeta de control diseñada específicamente para controlar motores de corrientes de hasta 6A con un voltaje menor a 16V por medio de Arduino como se puede ver en la figura 6.

3.3 Recursos, escenario, población, muestra.

RECURSOS

En cuanto a los recursos utilizados en la fabricación del proyecto encontramos distintos tipos:

Materiales

Dentro de los materiales usados en el desarrollo del presente proyecto encontramos:

- Maleta
- 2 ruedas con acople
- 2 motores
- Puente H
- 1 batería LiPo
- 2 sensores Bluetooth HC-05
- 1 cargador de batería
- Elementos de sujeción como flejes, tornillos, tuercas, rondanas y adhesivos.
- 1 sensor MPU9250
- 1 sensor GPS neo6mv2
- Jumpers y cables

- 1 sensor ultrasónico
- 1 Arduino Mega
- 1 computadora con el software de Arduino IDE y Android Studio

Físicos

En los recursos físicos utilizados tenemos a los diversos laboratorios de la división de control automático e instrumentación del Centro de Enseñanza Técnica Industrial, en especial el laboratorio de electrónica. También, el lobby del gimnasio Matute Remus del CETI Colomos, así como sus estacionamientos y las casas de ambos miembros del equipo.

Financieros

La inversión hecha para el desarrollo de la maleta inteligente fue de alrededor de \$4600.00 MXN tomando en cuenta los diversos materiales que tuvieron que ser reemplazados, cambiados o mejorados.

Humanos

Los recursos humanos incluyen principalmente a los dos colaboradores del proyecto Lázaro Fabricio Torres Orozco y Martín Ricardo Del Río Grageda, así como nuestro asesor técnico y metodológico Sebastián Alberto Jiménez Pérez. Además de ellos hemos contado con el apoyo de los maestros de la división de Control automático e instrumentación del CETI y apoyos externos en lo que respecta a maquinados convencionales (taller de torno).

ESCENARIO

Como ya se ha mencionado con anterioridad el escenario en el que se ha trabajado el proyecto ha sido principalmente en las instalaciones del CETI Colomos y en las casas de los miembros del equipo.

Además, el escenario en el que la Maleta Inteligente planea operar es en cualquier lugar que sea requerido, siempre y cuando tenga acceso a techo abierto o a ventanas grandes, esto para permitir que

la señal del GPS no se vea interrumpida. Por ejemplo, en algunas zonas de aeropuertos, estacionamientos, etc.

POBLACIÓN

La población a la que va dirigida este desarrollo es a las personas que suelen viajar o transportarse usando una maleta de equipaje de mano y personas que, por algún motivo, sean incapaces de trasladar su equipaje, pues este desarrollo facilita todo su transcurso y los hace disfrutar de una mejor experiencia.

3.4 Identificación de variables

Variable independiente- Distancia entre la maleta y el usuario. Se establece esta como la variable independiente ya que es la que representa la función primordial de todo el proyecto y la cual puede ser controlada a través de la manipulación y modificación de varias otras variables que, en conjunto, generan una respuesta adecuada para cumplir con el objetivo.

Variables dependientes- Angulo, velocidad, distancia con obstáculos. EL Angulo sirve para determinar la dirección hacia la cual la maleta debe dirigirse mientras que la velocidad es la encargada de realizar un seguimiento oportuno del usuario. Por último, la distancia con los obstáculos es primordial, puesto que una colisión podría ser fatal en el proceso de seguimiento. Estas tres variables en conjunto, al ser modificadas, crean un escenario perfecto para poder afectar la variable independiente -distancia entre la maleta y el usuario – y de esta forma cumplir con el objetivo general.

3.5 Conceptualización y operacionalización de las variables

Distancia: esta se define como la longitud física que exista entre el usuario con el celular y la maleta con el sensor GPS. En este caso, esta variable se controla por medio de la variación en el Pulse Width Modulator del Arduino que permite mandar cierto ciclo de trabajo a los motores que provocan que algunas veces se gire hacia la derecha, se gire hacia la izquierda, se avance o se retroceda, todo esto dependiendo de la instrucción dada.

Ángulo: con esto nos referimos a la orientación de la maleta con respecto al campo magnético de la tierra. Este debe corresponder al cálculo generado tomando en cuenta las coordenadas tanto del usuario con el celular como las de la maleta. Para controlar esto se utiliza el magnetómetro, acelerómetro y giroscopio MPU 9250 que permite determinar a cuántos grados está apuntando la maleta.

Velocidad: la velocidad se refiere a la cantidad de distancia que se recorre en cierto tiempo. Esta variable se obtiene al medir la cantidad de cambios de señal que existen en un sensor de herradura, el cual consiste en un emisor y un receptor óptico, entre los cuales se puede presentar una interrupción física, tal como un disco ranurado que permita medir con cierta resolución el cambio de estado. Así, se crean interrupciones aprovechando los dos pines de interrupciones con que cuenta el Arduino MEGA para añadir uno a la variable contador y luego realizar los cálculos correspondientes.

Distancia con obstáculos: esta variable se refiere a la longitud existente entre el sensor detector de obstáculos -que en este caso es el sensor ultrasónico-y un objeto físico sólido en frente de él. Esta variable no es controlada, pero sí procesada para tomar una decisión cuando el objeto es muy cercano. La forma en cómo se obtiene esta distancia es a través del cálculo de la distancia recorrida en cierto tiempo por las ondas de sonido tomando en cuenta la velocidad del sonido.

3.6 Instrumento aplicado

Cada una de las variables tiene su propio instrumento de medición:

En el caso de la distancia con el usuario se utilizan las diferencias de latitud y longitud entre el celular y la maleta para realizar la conversión a distancia. Estas coordenadas son obtenidas con un sensor GPS. Más específicamente, el NEO6MV2

El sensor NEO6MV2 es un dispositivo capaz de captar y transmitir la señal GPS.

GPS se refiere a las siglas Global positioning system o Sistema de posicionamiento global. Este sistema está conformado por muchos satélites que se encuentran a kilómetros fuera de la atmósfera terrestre y que continuamente están enviando señales a la Tierra por medio de radiofrecuencias. Este módulo GPS es un receptor de GPS, la antena que tiene incluida recibe las señales de los satélites que están alrededor de la Tierra. Es necesario que al menos reciba señal de 4 satélites para dar un posicionamiento preciso. Ahora bien, los receptores también tienen incluidos algoritmos matemáticos que hacen los cálculos necesarios para restar la diferencia de tiempo que tarda la señal en llegar y calcular el tiempo y la distancia correcta en la que se encuentre el receptor GPS.

Para una mejor precisión en el posicionamiento, se suelen utilizar los llamados segmentos de control que son estaciones en la tierra que se comunican con la red satelital. Este módulo GPS utiliza el sistema de GPS asistido para mejorar la precisión. Este sistema utiliza a los segmentos de control para ayudar a los receptores de GPS a que consigan información más precisa y rápida del satélite proveyendo al receptor de los datos apropiados y tiempo preciso o bien, utilizando su buena señal y alto poder de procesamiento para interpretar la información rota o fragmentada que le llega al receptor. El sistema de GPS asistido es el más utilizado en celulares o dispositivos móviles, y es por ello por lo que tienden a tener una mejor señal de GPS que un sistema de GPS por sí solo. (Ronzo, s.f.)

En cuanto al ángulo se refiere, utilizamos el MPU9250, sobre todo la parte del acelerómetro, para determinar el ángulo geográfico al que se dirige.

El sensor MPU-9250 es una Unidad de Medición Inercial, es decir, un conjunto de elementos capaces de detectar y medir el movimiento de 9 grados de libertad de nueva generación.

Internamente, el MPU-9250 incorpora en un mismo circuito integrado una IMU MPU-6500, que a su vez está formado por acelerómetro de 3 grados de libertad y un giroscopio de 3 grados de libertad, y un magnetómetro AK8963 de 3DOF. (Llamas, 2016)

Es entonces necesario definir que es un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro:

Acelerómetro: Un acelerómetro es un dispositivo que mide la vibración o la aceleración del movimiento de una estructura. La fuerza generada por la vibración o el cambio en el movimiento (aceleración) hace que la masa "comprima" el material piezoeléctrico, generando una carga eléctrica que es proporcional a la fuerza ejercida sobre él.

El hecho de que la carga sea proporcional a la fuerza y que la masa sea constante hace que la carga también sea proporcional a la aceleración. (Omega, 2019)

Giroscopio: Un giroscopio es un instrumento que permite tanto medir, como mantener y hasta modificar la dirección en el espacio de un objeto o vehículo. Este dispositivo tiene la capacidad de girar sobre un eje y al ser sometido a una fuerza que debería hacer que caiga, este se mantiene girando sin detenerse. (funciona, 2017)

Magnetómetro: Se llaman magnetómetros a los dispositivos que sirven para cuantificar en fuerza o dirección la señal magnética de una muestra. Los hay muy sencillos, como la balanza de Gouy o la balanza de Evans, que miden el cambio en peso aparente que se produce en una muestra al aplicar un campo magnético, y también muy sofisticado, como los dotados de SQUID, que son los más sensibles actualmente. El magnetismo varía de lugar en lugar y a las diferencias en el campo magnético terrestre y puede ser causada por las diferentes naturalezas de las rocas y la interacción entre las partículas cargadas del Sol y la magnetósfera de un planeta. Los magnetómetros son un frecuente componente instrumental de naves espaciales que exploran planetas. (Educalingo, s.f.)

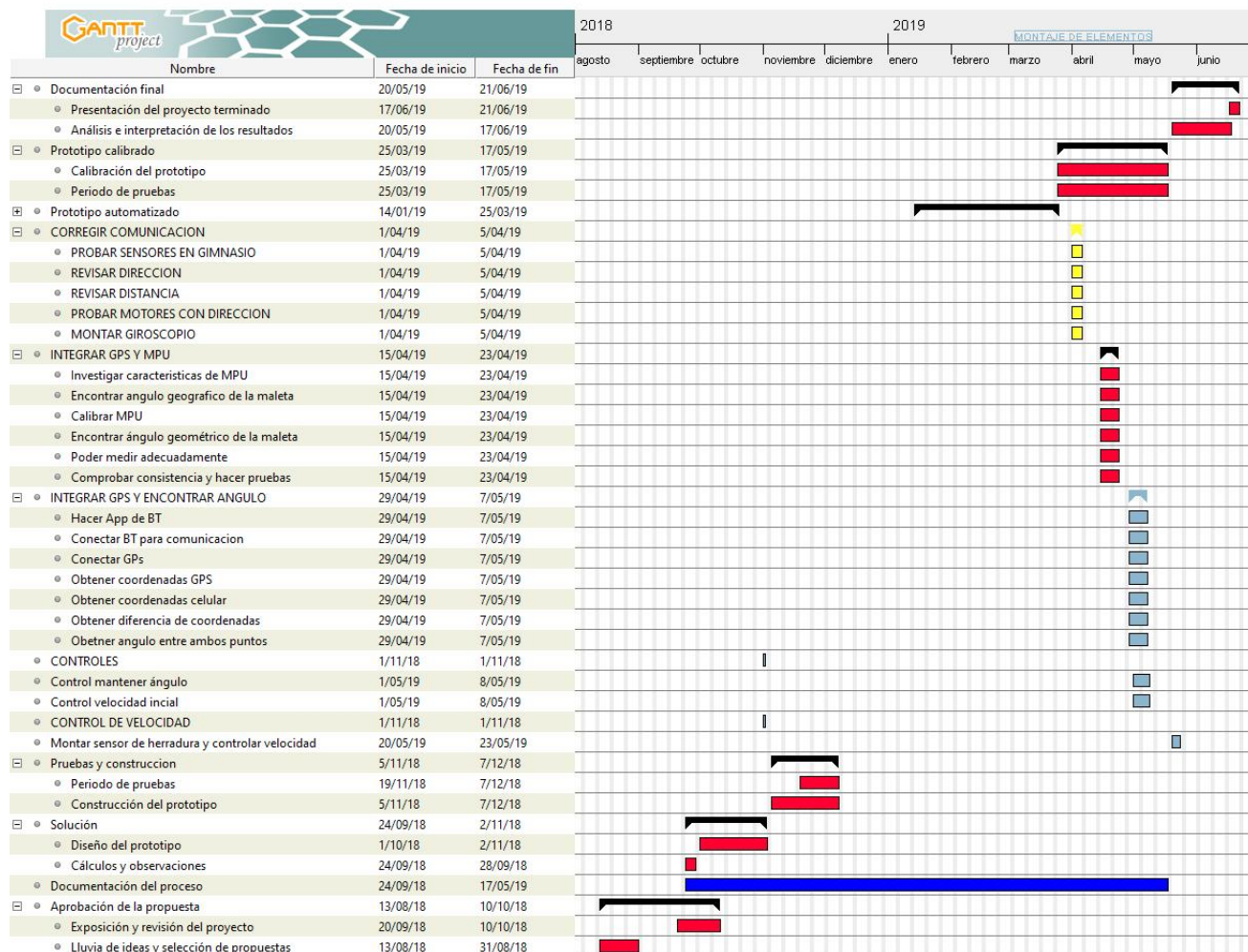
En lo que respecta a la velocidad, la integración de la aceleración con respecto al tiempo dado por el acelerómetro de 3 grados de libertad del MPU se puede obtener ese dato.

Para la distancia con los obstáculos se utiliza el sensor ultrasónico de Arduino, el cual tiene dos partes, el emisor que manda una onda ultrasónica que viaja a través del aire hasta que encuentra algo en su camino que la hace rebotar y permite que el receptor detecte su presencia. De esta manera, se mide el tiempo que tarda en suceder esto y se calcula la distancia por medio de la velocidad del sonido, tomando en cuenta que el camino que realiza la onda es dos veces la distancia que hay entre el sensor y el obstáculo.

En el procedimiento a seguir tenemos la unión de todas estas etapas, comenzando por la construcción del prototipo para poder realizar las pruebas sobre él. Una vez concluido esto se realizó el evitador de obstáculos para comprobar el funcionamiento de los motores y la maleta en general. Posteriormente se comenzaron con las pruebas requeridas para medir la RSSI de los sensores Bluetooth. Se llevaron a cabo diversas regresiones para obtener una fórmula.

Además de eso, se llevó a cabo el cableado oculto y la presentación estética de la maleta.

3.7 Cronograma

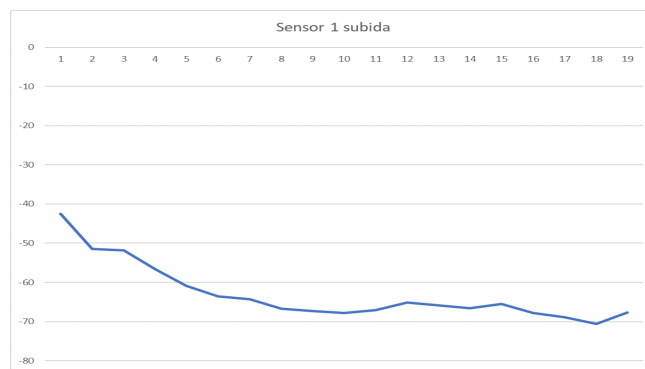


CAPÍTULO IV.

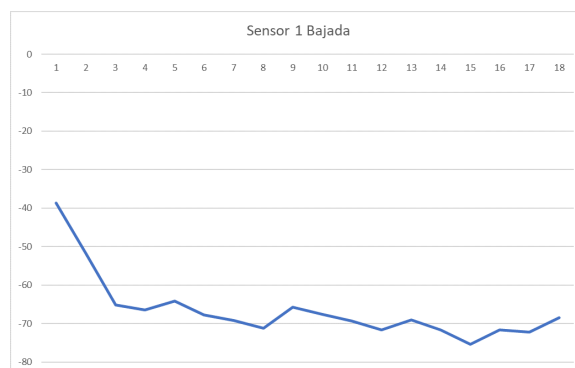
Resultados obtenidos con la aplicación o elaboración del proyecto

4.1 Resultados.

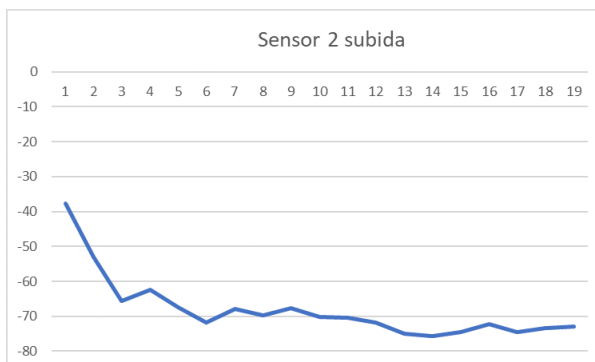
Primero se presentarán los datos referentes a la respuesta de los diversos sensores Bluetooth y su intensidad de la señal recibida, graficados contra la distancia a la que se encontraba el celular de estos. En primer lugar, tenemos los sensores separados, funcionando uno a la vez:



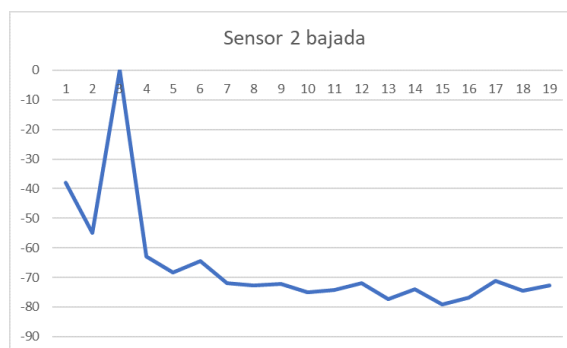
11 Respuesta sensor uno cuando el usuario se aleja de la maleta



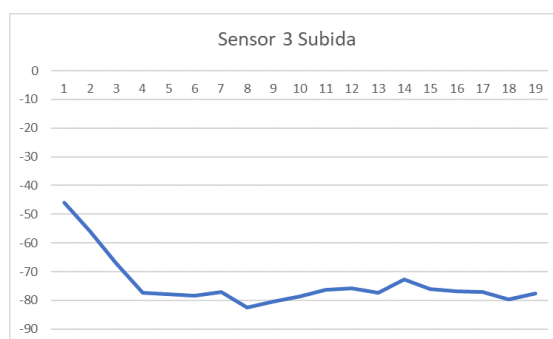
12 Respuesta del sensor uno cuando el usuario se acerca a la maleta



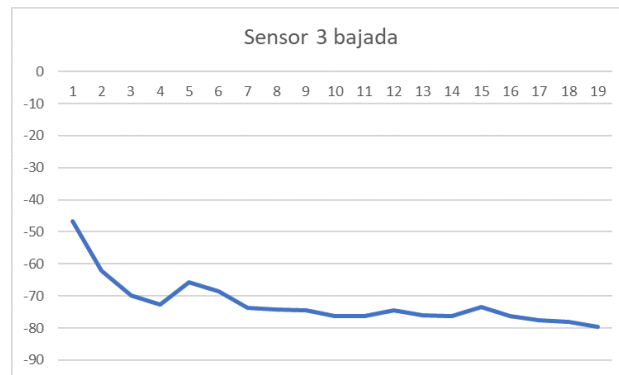
13 Respuesta del sensor dos cuando el usuario se aleja de la maleta



14 Respuesta del sensor dos cuando el usuario se acerca a la maleta



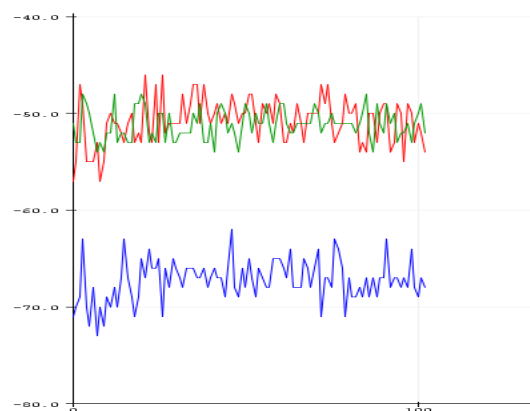
15 Respuesta del sensor tres cuando el usuario se aleja de la maleta



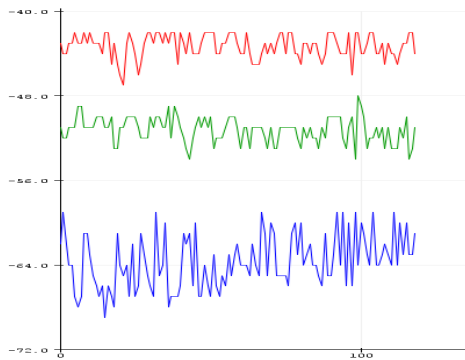
16 Respuesta del sensor 3 cuando el usuario se acerca a la maleta

En el eje x tenemos la medida en metros y en el eje y tenemos el valor del RSSI, como podemos observar, se aprecia una correlación de tipo no lineal que cambia principalmente en distancias cortas, cosa que podría ser útil puesto que se desea controlar a una distancia corta.

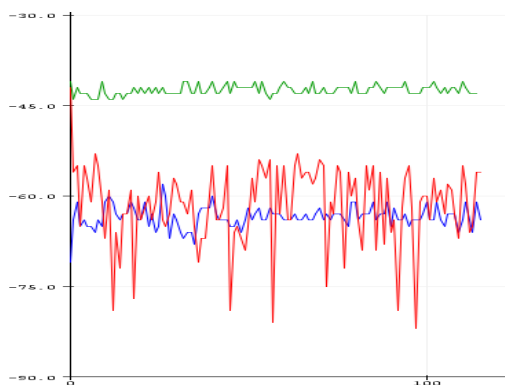
Sin embargo, cuando los tres sensores se colocan juntos y funcionando al mismo tiempo se obtuvieron los siguientes resultados:



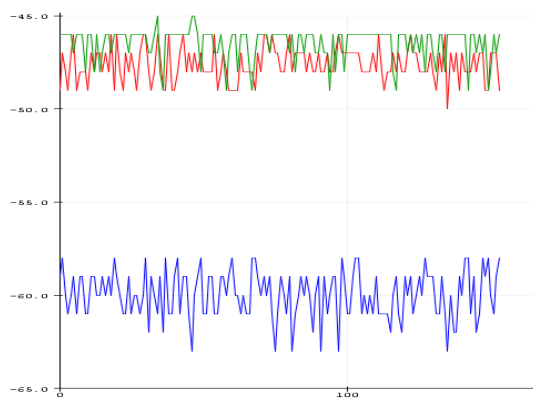
17 Medidas de RSSI cuando se estaba a un metro del sensor del centro



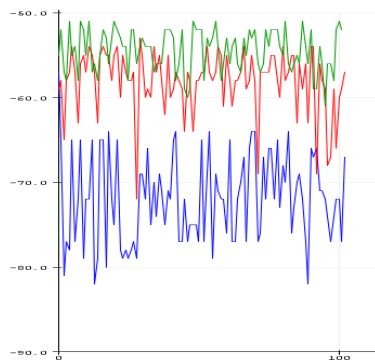
18 Medidas del RSSI a un metro del sensor de la derecha



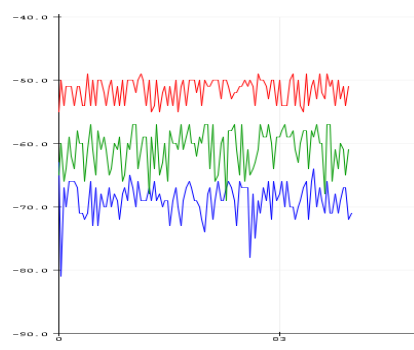
19 Medidas del RSSI a un metro del sensor de la izquierda



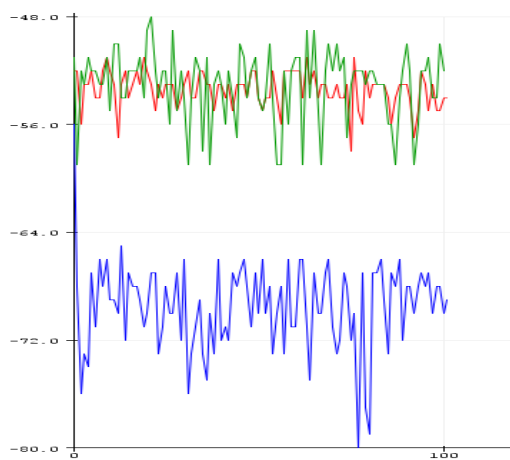
20 Medidas del RSSI a un metro por detrás del sensor del frente



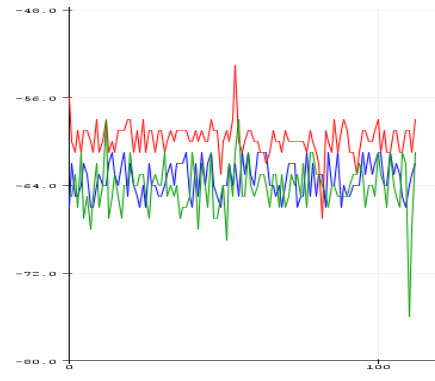
21 Medidas de RSSI a 2 metros del sensor del centro



22 Medidas del RSSI a 2 metros del sensor de la derecha

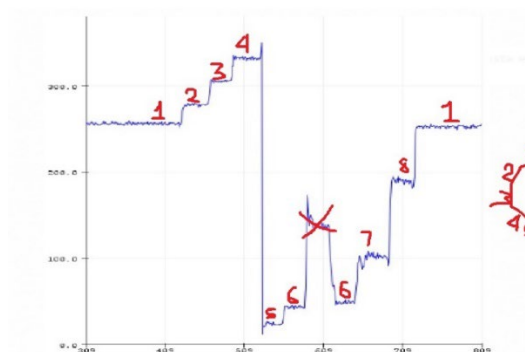


23 Medidas del RSSI a dos metros del sensor de la izquierda



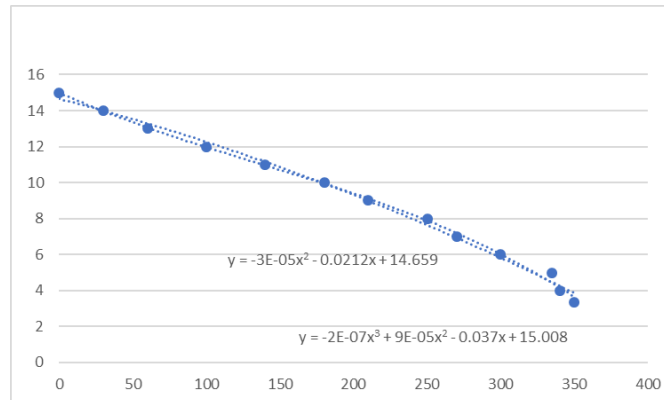
24 Medidas del RSSI a dos metros por detrás del sensor del centro

Así mismo, para la calibración del MPU9250 se obtuvieron los siguientes resultados:



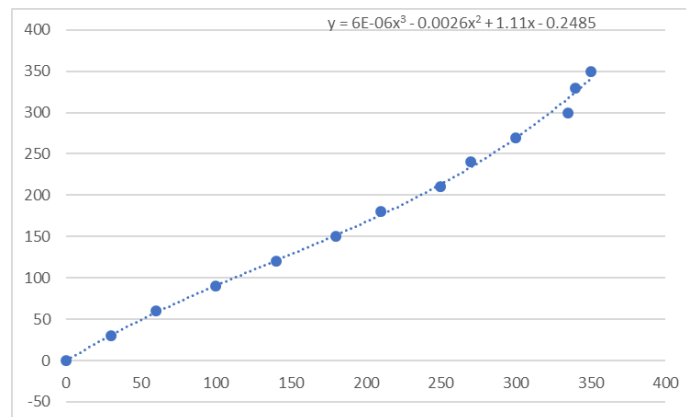
25 Medidas del magnetómetro con respecto al ángulo en que se encontraba

Se obtenían datos no muy concisos en lo que respecta al cambio, además de que un movimiento brusco generaba un cambio muy lento en la medida del ángulo del magnetómetro. Así pues, se obtuvieron las siguientes gráficas y se realizaron las regresiones polinomiales adecuadas para obtener una ecuación que definiera el comportamiento del MPU:



26 Regresión de los datos del MPU con cero en el este

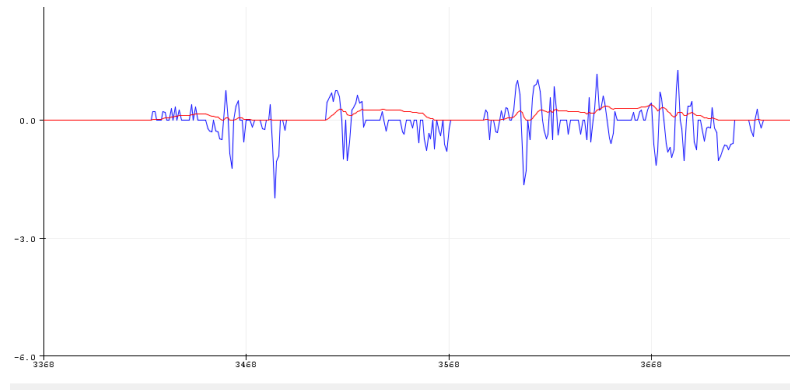
Las dos regresiones obtenidas fueron probadas y se eligió la de menor grado, puesto que la de mayor grado era muy precisa en el centro, pero demasiado imprecisa en los extremos.



27 Regresión del MPU con cero en el norte

De esta forma se consiguió calibrar el sensor para alcanzar el ángulo deseado calculado con el GPS.

Finalmente, para obtener la velocidad se utilizó una integración de la aceleración medida por el MPU con respecto del tiempo y los resultados fueron los siguientes:



28 Gráfica de velocidad y aceleración del MPU

Como se puede observar, los resultados son algo ruidosos y dependen mucho de la naturaleza del movimiento de la maleta. Aunado a esto, no solo el movimiento en el eje en el que avanza la maleta es el que afecta la medición del sensor.

Finalmente, el resultado de la construcción y todo el cableado, es decir, el prototipo terminado se puede observar en los anexos.

4.2 Discusiones

Como se puede apreciar en las imágenes no existe una correlación apreciable entre los 3 diferentes sensores Bluetooth que representan los colores. Por otro lado, ni siquiera se aprecia una característica común al sensor que está en el punto más cercano ni en el lejano, dejando a este método sin posibilidad de uso.

Así pues, se decidió cambiar a GPS donde la precisión de la medición fue mucho mejor y la distancia calculada mejorada.

En este caso, fue necesario el uso de una Motion Process Unit que arrojó los resultados observados después de varias mediciones y calibraciones, por lo que se consideró factible de ser usada.

Por otro lado, al usar la parte del sensor acelerómetro del gran módulo MPU se puede observar que las respuestas son muy ruidosas, además de que son afectadas por movimientos que no necesariamente representan un aumento o disminución de la velocidad de avance, por lo que no es factible de ser usado.

Finalmente, el prototipo es funcional, con algunos detalles en la parte de la velocidad de respuesta y por supuesto, la precisión es un tanto errónea, cercana a los dos metros, debido a la naturaleza propia de los sensores GPS, tanto el módulo que se usa en la maleta, como el presente en el celular.

La respuesta en el dispositivo es buena, se tiene una precisión menor a la propuesta debido al cambio de método; debido a que se usa tecnología GPS, la precisión disminuye tomando en cuenta la conjugación de las precisiones de los sensores de la maleta y del celular del usuario. En un espacio a cielo abierto la precisión es de alrededor de 2.5 metros, esta disminuye y se puede comportar un poco aleatorio cuando se encuentra en interiores, debido a las características mismas del sensor. Asimismo, el tiempo de espera para obtener el siguiente ángulo es de alrededor de 10 segundos, en los cuales, dependiendo del control de avance, una parte avanza y otra espera la nueva señal. En cuanto a su repetibilidad, es difícil que las condiciones se repitan, por lo que los sensores se ajustarán de acuerdo con las condiciones de ese preciso momento, debido a que hay variables que cambian con mucha rapidez y que no se tiene una referencia estática.

En cuanto al detector de obstáculos, este es muy adecuado, puesto que además de detectar el obstáculo y evitarlo, lo rodea.

4.3 Futuras líneas de investigación

En el futuro, la línea lógica siguiente es la integración de una cámara al dispositivo. Por medio del análisis de la imagen y de visión artificial, se podría descomponer la imagen en diferentes partes que permitieran determinar qué hay en el entorno. De esta manera, es posible establecer cierta característica del usuario para que sea identificada y entonces se pueda cumplir el objetivo del seguimiento. Por otro lado, también con esta tecnología se pueden identificar los obstáculos y la forma más eficiente de rodearlos.

En una capa de más complejidad podríamos encontrar la integración de técnicas de inteligencia artificial y machine learning para aprender los lugares comunes en los que el usuario hace uso de la maleta.

Todo esto por otra parte tendría un impacto mayor tanto en la necesidad de capacidad de procesamiento como en los costos energéticos, por lo que sería necesario ajustar las fuentes y demás componentes.

Otro punto que podría ser altamente mejorable sería el peso de la maleta misma, puesto que esto limita la cantidad de cosas que puede cargar el usuario, así que se podrían utilizar materiales más ligeros pero igual de resistentes, o encontrar alguna forma de que la maleta no cargue siempre con este peso.

Aunado a estas posibles mejoras, integrar una antena GSM sería muy útil para poder conocer la ubicación de la maleta a pesar de que la señal bluetooth se rompa. Asimismo, la carga de la batería podría ser más intuitiva.

CONCLUSIONES

Para cada uno de los experimentos llevados a cabo se tienen diferentes conclusiones:

En cuanto a lo relacionado con el bluetooth, se llegó a la conclusión de que este protocolo y los dispositivos que hacen uso de él está diseñado para la transferencia de información y no la medición de distancia, lo que complica cualquier aplicación en la que se desee este objetivo. Además, el tener varios sensores juntos genera que interfieran unos con otros y se obtengan medidas erróneas. Por lo tanto, la parte de la meta de ingeniería concerniente al uso del Bluetooth para determinar la posición del usuario se rechaza.

En cuanto a la medición de velocidad por medio del MPU, se concluyó que es demasiado sensible y sería necesario utilizar muchos filtros y eliminar mediciones que sin embargo son utilizadas para otras partes del proceso, por lo que es necesario realizar una medida más directa de la velocidad, como un sensor capaz de contar las vueltas que da una rueda y entonces calcular la velocidad, lo que se logra de manera adecuada usando las interrupciones.

En lo que respecta a medir la distancia y determinar el ángulo con ambas coordenadas dadas por el GPS, se concluyó que las matemáticas necesarias para hacerlo son más complejas que en la geometría plana debido a que la tierra es redonda.

En cuanto al análisis general del proyecto, se concluye que el método más adecuado es el uso de una cámara capaz de detectar el entorno, y que la sucesión de controles generan muchos problemas, pues incluso el control más sencillo se complica debido a la falta de referencias fijas en el sistema; es decir, debido a que ni la maleta ni el usuario son estáticos, el control es más difícil, puesto que siempre se usa un marco de referencia y en este caso, el marco de referencia es la tierra, con sus campos magnéticos y los satélites que giran alrededor de ella.

Finalmente, al utilizar la maleta, se nota una reducción sustancial en el esfuerzo necesario para cargar las cosas, debido a que los motores hacen todo el trabajo.

Referente bibliográfico

Acena, O. (2015). *Medición de RSSI en dispositivos BLE*. Retrieved from arcoresearchgroup: <https://arcoresearchgroup.wordpress.com/2015/09/30/medicion-de-rssi-en-dispositivos-ble/>

Adecco, F. (2017, Julio). *Fundación Adecco*. Retrieved from Tecnología y discapacidad: <https://fundacionadecco.org/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Tecnolog%C3%ADa-y-Discapacidad.-Fundaci%C3%B3n-Adecco-y-Keysight2017.pdf>

AeroMexico. (2015). *Aceptación baterías de litio*. Retrieved from world.aeromexico.com: <https://world.aeromexico.com/es/viaja-con-aeromexico/equipaje/que-llevar/baterias-de-litio/?site=mx>

Aeroméxico. (2018). *Información de vuelos Equipaje*. Retrieved from aeromexico.com: <https://aeromexico.com/es-mx/informacion-de-vuelos/equipaje>

Al, E. (2015, Noviembre 20). *Baterías transportadas por los pasajeros de la aerolínea*. Retrieved from El Al Airlines: https://www.elal.com/SiteCollectionDocuments/Baggage/airline_passengers_and_batteries%20QA-ES-November%202015.pdf

- Aplicada., E. (2017). *Eficiencia de un motor eléctrico y los valores mas comunes*. Retrieved from Electrica Aplicada.com-: <https://www.electricaplicada.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-los-valores-mas-comunes/>
- Carman, A. (2016, Jul 26). *The Verge*. Retrieved from I thought I knew the future of luggage, but then I saw this suitcase that follows you around: <https://www.theverge.com/circuitbreaker/2016/7/26/12287024/cowarobot-rl-autonomous-suitcase-future-of-luggage>
- Carrillo, J. (n.d.). *caime.org*. Retrieved from RSSI: https://es.caime.org/Indicador_de_fuerza_de_la_se%C3%B1al_recibida
- Carrod. (2018). *Carrod Electronica*. Retrieved from GPS : <https://www.carrod.mx/products/modulo-gps-gy-neo6mv2>
- Cartagena. (2016). *Cartagena 99*. Retrieved from Matrices de Rotación. Ángulos de Euler: <http://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/Matrices%20de%20rotacion%20y%20angulos%20de%20Euler%202016%20v4.pdf>
- CMM. (n.d.). *CMM.org*. Retrieved from Tecnología MEMS: <http://www.cmm.org.mx/index.php/microsistemas/tecnologia-mems>
- Curtis, W. (1971). *The NAtiional Academics of Sciences Engineering Meducine*. Retrieved from NAP: <https://www.nap.edu/read/20595/chapter/6>
- Educalingo. (n.d.). *Educalingo*. Retrieved from Magnetómetro: <https://educalingo.com/es/dic-es/magnetometro>
- Favieri, A. (2008). Introducción a los cuaterniones. *Matemáticas aplicadas a la aeronáutica*, 35.
- funciona, C. (2017, Noviembre 20). *Como funciona*. Retrieved from Giroscopio: <https://como-funciona.co/un-giroscopio/>

- Gao, V. (2015, Septiembre 21). *Proximity and RSSI*. Retrieved from Bluetooth: <https://www.bluetooth.com/blog/proximity-and-rssi/>
- Gov, U. (2019). *Sistema de Posicionamiento Global*. Retrieved from GPS.gov: <https://www.gps.gov/spanish.php>
- Llamas, L. (2016, Septiembre 26). *USAR ARDUINO CON LOS IMU DE 9DOF MPU-9150 Y MPU-9250*. Retrieved from luisllamas: <https://www.luisllamas.es/usar-arduino-con-los-imu-de-9dof-mpu-9150-y-mpu-9250/>
- Makezine. (2014). *HC Serial Bluetooth Products*. Retrieved from Makexine.com: https://cdn.makezine.com/uploads/2014/03/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf
- Mantech. (n.d.). *Arduino Mega 2560*. Retrieved from mantech.co.za: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>
- Masadelante. (2018). *Bluetooth*. Retrieved from Masadlente.com: <https://www.masadelante.com/faqs/que-es-bluetooth>
- Microkits. (.). *SENSOR ULTRASONIDO*. Retrieved from Microkits electronica: <https://www.microkitselectronica.com/media/attachment/file/h/c/hcsr04.pdf>
- Mundial, B. (2019). *Banco Mundial*. Retrieved from Transporte Aéreo: <https://datos.bancomundial.org/indicador/IS.AIR.PSGR?locations=MX>
- Octopart. (.). *octopart.com*. Retrieved from ArduinoUNO: <https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>
- Omega. (2019). *Acelerometro*. Retrieved from Omega Engineering: <https://es.omega.com/prodinfo/acelerometro.html>
- Ong, T. (2018). *The verge*. Retrieved from This smart suitcase uses Segway technology to balance itself as it follows you around:

<https://www.theverge.com/circuitbreaker/2018/1/4/16848998/90fun-smart-suitcase-autonomous-follow-mode-segway-ces-2018>

Ong, T. (2018, Jan 4). *The Verge*. Retrieved from This smart suitcase uses Segway technology to balance itself as it follows you around:
<https://www.theverge.com/circuitbreaker/2018/1/4/16848998/90fun-smart-suitcase-autonomous-follow-mode-segway-ces-2018>

Pérez, V. (2010, Agosto 6). *La guía 2000*. Retrieved from Cuaterniones:
<https://matematica.laguia2000.com/general/cuaterniones>

Robotics, T. (2017). *Travelmate Robotics*. Retrieved from Travelmate Robotics:
<https://travelmaterobotics.com/>

Robotshop. (2013, Jul 3). *Drive Motor Sizing Tool*. Retrieved from Robotshop.com:
<https://www.robotshop.com/community/blog/show/drive-motor-sizing-tool>

Ronzo, A. (n.d.). *Introducción al módulo GPS Neo-6M*. Retrieved from Sparkfun:
<http://www.techmake.com/intro-gps-neo>

SEGOB. (2013, Sep 12). *NORMA Oficial Mexicana NOM-030-SSA3-2013*. Retrieved from Diario Oficial de la Federación :
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313974&fecha=12/09/2013

Sevilla, U. d. (2016, Noviembre 26). *Laplace.us*. Retrieved from Angulos de euler y navegacion:
http://laplace.us.es/wiki/index.php/%C3%81ngulos_de_Euler_y_de_navegaci%C3%B3n

Shops, H. (2016, Noviembre 24). *BATERÍAS - TIPOS Y USOS*. Retrieved from TodoSai.

STMicroelectronics. (2017, Enero). *Automotive fully integrated H-bridge motor driver*. Retrieved from www.st.com: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00043711.pdf>

- TDK. (n.d.). *Invensense*. Retrieved from MPU 9250: <https://www.invensense.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9250/>
- TI. (2016, Dec). *LM138 and LM338 5-Amp Adjustable Regulators*. Retrieved from Texas Instruments: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm338.pdf>
- Torres del Castillo, G. F. (1999). La representación de rotaciones mediante cuaterniones. *Miscelánea Matemática*, 29.
- UBA. (n.d.). *Sistemas de control*. Retrieved from Uba.ar: <http://materias.fi.uba.ar/7609/material/S1100SCME.pdf>
- UK, R. e. (2003). <http://www.robot-electronics.co.uk>. Retrieved from SRF04 - Ultra-Sonic Ranger: <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf04tech.htm>
- Upadhyay, A. (2017). *GISmap*. Retrieved from Formula to Find Bearing or Heading angle between two points: Latitude Longitude: <https://www.igismap.com/formula-to-find-bearing-or-heading-angle-between-two-points-latitude-longitude/>
- Upadhyay, A. (n.d.). *Haversine Formula – Calculate geographic distance on earth*. Retrieved from GIS MAP: <https://www.igismap.com/haversine-formula-calculate-geographic-distance-earth/>
- Villajulca, J. C. (2012, Febrero 6). *Torque en un Motor: todo esta en los polos*. Retrieved from Instrumentación y Control : <https://instrumentacionycontrol.net/torque-en-un-motor-todo-esta-en-los-polos/>

BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA EN EL GLOSARIO

- Android Developers. (2019). *Conoce Android Studio*. Obtenido de Android Developers: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- Biónica. (2019). *Magnetómetro*. Obtenido de Biodic: <https://www.biodic.net/palabra/magnetometro/#.XOg-ZohKjIV>

- Consorcio mexicano de microsistemas. (2012). Tecnología MEMS. Obtenido de Consorcio mexicano de microsistemas: <http://www.cmm.org.mx/index.php/microsistemas/tecnologia-mems>
- EcuRed. (28 de marzo de 2011). Corriente eléctrica. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Corriente_el%C3%A9ctrica
- EcuRed. (8 de septiembre de 2011). Microcontrolador. Obtenido de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Microcontrolador>
- EcuRed. (19 de marzo de 2011). Potencia. Obtenido de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Potencia>
- EcuRed. (23 de septiembre de 2013). Potencia eléctrica. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Potencia_el%C3%A9ctrica
- EcuRed. (28 de junio de 2018). Velocidad angular. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Velocidad_angular
- Frank. (3 de mayo de 2017). Puente h para control de motores. Obtenido de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/puente-h-control-motores/>
- Fulchis. (26 de abril de 2015). Baterías LiPo, qué son todos esos números y cuáles son sus ventajas? Obtenido de Fulchis RC: <http://fulchis.es/baterias-lipo/>
- J, C. (15 de agosto de 2016). Cinemática vectorial: velocidad angular, ángulos de Euler. Obtenido de Tallermatematic: <http://tallermatematic.ovh/wp/index.php/2016/08/15/cinemática-vectorial-velocidad-angular-angulos-de-euler/>
- J, F., & G, C. (2019). Resistencia Eléctrica. Obtenido de FISICALAB: <https://www.fisicalab.com/apartado/resistencia-electrica-conductor#contenidos>
- KEYENCE CORPORATION. (2019). Detección basada en el “ultrasonido”. Obtenido de KEYENCE: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>

- M, O., & R, N. (2019). Voltaje. Obtenido de Hyperphysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/elevol.html>
- Marccompte. (9 de julio de 2018). POSICIONAMIENTO INDOOR. Obtenido de UNIGIS: <https://www.unigis.es/posicionamiento-indoor/>
- MCI Capacitación. (2019). Giroscopio. Obtenido de MCI Capacitación: <http://cursos.mcielectronics.cl/giroscopio/>
- MCI Electronics. (2019). ¿QUE ES ARDUINO? Obtenido de Arduino.cl: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Mesoatomic. (2018). Momento de una fuerza. Obtenido de Mesoatomic: <https://www.mesoatomic.com/es/fisica/mecanica/estatica/torque-o-momento-de-fuerza>
- Naylamp Mechatronics. (28 de diciembre de 2018). Configuración del módulo bluetooth HC-05 usando comandos AT. Obtenido de Naylamp Mechatronics: https://naylampmechatronics.com/blog/24_configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usa.html
- Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite. (2019). Satélite del GPS en órbita circunterrestre. Obtenido de GPS.GOV: <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>
- Omega Engineering. (2019). Acelerómetro. Obtenido de Omega Engineering: <https://es.omega.com/prodinfo/acelerometro.html>
- R, E. (2017). Fundamentos teóricos. Obtenido de Biblioteca de ingeniería de Sevilla: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12374/fichero/3_Cap-2_Fundamentos+te%C3%B3ricos.pdf
- Racso. (21 de mayo de 2014). Modulación por ancho de pulso (PWM). Obtenido de Arduino UTFSM: <http://www.arduino.utfsm.cl/modulacion-por-ancho-de-pulso-pwm/>
- Recursostic. (2019). Comunicación con el robot. Obtenido de Recursostic: http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena12/4quincena12_contenidos_1b.htm

- Tugurium. (18 de febrero de 2019). Glosario Terminología Informática. Obtenido de Tugurium: <http://www.tugurium.com/gti/termino.php?Tr=shield>
- Vistronica. (2016). IMU. Obtenido de Vistronica: <https://www.vistronica.com/imu/>

Glosario

- Acelerómetro: Un acelerómetro es un dispositivo que mide la vibración o la aceleración del movimiento de una estructura. La fuerza generada por la vibración o el cambio en el movimiento (aceleración) hace que la masa "comprima" el material piezoeléctrico, generando una carga eléctrica que es proporcional a la fuerza ejercida sobre él.

El hecho de que la carga sea proporcional a la fuerza y que la masa sea constante hace que la carga también sea proporcional a la aceleración.

- Android Studio: Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android y se basa en IntelliJ IDEA. Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de IntelliJ, Android Studio ofrece aún más funciones que aumentan la productividad durante la compilación de aplicaciones para Android.
- Ángulos de Euler: estos ángulos constituyen una forma de descomponer cualquier rotación en el espacio según tres rotaciones elementales, de forma que la suma de las tres determine unívocamente la rotación original.

Los giros alrededor de los ejes x, y, z reciben el nombre de roll, pitch y yaw, respectivamente.

- Arduino: es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla.

- Corriente eléctrica: la corriente eléctrica o intensidad es la circulación de cargas o electrones a través de un circuito eléctrico cerrado, que se mueven siempre del polo negativo al polo positivo de la fuente de suministro de voltaje.
- Dispositivo Bluetooth esclavo: es un dispositivo que espera que un dispositivo Bluetooth maestro se conecte a este, generalmente se utiliza cuando se necesita comunicarse con una PC o Celular.
- Dispositivo Bluetooth maestro: es el dispositivo que inicia la conexión Bluetooth. Un dispositivo maestro solo se puede conectarse con un dispositivo esclavo. Generalmente se utiliza este modo para comunicarse entre módulos Bluetooth.
- Giroscopio: El giroscopio es un dispositivo que mide o mantiene el movimiento rotacional. Los giroscopios MEMS (sistema micro electromecánico) son sensores pequeños y baratos que miden la velocidad angular. Las unidades de velocidad angular se miden en grados por segundo ($^{\circ}/s$) o revoluciones por segundo (RPS). La velocidad angular es simplemente la medición de la velocidad de rotación.
- GPS: el Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System) es un servicio propiedad de los EE. UU. que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría. Este sistema está constituido por tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario. La Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrolla, mantiene y opera los segmentos espaciales y de control.
- IMU: Una unidad de medición inercial o IMU (del inglés inertial measurement unit), es un dispositivo electrónico que mide e informa acerca de la velocidad, orientación y fuerzas gravitacionales de un aparato, usando una combinación de acelerómetros y giróscopos. Las unidades de medición inercial son normalmente usadas para maniobrar aviones, incluyendo vehículos aéreos no tripulados, entre muchos otros usos, y además naves espaciales, incluyendo transbordadores, satélites y aterrizadores.

- IPS: los sistemas de posicionamiento en interiores (Indoor Positioning System) son sistemas de posicionamiento cuya particularidad es que tienen por objetivo posicionar objetos o eventos dentro de un espacio no expuesto al aire libre.
- Magnetómetro: es un aparato que sirve para medir la intensidad del campo magnético. La Tierra genera un campo magnético que crea disturbio magnético medible en la atmósfera y el magnetómetro mide este fenómeno en términos de densidad de flujo magnético. Esta información puede utilizarse para discernir la dirección, la rotación y el ángulo de los campos magnéticos, así como la ubicación de objetos específicos dentro de ellos. La unidad científica para la lectura de la densidad del flujo magnético es el Tesla o As/m².
- MEMS: Sistemas-Micro-Electro-Mecánicos o MEMS, son una tecnología que, en su forma más general puede ser definida como elementos mecánicos y electromecánicos miniaturizados que se realizan con técnicas de micro fabricación.

Las dimensiones físicas críticas de los dispositivos MEMS pueden variar desde muy por debajo de una micra en el extremo inferior del espectro de dimensiones, hasta varios milímetros. Asimismo, los tipos de dispositivos de MEMS pueden variar de estructuras relativamente simples que no tienen elementos móviles, a los sistemas electromecánicos extremadamente complejos con múltiples elementos móviles bajo el control de la microelectrónica integrada.

- Microcontrolador: es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador y que contiene todos los componentes fundamentales de un ordenador, aunque de limitadas prestaciones y que se suele destinar a gobernar una sola tarea. En su memoria sólo reside un programa que controla el funcionamiento de una tarea determinada, sus líneas de entrada/salida se conectan a los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y, debido a su pequeño tamaño, suele ir integrado en el propio dispositivo al que gobierna.
- Modulación por ancho de banda (PWM): la modulación por ancho o de pulso (o en inglés Pulse Width Modulation PWM) es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o

para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Este tipo de señales es muy utilizado en circuitos digitales que necesitan emular una señal analógica.

Este tipo de señales son de tipo cuadrada o sinusoidales en las cuales se le cambia el ancho relativo respecto al período de esta, el resultado de este cambio es llamado ciclo de trabajo y sus unidades están representadas en términos de porcentaje.

- **MPU:** es la Unidad de Procesos Múltiple de un procesador, el MPU está diseñado para realizar tareas múltiples dentro de un sistema de cómputo.
- **Potencia mecánica:** es la magnitud física escalar que caracteriza o mide la rapidez con que el cuerpo realiza trabajo o intercambia energía con otro cuerpo.
- **Potencia eléctrica:** es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se representa con la letra P y la unidad de medida es el Vatio (Watt).
- **Puente H:** El puente H es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, avanzar y retroceder.

Los puentes H ya vienen hechos en algunos circuitos integrados, pero también se pueden construir a partir de componentes eléctricos y/o electrónicos.

- **Resistencia eléctrica:** es una magnitud que mide la dificultad con la que un conductor conduce la corriente, o bien a un elemento de un circuito.
- **RSSI:** el indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI por las siglas del inglés Received Signal Strength Indicator), es una escala de referencia (en relación con 1 mW) para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo en las redes inalámbricas (típicamente WIFI o telefonía móvil).

La escala tiene al valor 0 (cero) como centro; representa 0 RSSI, o 0 dBm. Aunque teóricamente puede darse el caso de medirse valores positivos, generalmente la escala se expresa dentro de valores negativos; cuanto más negativo, mayor pérdida de señal.

El RSSI indica intensidad recibida, no calidad de señal, ya que ésta última se determina contrastando la intensidad de la señal respecto de la relación señal/ruido (E_b/N_o).

- **Sensor ultrasónico:** los sensores ultrasónicos miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción.
- **Shield (Arduino):** Módulo o circuito electrónico con una funcionalidad específica diseñado para usarse con Arduino, y que se integra fácilmente, apilando unas sobre otras, sobre el propio Arduino. Suelen tener un factor de forma similar a un Arduino con un espaciado de pines concreto para que solo haya una forma posible de encajarlo.
- **Tarjeta de control:** Las tarjetas de control o controladoras sirven de enlace entre el ordenador y el sistema a controlar o un robot. Reciben las instrucciones del ordenador en forma digital y tienen que convertirlas en señales, normalmente analógicas, que sean comprensibles para el robot; y viceversa, también tienen que recibir las señales del sistema robótico y enviárselas al ordenador para su procesamiento.
- **Tasa de descarga:** la tasa de descarga se mide en “C” y es la velocidad con la que se puede descargar la batería, es decir, la intensidad máxima que puede dar la batería de forma segura. La unidad “C” significa por cuantas veces tienes que multiplicar la capacidad de la batería para saber la descarga máxima, con lo que se podría decir que la tasa de descarga viene definida en función a la capacidad de la batería.
- **Torque:** es una medida de la tendencia de un cuerpo para girar alrededor de un eje debido a la aplicación de una fuerza.
- **Velocidad angular:** se denomina velocidad angular a la magnitud que caracteriza la rapidez con que varía el ángulo barrido por la línea que une la partícula que gira con el centro de rotación.

- Voltaje: es la energía potencial eléctrica por unidad de carga, medido en julios por culombio. A menudo es referido como "el potencial eléctrico", el cual se debe distinguir de la energía de potencial eléctrico, haciendo notar que el "potencial" es una cantidad por unidad de carga.



29 Resultado del prototipo por el frente



30 Resultado del prototipo por atrás

