

Caja negra para adquisición de manejo de potencia

AUTORES:

Diego Mauricio Guerrero Vélez
Juan Pablo Méndez Alonso
Santiago Villarreal Villarraga

PRESENTADO A:

Camilo Otálora, Ing, MSc



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C. 2020

CONCEPCIÓN

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema, posibles usuarios y justificación

La empresa Kiwi que trabaja actualmente con robots domiciliarios autónomos, ha tenido un problema con respecto a saber cómo se están comportando sus baterías en todo momento, lo cual les ha ocasionado accidentes como que alguno de estos robots haya fallado su sistema de alimentación y ha causado que este se haya incendiado. Estos robots trabajan con 4 baterías LiPo 1300mAh 7.4V 25C, dos en cada lado del robot; este conjunto de baterías están conectadas en paralelo por medio de un circuito el cual es el encargado de realizar un balance de carga, esto quiere decir que es el encargado de administrar las cargas de cada una de las baterías para que al final exista un cable (XT-60) que tenga el voltaje necesario para alimentar todas las partes del robot; ese voltaje no se distribuye de forma aleatoria a los componentes que lo requieran, ese voltaje entra a una tarjeta llamada *Main Power Board* y esta es la que se encarga de su distribución para el correcto funcionamiento del robot.

La *Main Power Board* puede llegar a fallar en un sistema de censado lo que ocasionaría que al decir que no se estaba cargando algún componente, una de las baterías seguiría proveyendo energía la cual no era necesaria y esto concluiría en que dos de estas baterías terminarían en corto provocando altas corriente, recalentamiento de componentes interno, inicio de combustión, los cables y otras partes del robot empezarían a producir fuego y sería un problema de seguridad grandísimo para el entorno.

Al ya haber existido casos como el nombrado anteriormente, el cliente ha decidido tomar precauciones y escuchar propuestas sobre un sistema de adquisición de manejo de potencia donde las variables que se quieren censar serán voltajes, corrientes y temperatura en las baterías. El sistema diseñado debe servir para las baterías mencionadas anteriormente (LiPo 1300mAh 7.4V 25C), debe ser capaz de funcionar una jornada de 8h mínimo y debe medir las siguientes variables:

- ❑ Corriente 35 A +/- 0.01 A máximo
- ❑ Voltaje de batería +/- 0.01VDC
- ❑ Temperatura

Para el cliente, un sistema que pueda medir estas tres variables y sea confiable, les sería muy útil ya que les ahorraría muchísimos problemas como un accidente grave, perdidas de muchos de sus robots, podrían mejorar diferentes factores conociendo estos datos y haciéndoles un estudio detallado; aparte de esto, al implementar un sistema de adquisición de este tipo, podría ser útil para toda la industria de los robots autónomos el cual el problema del manejo de potencia podría también existir en sus sistemas; inclusive no solo en esta industria, un sistema de estos lo podría usar cualquier empresa que use baterías para la alimentación de sus nuevos equipos, si tuviesen un sistema de adquisición como este, podría hacer pruebas de el correcto funcionamiento de alimentación y prevenir accidentes como los que ya han ocurrido. Es por esto por lo que un sistema de adquisición de potencia no solo le

sería útil a nuestro cliente Kiwi, este podría ser usado en muchísimos campos y así poder prevenir errores en el futuro que podrían llegar a ser algo catastrófico.

Hemos escogido esta problemática ya que como nos ha mencionado nuestro cliente, es la única de las tres problemáticas propuesta de las cuales ellos como empresa no han realizado nada para obtener estos datos, esto quiere decir que tenemos muchísima libertad a la hora de trabajar, aparte de esto al nosotros ya tener un conocimiento previo en el tema, podemos brindar al cliente la solución que se está buscando garantizando su eficiencia.

1.2 Antecedentes y estado del arte

1.2.1. Desarrollo de un sensor de bajo costo para una medida de corriente, voltaje y temperatura precisa.

Para lograr un mejor sistema de detección de voltajes, corrientes y temperatura de 2 baterías de un robot domiciliario, se realizó un primer acercamiento al problema, en donde se hizo una investigación detallada de información, posibles soluciones y problemas ya investigados desde antes por ingenieros alrededor del mundo

En el primer documento [1] se planteó un sistema de bajo costo y universal para la obtención de voltajes, corrientes y temperatura a partir de un sensor IMS-B-R000, el cual utiliza un pwm para la obtención de estos datos, por lo cual este módulo necesitaría de una frecuencia de reloj igual a los 8 KHz, gracias a esta frecuencia de reloj el chip que se utiliza es muy preciso, por lo que los errores generados serán considerados por el hardware utilizado (resistencias, pcb, materiales etc.).

Gracias al uso de este chip, es posible la obtención de estos datos de manera digital puesto que el chip tiene integrado un sistema F-PWM en la salida de este, permitiéndonos, utilizar sistemas de procesamiento de datos para poder comparar los datos obtenidos de manera digital.

El modelo de atención de corriente utiliza además del chip un shunt a cuál es una resistencia en paralelo al circuito para la medición de esta corriente, como se puede observar en la siguiente grafica.

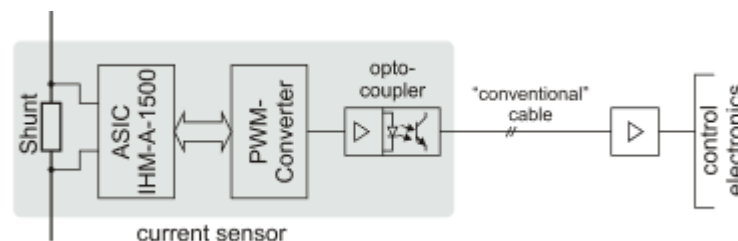


Figura 1. Modelo de sensor de corriente, tomado de: <https://ieeexplore-ieee.org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7884367>. [Accessed: 25- Feb- 2021]

El modelo de obtención de voltaje utiliza un sistema de resistencias en serie para la comparación de voltajes

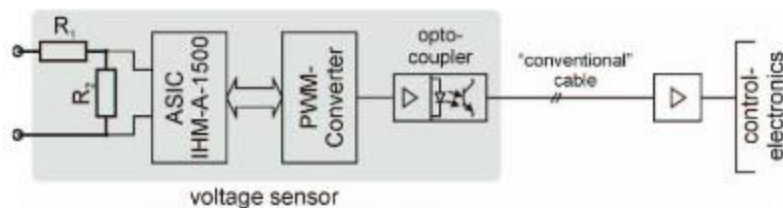


Figura 2. Modelo de sensor de voltaje, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7884367>. [Accessed: 25- Feb- 2021]

Por último, el modelo de temperatura utiliza un sistema de termistor (NTC/PTC) de manera similar a la de la corriente

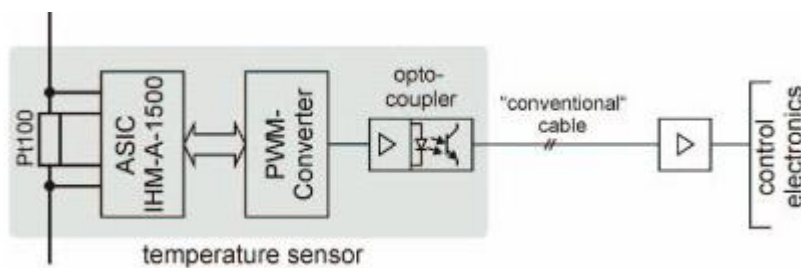


Figura 3. Modelo de sensor de temperatura, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7884367>. [Accessed: 25- Feb- 2021]

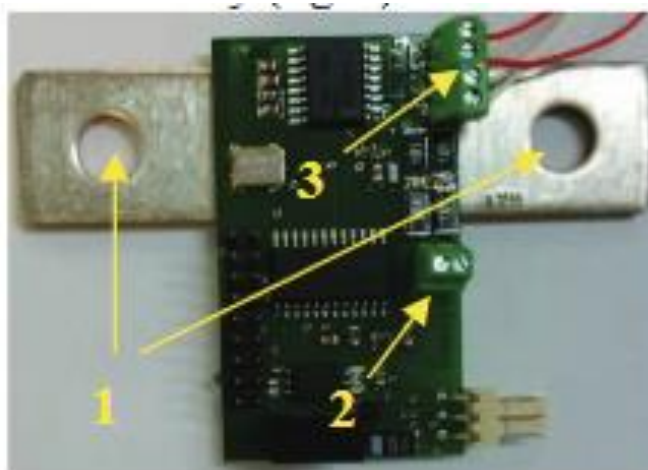


Figura 4. Modelo de sensor de temperatura, corriente y voltaje en PCB, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7884367>. [Accessed: 25- Feb- 2021]



Figura 5. Modelo de módulo comercial, tomado de: <https://ieeexplore-ieee.org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7884367>. [Accessed: 25- Feb- 2021]

Los módulos de la figura 4 es el módulo desarrollado por los investigadores, mientras que el módulo de la figura 5 es el módulo comercial, como se observa, tienen una forma parecida, en donde se conecta directamente al punto que se quiere medir como un *shunt* en el circuito de la batería.

El documento llega a la conclusión de que el sistema desarrollado es una alternativa más barata y con una exactitud similar al chip comercial. [1]

1.2.2. Sensor de corriente y alto voltaje en chip para el monitoreo de un módulo de batería

En este proyecto realizado por la *Natonal Sun Yat-Sen University* realizaro un chip con la finalidad de poder medir corrientes y voltajes altos en celdas de baterías, esto investigación la realizaron con la finalidad de poder predecir sobrecalentamientos en baterías usadas en carros eléctricos y así poder tener la certeza de la seguridad de estos componentes. El sensor de corriente y alto voltaje que lograron implementar tiene un rango de error de $\pm 0.37\%$ en un rango entre los 20 V ~ 40 V.

Actualmente en la mayoría de los carros eléctricos tienen un sistema de manejo de baterías (BMS) el cual debe ser capaz de monitorear el estado de carga, estado de salud de la batería, voltaje corriente y temperatura de estas; para realizar esto, estos vehículos tienen un circuito integrado encargado del monitoreo de las celdas de carga, protección de estas y la ecualización de carga. Sin embargo, estos circuitos deben ser confrontados a altos voltajes y corrientes lo cual les ha causado muchos problemas y para solucionar esto se realizó la implementación de un sensor de alto voltaje y corriente para el monitoreo de baterías de la siguiente manera.

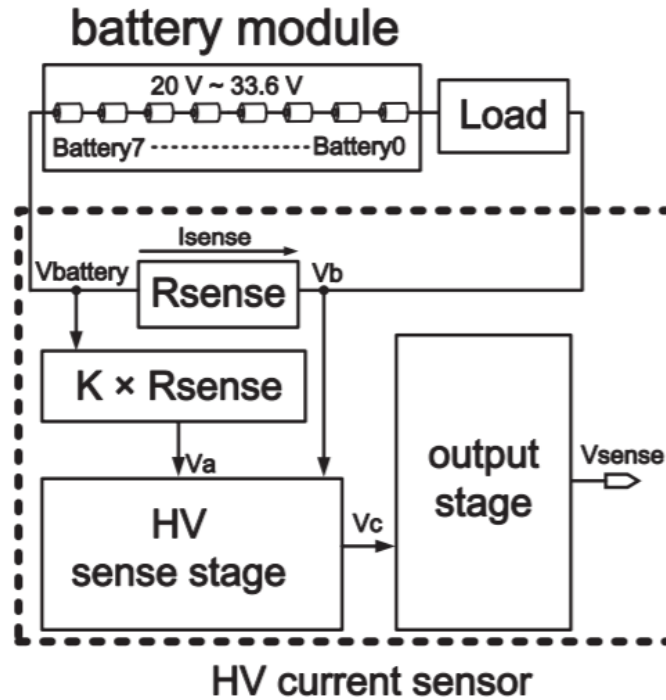


Figura 6. Modelo de sensor de corriente, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6838585>. [Accessed: 27- Feb- 2021]

Este sensor se compone de los cuatro bloques principales que se ven en la figura – y para poder ver más en detalle la composición de estos bloques y su respectivo esquemático, lo podremos ver a continuación:

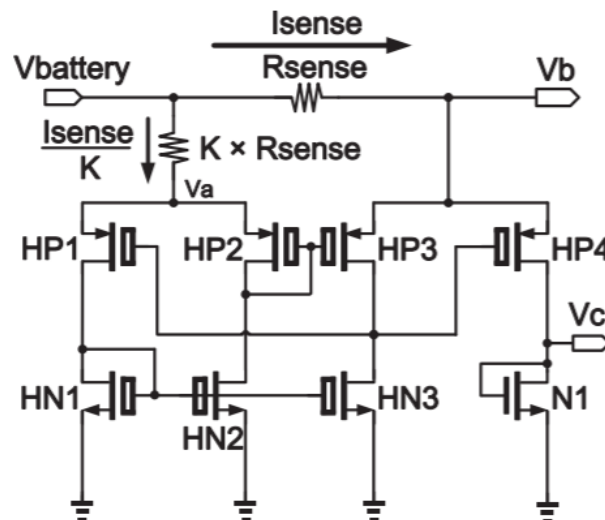


Figura 7. configuración de sensor de corriente, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6838585>. [Accessed: 27- Feb- 2021]

Compuesto por 4 PMOSs de alto voltaje, 3 NMOSs de alto voltaje, un LV NMOS y dos resistores de polisilicio. Este circuito sirve para que V_c se puede ajustar a ser inferior a 5 V ajustando κ de modo que los peligros de alta tensión donde posiblemente se pueda prevenir un ataque en el circuito.

Finalmente, en este proyecto se pudo evidenciar que el chip implementado es el único capaz de trabajar con un rango de voltajes entre 20 V ~ 40 V para abarcar la demanda de censado de altos voltajes.

Este documento presenta un sensor de corriente de alta tensión en chip para batería. monitorización del módulo. El diseño propuesto se implementa utilizando un proceso típico BCD 1P3M 60V de 0,25 μm . El en chip. El rango de corriente de detección del sensor de corriente de alto voltaje propuesto es de 0,5 A a 1 A. Además, la tensión de funcionamiento del HV. [2]

1.2.3. Nuevos sensores finos de temperatura y expansión para monitoreo de baterías de ion-litio

Este documento da la introducción de un sensor combinado de temperatura y expansión para las mediciones de parámetros físicos que pueden dar información importante sobre las baterías y así predecir posibles problemas por el deterioro de estas o un mal funcionamiento. Estos sensores se pueden instalar directamente en la celda de carga. Estos sensores han sido utilizados en celdas de carga Panasonic que posteriormente fueron usadas para el carro híbrido Ford Focus con el cual pusieron a prueba este tipo de sensor y se evidenció sus buenos resultados.

El sensor presentado en este documento es un sensor de plataforma delgado que puede ser integrado directamente en la superficie de la batería, esto para poder obtener mediciones de temperatura precisas mientras que simultáneamente se obtengas las mediciones de deformación de esta en tiempo real.

El sensor de temperatura utilizado consiste en un dispositivo resistivo de temperatura cuyo material es platino (RTD) el cual tiene un grosor menor a los 100 μm y puede ser adaptado al exterior de la celda de carga. Este RTD es manufacturado en sustrato de Katon lo cual hace que las mediciones no se vean afectadas y sean más precisas.

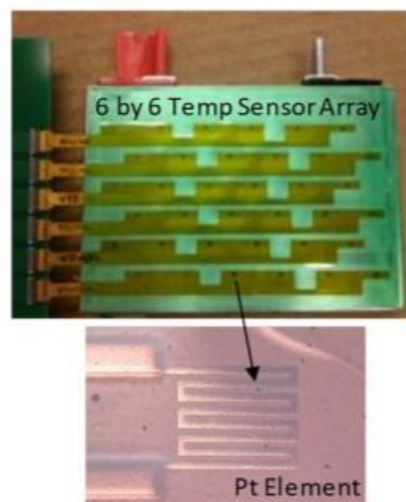


Figura 8. Celdas de sensor de temperatura, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8234066>. [Accessed: 28- Feb- 2021]

Para la medición de deformación de la batería se incorporó un sensor de corriente de remolino plano (EC) y este es situado entre las celdas de carga. El principio de operación de este sensor consiste en la generación de corrientes en forma de remolino en materiales conductores adyacente a la bobina excitada por corriente alterna. La corriente inducida genera un campo que se opone a la excitación del campo y así cambia la impedancia inicial de la espiral. El concepto se puede entender visualmente de la siguiente manera:

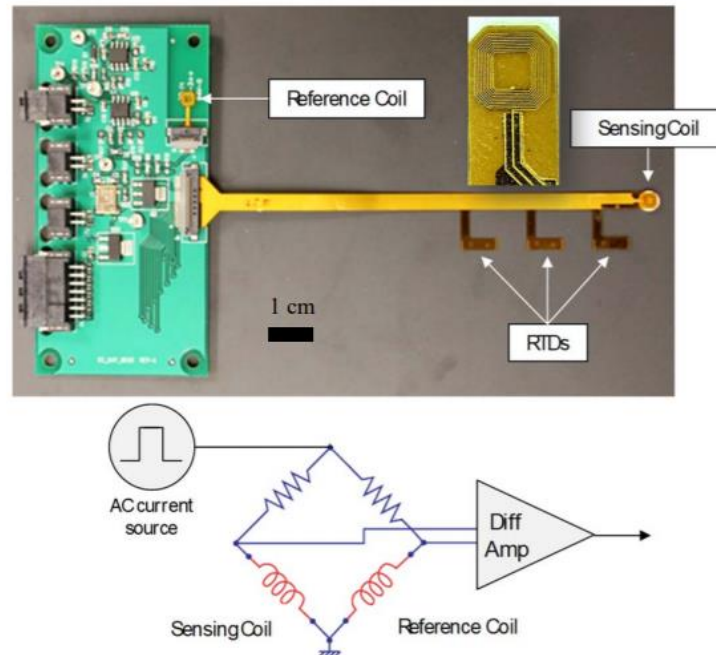


Figura 9. Modelo de sensor de temperatura, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8234066>. [Accessed: 28- Feb- 2021]

Al probar el sensor combinado en el caso real del Ford Focus, este simuló 5000 millas haciendo cambios de temperatura en el ambiente simulando diferentes escenarios donde el sensor debería actuar. En la figura – se muestra la comparación de los sensores anteriores que usaba el Ford Focus y el nuevo implementado en este proyecto.

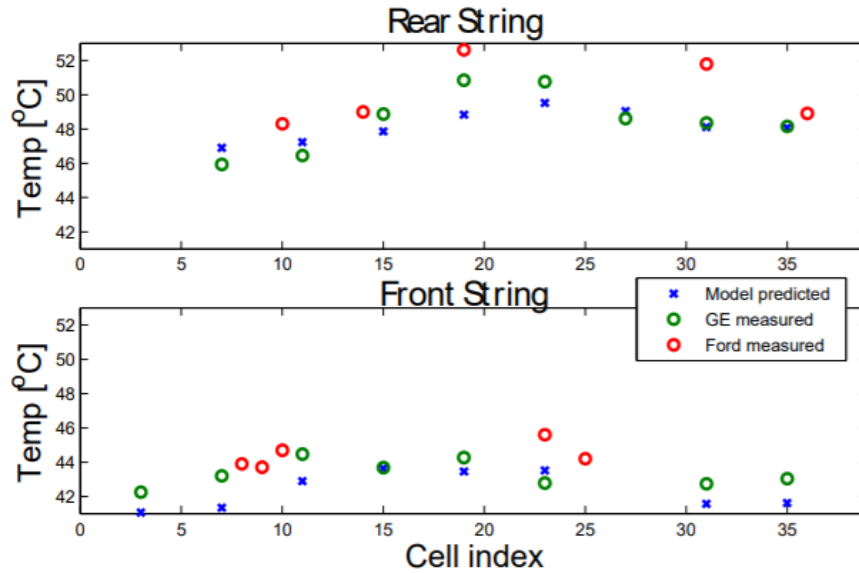


Figura 10. Grafica de temperatura en celdas, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8234066>. [Accessed: 28- Feb- 2021]

Con estos resultados se pudo evidenciar que los sensores de temperatura y desplazamiento combinados demostraron que podían tener mediciones más precisas que los sensores usados anteriormente, aparte de esto por su delgadez y fácil implementación, podría ser usado a futuro en los diferentes campos que necesiten hacer este tipo de mediciones. [3]

1.2.4. Sistema para medición de corriente en circuito

El objetivo que plantean en este documento es el de poder realizar mediciones de corrientes en un circuito sin que este se vea afectado al momento de hacer la medición. Para esto plantean un sistema de medición llamado JV- active shunt. El reto aquí es que, al medir las corrientes, así sean muy pequeñas, no se introduzca ningún tipo de impedancia que pueda afectar al circuito en sí y que este siga trabajando tal cual como lo estaba haciendo antes de hacer la medición.

Para la implementación de este proyecto, se sabe que la manera común de medir corriente es introducir una resistencia pequeña donde queramos medir la corriente y medir el resultado de la caída de voltaje. El problema de este tipo de medición es que a muy bajas corrientes hay un limite para esta resistencia antes de que pueda interrumpir la funcionabilidad del circuito.

En un JV-active shunt la corriente se mide introduciendo una trayectoria de corriente, una impedancia cero, y una prueba de dos nodos. En el circuito ideal aparecería con una caída de voltaje cero como se muestra en la figura 11. desde que el valor del empujón resistivo sea invisible, se puede escoger un valor resistivo que provea una salida de voltaje apropiado para la medición que necesitamos sin la destrucción del funcionamiento del circuito.

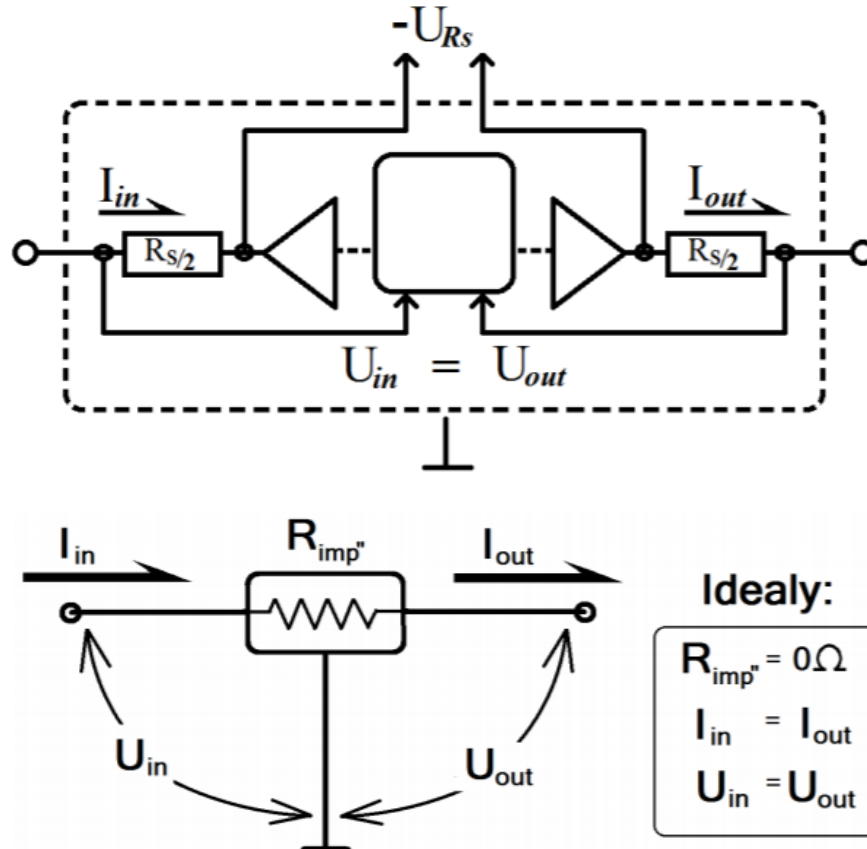


Figura 11. configuración de sensor de corriente, tomado de: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6898355>. [Accessed: 28- Feb- 2021]

Con los resultados que se obtuvieron al hacer pruebas en diferentes circuitos, se pudo evidenciar que, si es posible realizar mediciones de corriente con este método y, además, se pudo ver que esta implementación hace que al hacer dichas medidas no introducimos ninguna impedancia que le realice cambios al circuito en la trayectoria de corriente. Finalmente, se pudo ver una respuesta plana ($\pm 1\%$) hasta 5 kHz. Se pudo medir el desplazamiento de fase de los URs $< 1^\circ$ en relación con la corriente de entrada a 2 kHz. [4]

2. Objetivo general y específicos

2.1 Objetivo general

Este proyecto tiene como objetivo general, la obtención de voltajes, corriente y temperatura de un sistema de baterías. Para esto, es necesario diseñar un sistema tipo caja negra la cual contendrá sensores especializados para cada medición, los cuales se utilizarán posteriormente para medir el estado de las baterías de un robot de domicilios.

2.2 Objetivos específicos

- Contemplar alternativas de soluciones.
- Seleccionar sensores para voltaje, corriente y temperatura.

- Sincronizar tarjeta de obtención de datos
- Lograr transformar las señales análogas de los sensores a un sistema digital para poder ser comparadas.

3. Requerimientos de la solución

Para lograr un exitoso sistema de monitoreo inteligente de potencia en las baterías, es de vital importancia tener en cuenta en primer lugar los requerimientos y especificaciones técnicas que son demandas por los expertos en este tipo de robots, porque son ellos quienes finalmente con los datos suministrados por el sistema deciden como proceder en cada uno de los casos, corrigiendo el comportamiento de la batería o poniendo el vehículo fuera de servicio, evitando de ambas maneras un posible desastre. Teniendo en cuenta lo anterior a continuación se enumera cada uno de los requerimientos solicitados al sistema

1. Variables de medición: Uno de los temas más importantes para realizar con éxito un proceso de monitoreo a cualquier tipo de batería, es la correcta elección de las variables físicas a medir mediante los sensores, las cuales finalmente se transforman en señales que son enviadas mediante el sistema de adquisición de datos a personal capacitado para evaluar la situación, debido a la variedad de baterías y tipologías de este tipo de robot es importante tener en cuenta que se puede diseñar un sistema de monitoreo estándar pero, con la condición de evaluar características específicas y modificando algunos parámetros para cumplir con la solicitud en particular de cada robot, que para el caso son:

- Voltaje
- Temperatura
- Corriente

2. Alerta temprana: Uno de los puntos más importantes para que el sistema de monitoreo sea aprobado es que emita las señales de alarma en el momento oportuno, dando lugar al personal interesado en poder actuar de la manera en que consideren optima. Es de importancia tener en cuenta este aspecto porque los factores de riesgo que son caracterizados mediante las mediciones de los sensores son puestos en evidencia una vez se conocen los datos almacenados en el sistema de adquisición y se evidencian aquellas mediciones que se hayan salido de los límites establecidos previamente de diseño, poniendo en riesgo la integridad del robot.

3. Durabilidad: Teniendo en cuenta que los robots son vehículos autónomos que están expuestos totalmente a la intemperie, resulta necesario que el sistema de monitoreo cuente con la capacidad de resistir diversos factores como lo son altas y bajas temperaturas, humedad, lluvias, vibraciones, etc. Asegurando de tal forma que la implementación pueda durar largos periodos de tiempo que es lo que se requiere, para poder evaluar de manera eficaz este tipo de robots.

4. Autonomía: Es el requerimiento principal, la autonomía del sistema es una especificación imprescindible, que sea capaz de monitorear continua o periódicamente la batería, pero que no dependa de las personas en cuanto a la medición y transmisión de los datos ya que el robot por sí mismo es autónomo y no tiene ningún operador que este en constante inspección.

4. Marco teórico

BATERIAS

¿Qué es una batería?

Una batería eléctrica, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica. Así, las baterías generan corriente continua y, de esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia.

Las baterías poseen una capacidad de carga determinada por la naturaleza de su composición y que se mide en amperios-hora (Ah), lo que significa que la pila puede dar un amperio de corriente a lo largo de una hora continua de tiempo. Mientras mayor sea su capacidad de carga, más corriente podrá almacenar en su interior.

Los avances tecnológicos asociados a dispositivos almacenadores de energía (desde ahora por sus siglas en inglés, ESD) se remontan a la invención de la primera celda voltaica a principios del siglo XIX. Los ESD, y en especial los acumuladores de energía en base a litio que destacan en la actualidad debido al gran número de propiedades asociadas a su rendimiento, han jugado un rol significativo en el desarrollo de soluciones tecnológicas, novedosas y eficientes en áreas tales como comunicaciones, transporte, y sistemas móviles [5].



Figura 12. Imagen de una batería, tomado de:
<https://www.servillantaseldorado.com.co/?vp=1&ver=1&id=5688>

¿Cómo funciona una batería?

El principio fundamental de una batería consiste en las reacciones químicas de oxidación-reducción (redox) de ciertas sustancias químicas, una de las cuales pierde electrones (se oxida) mientras la otra gana electrones (se reduce), pudiendo retornar a su configuración inicial dadas las condiciones necesarias: la aplicación de electricidad (carga) o el cierre del circuito (descarga).

Las baterías contienen celdas químicas que presentan un polo positivo (ánodo) y otro negativo (cátodo), así como electrolitos que permiten el flujo eléctrico hacia el exterior. Dichas celdas convierten la energía química en eléctrica, mediante un proceso reversible o irreversible, según el tipo de batería, que una vez completo, agota su capacidad para recibir energía. En eso se distinguen dos tipos de celdas:

- **Primarias.** Aquellas que, una vez producida la reacción, no pueden volver a su estado original, agotando así su capacidad de almacenar corriente eléctrica. También se les llaman pilas no recargables.
- **Secundarias.** Aquellas que pueden recibir una aplicación de energía eléctrica para restaurar su composición química original, y pueden ser empleadas numerosas veces antes de agotarse del todo. También se les llaman pilas recargables [6].

Tipos de Baterías:

Primeramente, hay que conocer la diferencia entre pilas, su rasgo distintivo radica en el carácter recargable (acumulador) o no recargable (pila), pero ambos son fuentes de energía eléctrica obtenida por transformación directa de energía química y constituida por uno o varios elementos primarios, en el caso de pilas.



Figura13. Clasificación de baterías, tomado de:
<https://www.uv.mx/orizaba/cosustenta/files/2014/05/Taller-pilas-Blanca-Rosa-Herrera.pdf>

Baterías alcalinas: Comúnmente desechables. Emplean hidróxido de potasio (KOH) como electrolito. La reacción química que produce energía ocurre entre el zinc (Zn, ánodo) y el dióxido de manganeso (MnO₂, cátodo). El proceso redox que produce la corriente de electrones del ánodo al cátodo es la oxidación del zinc y la reducción del dióxido de manganeso, con la migración de iones hidróxido del electrolito (desde el cátodo al ánodo)

para mantener la pila sin que sufra polarización. Son pilas sumamente estables, pero de corta vida.

Baterías de ácido-plomo: Comunes en vehículos y motocicletas. Son pilas recargables que cuando están cargadas poseen dos electrodos de plomo: un cátodo de dióxido de plomo (PbO_2) y un ánodo de plomo esponjoso (Pb). El electrolito empleado es ácido sulfúrico (H_2SO_4) en solución acuosa. Por otra parte, cuando la batería está descargada el plomo se encuentra en forma de sulfato de plomo (II) (PbSO_4) depositado en plomo metálico (Pb). Entonces, durante la carga inicial el PbSO_4 se reduce a Pb en las placas negativas, y se forma PbO_2 en las positivas. En este proceso el plomo se oxida y se reduce a la vez. Por otro lado, durante la descarga el PbO_2 se reduce a PbSO_4 y el Pb se oxida para producir también PbSO_4 . Estos dos procesos se pueden repetir cíclicamente hasta que los cristales de PbSO_4 se vuelven demasiado grandes por lo que pierden reactividad química. Este es el caso donde se dice coloquialmente que la batería se ha sulfatado y hay que sustituirla por una nueva.

Baterías de níquel: De muy bajo coste, pero pésimo rendimiento, son algunas de las primeras en manufacturarse en la historia. A su vez, dieron origen a nuevas baterías como:

- **Níquel-hierro (Ni-Fe):** Consistían en tubos finos enrollados por láminas de acero niquelado. En las placas positivas tenían hidróxido de níquel (III) ($\text{Ni}(\text{OH})_3$) y en las negativas hierro (Fe). El electrolito empleado es hidróxido de potasio (KOH). Si bien su duración era muy larga, se dejaron de fabricar por su bajo rendimiento y su alto costo.
- **Níquel-cadmio (Ni-Cd):** Están compuestas por un ánodo de cadmio (Cd) y un cátodo de hidróxido de níquel (III) ($\text{Ni}(\text{OH})_3$), e hidróxido de potasio (KOH) como electrolito. Estos acumuladores son perfectamente recargables, pero presentan baja densidad energética (apenas 50Wh/kg). Además, cada vez se usan menos debido a su elevado efecto memoria (reducción de la capacidad de las baterías cuando realizamos cargas incompletas) y a que el cadmio es muy contaminante.
- **Níquel-hidruro (Ni-MH):** Emplean hidróxido de níquel (NiOOH) para el ánodo y una aleación de hidruro metálico como cátodo. Poseen una mayor capacidad de carga y menor efecto memoria respecto a las baterías de Ni-Cd, además no afectan el medio ambiente ya que no tienen Cd (muy contaminante y peligroso). Fueron las pioneras en usarse para vehículos eléctricos, dado que son perfectamente recargables

Baterías de iones de litio (Li-ION): Emplean como electrolito una sal de litio. Son las baterías más empleadas en la electrónica de pequeño tamaño, como celulares y otros artefactos portátiles. Se destacan por su enorme densidad energética, sumado a que son muy livianas, tienen pequeño tamaño y buen rendimiento, pero poseen una vida máxima de tres años. Otra ventaja que tienen es su bajo efecto memoria. Además, al sobrecalentarse pueden explotar, ya que sus elementos son inflamables, por lo que su costo de producción es elevado debido a que hay que incorporarles elementos de seguridad. [7]

Última edición: 15 de diciembre de 2020. Cómo citar: "Batería". Autor: María Estela Raffino. De: Argentina. Para: *Concepto.de*. Disponible en: <https://concepto.de/bateria/>. Consultado: 28 de febrero de 2021.

Baterías de polímero de litio (LiPo):

Las baterías de polímero de litio (LiPo o Li-po) ofrecen muchas ventajas sobre los tipos tradicionales de fuentes de energía recargables. Sus aplicaciones versátiles van desde lipos de células individuales que alimentan microcontroladores hasta paquetes más grandes que alimentan motores. Las baterías de polímero de litio son las versiones tecnológicamente evolucionadas de las baterías de iones de litio tradicionales, por lo que primero intentemos comprender la tecnología de iones de litio. Las baterías de iones de litio se utilizan ampliamente en los dispositivos electrónicos de consumo de hoy en día porque ofrecen tres ventajas principales sobre las baterías recargables tradicionales.



Figura14. Imagen de una batería Lipo, tomado de:

<https://teslabem.com/tienda/bateria-lipo-1ah-14-8v-zippy-compact-1000mah-4s-35c/>

Sin efecto de memoria: el efecto de memoria, en resumen, se refiere a la pérdida de capacidad de la batería debido a ciclos de descarga parcial. Las baterías de iones de litio no sufren efectos de memoria. Estas baterías están diseñadas para recargarse sin necesidad de descargarlas o drenarlas por completo. De hecho, este proceso de descarga completa antes de un ciclo de carga, también conocido como ciclo profundo, no debe realizarse durante el uso regular, ya que corre el riesgo de hacer más daño que bien a las celdas de la batería.

Baja auto descarga: cuando no están en uso, las baterías pueden descargarse lentamente. Los lipos tienen una tasa de auto descarga baja de aproximadamente un 5% por mes. En contraste, las celdas de níquel-hidruro metálico (Ni-Mh) típicamente ven un 30% por mes y un 10% para las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd). Esto, por supuesto, varía según la temperatura de almacenamiento y la marca de las celdas, pero en general, las baterías de litio son buenas para retener su carga.

Química mejorada: la química mejorada de la batería de iones de litio permite una mayor densidad de energía, permite un alto potencial de voltaje abierto (3.6v a 3.7v por celda) y permite corrientes de descarga muy altas (bueno para motores y aplicaciones de alta potencia).

Baterías de polímero de litio:

Los polímeros de litio llevan esta tecnología al siguiente paso al mejorar su química. La principal diferencia tecnológica es que los electrolitos se mantienen en un compuesto de polímero (como

en el polímero de litio) en lugar de un disolvente orgánico, a continuación, se mostraran algunas ventajas de los polímeros de litio

Mayor densidad de energía: las baterías de polímero de litio tienen más de un 20% más de densidad de energía que los iones de litio.

Peso reducido: los lipo son físicamente diferentes porque se empaquetan en un paquete flexible similar a una lámina en lugar de en cajas de metal rígidas. Esto reduce en gran medida el peso y aún permite una variedad de factores de forma diferentes.

Las baterías de polímero de litio son las preferidas por los entusiastas del radio control y están ganando popularidad en muchas otras aplicaciones, incluida la robótica, algunos productos de consumo más nuevos, así como otros proyectos de integración de sistemas y vehículos autónomos [8].

Configuraciones de baterías Lipo:

Los paquetes de baterías constan de una o más celdas de lipo. La disposición de estas celdas determina el voltaje, la capacidad y la clasificación C del paquete de baterías. Las celdas pueden disponerse en paralelo y / o en serie donde el voltaje está determinado por el número de celdas en serie y la capacidad por el número de bloques en paralelo. Todas las celdas de una batería deben ser del mismo tipo para mantener características de celda similares. Los tipos de mezcla pueden causar que los paquetes se deterioren de manera insegura. Tener un paquete mal emparejado o utilizado también puede conducir a celdas, lo que puede deteriorar los paquetes de baterías y provocar complicaciones.



Figura 15. Imagen de una celda Lipo, tomado de: https://web.archive.org/web/20140323044616/http://revolution-robotics.com/articles/lithium_polymer_lipo_battery_guide

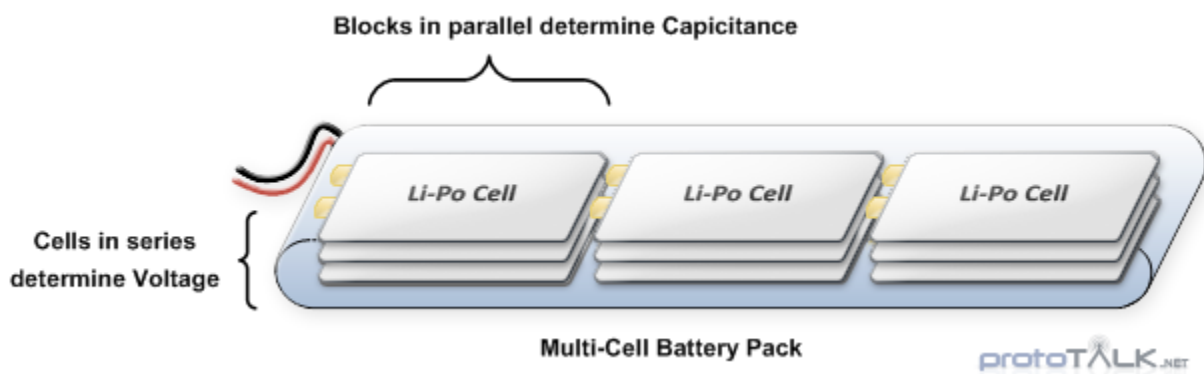


Figura 16. Imagen de un paquete de celdas Lipo, tomado de: https://web.archive.org/web/20140323044616/http://revolution-robotics.com/articles/lithium_polymer_lipo_battery_guide

Voltaje: el voltaje nominal del paquete está determinado por la cantidad de celdas lipo colocadas en serie. En lugar de indicar el voltaje, los paquetes a veces indicarán el número de celdas en serie (indicado por #S, donde # es el número de celdas en serie). Para determinar el voltaje de

estos paquetes de baterías, multiplique el número de celdas en serie por el voltaje de la celda (3.7v).

Numero de Celdas	Voltaje (V)
1S	3.7V
2S	7.4V
3S	11.1V
4S	14.8V

Tabla1.datos del voltaje dependiendo del número de celdas

Capacidad: la capacidad de la batería se basa en dos cosas. La primera es la capacidad de una sola celda, y la segunda, cuántos bloques se colocan en paralelo (indicado en algunos paquetes como #P, donde # es el de bloques paralelos). La razón por la que nos referimos a estos en bloques es porque para duplicar la capacidad de un paquete, el número total de celdas debe ser el doble. En un paquete 1S (celda única en serie), una celda colocada en paralelo duplicará la capacidad. Sin embargo, para duplicar la capacidad de un paquete 2S, se debe colocar un bloque 2S en paralelo con el bloque existente.

1s2p = 2 celdas	voltaje de celda única, el doble de capacidad
2s1p = 2 celdas	el doble de voltaje, capacidad de celda única
2s3p = 6 celdas	dos veces el voltaje, tres veces la capacidad

Tabla2.datos del voltaje dependiendo del número de celdas y niveles

Clasificación C: el criterio de la sección final para los paquetes de baterías es su clasificación C. La clasificación C de la batería es la clasificación máxima de descarga continua de las celdas lipo y determina cuántos amperios puede extraer su sistema del paquete sin sobrecalentarlo. La descarga de las baterías a velocidades más altas aumentará su temperatura y puede provocar la combustión [9].

$$\frac{ImA}{1000 * C} = As$$

Estado de carga de una batería Lipo (SOC):

El SOC indica cuanta energía disponible tiene la batería con respecto a su capacidad máxima disponible. Esto quiere decir que, dependiendo del punto de operación, la capacidad de almacenamiento o de descarga puede variar. Este indicador se expresa de manera porcentual, por lo que se dirá que una batería está completamente cargada cuando el SOC indica un 100%

Las restricciones de voltaje necesarias para evitar los problemas descritos se pueden traducir en recomendaciones para el rango de funcionamiento del estado de carga de la batería que se muestra en el siguiente diagrama.

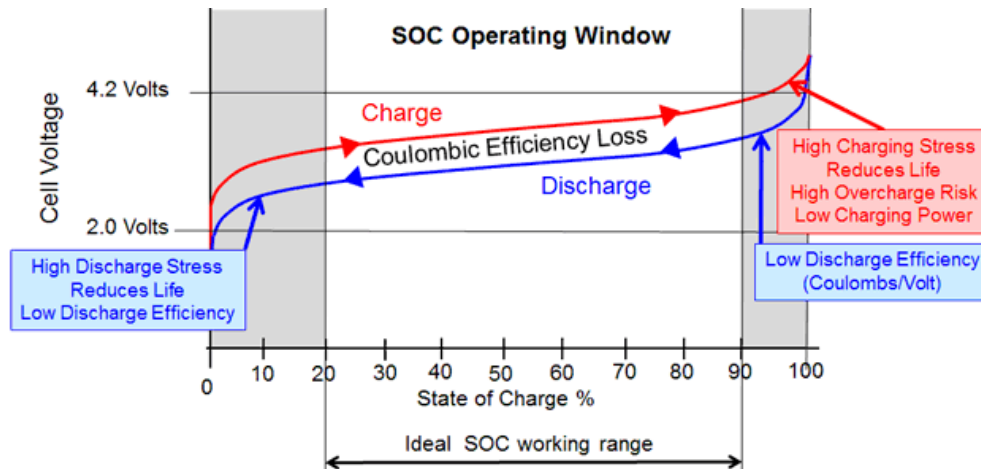


Figura 17. Diagrama de carga de una batería lipo de voltaje vs estado de carga, tomado de: https://www.mpoweruk.com/lithium_failures.htm

Operar fuera de estos límites afectará adversamente la vida útil de la batería [10].

Estado de descarga de una batería Lipo:

Los lipos tienen una curva de descarga única, casi plana. El voltaje del paquete permanecerá bastante lineal hasta que comience a alcanzar su voltaje crítico. Debido a esta característica es posible detectar cuando la batería se está agotando.

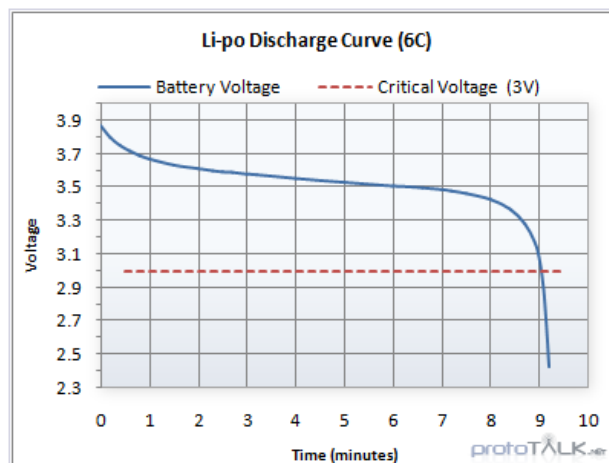


Figura 18. Diagrama de descarga de una batería lipo de voltaje vs estado de carga, tomado de: https://web.archive.org/web/20140323044616/http://revolution-robotics.com/articles/lithium_polymer_lipo_battery_guide

Cuando el voltaje de la celda cae a alrededor de 3.0 voltios por celda, la carga debe retirarse de las baterías para evitar daños. La descarga excesiva de la batería acortará la vida útil de las baterías lipo [11].

Sistema de adquisición de datos:

Un sistema de adquisición de datos [12][13] es un dispositivo el cual se va a encargar de medir las variables análogas de los sensores y las transforma en señales digitales y las almacena para luego trabajar con ellas; el sistema hace que la señal pase por varios pasos empezando por el censado, donde recolecta los datos análogos de cada sensor, luego estas señales pasan por un acondicionamiento par al final ser transformadas a un sistema digital.

Sistema Digital de Adquisición de Datos

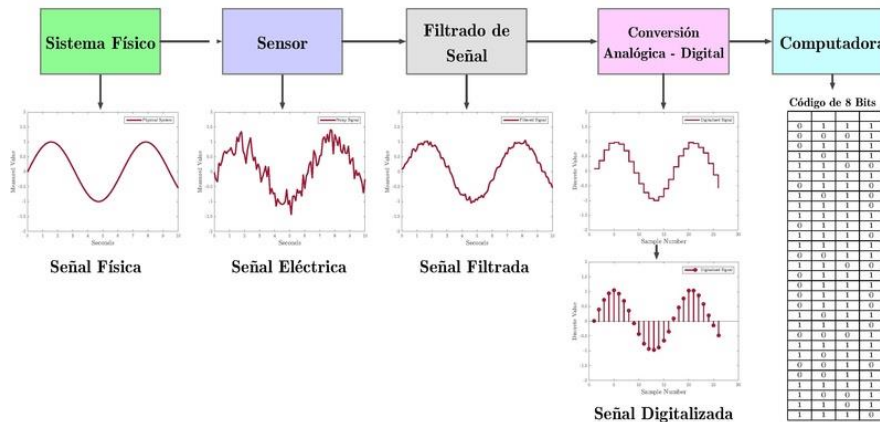


Figura18.Diagrama de las etapas de un sistema de adquisición, tomado de:
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/DigitalDAQv3ESPANOL.pdf>

En este punto estaremos describiendo la ultima etapa antes dicha, el propósito de esta etapa es la conversión análogo-digital y transmitir esta señal digital a un almacenamiento, las características mas importantes de este sistema son sus canales análogos, su velocidad de muestreo, su resolución, sus rangos y la comunicación.

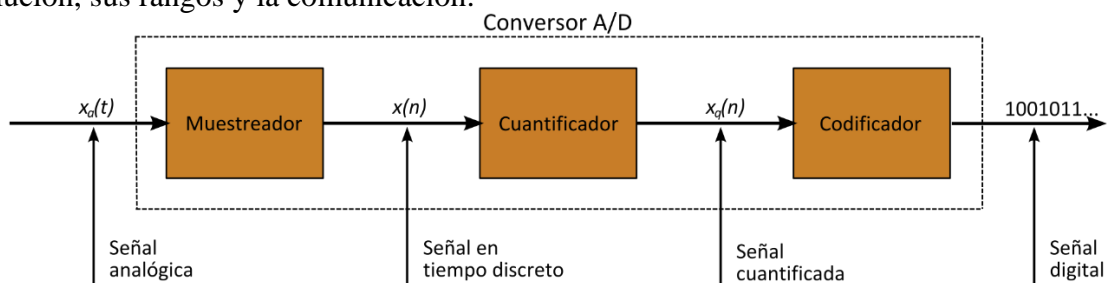


Figura19.Diagrama de las etapas del conversor A/D, tomado de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Conversor_de_se%C3%B1al_anal%C3%B3gica_a_digital

Las características antes dichas varían entre sistemas, el número de canales analógicos son las cantidades de entradas análogas que pueden ser leídas por el sistema, estas entradas pueden ser referenciadas a una propia tierra o a una tierra común, esto varía entre sistemas. Una de las características mas importantes es su velocidad de muestreo la cual determina cuantas conversiones se pueden hacer en cierto tiempo, además está a de cumplir el teorema de Nyquist. La resolución de un sistema se da dado por la cantidad de bits que tenga el conversor, entre mayor la cantidad de bits, mayor será la detección cambios mínimos. El rango de entrada determina que tan grande puede ser una entrada de entrada y salida. La comunicación de un sistema de adquisición depende del sistema, tomando como ejemplo, un Arduino tiene como comunicación sus entradas por pines análogos y digitales, además de tener un puerto para ser conectado a un computador.

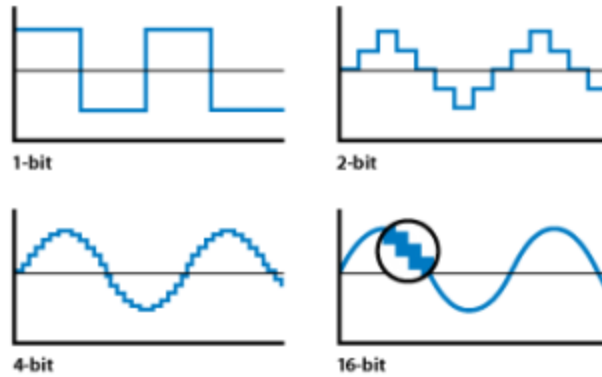


Figura20.graficas de una señal dependiendo la cantidad de bits del convertidor, tomado de: http://musiki.org.ar/Profundidad_de_bits

Además, este sistema tiene un sistema de acondicionamiento de entrada, la cual arregla o mejora la señal para su conversión análogo digital, aquí es posible hacer diferentes procesos los cuales pueden ser filtrado, amplificación transformación, etc.



Figura21.imagen de componentes pasivos y activos, tomado de: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/filtro-de-frecuencia/>

En el caso del filtrado la señal antes de entrar puede entrar por distintos filtros en donde permitirá la entrada de diferentes frecuencias y la exclusión de otra; estos filtros se pueden clasificar como lineales o no lineales, análogos y digitales, continuos y discretos, pasivos o activos; en el caso de Arduino es posible de generar un filtro digital el cual no necesita de ningún tipo de condensadores o amplificadores externos.

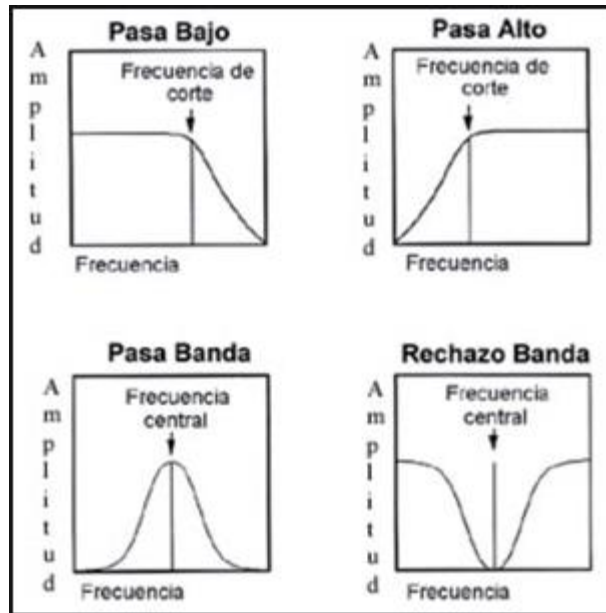


Figura22.imagen de diferentes tipos de filtros usados en el sistema de adquisición, tomado de:
<https://detergenteparamaterial.blogspot.com/2020/03/tipos-de-filtros-electricos.html>

Censado:

Corriente: El diseño de estos sensores se rige por el objetivo de conseguir la variable física del circuito tal como lo es la corriente. En la actualidad, al igual que los sensores de voltaje, se han creado diversos modelos, los cuales se diferencian según su precisión, características o rangos de medición. Existen diversos tipos de sensores de corrientes.

- **Inductivos:** Dentro de los inductivos se encuentran los transformadores de corriente. La idea principal es que el primario de este transformador es el cable que lleva la corriente que se desea medir. Éste atraviesa un núcleo magnético que tiene un bobinado secundario que proporciona una tensión que será proporcional a la corriente que circula por el cable.
- **Magnéticos:** Este tipo de sensores, en general, se basa en el Efecto Hall. La base de esto es medir el campo magnético generado por una corriente eléctrica que circula por un cable (Ley de Ampère).

Con este tipo de sensores se puede obtener el valor de la corriente a partir de la medición del campo magnético, a una cierta distancia d , que se genera alrededor del cable. La relación que existe entre estas variables está dada por la siguiente ecuación

$$H = \frac{I}{2 * \pi * d}$$

- **Resistivos:** Para el caso de los resistivos se encuentra la resistencia “shunt” o en paralelo. La idea principal de este sensor es que la resistencia provocará una caída de tensión que será proporcional a la corriente que circula por ésta. [16][15]

Voltaje: El diseño de estos sensores se rige por el objetivo de conseguir la variable física del circuito tal como lo es el voltaje, en la actualidad se encuentran diferentes sensores los cuales ya arrojan el dato digital como otros que aun arrojan la señal análoga, en este caso se muestra la estructura básica de estos sensores, la cual se conoce como divisor de voltaje.

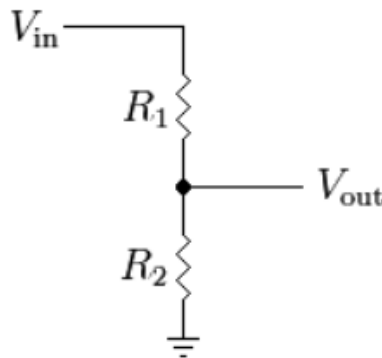


Figura 23. Diagrama de un divisor de voltaje, tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Divisor_de_tensi%C3%B3n

La ecuación que rige para analizar la figura 23. Es la siguiente

$$V_{out} = \frac{V_{in} * R_2}{R_2 + R_1}$$

La idea principal del divisor es amplificar o reducir la amplitud de la tensión de entrada, lo que conlleva a modificar el rango de medición del sensor al cual se desee utilizar. Para eso, se procede a ajustar el valor de las resistencias para lograr la amplificación o reducción que se desea.

Es importante notar que para que la precisión no se pierda se deben utilizar resistencias que no tengan valores ni muy altos ni muy bajos, esto para evitar el tema de pérdidas por efecto Joule que se pueda dar.

Debido a los problemas de ruido u otros inconvenientes que puedan entorpecer la señal que se obtiene de este sensor, se acondiciona la señal colocando un OPAMP el cual permite aislar de cierta manera el ruido para evitar las fuertes desviaciones en las mediciones que se están obteniendo. La forma en que debe usarse el amplificador operacional para estos casos es con realimentación negativa. Esto permite que exista una mayor impedancia de entrada en él y una menor impedancia de salida. El aumento en la impedancia de entrada permite que la corriente de entrada sea muy pequeña y, con esto, reducir el efecto de perturbaciones que puedan existir en la señal de entrada. [14].

Temperatura:

La temperatura se traduce como el nivel de energía térmica presente en un cuerpo. Las partículas presentes en los cuerpos se mueven a una determinada velocidad, por lo que cada una cuenta con una determinada energía cinética. De esta manera a mayor energía cinética media de las partículas, mayor temperatura y a menor energía cinética media, menor temperatura. A su vez esta es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de energía térmica que tiene un cuerpo. Este fenómeno es un factor que afecta a prácticamente todas las características de los materiales. Las propiedades mecánicas, eléctricas o magnéticas sufren importantes cambios cuando la temperatura varía, por lo que los efectos térmicos sobre estas propiedades deberán tenerse en cuenta a la hora de evaluar las estructuras, en este caso los puentes. En el momento en que un sólido recibe energía en forma de calor, el material absorbe calor, lo transmite y se expande. Estos tres fenómenos

dependen respectivamente de tres propiedades características del material las cuales son la capacidad calorífica o su equivalente calor específico, de su conductividad térmica y de su coeficiente de dilatación. La capacidad calorífica o capacidad térmica molar se establece como la energía necesaria para hacer variar en 1 K la temperatura de un mol de material. En los sólidos se trabaja con el valor C_p , el cual se define como la capacidad calorífica a una presión constante. Desde el punto de vista de la ingeniería de materiales es más usual trabajar con el concepto de calor específico a presión constante C_e , el cual es la energía necesaria para hacer variar en 1 K la temperatura de un gramo del material. La relación entre ambas variables de muestra como:

$$\frac{C_p}{P_a} = C_e$$

Actualmente hay varias metodologías para el censado de temperatura, algunas como los termopares, termo resistencias y sensores electrónicos.

Termopares: estos son sensores que están compuestos por dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando esta unión de metales se calienta o se enfría, producen una tensión proporcional a la temperatura, la fuerza que origina un termopar es llamado el efecto Seebeck. Existen varios tipos de termopares los cuales varían en la combinación de metales o en la calibración para adaptarse a diferentes aplicaciones.

Un termopar se construye con cables formados por hilos muy finos, en la mayoría de los casos su diámetro de 0.010 pulgadas o 0.25 milímetros. Los pequeños cables están contenidos en un tubo de metal y aislados eléctricamente del tubo exterior para evitar que cualquier corriente eléctrica o estática externa altere la lectura de la temperatura. Generalmente se encuentran inmersos en un líquido que tiene un alto nivel de conducción del calor o se encuentran expuestos al ambiente para leer con mayor facilidad la temperatura.

Termo resistencias: La medición de temperatura con termorresistencias, está basada en la propiedad que poseen todos los conductores de variar su resistencia en función de la temperatura. La variación relativa de la resistencia eléctrica en función de la temperatura se llama coeficiente de temperatura. Dentro de la gama de los conductores metálicos, son los metales puros los que presentan las más fuertes variaciones de resistencia. Los materiales con los que se fabrican generalmente las termorresistencias son «Ni» (níquel) y Pt (platino).

Sensores electrónicos: Son componentes electrónicos que devuelven una señal eléctrica que depende de la temperatura del sensor. A partir de la señal eléctrica se puede conocer la temperatura real a la que se encuentra el sensor.

Existen muchos tipos diferentes de sensores de temperatura. Cada tipo de sensor se adapta bien a una aplicación concreta. En estas prácticas se van a estudiar solo sensores de bajo precio que alcanzan un rango de temperaturas moderado, de -40°C hasta 150°C. Con una exactitud moderada, desde 1°C hasta 0.1°C de error.

5. Descripción de la solución propuesta

5.1 Descripción general de la solución

La propuesta para solucionar la problemática de acuerdo con los requerimientos propuestos por el cliente se establece como un sistema el cual tratara con tres distintas variables físicas las cuales son; voltaje, corriente y temperatura, las cuales se medirán con sensores establecidos en ciertos puntos para medir estas variables de una batería de un robot kiwi. Para el voltaje se hace uso de un sistema de resistencias en serie con el cual es posible comparar el voltaje en el nodo conectado, De igual manera la corriente es medida en un nodo específico usando un sistema de shunt, con estos datos es posible medir el nivel de carga y descarga de la batería. Además, se usará un sistema NTC/PTC para la medición de temperatura de la batería para de esta manera prevenir incendios.

5.2 Arquitectura de alto nivel

En la arquitectura de alto nivel se busca describir y especificar la distribución del sistema de caja negra para medir voltajes, corrientes y temperaturas de una batería, a continuación, se puede observar el sistema de censado que se quiere llegar.

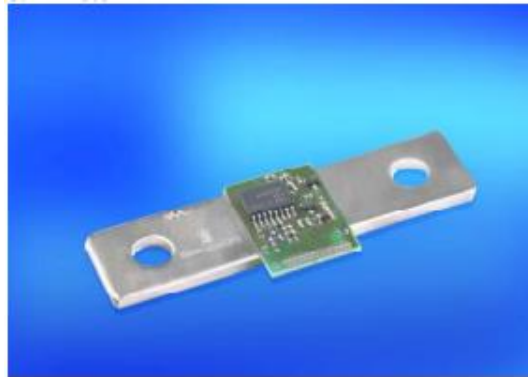


Figura 24. Modelo de alto nivel de la propuesta físico

A continuación, se podrá observar la conexión del sensor

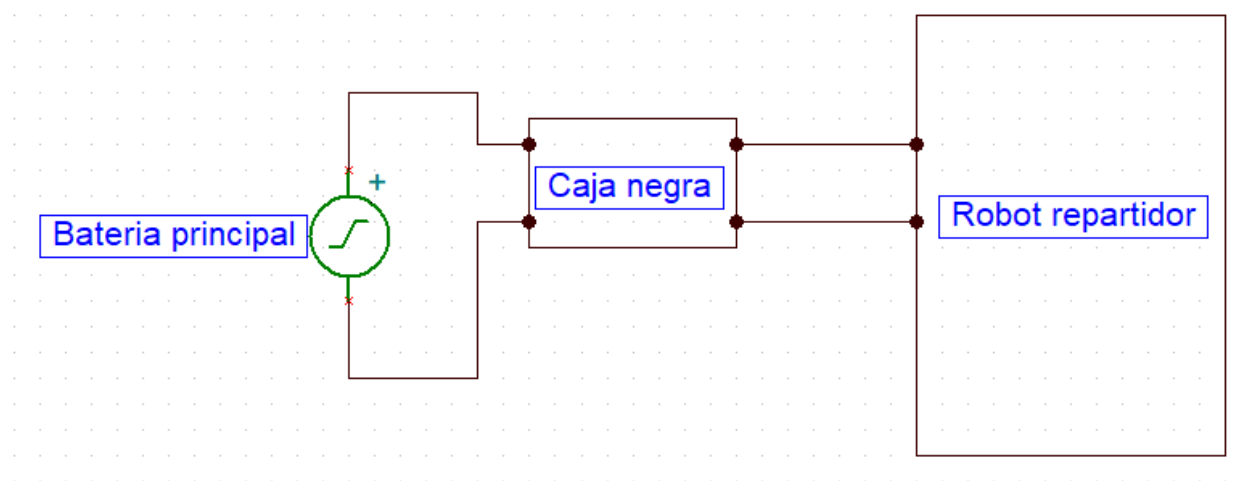


Figura 25. Modelo de alto nivel de la propuesta

En la imagen 25 se puede observar la distribución de la caja negra en el circuito del robot repartidor, en esta caja negra es posible denotar los 3 sensores de manera que se observa en la imagen 26.

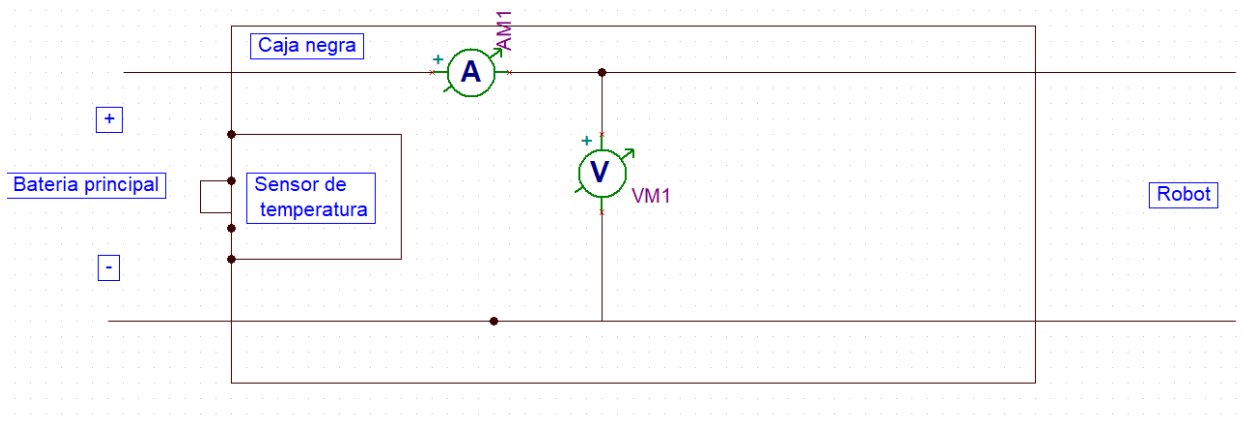


Figura 26. Modelo de alto nivel de la propuesta en esquemático

De esta manera observaremos mejor como va a ser la distribución de estos sensores en el robot, el sensor de voltaje de esta forma nos ayudara a comparar las 2 polaridades de la batería principal, se decidió esto ya que se puede usar su propia tierra, logrando generar errores a la medición, así tiene una tierra común con todo el circuito.

El sensor de corriente se decidió de esta manera ya que de esta manera se utiliza un shunt para la medición y así lograr una medida optima de la corriente, además como no está después del sensor de voltaje, no habrá cambios en la corriente.

Por último, el sensor de temperatura se colocó de tal manera para estar dándole frente a la batería midiendo la temperatura en la totalidad de la batería.

Dentro de la distribución de los sensores (voltaje, corriente y temperatura) es esperado que sean alimentados por una fuente externa la cual tenga una duración de 8 horas.

5.3 Diagrama de bloques

En la siguiente imagen se presenta un diagrama de caja negra la cual solo muestra entradas y salidas del sistema.



Figura 27. Modelo de caja negra de la propuesta

En la siguiente imagen se muestra el diagrama de bloques en donde se observa la fuente de alimentación, sistema de adquisición de datos y el tratamiento de estos para cada uno de los sensores, además de pasar por un proceso matemático para la obtención de la potencia.

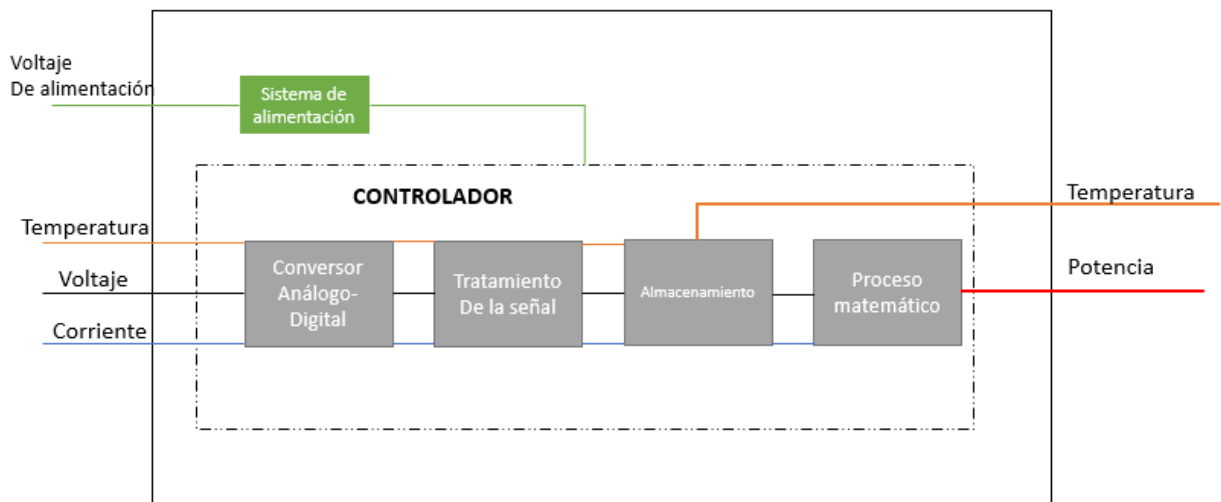


Figura 28. Diagrama de flujo de la propuesta

Como se explicó anteriormente, la imagen anterior representa un diagrama de bloques el cual cuenta con todas las etapas de adquisición de datos, empezando por un convertor análogo digital, este bloque será el encargado de leer la señal análoga de los sensores, tratarla y convertirla a un sistema digital, con la cual podrá trabajar los microcontroladores, en tratamiento de la señal se encargara de acondicionar esta, de manera si es necesario un filtro o una amplificación de esta, además de hacer una caracterización para garantizar una señal sin ruido. El bloque del almacenamiento se encargará de recolectar y almacenar la información censada, este bloque será el utilizado por el procesador principal para comparar y verificar estado de la batería. Por último,

el proceso matemático es el bloque encargado de multiplicar las 2 señales, de voltaje y corriente, para poder obtener la potencia.

5.4 Especificaciones básicas del sistema

Los parámetros para cumplir por el sistema de adquisición de datos propuesto para un funcionamiento óptimo se presentarán a continuación:

- Deben ser usados tres tipos de sensores los cuales deben tener un rango dinámico óptimo, el cual será de unos 60 db
- El voltaje debe ser medido de un sistema de baterías en paralelo con voltajes máximos de 7.4 V y Corrientes de 1300 mA a 25 grados.
- Una temperatura alta es sinónimo de posible incendio en esta, por lo que debe estar en un rango de $0\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Dentro de la medición de voltaje se debe tener en cuenta la carga y descarga de las baterías

5.5 Restricciones del sistema

Es muy importante el monitoreo y el estudio de nuestro sistema para que este cumpla con los requerimientos pedidos

- Debe ser capaz de durar un máximo de 8 horas sin poder descargar la batería de su alimentación.
- Debe contar con 3 grados de libertad de mediciones por lo que se requirió voltaje, corriente y temperatura.
- Debe tener un tamaño máximo de 8cm x 8cm x 8cm para poder ser utilizado en un robot de reducido tamaño

6. Gestión del proyecto

La gestión del proyecto se utilizó la aplicación de planner de Microsoft con la cual se usará para la organización de tiempos de cada integrante para obtener control y supervisión del proyecto a realizar. En esta aplicación es posible controlar fecha de inicio, fecha de vencimiento, prioridad, progreso y una lista de comprobación dentro de cada tarea a realizar, además es posible ver las cantidades de tareas por integrante, prioridad y estado.

6.1 Cronograma de trabajo

En las siguientes tablas se podrán observar el cronograma propuesto para cada fase del proyecto (concepción, diseño, implementación, etc.).

En la tabla 3 se observa el cronograma programado para la concepción del proyecto en donde se describe cada proceso realizado y muestra días en ser realizado, fechas, predecesoras, recursos humanos, costos y horas.

DOCUMENTO DE CONCEPCION							
Tarea	duración	Inicio	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	Trabajo	Costo

Investigación de la problemática	5 días	13/02/2021	17/02/2021		Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	30	\$ 450.000,00
Inicio del documento de concepción	2 días	18/02/2021	19/02/2021	2	Ing. Diego Guerrero, Ing. Santiago Villarreal	4	\$ 60.000,00
introducción	2 días	20/02/2021	21/02/2021	3	Ing. Juan Méndez	4	\$ 60.000,00
Planteamiento del problema	2 días	21/02/2021	22/02/2021	3	Ing. Diego Guerrero	4	\$ 60.000,00
Estado del arte	5 días	21/02/2021	26/02/2021	4	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez	20	\$ 300.000,00
Objetivos	1 días	23/02/2021	23/02/2021	4	Ing. Santiago Villarreal	2	\$ 30.000,00
Requerimiento del cliente	1 días	23/02/2021	23/02/2021	4	Ing. Santiago Villarreal	2	\$ 30.000,00
Marco teórico	5 días	23/02/2021	28/02/2021	4	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	20	\$ 300.000,00
descripción de la solución	2 días	28/02/2021	1/03/2021	5	Ing. Santiago Villarreal	4	\$ 60.000,00
Total						90	\$ 1.350.000,00

Tabla 3. tabla de concepción del proyecto

En la tabla 4 se observa la planeación para el diseño de la solución de la problemática en donde se observa la investigación de modulaciones para transformar las señales analógicas a digitales, además en esta etapa es esperado el diseño y cálculos teóricos para la realización de la pcb además de simulaciones de este circuito.

Diseño							
Tarea	duración	Inicio	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	Trabajo	Costo
investigación de modulaciones	5 días	4/03/2021	11/03/2021		Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	30	\$ 450.000,00
cálculos y selección de componentes	10 días	11/03/2021	21/03/2021	11	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	40	\$ 600.000,00
Simulaciones en orcad	2 días	21/03/2021	23/03/2021	12	Ing. Diego Guerrero	10	\$ 150.000,00

Diseño de PCB	4 días	23/03/2021	27/03/2021	13	Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	20	\$ 300.000,00
envió e impresión de PCB	5 días	28/03/2021	2/04/2021	14	Ing. Juan Méndez	20	\$ 300.000,00
presentación preliminar	1 días			15	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	6	\$ 90.000,00
Total						126	\$ 1.890.000,00

Tabla 4. tabla de diseño del proyecto

En la tabla 5 se observa la planeación de la implementación del sistema electrónico, en donde se propone realizar el montaje en la pcb, luego de ser montado se hará un protocolo de pruebas en donde por medio de fuentes y osciloscopio evidenciaremos y compararemos con los resultados de las simulaciones.

Montaje							
Tarea	duración	Inicio	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos	Trabajo	Costo
Montaje y pruebas de la PCB	5 días	2/04/2021	7/04/2021		Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	30	\$ 450.000,00
Pruebas de la PCB con sensores	5 días	12/04/2021	16/04/2021	19	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	40	\$ 600.000,00
Medición de señales de salida y calibración	5 días	22/04/2021	26/04/2021	20	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	20	\$ 300.000,00
Montaje sistema funcional	5 días	1/05/2021	5/05/2021	21	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	20	\$ 300.000,00
Entrega final	1 días			22	Ing. Diego Guerrero, Ing. Juan Méndez, Ing. Santiago Villarreal	5	\$ 75.000,00
Total						115	\$ 1.725.000,00

Tabla 5. tabla de montaje del proyecto

Gracias a la plataforma de planner podemos observar la distribución de tareas de tal manera que se observa la carga de trabajos entre el personal, cantidad de tareas por bloque y su importancia.

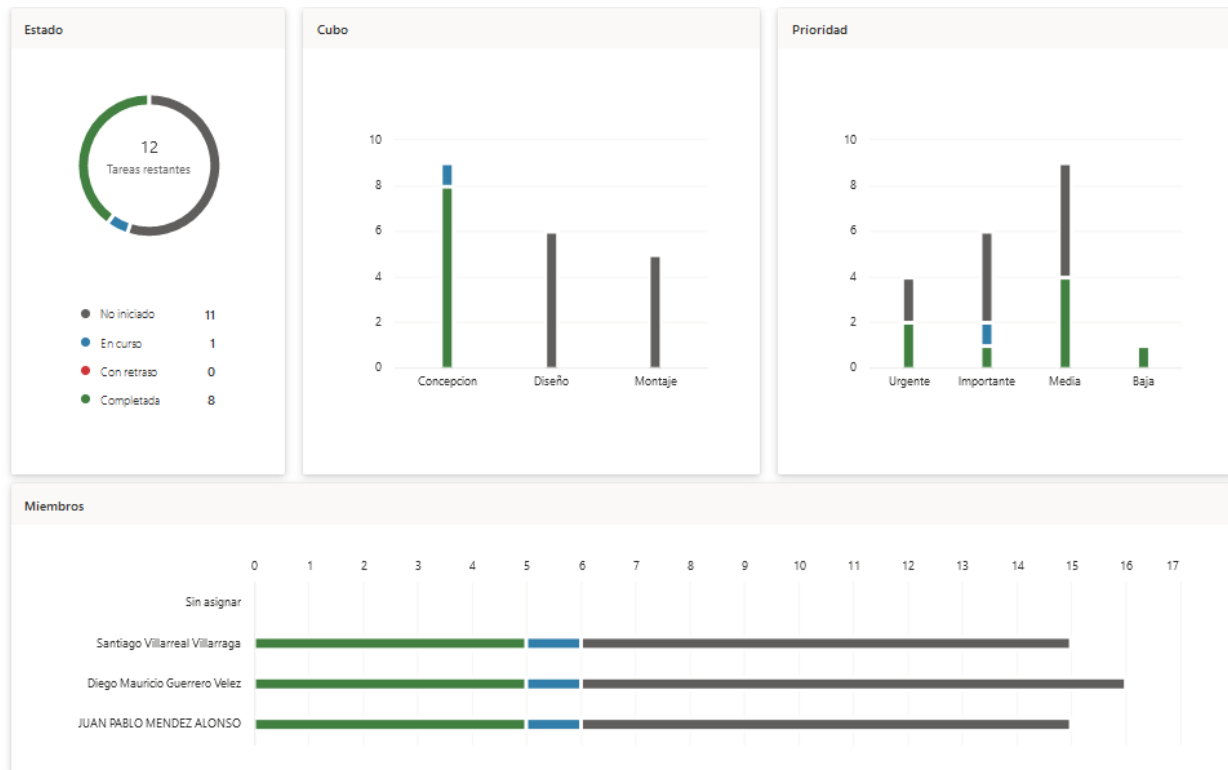


Figura 29. Modelo de barras y pastel de distribución de tareas del proyecto

< > febrero 2021 Semana **Mes**

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
					Investigación Problemática	
15	16	17	18	19	20	21
Investigación Problemática			Inicio Documento			Estado del arte
						Planteamiento del probl...
22	23	24	25	26	27	28
Estado del arte						Descripción de la soluci...
Planteamiento del probl...	Marco teórico					
		+2 más				
1	2	3	4	5	6	7
Descripción de la soluci...			Investigación de modulaciones			
8	9	10	11	12	13	14
Investigación de modulaciones						
			Calculos y seleccion de componente			

< > marzo 2021 Semana **Mes**

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
1	2	3	4	5	6	7
Descripción de la soluci...			Investigación de modulaciones			
8	9	10	11	12	13	14
Investigación de modulaciones						
			Calculos y seleccion de componente			
15	16	17	18	19	20	21
Calculos y seleccion de componente						Simulaciones orcad
22	23	24	25	26	27	28
Simulaciones orcad						Envío e impresión PCB
	Diseño PCB					
29	30	31	1	2	3	4
Envío e impresión PCB						
			Montaje			
5	6	7	8	9	10	11
Montaje						

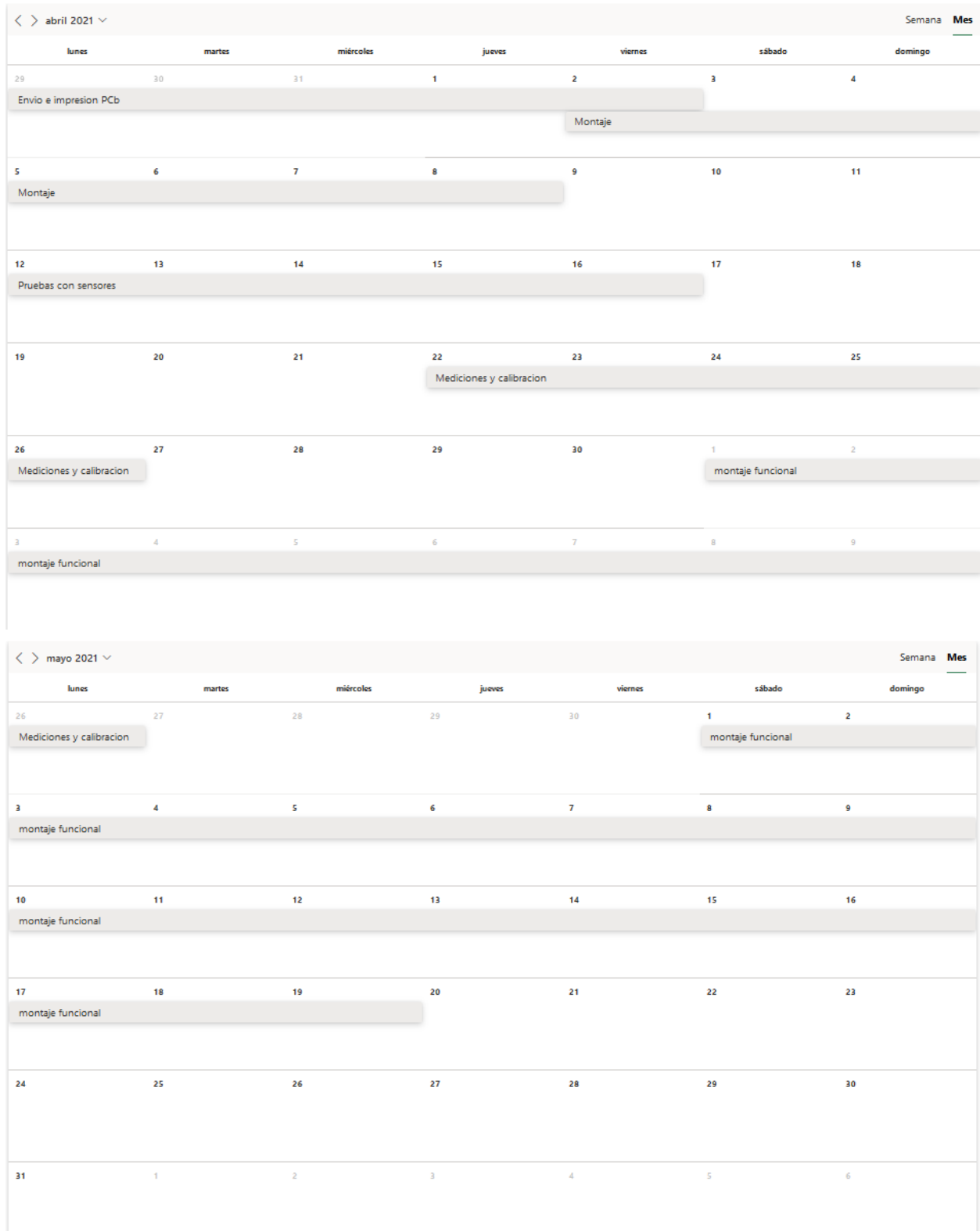


Figura 30. Cronograma estilo calendario del proyecto

6.2 Recursos, materiales y fuentes de financiación

En la siguiente tabla se muestra la cotización aproximada que el proyecto va a tener, esto teniendo en cuenta el costo de trabajo, costo de los materiales y de los recursos a utilizar, estos recursos cuentan un aproximado al alquiler por hora. también en esta tabla se presentan gastos administrativos además del IVA.

Nombre del recurso	Tipo	Tasa estándar (por hora)	duración (horas)	Costo
Recurso humano				
Ing. Diego Guerrero	Trabajo	\$ 15.000	200	\$ 3.000.000
Ing. Juan Méndez	Trabajo	\$ 15.000	200	\$ 3.000.000
Ing. Santiago Villarreal	Trabajo	\$ 15.000	200	\$ 3.000.000
Total, trabajo				\$ 9.000.000
Nombre del recurso	Tipo	Tasa estándar (por unidad)	Cantidad (unidades)	Costo
Materiales proyecto				
Sensor voltaje	Material	\$ 10.000,00	1	\$ 10.000,00
Sensor corriente	Material	\$ 10.000,00	1	\$ 10.000,00
Sensor temperatura	Material	\$ 120.000,00	1	\$ 120.000,00
PCB	Material	\$ 150.000,00	1	\$ 150.000,00
Microcontrolador	Material	\$ 30.000,00	1	\$ 30.000,00
Total, material				\$ 320.000,00
Nombre del recurso	Tipo	Tasa estándar (por hora)	duración (horas)	Costo
Recursos proyecto				
Osciloscopio	Recurso	\$ 2.000	60	\$ 120.000
Fuente de alimentación	Recurso	\$ 1.000	60	\$ 60.000
Multímetro	Recurso	\$ 1.000	60	\$ 60.000
Computador	Recurso	\$ 1.000	110	\$ 110.000
Software	Recurso	\$ 5.000	110	\$ 550.000
Total, Recursos				\$ 900.000
A.I.U			SUBTOTAL	\$ 10.140.000
Administración			7%	\$ 709.800
Imprevistos			4%	\$ 405.600
Utilidad			4%	\$ 405.600

Subtotal sin IVA		\$ 11.661.000
Iva	19%	\$ 2.215.590
TOTAL, GENERAL		\$ 13.876.590

Tabla 6. tabla de gastos, materiales y presupuesto del proyecto

7. Referencias

- [1] Institute for Power System Technology and Power Mechatronics, "Development of a low cost Universal Sensor for an accurate Measurement of Current, Voltage and Temperature", Bochum, Germany, 2016 [Online]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7884367>. [Accessed: 25-Feb- 2021]
- [2] National Sun Yat-Sen University, "An On-chip High-voltage Current Sensor for Battery Module Monitoring", Kaohsiung, Taiwan, 2014 [Online]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6838585>. [Accessed: 27-Feb- 2021]
- [3] General Electric Global Research, "Novel Thin Temperature and Expansion Sensors for Li-ion Battery Monitoring", Niskayuna, NY USA, 2017 [Online]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8234066>. [Accessed: 28-Feb- 2021]
- [4] Norwegian Metrology Service, "System for in-circuit current measurement, the JV-active Shunt", Kjeller, Norway, 2014 [Online]. Available: <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.javeriana.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6898355>. [Accessed: 28-Feb- 2021]
- [5] Huggins, R.A., "Advanced Batteries: Materials Science Aspects". Springer-Verlag, New York, 2008.
- [6] Bianchi, Ernesto, "Elementos de electroquímica: Electrólisis y acumuladores reversibles" Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Apunte curso EL6008: Aplicaciones Industriales de la Energía Eléctrica, Santiago, Chile, noviembre 2011.
- [7] Raffino, M., 2020. *Batería*. [online] ARgentina. Available at: <https://concepto.de/bateria/> [Accessed 28 -Feb- 2021].
- [8] Moore, A., 2008. Lithium Polymer (Lipo) Battery Guide. In: *Revolution Robotic*, 1st ed.
- [9] Intersil, 2007. Designing Multi-Cell Li-ion Battery Packs Using the ISL9208 Analog Front End.
- [10] Lithium Battery Failures, Woodbank Communications Ltd, South Crescent Road, Chester, CH47AU, (United Kingdom) 2005, in: https://www.mpoweruk.com/lithium_failures.htm
- [11] Moore, A., 2014. Lithium advantages, *Revolution Robotic*, 1st ed. In: https://web.archive.org/web/20140323044616/http://revolution-robotics.com/articles/lithium_polymer_lipo_battery_guide
- [12] Ramírez Neyra, F.G., "Sistema de Adquisición de datos de sensores analógicos y digitales", Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, noviembre, 2009..
- [13] Anónimo, "Sistemas de Adquisición de Datos", Capítulo 2, Universidad de Cataluña, noviembre, 2009. Barcelona, España.

- [14]Mayné, Jordi, “Sensores, Acondicionadores y Procesadores de Señal”, SILICA, 2003
- [15]Vázquez, Gabriel, “Sensores: Características estáticas y dinámicas”, septiembre, 2010.
- [16]Rodríguez Araujo, Jorge, “Sensores: Apuntes y prácticas de sensores”, Santiago, Chile, octubre, 2009.