

DISEÑO CONCEPTUAL EN DRON BASADO EN MICRO:BIT USANDO LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE LA TECNOACADEMIA ITINERANTE GIRARDOT

Santiago Andrey Tavera Benavides¹, Efraín Guillermo Mariotte Parra²
^{1,2}Tecnoacademia Itinerante Cundinamarca

Resumen

Este artículo presenta el proceso conceptual para modelar la construcción de un dron usando simuladores MakeCode y Micro:bit, buscando demostrar que empleando los componentes disponibles en los kits de robótica de la Tecnoacademia Itinerante de Girardot se puede construir y programar completamente un prototipo funcional de dron. Inicialmente se reconocieron los componentes que controlan la velocidad de un motor de Corriente Continua (CC) y se plantean diferentes formas de controlarlos usando una Micro:bit; posteriormente, se trazan los diferentes movimientos que se pueden programar en un dron y, por último, se desarrolla el diseño del controlador de vuelo usando la ecuación de Proporcionalidad, se usa la medición del acelerómetro para dar una salida que busque estabilizar el dron, se envía una señal en forma de PWM, modulación por ancho de pulso para controlar el voltaje que gobierna la velocidad de cada motor en particular, y por ende la dirección del empuje generado por el dron. Se concluye que, los componentes base son suficientes para pasar a la siguiente fase del proyecto: el proceso de prueba y error de los componentes físicos del dron y su posterior construcción final.

Palabras Claves: dron basado en Micro:bit, Control Proporcional, modelo 3D del dron, control de vuelo y velocidad de motores.

Introducción

La contaminación del río Magdalena siempre ha sido una preocupación de las comunidades colindantes a este, particularmente en este caso de estudio la zona cercana con la ciudad de Girardot, debido a que esta afecta de manera directa las actividades económicas desarrolladas, tales como la pesca.

Adicionalmente, es de vital importancia la fauna que depende de este cuerpo de agua, por ejemplo, las aves necesitan el río para su supervivencia. Tal como afirma Nieto (2019): “Los drones voladores no tripulados tienen una gran aplicación como sistemas de apoyo para el monitoreo de la calidad del agua; primero porque pueden llevar varios sensores dentro de él; segundo su maniobrabilidad le permite moverse a varios puntos predeterminados; y tercero, gracias a la comunicación de larga distancia, puede transmitir esas mediciones en tiempo real, abriendo múltiples posibilidades en sus aplicaciones como

sensores remotos, internet de las cosas y vigilancia ambiental”. Ya se han presentado proyectos de este tipo, por ejemplo, se utilizó drones para el estudio de contaminación del lago Ypacaraí en Sevilla, España permitiendo terminar el deterioro continuo en el que se encontraba el lago (Rodríguez, 2019).

La aplicación propuesta por Guevara et al. (2020) juntó el uso de sensores remotos en vehículos aéreos no tripulados, permitiendo mejorar el seguimiento de la disposición de los recursos naturales de la zona. Particularmente resulta interesante para este artículo su uso para el avistamiento y seguimiento controlado de especies de aves. Sin embargo, en esta investigación se reconocen algunas desventajas como el sonido emitido y su maniobrabilidad.

En Colombia se tiene un recorrido en el avistamiento y control de especies con mecanismos, tales como

cámaras trampas y ecologistas investigadores. A pesar de estos esfuerzos, aún queda mucho camino por recorrer para tener toda la información necesaria y poder tomar decisiones respecto a estos hábitats. Actividades como estas son especialmente fáciles de conseguir para los drones, ya que son tareas repetitivas que algunas veces no son llamativas por las personas.

“El diseño del dron es un proceso complejo que requiere varias áreas de conocimiento. Se planteó el diseño desde la fase de funcionalidad hasta la parte de producción” (De Los Ríos et al., 2020), apoyado en el material que entrega la Tecnoacademia como la Micro: Bit y los sensores, se planteó su construcción usando esta tarjeta desarrolladora. En la fase de diseño se usó: TinkerCAD y para el modelado se basó en el air:bit DIY.

Se planifica el diseño conceptual de un dron como fase inicial de un proyecto de investigación, buscando una posible solución para el monitoreo de variables que midan la salud del río Magdalena y de su fauna. Al hacer las pruebas de estados de manejo y control proporcional de las velocidades de los motores, así como la comunicación por radio, se tiene como resultado un modelo electrónico funcional y se concibe la posibilidad de hacer el montaje físico para continuar el diseño del prototipo funcional.

Metodología

En el proceso de diseñar conceptualmente el dron se usó el simulador TinkerCAD 3D para la fase estructural. Para el diseño del circuito de control se emplearon los simuladores TinkerCAD electrónica y el editor de MakeCode. En la figura 1, observa el diagrama de Flujos del proceso iterativo realizado:

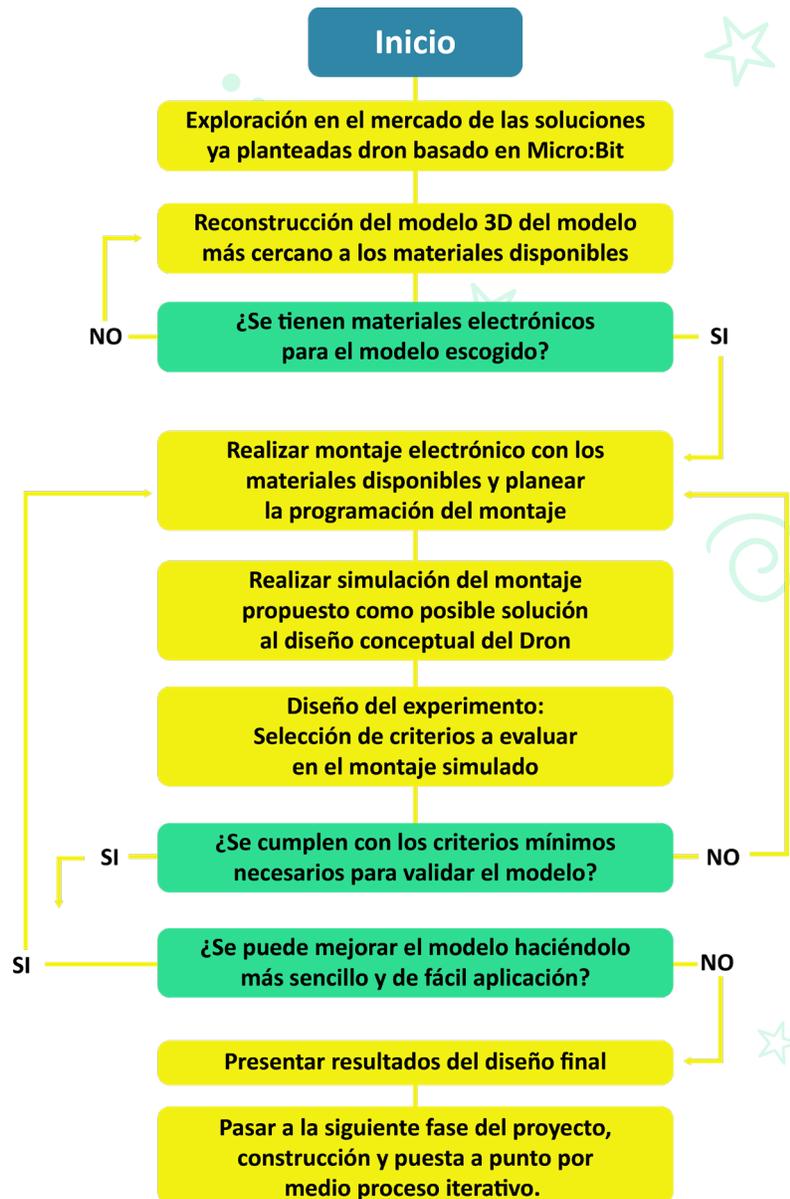


Figura 1. Diagrama de flujos de la metodología empleada.
Fuente autores

En la figura 2, se observa el dibujo 3D del modelo propuesto tomando como referencia el modelo comercial de air: bit DIY. Se realizó un proceso iterativo de dibujo de los brazos en función de la longitud de las hélices, usando TinkerCAD 3D y las mediciones del modelo comercial. Los componentes físicos dibujados son los siguientes: cuatro hélices, cuatro motores, cuatro patas de aterrizaje, portabaterías y la Micro:bit con su tarjeta expansora como controladora de vuelo.

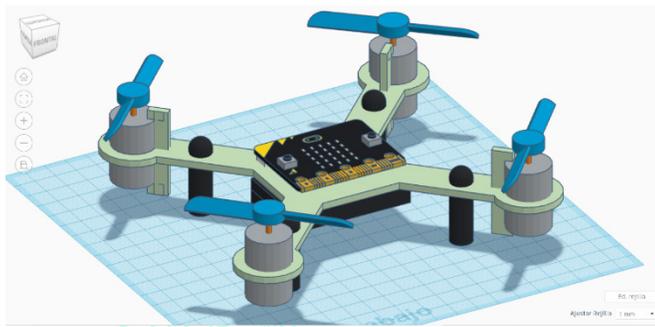


Figura 2: Dibujo 3D del diseño conceptual del dron.
Fuente: Autores

Para el estabilizador se usó el giroscopio con el objeto de medir la inclinación de la estructura y por ende saber cómo modificar las velocidades de los motores y corregir la posición

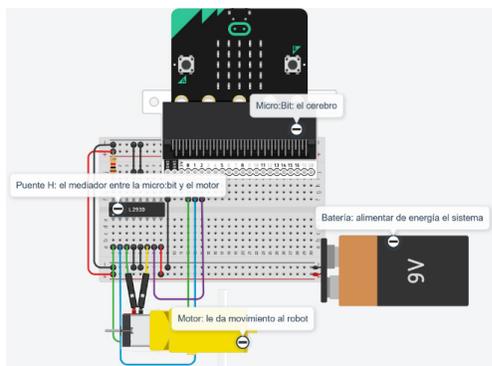


Figura 3. Montaje inicial del control de un motor en TinkerCAD. Fuente Autores

Por último, se exploró la comunicación por radio para el control direccional del dron; específicamente, una segunda Micro:bit le ordena (vía radio) a los motores modificar sus velocidades para inclinar la estructura a una dirección deseada, y por el empuje de las hélices buscar el desplazamiento del cuerpo del dron en esa dirección.

Inicialmente, se proponen varios modelos de circuitos del dron (ver figuras 3 y 4). Se desarrollaron ejercicios de prueba y el reconocimiento de los componentes necesarios para su construcción.

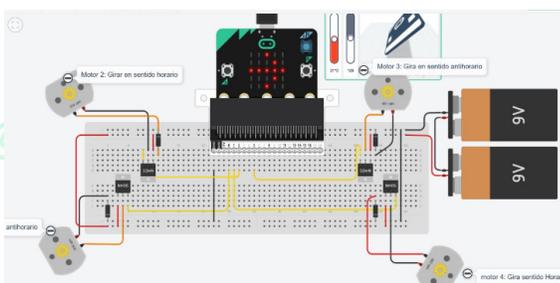


Figura 4. diseño del sistema del control de los motores,
Fuente Autores

Se construyó la electrónica del control de los motores del dron para que tenga un buen manejo de su dirección, estos deben estar ubicados (dos que giren a la derecha y dos que giren a la izquierda) de forma diagonal para que se mantenga recto y firme. Los componentes electrónicos del diseño final fueron: Micro:bit con salida, cuatro motores de CC, batería de 9 V, cuatro transistores NMOS y cuatro diodos.

Resultados

Como el sistema de estabilización es lo que hace que se mantenga horizontal, se realizaron varias pruebas para verificar si el sensor giroscopio podría ser usado como control para la velocidad de los motores.

Experimento número1: condicionales

Se usaron los pines de manera análoga usando modulación por ancho de pulso (PWM, *Pulse Width Modulation*) para controlar la velocidad de los motores usando de intermediario a los transistores de potencia y una batería de 9 Voltios.

Se programaron las 5 posibles posiciones de giro del dron con el sensor giroscopio de la tarjeta Micro:bit en el eje X e Y usando condicionales en el *software* MakeCode, coincidiendo los ejes del dron con los ejes cartesianos de esta tarjeta (ver la figura 5).

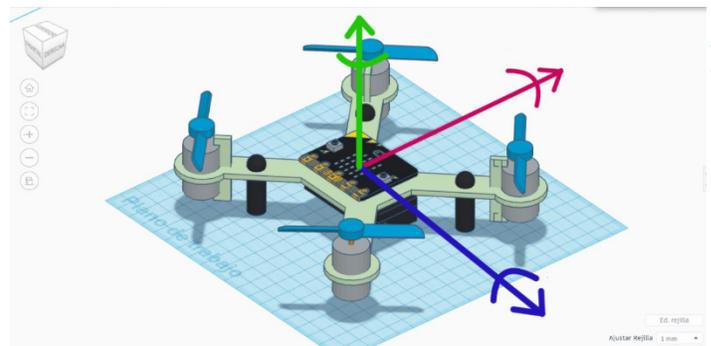


Figura 5. Ejes de giro del Dron. Fuente Autores

Eje rojo es el alabeo y coincide con el eje Y de la Micro:bit.

El eje azul es el cabeceo y coincide con el eje X de la Micro:bit.

Y el eje verde es el eje de guiñada y coincide con el eje Z de la Micro:bit.

Teniendo en cuenta esta información, se plantean 5 situaciones mostradas en la figura 6.

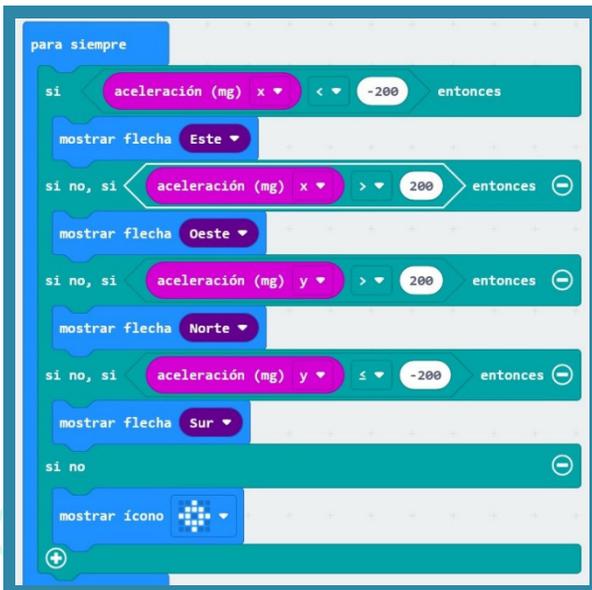


Figura 6. Primeras 5 situaciones de movimiento del dron.
Fuente autores.

Como se puede observar en la figura 6, se utilizaron los bloques condicionales para controlar y programar las respuestas que corrige el balanceo de ambos ejes.

Experimento número 2

Para estabilizar el dron en los ejes X e Y, se programó el acelerómetro, usando las 5 flechas para indicar hacia a donde se movían. EL montaje usado se muestra en la figura 7:

Al utilizar el eje x: Si se muestra menor que -200 digitará una fecha hacia el Este.

Si se muestra mayor que 200 digitará una flecha hacia el Oeste.

Al utilizar el eje y: Si se muestra mayor que 200 digitará una flecha hacia el Norte.

Si se muestra menor que -200 digitará. una flecha hacia el Sur.

Si no se muestra ninguna de las anteriores situaciones, digitará un corazón, el cual da a entender que se tenía un buen uso.

En la figura 8 se muestra el uso de los condicionales en el programa TinkerCAD

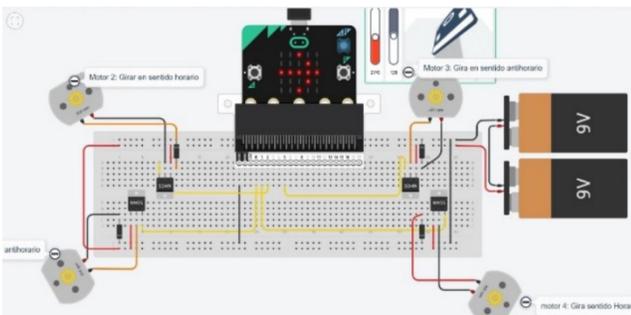


Figura 7. Montaje electrónico del segundo experimento

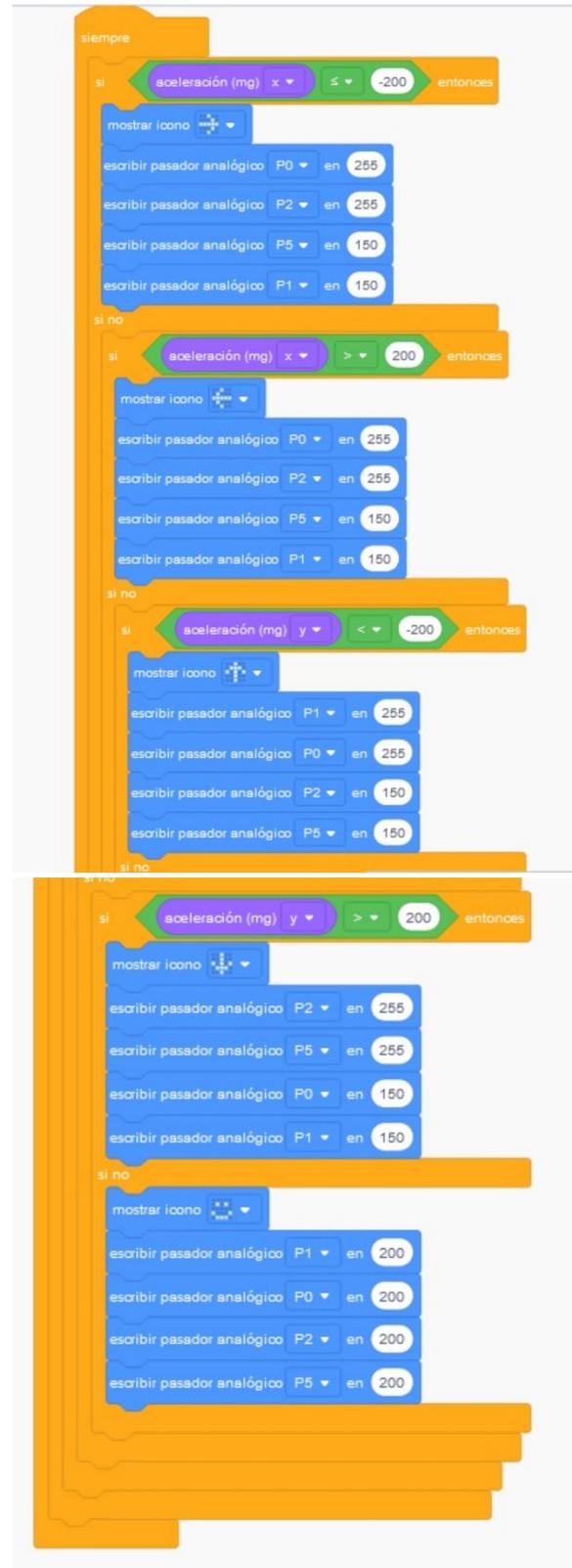


Figura 8, Bloques condicionales en TinkerCAD mostrando las nuevas situaciones de movimiento.

Conclusión parcial del experimento 1

TinkerCAD permitió controlar la velocidad de los motores al utilizar el PWM. Se observó que cambian

mucho la velocidad de los motores en el simulador y el tiempo de respuesta depende de la velocidad del Internet. Con el montaje del Micro:bit se concluye que se puede controlar efectivamente los motores usando el giroscopio.

Por ejemplo, en la figura 10 se puede ver que los dos motores a la izquierda giran el doble de rápido que los de la derecha, intentando corregir el ángulo de giro, tal como lo muestra la flecha en la imagen de la Micro:Bit. Además, se cambió por 2 baterías de 9 V en serie para aumentar el voltaje y por ende la velocidad de los motores.

Conclusión número 2

Como es un diseño conceptual se usaron las baterías de 9 V para imitar una batería de Lipo o ion de litio, que son las que normalmente se usan en celulares, computadores y drones reales; pero en el simulador no están disponibles y al necesitar una salida de voltaje mayor se tomó la decisión de colocar las baterías en serie.

Se mejoró la velocidad de los motores debido a las baterías en serie; los transistores de potencia funcionan por corriente y las corrientes entregadas por la Micro:bit no son muy altas, por ende no pueden aprovechar toda la potencia de las baterías y regular la energía enviada hacia los motores.

Experimento número tres: uso del puente H

Se construyó el modelo usando el puente H L298N para verificar su aplicabilidad en este proyecto; en la figura 9 se puede observar el montaje planteado usando las 2 baterías en serie y la conexión de los circuitos de potencia, de los dos motores de prueba; y el de control que es el de la Tarjeta Micro:Bit.

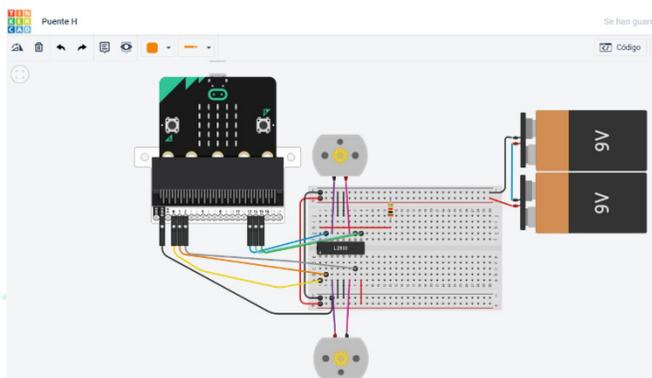


Figura 9. Montaje de prueba para verificar el uso del puente H L298N. Fuente Autores.

Conclusión experimento 3

Se observó el uso de 6 pines para controlar 2 motores, dos de ellos se pueden conectar a tierra, ya que el motor de un dron no necesita girar en sentido contrario, y los otros pines de dirección conectados a 3.3 V permitiendo que solo queden los pines habilitadores controlando la velocidad de estos. Concluimos que el montaje requeriría 2 de este puente H, pero su uso está dirigido a situaciones que requieran control de velocidad y dirección de los motores; por lo tanto, se utilizó los transistores MOSFET para reducir circuitos electrónicos y así hacer más sencillo el montaje.

Experimento 4: Transistores MOSFET

En esta situación se planteó la conexión usando los transistores MOSFET tipo N, tal como se muestra en la figura 10. Para verificar la respuesta de salida del sistema se colocaron multímetros que miden el voltaje de entrada de cada motor. Se observa en los motores de la parte inferior de la imagen, los voltajes entregados a estos, que es una medida indirecta de la velocidad a la que giran, mostrando que realizan este movimiento casi el doble de rápido, buscando corregir el desbalance simulado en la tarjeta.

Para la comunicación por radio se usó el mismo planteamiento de las posiciones posibles del acelerómetro en una segunda tarjeta programable denominada "Micro:Bit del Control", y se enviaron las señales vía radio codificando cada posición con un número natural específico. Se optó por esta disposición en vez de la de enviar la señal del giroscopio de la Micro:bit del control para que el mensaje fuera más corto y por ende se tener una comunicación más rápida.

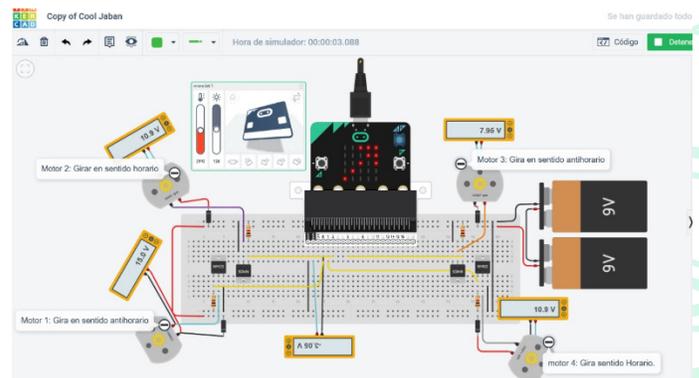


Figura 10. Montaje electrónico de los motores con multímetros. Fuente Autores.

Experimento 5: Vigilando la velocidad control proporcional

Se plantea controlar la velocidad de los motores con el acelerómetro sin el uso de los condicionales. Se piensa la posibilidad de usar un control proporcional en retroalimentación, usando las medidas del eje X e Y como señales de entrada y se pone como objetivo mantener la misma velocidad en todos los motores, que es una posición estable del dron.

El primer montaje no permitió su aplicación en TinkerCAD, debido a que la implementación de la Micro:bit en este simulador es nueva y aún no cuenta con todas las ventajas disponibles en el editor MakeCode.

El montaje se realizó en MakeCode, aunque solo se puede observar el valor de salida del PWM una a la vez. Pero se logró tener resultados semejantes al simulador con los motores.

Bajo este nuevo descubrimiento, se llega a la necesidad de realizar el montaje en físico, para poder medir las variaciones de las velocidades de los motores y empezar a hacer pruebas junto a las hélices, que permita medir el empuje conjunto y así poder recalcular con la batería los valores necesarios para diseñar el nuevo controlador.

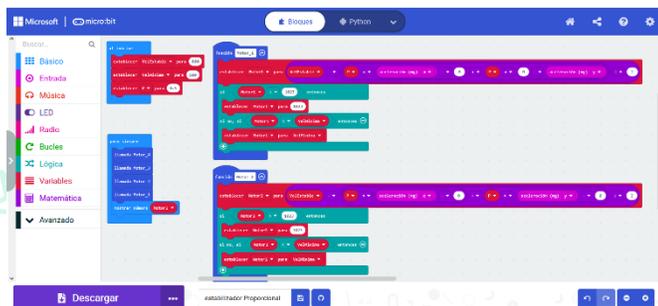


Figura 11. Programa en bloques del control proporcional de los motores 1 y 2. Fuente autores

En la Figura 11 se ilustra cómo se aplicó el controlador proporcional, programado para poder modificar la velocidad de cada motor en función de la medida del acelerómetro.

Se observa que, en el mercado se aplican controles tipo PID para la velocidad de cada motor y un control para la estabilidad del dron, pero el simulador no permite medir la velocidad de cada motor para realizar el lazo cerrado que permita la aplicación del control.

La ecuación que se usó para el control proporcional fue:

Donde:

P = Constante de corrección proporcional, que ayuda a aumentar el valor del error medido por el sensor acelerómetro.

a_x = es la aceleración medida en el eje X.

a_y = es la aceleración medida en el eje Y.

SP = es el SetPoint o punto de referencia al que queremos llegar y permanecer. En este caso es cero para cualquier aceleración en el eje X e Y que es la estabilidad horizontal del dron.

Para cada motor se analizó la posición del mismo con respecto a la medición del sensor si es positiva o negativa, lo que modificó el controlador de cada motor, dando como resultado 4 ecuaciones diferentes, las cuales se muestran a continuación:

En la figura 12 se observa los ejes coordenados y como se miden en la Micro:bit:

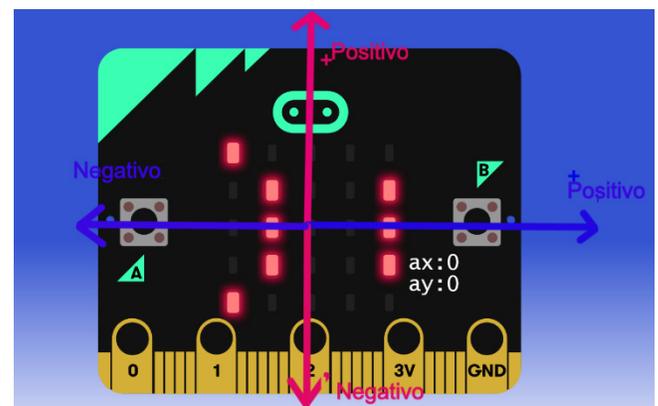


Figura 12. Ejes coordenados y sus signos de medición en la Micro:bit. Fuente Autores.

La posición de los motores se puede observar en la figura 4.

Discusión de resultados

Se han observado diferentes montajes electrónicos que han permitido aplicar las metodologías de diseño presentadas por Mandujano et al. (2017; se comprobó la funcionalidad de la Micro:bit controlando con PWM motores de manera simultánea.

El uso de los transistores NMOS permite amplificar la señal de voltaje enviada a los motores, haciendo que sea posible el control de velocidad de manera menos costosa; ya que tener motores Brushless o sin escobillas y su respectivo controlador de vuelo, es un montaje con un precio más elevado que el propuesto; además, no se encuentran dentro de los materiales

de los kits entregados a la Tecnoacademia. La primera parte de la investigación usando simuladores ha permitido un estudio de mayor profundidad en la correlación que existe entre uno de los principales sensores en un dron que es el acelerómetro y sus actuadores que serían los motores, pudiéndose observar la forma en la que el controlador usa la señal de voltaje del sensor y la convierte en señal de voltaje para los motores, parte que pasa generalmente desapercibida cuando se tienen un dron físico, ya que solo se busca que este se eleve y la principal preocupación es la comunicación inalámbrica entre el control y el dron, el llamado Binding.

Por último, el análisis de todos los posibles movimientos del dron en los ejes coordenados ha permitido desarrollar el programa de comunicación inalámbrica que se plantea inicialmente usando una segunda Micro:bit con búsqueda de aplicaciones LoRa (*Long Range*) comunicación vía radio a largas distancia, porque el trayecto efectivo de comunicación por radio entre Micro:bits no supera los 15 metros.

La continuación de la investigación se deberá realizar con base a la relación motores, hélices y batería, en contra del empuje que se genere, buscando que la relación del peso del dron sea menor que el empuje generado y encontrar la velocidad de estabilidad horizontal. La investigación del controlador solo puede avanzar, si se puede hacer ese cálculo y los simuladores en su mayoría solo pueden modelar los componentes electrónicos, no las variables mecánicas como el desplazamiento del aire generado por las hélices.

Conclusiones

Realizados los experimentos iniciales en los simuladores MakeCode y TinkerCAD se llega a las siguientes conclusiones:

Es posible realizar un prototipo funcional usando los componentes que se tienen a disposición en la mayoría de los Kits entregados por la Tecnoacademia y realizando una pequeña inversión.

Los simuladores permiten realizar un acercamiento inicial del diseño del controlador de vuelo y el cálculo de la constante de proporcionalidad.

La relación entre la señal de entrada del acelerómetro y la señal de salida de los motores son procesadas por el controlador. Se logró hacer una relación de proporcionalidad entre estas señales.

Se sugiere seguir la investigación realizando el

montaje con los componentes y continuar con el proceso de medición del empuje unido de los cuatro motores y las hélices para empezar a hacer selección de la batería y de las hélices finales en el prototipo.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Tecnoacademia Itinerante de Cundinamarca por financiar los materiales de la construcción del DRON, usando el kit de biotecnología para el uso de los sensores.

Referencias

Nieto Nieto, C. A. (2019). Sistema de monitoreo de calidad del agua para cuerpos hídricos (Bachelor's thesis, Uniandes).

Rodríguez Balbuena, A. (2019). Estudio de la contaminación del lago Ypacará e introducción de un dron acuático para el monitoreo de la calidad del agua.

Guevara-Bonilla, M., Meza-Leandro, A. S., Esquivel-Segura, E. A., Arias-Aguilar, D., Tapia-Arenas, A., & Meléndez, F. M. (2020). Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANTs) para el monitoreo y manejo de los recursos naturales: una síntesis. *Revista Tecnología en Marcha*, ág-77.

De Los Ríos, G. A. B., Quiroga, G. U., & Navia, J. A. N. (2020). Propuesta para la aplicación de métodos ágiles en el diseño conceptual de un dron. *Ciencia y poder aéreo*, 15(2), 110-121.

Mandujano, S., Pazmany, M., & Rísquez-Valdepeña, A. (2017). Drones: una nueva tecnología para el estudio y monitoreo de fauna y hábitats. *Agroproductividad*. 2017; 10: 79-84., 10(10), 79-84

Trujillo Núñez, M. R. (2017). Diseño e implementación de un dron autónomo para el monitoreo de una red WSN de sensores meteorológicos utilizando dispositivos XBee para transmisión de datos en la ESPOCH (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Rivas-Fuenzalida, T., Molina-Medina, Á., & Salazar, P. (2020). Primer registro del aguilucho de cola rojiza (*Buteo ventralis*) nidificando en un eucalipto (*Eucalyptus globulus*). *Boletín Nahuelbuta Natural*, 5(3).