



CINEBOT: MORE THAN JUST A ROBOT, A LABORATORY

CINEBOT: Más que un robot, un laboratorio

ANDRÉS TACURI, LUIS VILLAMAGUA, PABLO LAPO,
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador

KEYWORDS

Remote laboratories
Teaching
Physics
Kinematics
Off-site education
Covid-19
Electronics
Robotics
Arduino
Artificial vision
TICS

ABSTRACT

This work reports the design, construction and deployment of a mechatronic system, which, combined with a computer vision module, provides students and teachers with a tool to experience with concepts of kinematics of a particle throughout the usage of a robot, known as to Cinebot, which can be controlled from any smart device endowed with a stable internet connection. The methodology used for envisioning and developing the system was engineering design. The figure of merits of the prototype was evaluated under a linear motion scheme with constant speed (~ 0.10 m/s), showing errors between 0.08 and 3.2%.

PALABRAS CLAVE

Laboratorios remotos
Enseñanza
Física
Cinemática
Educación a distancia
Covid-19
Electrónica
Robótica
Arduino
Visión artificial
TICS

RESUMEN

En este trabajo se reporta el diseño, la construcción y el despliegue de un sistema mecatrónico, que, combinado con un sistema de visión por computadora, permite que estudiantes y docentes experimenten con conceptos de cinemática de una partícula mediante el uso de un robot, conocido como Cinebot, que puede ser teledirigido desde cualquier dispositivo inteligente que cuente con una conexión a internet estable. La metodología utilizada para la creación del prototipo fue ingeniería de diseño. La figura de méritos del prototipo fue evaluada bajo un esquema de movimiento lineal con rapidez constante (~ 0.10 m/s), mostrando errores entre 0.08 a 3.2%.

Recibido: 23/ 08 / 2022

Aceptado: 30/ 10 / 2022

1. Introducción

Conseguir una educación inclusiva y de calidad para todos es el objetivo de instituciones pioneras en educación, para favorecer a poblaciones vulnerables, sectores rurales que, a pesar de los avances considerables en la globalización y tecnología de los últimos 15 años, muchos no tienen habilidades ni acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) que desempeñan un papel fundamental en la evolución de la educación, partiendo desde las nuevas maneras de acceder a la información, además, de la capacidad de procesarla y almacenarla (Zambrano & Zambrano, 2019).

Gracias a estos avances de la ciencia y tecnología se han mejorado muchos aspectos de cómo hacemos las cosas hoy en día, y, entre ellos encontramos la educación, que ha cambiado su forma tradicional, pudiendo convertirse, en gran medida, en educación a distancia (EaD), que es una respuesta ante la demanda educativa global, ya que hay personas que no pueden, o que se les dificulta, el acceso a una educación presencial. La EaD se define como un sistema tecnológico de comunicación, en donde se combina el estudio y la tecnología que permite llegar a una audiencia que pueden estar separadas o no, con el objetivo de impartir conocimiento (Chaves, 2017).

De acuerdo con Gómez (2020) grandes modelos de enseñanza han sido descubiertos debido al interés por la EaD, agilizando así la infraestructura a través del equipamiento tecnológico y desplegando un sin número de plataformas en línea para su uso. Este tipo de plataformas han sido asociadas, en general, a sistemas de gestión de aprendizaje (LMS por sus siglas en inglés), que permiten que usuarios obtengan aprendizajes para la educación a distancia. Sin embargo, a pesar de los avances en los últimos años, aún surgen vacíos científicos por la falta de accesibilidad a herramientas que fortalecen el proceso de enseñanza y aprendizaje como un laboratorio.

La equidad dentro de la educación también es un reto tanto para Ecuador como para América Latina. En Ecuador de acuerdo con el Ministerio de Educación, existen 18.206 instituciones educativas, de las cuales, únicamente 2.662 establecimientos educativos, cuentan con al menos un laboratorio, además que con el surgimiento de la pandemia ocasionada por la COVID-19 el acceso a estas herramientas se vio casi anuladas por la imposibilidad de la presencialidad de maestros y/o estudiantes hacia las instalaciones educativas; este problema no es local, puesto que según el informe de la UNESCO (2020) realizado a través del Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE) con el surgimiento de la pandemia 15 de los 17 países participantes tuvieron sus establecimientos educativos cerrados.

Ante este panorama, los países implementaron estrategias diversas para asegurar la continuidad de los aprendizajes. Entre ellos, podemos citar: la colocación de material y contenidos en la web, el uso de medios de comunicación masiva para transmitir contenido, la utilización de plataformas digitales de aprendizaje y el envío de material pedagógico a los hogares, fueron de las más frecuentes. Sin embargo, en este análisis también se consultó a los países respecto a cuáles perciben como los mayores obstáculos para el éxito de las medidas implementadas. Los 17 países encuestados respondieron que la falta de infraestructura adecuada como uno de los principales problemas para la efectividad del planteamiento de una educación a distancia. Le siguen la dificultad para apoyar a zonas remotas (ya que la mayoría no tenía acceso a internet) y la falta de calidad del material disponible.

Esta situación debilitó la formación de los estudiantes, y redujo la capacidad de respuesta de los docentes en todas las áreas de enseñanza, especialmente en aquellas que requieren el uso de laboratorios para acceder a herramientas de experimentación, como es el caso del área técnica, puesto que sin el uso de estas tecnologías el estudiante se limita a suponer o imaginar un ejercicio o práctica, y consecuentemente pierde la oportunidad de evidenciar de manera real el cumplimiento de una teoría o dar respuesta a una interrogante planteada. Por consiguiente, surge la necesidad de transformar procesos formativos para abordar las problemáticas que nacieron por la implementación de este tipo de educación a causa de la pandemia, para permitir que estudiantes puedan asimilar conocimientos a partir de una experimentación real que sea accesible, segura y remota.

Actualmente existen dos alternativas a la experimentación en un Laboratorio Tradicional (LT): (i) los Laboratorios Virtuales (LV) y (ii) los Laboratorios Remotos (LR). Vargas et al. (Vargas, 2020) describe a LV de esta manera: las prácticas, procesos y ejercicios se desarrollan en simulaciones de software donde se intenta recrear las condiciones reales de un laboratorio real; por otro lado Herrera et al. (Herrera, 2020) definen a un LR como: un laboratorio físico que, acoplados con módulos de hardware y software, permiten a un usuario monitorear y controlar remotamente un proceso real a través de internet; su arquitectura está compuesta principalmente por una cámara para monitorear el aparato físico o experimento, todo esto alojado en un servidor web donde a través de internet el usuario final, ya sea docente o alumno, pueda acceder a este recurso.

En el presente trabajo reportamos el diseño, la construcción y el despliegue de un sistema mecatrónico que permite que estudiantes y docentes puedan experimentar con conceptos de cinemática (unidimensional y bidimensional) de una partícula mediante el uso del robot *Cinebot* que puede ser teledirigido desde cualquier dispositivo inteligente (por ejemplo, un ordenador, un tablet o un teléfono móvil) que cuente con una conexión a internet.

2. Metodología

El proyecto fue llevado a cabo bajo la metodología de la ingeniería de diseño, que comprende un conjunto de procesos sistemáticos para idear una solución a un problema, determinando sus objetivos y limitaciones. Sus etapas constan de la conceptualización del problema, creación de prototipos, pruebas y evaluación, tomando en cuenta la viabilidad técnica y económica. La importancia de esta metodología y la razón de su uso radica en que proporciona una estructura secuencial para resolver un problema, haciendo énfasis en su diseño para poder lograr un resultado final acorde a los requerimientos planteados.

Si bien existen varias formas de plantear un proceso de diseño sistemático según la ingeniería de diseño, aquí hemos utilizado la metodología sugerida por Cerna (2018), que comprende: (i) requerimientos, (ii) concepto del producto (iii) concepto de solución (iv) diseño de realización, (v) diseño detallado, y (vi) evaluación.

Para llevar a cabo el desarrollo del sistema en cuestión, se tomó en consideración el *diseño adaptativo* el cual es definido por Cerna (2018) como la adaptación de un proyecto/prototipo/concepto ya existente. Aquí se utilizó como referencia el diseño conceptual de laboratorios remotos de la plataforma Labsland (Labsland, 2022), quien se define como el conector entre personal de centros educativos y laboratorios reales en internet, que tiene a disposición prácticas remotas que van desde electrónica avanzada hasta experimentos en el campo de la física y química.

De este modo, siguiendo con las etapas de la metodología antes mencionada, se establecieron cuatro requerimientos técnicos del sistema, que permitió su validación en la etapa final (en la sección 4). (i) *Ser compacto*: el sistema debía tener un tamaño reducido y un peso ligero, permitiendo así un fácil transporte y de no requerir de una amplia superficie de trabajo. (ii) *Autonomía*: ejecutar tareas sin la necesidad de algún tipo manipulación directa (humana), entre sus tareas de autonomía podemos citar: recorrido de trayectorias, corrección de errores y ciclo de carga. (iii) *Precisión*: se aceptan errores de funcionamiento menores al 5% en los siguientes parámetros cinemáticos: rapidez constante, distancia y recorrido. Un mayor error sería perceptible a través de la cámara web, afectando los resultados de la experimentación. (iv) *Bajo presupuesto*: el presupuesto máximo planteado fue de \$400 por prototipo. A continuación, se detalla cómo se alcanzaron dichos objetivos.

Para cumplir con el primer requerimiento (ser compacto), el chasis del sistema fue diseñado para ser impreso en 3D con material PLA (ácido poliláctico), que es un material biodegradable, de fácil manipulación y buena resistencia, logrando así un acabado limpio, rígido y ligero (tabla de componentes específicos en anexos 1). El chasis del robot tiene una forma cilíndrica, cuyas dimensiones son 19 cm de diámetro y 12 cm de altura. Los componentes electrónicos fueron albergados dentro de la estructura principal, sumando una masa total de 1 kg.

Figura 1. Monitoreo por cámara web. Disposición del área de trabajo, en la que se muestra la relación entre el robot y la cámara web.



(a) Monitoreo con cámara

(b) Imagen captada

Para solventar el apartado de *autonomía* del robot, se planteó un control utilizando visión por computadora, el cual combina cámaras, software e inteligencia artificial para que el sistema identifique objetos dentro de la estructura y establezca instrucciones y toma de decisiones. Así, el sistema propuesto consta de una cámara web Nexigo con un lente focal de 84°, que, para fines de prueba, fue colocada a una altura de 2,4 m (sobre el centro geométrico del área a enfocar), delimitando el área de trabajo en aproximada 2, tal como se muestra en la figura 1.

El control de visión por computadora permite detectar dos figuras diferentes (un triángulo y un círculo) que se encuentran ubicadas en la parte superior del chasis del robot. A través de esa información se realizó el algoritmo

de tratamiento de datos del sistema, donde se detecta la posición (usando solamente la figura circular) y la orientación (usando ambas figuras) del robot respecto a un sistema de referencia espacial dado.

Así, desde el centro de mando (que es dispositivo inteligente del usuario) el usuario elige distintas trayectorias con las va a trabajar, y el momento de inicio del experimento. El algoritmo tiene la capacidad de tomar decisiones operativas que permita la corrección de la trayectoria del robot; estas correcciones se realizan cuando se detecta que el error entre la trayectoria propuesta por el usuario y aquella realizada por el robot supera el umbral del 5%.

Finalmente, dentro de este apartado, se consideró que Cinebot cuente con un sistema de ciclo de carga autónomo (también embebido dentro de la estructura principal). Cuando la batería del robot alcanza un umbral mínimo (menor a 7 voltios) se abortan todos los procesos e instrucciones asignados hasta el momento y se genera automáticamente una trayectoria hacia la estación de carga, que se debe ejecutar en el menor tiempo posible. En ese momento, un robot de respaldo toma su lugar y asume las tareas asignadas al primero. La carga se realiza mediante un proceso de inducción (sin contacto), que consiste en generar un campo electromagnético y emisor de energía, y lograr captar la energía en el otro extremo. El campo electromagnético lo genera el soporte para carga (colocado en la estación) y el receptor es el robot. El paso de energía entre ambos dispositivos se produce cuando están en cercanía, entre 2 y 4 cm.

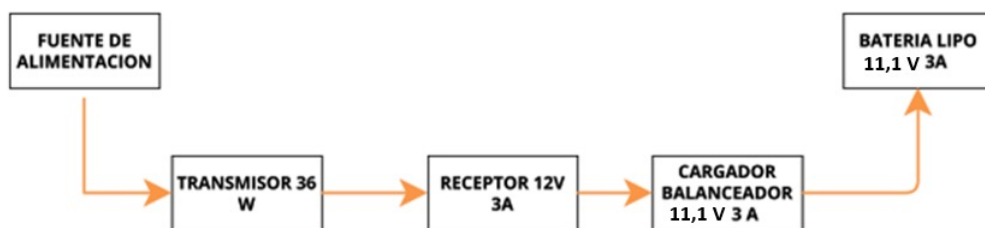
El proceso de diseño del sistema de carga del prototipo comenzó por el dimensionamiento de la fuente de alimentación requerida, para ello nos basamos en el consumo total de los componentes que lo conforman; en la tabla 1 se detalla el voltaje de funcionamiento requerido para que todos los elementos tengan su entrada nominal y el consumo en [mA/h] especificado por el fabricante, el valor total se obtiene sumando el consumo [mA/h] de cada componente del robot. Por lo tanto, se estimó que la fuente de alimentación del sistema debía ser de 12 V, y, para satisfacer el nivel de consumo requerido por cada uno de los componentes la capacidad en mA/h debe ser superior a 1500.

Tabla 1. Cálculo del consumo del robot

Componente	Voltaje de funcionamiento [V]	Cantidad	Consumo en [mA/h]	Consumo total [mA/h]
Motor DC	12	2	750	1500
Arduino nano	3.3-12	1	19	19
Driver L298N	6-12	1	36	36
HC05	5	1	50	50
Consumo total				1605

Una vez realizado el dimensionamiento energético del prototipo, se planteó la arquitectura del módulo de carga, que se muestra en la Figura 2. En este caso conformado por una fuente de corriente directa de 24 voltios y a 1 amperio, que alimenta el transmisor de inducción de 36 vatios, que se encuentra colocado en la pared a una altura de 0.16 m para convertirse en la estación de carga. Por otro lado, el receptor de inducción colocado la parte superior del robot alimenta con 12 voltios y 3 amperios al balanceador de la batería, el cual asegura que las celdas se carguen uniformemente.

Figura 2. Arquitectura de módulo de carga



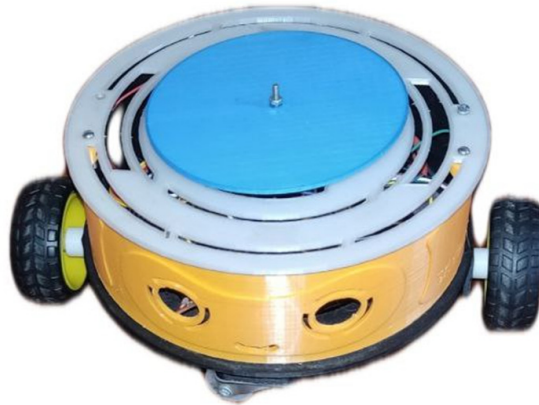
Por último, el costo total de la construcción del robot ascendió a \$ 366.83 dólares americanos, donde se incluye todos los costos de los componentes electrónicos y mecánicos, cumpliendo así con el requerimiento del presupuesto. Este presupuesto fue calculado en base a los precios en Ecuador, y puede diferir de un país a otro. En el anexo 3 se tiene una tabla detallada del valor de cada componente.

3. Discusión de resultados

En la figura 3 se muestra el prototipo ensamblado. Su amplia gama de prestaciones (versatilidad, bajo costo y portabilidad) hace de él un sistema ideal para ser ajustado a cualquier sistema de laboratorios remotos, y de forma rápida. Actualmente, está siendo ajustado al sistema de laboratorios remotos de Rimoto Labs, cuya visión

es convertirse en el sistema de laboratorios remotos más grande el Ecuador, y cuya misión se enfoca en contribuir con el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias para estudiantes de instituciones ecuatorianas.

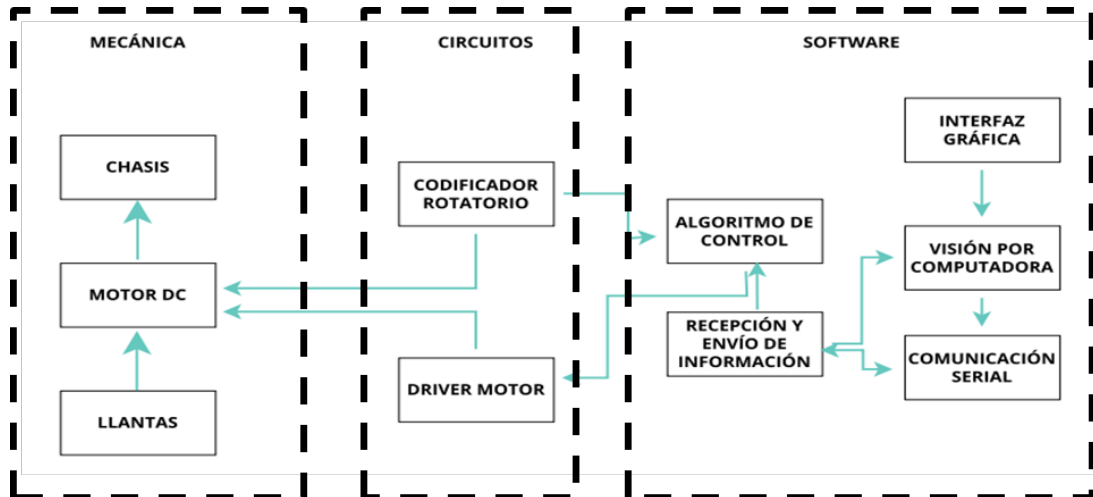
Figura 3. Prototipo del robot Cinebot. Su forma es cilíndrica y su tiene una masa de 1 kg. Su precio en Ecuador asciende a \$ 366.83 dólares americanos.



Arquitectura del sistema

El prototipo final del sistema tiene una arquitectura compuesta por tres módulos, (I) mecánico, (II) circuitos y (III) de software, estos interactúan entre sí para realizar el experimento remoto. En la figura 4 se presenta la relación de los procesos entre sus diferentes módulos, que se comunican entre sí, de manera unidireccional o bidireccional. El módulo mecánico tiene la finalidad de mantener la estabilidad y movilizar la carrocería del robot, para esto se ha considerado que en la parte inferior del chasis estén colocados dos motores DC acoplados a un par de ruedas plásticas, además de dos ruedas giratorias (comúnmente conocidas como ruedas locas) encargadas de realizar el cambio de dirección del robot.

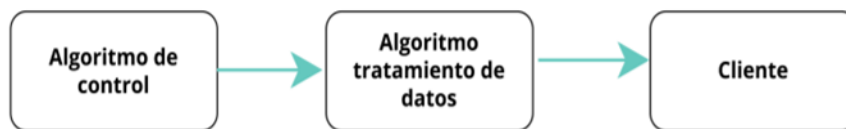
Figura 4. Arquitectura del sistema. Las flechas indican el sentido de la comunicación entre los bloques.



Por otro lado, para el módulo control, se utiliza una placa Arduino nano, que lectura las señales entrantes que proporcionan los codificadores rotatorios del módulo de circuitos ubicados en cada uno de los motores DC, permitiendo monitorear los giros realizados por el motor. Adicionalmente, una placa Arduino nano envía señales al controlador L298N para que los motores se muevan ya sea en sentido horario o antihorario.

Por último, el módulo de software consta de tres bloques principales, que son el algoritmo de control para el movimiento del sistema, el algoritmo para el tratamiento de datos ingresados y un programa llamado cliente que permite el control autónomo mediante interacción con una interfaz gráfica, en la figura 5, donde se muestra la relación que existe entre los elementos del módulo de software.

Figura 5. Diagrama de bloques del sistema de software



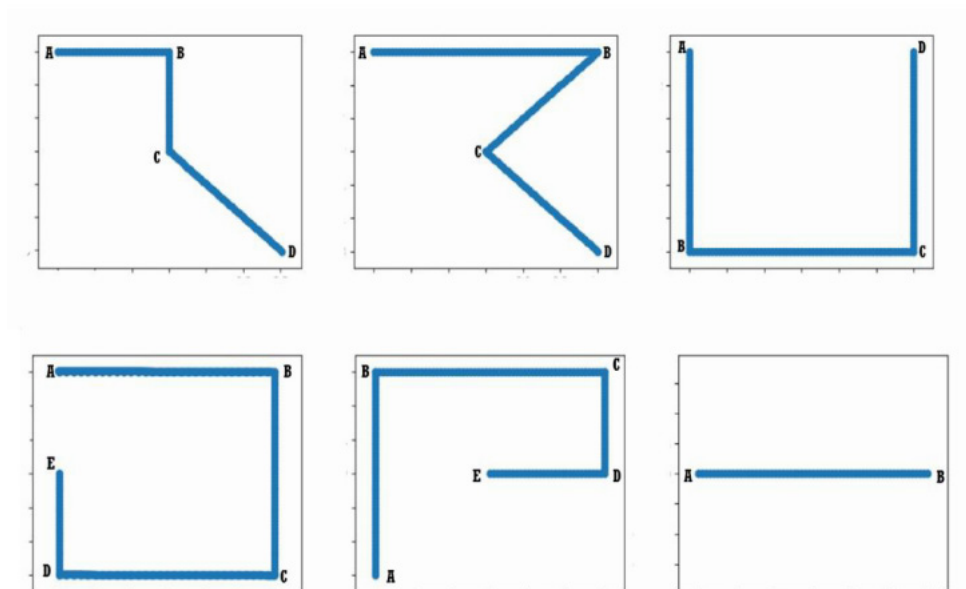
En el algoritmo de control se ejecutan 3 acciones: la primera es para la velocidad lineal, la segunda para la velocidad angular y la tercera para la orientación. Estas acciones se ejecutan al momento que la placa Arduino nano está encendida, este envía señales al codificador rotatorio que a su vez reporta el número de giros realizados por el motor; a partir de esta información se obtiene la velocidad lineal, velocidad angular, y la orientación del robot. Para el control de las 3 variables la placa Arduino nano espera el ingreso de información para emitir señales hacia el L298N cuya función principal es el control de la rapidez. Para el algoritmo de tratamiento de datos se utiliza la cinemática diferencial, la cual consisten en relacionar las velocidades de interés o punto de control y las velocidades de los actuadores (motores) con el objetivo de determinar la posición de donde se encuentra el robot en un plano de referencia. Finalmente, el bloque de cliente experimento se ejecuta en el computador para gestionar las comunicaciones con el microcontrolador a través de una comunicación serial. La generación de trayectorias para los experimentos del robot está dada por la función de vector posición descrita en la ecuación, Dibarbora et al, (2019).

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 \cdot t \quad [\text{Ec. 1}]$$

donde, \vec{r} y \vec{r}_0 representan el vector de posición final e inicial respectivamente. \vec{v}_0 hace referencia a la velocidad inicial del robot, y t al tiempo.

Además, para lograr que cada experimento sea diferente a su predecesor el robot debe tener la capacidad de realizar trayectorias que se escogen de forma aleatoria. Para el sistema se ha propuesto un banco de trayectorias preconfigurado, las cuales van desde trayectorias formadas por dos puntos en línea recta, hasta trayectorias de 5 (en la figura 6) puntos con diferentes ángulos de inclinación, pero cabe recalcar que existen infinitas combinaciones para generarlas.

Figura 6. Posibles trayectorias bidimensionales del robot.



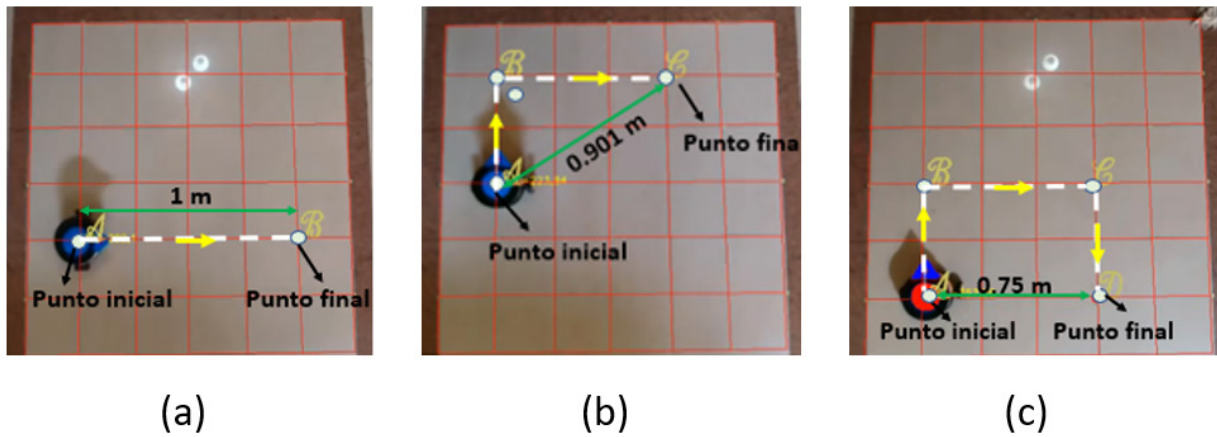
Para corroborar el funcionamiento del sistema, que permitió definir su aptitud para ser incorporado dentro de cualquier plataforma de laboratorios remotos, se utilizaron tres esquemas de experimentación, que, combinados con técnicas estadísticas, permitieron evaluar su exactitud (describe la cercanía de una medición al verdadero valor) y precisión (la cercanía de agrupación entre una serie de resultados) de los siguientes parámetros cinemáticos: (i)

distancia total (módulo del desplazamiento total), rapidez media y el nivel de carga. A continuación, se presentan la figura de méritos de cada uno de los parámetros evaluados.

Resultados de distancia

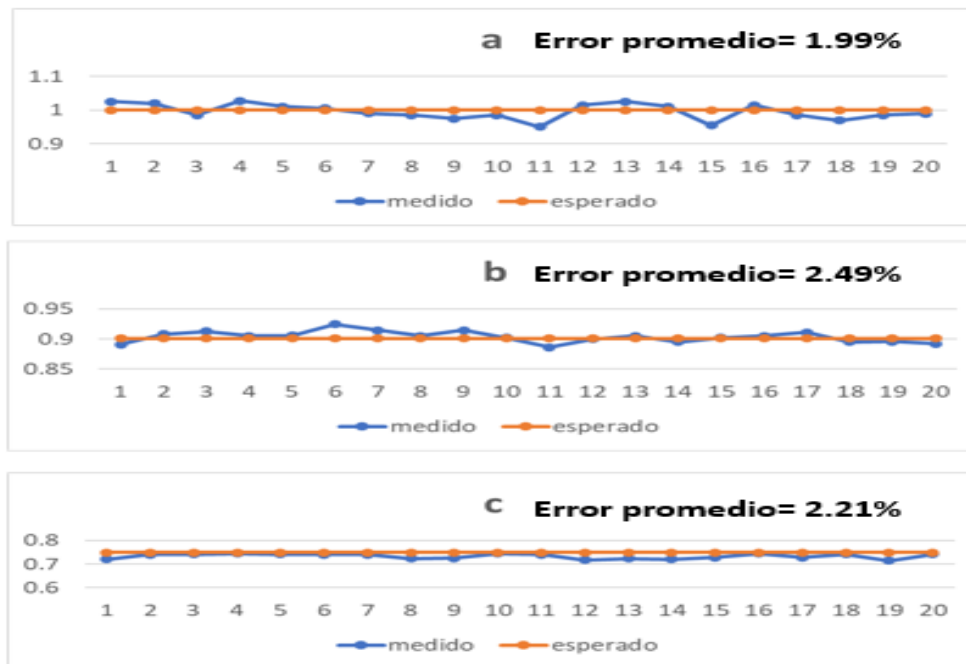
Para el primer esquema, el robot recorrió 20 veces cada una de las trayectorias que se muestran en la Figura 7. Al finalizar cada recorrido, se procedió a medir la distancia (en línea recta) desde el punto inicial al centró geométrico de la última posición que alcanzó el robot. Las mediciones obtenidas para cada trayectoria fueron comparadas con la distancia (teórica) entre ambos puntos. Las gráficas de los resultados para las tres trayectorias se encuentran disponibles en la figura 8

Figura 7. Trayectorias que sigue Cinebot para distancia



Proceso de experimentación de distancia. (a) entre dos puntos (A-B), (b) entre tres puntos (A-B-C), y (c) entre cuatro puntos (A-B-C-D)

Figura 8. Gráfica de resultados de experimentos de distancia

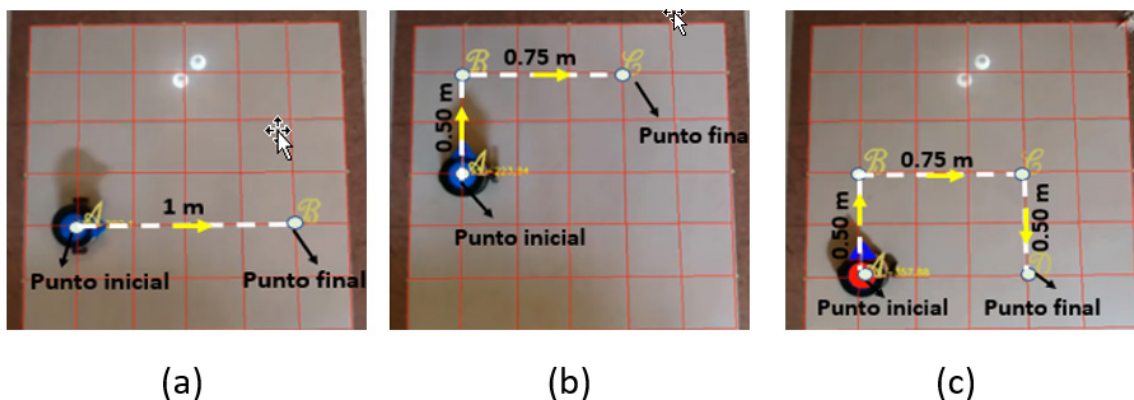


El error relativo, que se relaciona estrechamente con la exactitud del experimento, presenta 2.53% para las diferentes trayectorias.

Resultados rapidez

Para este apartado, al igual que en el apartado A, el robot realizó 20 veces cada una de las trayectorias que se muestran en la Figura 9. Se midió el tiempo desde que el robot parte del punto inicial hasta cuando finalizó el recorrido de las trayectorias, con la distancia se calcula la rapidez media del robot y se la compara con la rapidez configurada (rapidez teórica).

Figura 9. Trayectorias que sigue Cinebot para rapidez. Proceso de experimentación de rapidez. (a) entre dos puntos (A-B), (b) entre tres puntos (A-B-C), y (c) entre cuatro puntos (A-B-C-D)



Los resultados obtenidos están disponibles en la figura 10 para las tres trayectorias que se muestran en la figura 8. Comprobando que la rapidez real del robot en las experimentaciones se mantiene constante en 0.10 m/s, el error relativo está entre 0.08 a 6.77%, al intentar disminuir este error el robot presenta oscilaciones y su recorrido en las trayectorias se desfasa.

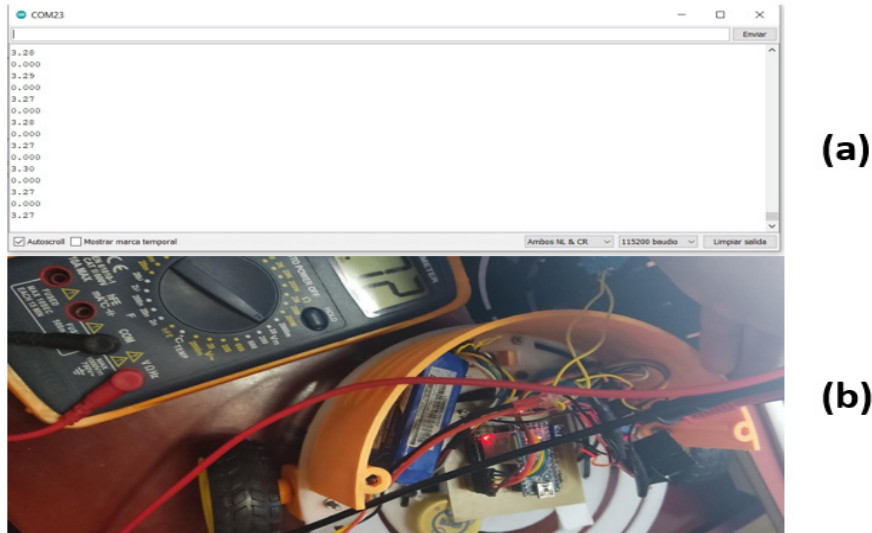
Figura 10. Gráficas de resultados de experimentos de rapidez



Resultados carga

Para determinar el error relativo del censo de nivel de voltaje de la batería, se hicieron 20 mediciones en diferente tiempo ver tabla 4, estas fueron adquiridas por (a) el monitor serial de Arduino y comparadas al mismo tiempo con las adquiridas con (b) el multímetro, figura 11.

Figura 12. Medidas de voltaje de batería

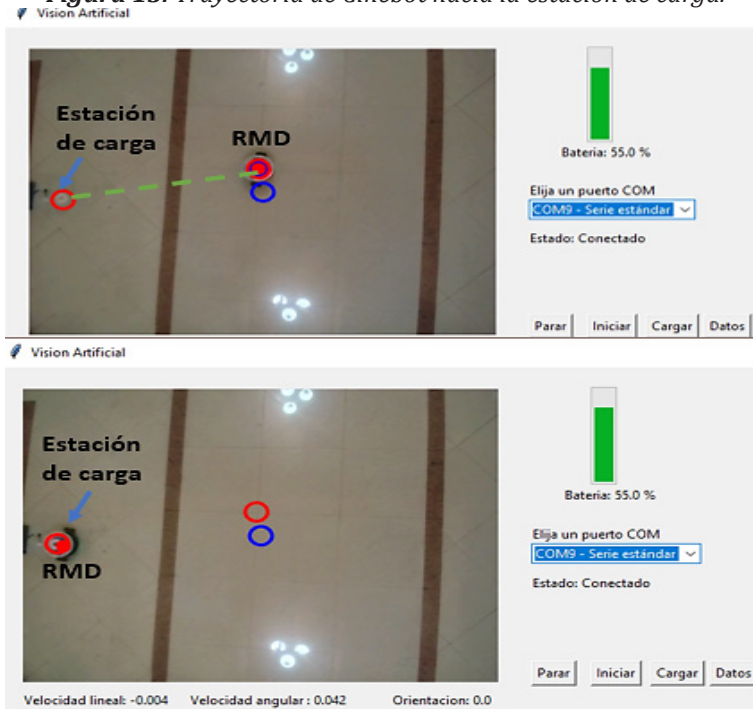


Tomados de (a)monitor serial de Arduino, (b) multímetro

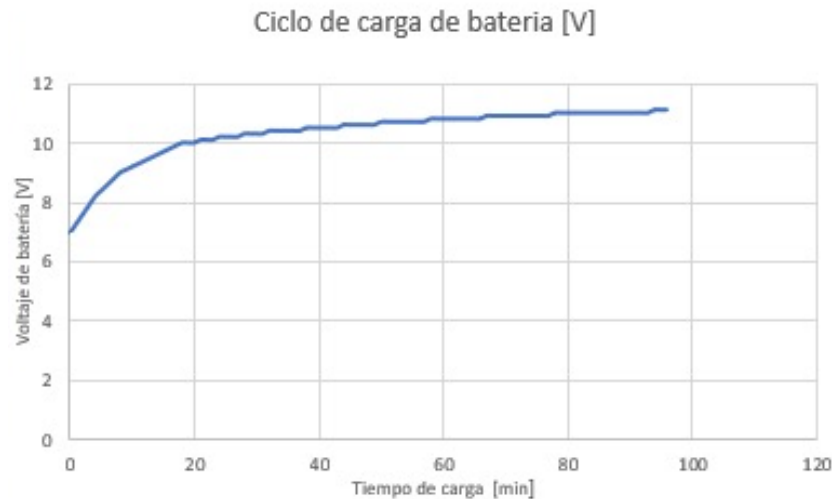
El error relativo para la medición del nivel de carga de batería va desde los 0.24% hasta 5.31%, con este resultado se corrobora la exactitud de la medición de carga.

Una vez determinado que la detección del nivel de batería funciona adecuadamente, se corroboró que el robot se dirija a la estación de carga una vez se cumpla la condición, que el nivel de batería haya llegado al valor configurado, para la prueba se toma que, si se mide un valor menor o igual a 55 % de batería, el robot se dirija hacia la estación de carga, tal como se muestra en la figura 12.

Figura 13. Trayectoria de Cinebot hacia la estación de carga.



El robot llega correctamente hacia la estación y no se reporta error de carga. Para terminar la validación del sistema de carga de este, se determinó el tiempo de carga de la batería, para esto se descargó la misma hasta los 7V y se midió el tiempo hasta que llegue a los 11.1 V cargando en la estación, en la figura 14 se muestra, (a) la prueba y (b) grafica de ciclo de carga. Para que la batería cargue desde los 7 V hasta los 11.1 V, toma aproximadamente 96 minutos, el cual sería el ciclo de carga del sistema.

Figura 14. Resultados del ciclo de carga de batería del sistema.

Trabajos futuros

A pesar de que la primera versión del prototipo de Cinebot es funcional como mecanismo de experimentación de la cinemática de una manera remota, aún existen retos de innovación, donde el objetivo a futuro es complementar y mejorar su electrónica, capacidades y funciones, para lograr una segunda versión de este sistema que sea aún más robusto y más eficiente. Los principales características en las que se centraran los esfuerzos a un corto plazo son: (i) reducción de tamaño del robot, (ii) introducción de sensores inerciales para obtener una mayor exactitud en la posición, y (iii) la implementación de protocolos de ahorro de energía.

Un apartado crucial para las plataformas de laboratorios remotos es la optimización del espacio designado para experimentos, Rimoto labs tiene en consideración la mejora continua de los prototipos existentes, por lo que, optimizando el tamaño de los sistemas se logrará incluir más dispositivos de experimentación en el mismo espacio. Por ellos se ha planteado mejorar el chasis del robot, fabricando un modelo para ser ensamblado por bloques verticales, con esto los componentes serán reubicados y el tamaño del robot se verá reducido.

Seguido, se ha considerado disminuir el uso de recursos de procesamiento del computador principal, introduciendo al sistema sensores inerciales para cambiar la forma de obtener la posición y orientación del robot; en la versión actual, este proceso se realiza con procesamiento de imágenes de detección de color y figuras, que a pesar de haber mostrado unos resultados sobresalientes no está exento a errores, puesto que depende mucho de una iluminación uniforme sobre el área de trabajo y cabe la posibilidad de que se presenten errores de detección. Si, el color del robot es obstruido o distorsionado por cualquier agente externo (sombra, partículas, enfoque de la cámara), además que el procesamiento de la imagen y la ejecución del proceso de cálculo de la orientación consume recursos del computador que lo controla, por lo tanto se plantea prescindir de la cámara como método de obtención de posición y orientación, para ser reemplazada por el uso de sensores inerciales como lo es la implementación de un giroscopio, disminuyendo la carga de procesamiento de ese proceso y reduciendo los errores de precisión al disminuir oscilaciones de trayectoria.

De igual forma para el apartado energético se plantea hacer una optimización, ya que actualmente no se tiene implementado ningún protocolo de ahorro de energía que aumente la duración (180 min) de la batería del robot, por lo que es necesario introducir un sistema de hibernación que se ejecute cuando el robot no se esté utilizando y así consumir menos energía.

Bibliografía

- Cerna, E. V. (2018). *Engineering Desing Process* [Diapositivas]. bionanouni. http://bionanouni.wdfiles.com/local-files/teaching-mec546-horario-2015i/EngineeringDesignProcess_Abr09.pdf
- Chaves, A. (2017). La educación a distancia como respuesta a las necesidades educativas del siglo XXI. *Academia y Virtualidad*, 10(1), 23–41.
- Dibarbora, C., Andreotti, J., & Gruszko, I. (2019). Computación en el profesorado de Física usando Scilab y Arduino™. *Revista De Enseñanza De La Física*, 31, 269–276. Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26559>
- Gómez, J. C. (2020). ¿Por qué los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (SGA), no hacen clic en el usuario? Un acercamiento a los problemas metodológicos, técnicos y de acceso a las TIC de los usuarios. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/36293>.
- Haik, Y., Sivaloganathan, S., & Shahin, T. (2017). *Engineering Design Process* (3.ª ed.). Cengage Learning. <https://books.google.com.ec/books>
- Herrera, D., Triana, K., & Mesa, W. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *ECBTI*, 1(1).
- Labsland. (25 de enero de 2022). ¿Qué es un laboratorio real? <https://labsland.com/es/about>
- UNESCO. (2020). Sistemas educativos de América Latina en respuesta a la Covid-19: Continuidad educativa y evaluación; Análisis desde la evidencia del Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374018>
- Vargas, J., Cuero, J., & Torres, C. (2020). Laboratorios Remotos e IOT una oportunidad para la formación en ciencias e ingeniería en tiempos del COVID19: Caso de Estudio en Ingeniería de Control. *Revista Espacios*, 41(42), 188–198.
- Zambrano, D. L., & Zambrano, M. S. (2019). LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TICs) EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: CONSIDERACIONES TEÓRICAS. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa (REFCaE)*, 7(1), 213–228.

Anexos

Anexo 1

Tabla componentes del módulo mecánico

Componentes	Cantidad	Descripción
Chasis	2	Material PLA de 19 cm de diámetro y 0.2 cm de espesor
Soporte para motor tipo L	2	Material PLA de 2.9 cm x6.4 cm y 0.3 cm de espesor
Pieza circular	1	Material PLA de 12 cm de diámetro y 0.2 cm de espesor
Pieza circular	1	Material PLA de 8 cm de diámetro y 0.2 cm de espesor
Pieza frontal	1	Material PLA, semicircunferencia de 19 cm de diámetro y 0.3 cm de espesor
Pieza trasera	1	Material PLA, semicircunferencia de 19 cm de diámetro y 0.3 cm de espesor
Motor DC	2	Motor Chihai de 140rpm a 12 V
Llantas N20	2	Material plástico de 6 cm de diámetro y 2.7 cm de espesor
Acople para llanta N20	2	Material PLA tipo D de 1.5 cm de diámetro y 1.5 cm de espesor
Rueda loca	2	Material aluminio y plástico
Soporte para rueda loca frontal	1	Material PLA tipo D de 3x4 cm y 1.5 cm de espesor
Soporte para rueda loca trasera	1	Material PLA tipo D de 3x4 cm y 1 cm de espesor
Tornillos con tuerca	26	4 mm de diámetro

En el Anexo 1 se muestra la tabla de componentes del módulo mecánico, donde se detallan las características y dimensiones de las piezas impresas, llantas, motores, acoples, soportes y tornillos.

Anexo 2

Tabla componentes del módulo de carga

Componentes	Cantidad	Descripción
Plancha de vidrio	1	Material vidrio de 4 líneas, de 50 x 20 cm
Soporte para vidrio	2	Material aluminio de 1.5 cm de espesor
Tornillos para soporte	2	Diámetro 6 mm
Taco Fisher	2	Diámetro 6 mm
Módulo de carga de inducción transmisor	1	Alimentación 24 V-1 A, distancia sugerida de carga < a 4cm
Módulo de carga de inducción receptor	1	Salida 12 V-3A
Cargador balanceador	1	Modelo BC-4S15D, alimentación DC 9-16v, para 2s-3s-4s
Batería	1	Marca Ovonix tipo lipo 3s de 3000mA/h a 11.1V
Conector plug	1	5.5 mm macho
Conector plug	1	5.5 mm hembra

En el Anexo 2 se muestra la tabla de componentes del módulo de carga, donde se detallan las características y dimensiones de las piezas de la estación de carga, y el módulo receptor colocados en el robot.

Anexo 3

Tabla componentes del módulo de carga

Materiales / Componentes	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
Carrocería impresión 3D	U	1	16,5	16,5
Cámara Web Nexigo 1080p	U	1	54,06	54,06
Arduino nano	U	1	8	8
L298N	U	1	4,5	4,5
Motor DC Chihai 140 rpm a 12 V	U	2	40	80
HC05	U	1	6,5	6,5
Módulos de carga por inducción 12V-3A	U	1	95	95
BC4S15D	U	1	37	37
Fuente de 24 Vdc-1A	U	1	11	11
Batería 11,1 V -3A	U	1	26,1	26,1
Placa PcB	U	1	20	20
Llantas N20	U	2	1,5	3
Rueda loca	U	2	1,1	2,2
Tornillo con tuerca 4mm	U	26	0,06	1,56
Resistor 10KΩ	U	1	0,08	0,08
Resistor 4,7 KΩ	U	1	0,08	0,08
Jumpers	U	15	0,07	1,05
Interruptor	U	1	0,2	0,2
Total				\$ 366,83