

Evolución del diseño de un sistema de recolección de basura utilizando manufactura aditiva en un robot limpiador de playa

Evolution of the design of a garbage collection system using additive manufacturing in a beach cleaner robot

AGUILERA-HERNÁNDEZ, Martha Isabel, NISHIYAMA-GÓMEZ, Diana, SANTILLÁN-MARTÍNEZ, Alejandro y ROJO-VELAZQUEZ, Gustavo Emilio

Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo / Tecnológico Nacional de México

ID 1^{er} Autor: *Aguilera-Hernández, Martha Isabel* / **ORC ID:** 0000-0001-8127-190X, **Researcher ID Thomson:** S-4724-2018, **CVU CONACYT ID:** 19115

ID 1^{er} Coautor: *Nishiyama-Gómez, Diana* / **ORC ID:** 0000-0002-4951-6783

ID 2^{do} Coautor: *Santillán-Martínez, Alejandro* / **ORC ID:** 000-0002-6527-7436

ID 3^{er} Coautor: *Rojo-Velazquez, Gustavo Emilio* / **ORC ID:** 0000-0002-7792-1436, **Researcher ID Thomson:** S-4724-2018, **CVU CONACYT ID:** 26367

DOI: 10.35429/JTEN.2019.11.3.23.28

Recibido 03 de Junio, 2019; Aceptado 30 Septiembre, 2019

Resumen

Los Robots limpiadores de playa han sido propuestos como una opción en la disminución de la contaminación de las playas en México, mediante la recolección de basura. Para recolectar residuos el robot debe contar con un mecanismo que pueda tomar los residuos y depositarlos en un contenedor donde pueden permanecer sin generar contaminación. En nuestro instituto se han implementado diversos mecanismos que permiten recolectar residuos y este artículo muestra la descripción de algunos de ellos mostrando la aplicación de la manufactura aditiva en el diseño de los mismos. El objetivo es mostrar el diseño, la implementación y la aplicación de cada sistema de recolección diseñado, mostrando la mejora aplicando manufactura aditiva. La contribución básica de este trabajo es la de mostrar diferentes opciones de diseño y los parámetros a considerar en el diseño de cada uno de ellos.

Robot limpiador de playa, Sistema de recolección de residuos, Manufactura aditiva

Abstract

Beach cleaning robots have been proposed as an option in reducing the pollution of beaches in Mexico, through garbage collection. To collect waste the robot must have a mechanism that can take the waste and deposit it in a container where they can remain without generating pollution. In our institute various mechanisms have been implemented that allow waste to be collected and this article shows the description of some of them showing the application of additive manufacturing in their design. The objective is to show the design, implementation and application of each collection system designed, showing the improvement by applying additive manufacturing. The basic contribution of this work is to show different design options and the parameters to consider in the design of each of them.

Beach Cleaner Robot, Garbage collection system, Additive manufacturing

Citación: AGUILERA-HERNÁNDEZ, Martha Isabel, NISHIYAMA-GÓMEZ, Diana, SANTILLÁN-MARTÍNEZ, Alejandro y ROJO-VELAZQUEZ, Gustavo Emilio. Evolución del diseño de un sistema de recolección de basura utilizando manufactura aditiva en un robot limpiador de playa. *Revista de Ingeniería Tecnológica*. 2019. 3-11: 23-28

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: maguilera@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Actualmente la contaminación del medio ambiente es un factor sumamente importante en el tema del calentamiento global y la acumulación de basura es ejemplo de ello. Por lo que aportar un pequeño grano de arena para solucionar parte de este problema es una actividad primordial en estos tiempos. Esta situación nos ha llevado a implementar un robot que pueda recolectar basura y con ello promover la limpieza de ríos y playas en nuestra sociedad. Una de las categorías en el Torneo Mexicano de Robótica es la de “Robot de Playa” y está enfocada al problema de la acumulación de basura, especialmente en la playa. La representación de desechos con latas de refresco y en un ambiente en el cual se encuentran obstáculos como lo son las sillas de playa y las personas.

Nuestro instituto ha estado participando en los últimos años en esta categoría y los prototipos han evolucionado en la forma de recolección de la basura. En este artículo se presenta la aplicación de la manufactura aditiva en el diseño de los elementos del prototipo. Este proyecto busca ser una ayuda autónoma e incansable para la limpieza de las playas mexicanas. De esta forma, se busca que cada vez más personas se involucren en el área tecnológica en pro del medio ambiente. En nuestra institución, representa una base educativa para la realización de otros proyectos enfocados al desarrollo sustentable.

Desarrollo

Los prototipos de robots limpiadores de playa desarrollados en 2013-2015 (figura 1 -4) poseen un diseño mecánico con algunos problemas de fricción. Estos problemas repercuten en la práctica, ya que no permite una recolección de basura confiable. Los mayores inconvenientes, su peso y la fricción, que provocan fatiga y demandan mayor esfuerzo en los movimientos y consumo de energía. “Por esta razón es necesario el diseño de un mecanismo compacto y adaptable al sistema de recolección. Las etapas están divididas en:

- Diseño del mecanismo, que consiste en la detección de áreas de oportunidad en el diseño de robot anterior y el plan de desarrollo para realizar las mejoras.

- La implementación de la mejora en desarrollo abarca la manufactura y ensamble del sistema; mientras que la adaptación al resto del robot es el punto final en el que se hace la interfaz entre el sistema de recolección y el control de todo el robot móvil.

La idea básica de una pala y un recogedor han sido desarrollados desde el primer prototipo de robot recolector. En la figura 1, se muestra al robot GREP desarrollado en el 2013, el cual tenía la capacidad de recolectar latas, pero en pruebas de repetibilidad mostraba problemas de energía ya que la batería se descargaba después de 5 minutos de trabajo continuo.

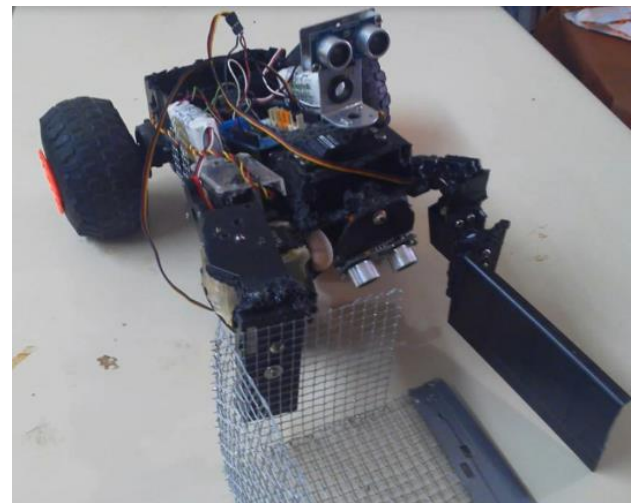


Figura 1 GREP Robot de Playa 2013

Se optó por un cambio en el diseño con la finalidad de hacerlo más ligero. La figura 2, muestra el diseño en el cual se reemplazaron algunas piezas de metal por plástico con la finalidad de crear un prototipo más ligero e ir adaptando un área de depósito de la basura. Las figuras 2y 3, muestran ya prototipos ya completos con sistema de recolección, sensores y área de depósito de basura.

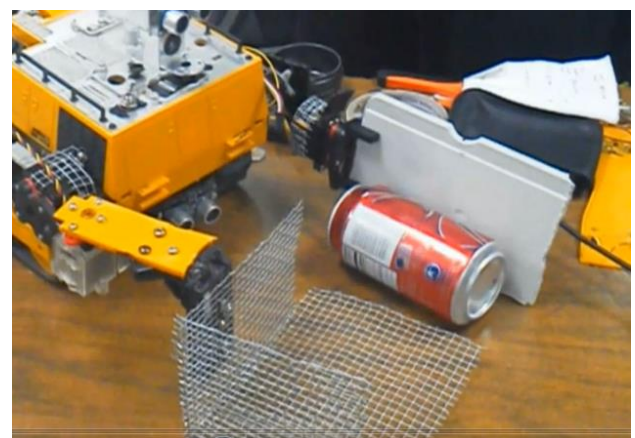


Figura 2 JOE Robot de Playa 2013

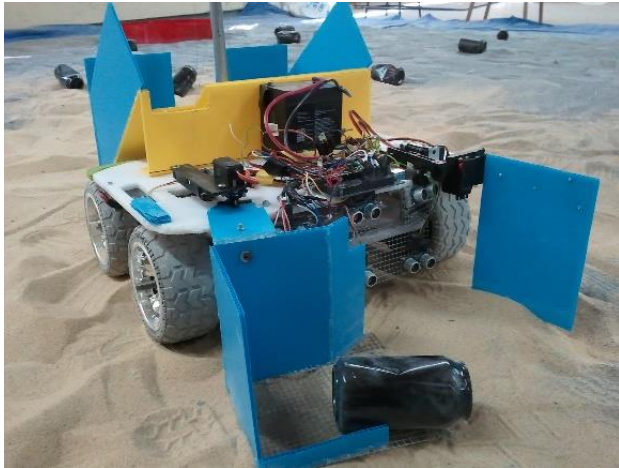


Figura 3 BUMBLEBEE Robot de Playa 2014

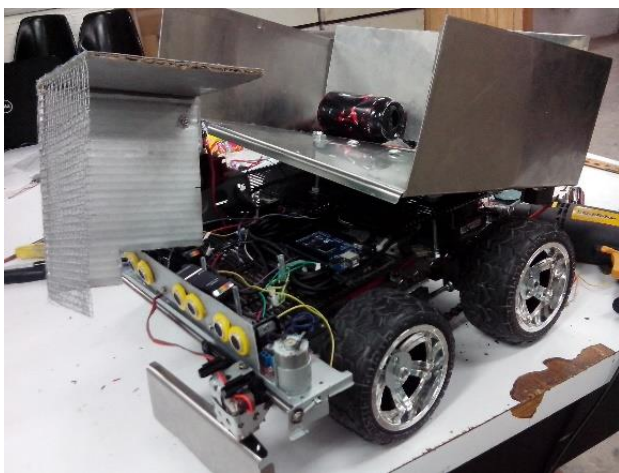


Figura 4 BUMBLEBEE2 Robot de Playa 2015

La tabla 1, muestra la detección de las áreas de oportunidad en base al estudio realizado de los prototipos diseñados con anterioridad.

Oportunidad de Mejora	Plan de Mejora
Peso de pala recolectora, que repercute en el consumo de energía.	Uso de Impresión 3d para evadir el uso de partes metálicas y tuercas para la unión de diferentes materiales.
Falta de precisión en movimiento de la segunda pala.	Uso de un tercer servomotor para asegurarse de que la lata entra en la pala recolectora.
Juego o movimiento involuntario en la pala recolectora	Aplicación de una guía de movimiento para la pala recolectora. Diseñar la guía basada en manufactura aditiva.

Tabla 1 Oportunidades y plan de mejora

Se diseñó un sistema mecánico que permite el desplazamiento axial y radial de las palas recolectoras, utilizando el software SolidWorks (Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. Waltham, Massachusetts, USA).

Dichas adaptaciones mecánicas se manufacturaron por medio de la metodología FDP (por sus siglas en inglés Fused Deposition Modeling) utilizando PLA (del inglés Polylactic acid), el cual es un polímero de propósitos generales, comúnmente utilizado en prototipos y modelos a escala. Se aplicó la manufactura aditiva en lugar de la manufactura tradicional (es decir la manufactura sustractiva donde se partía de un bloque de materia prima para ir desbastando y poco a poco crear la pieza, o del proceso de fundición o inyección, donde se inserta material a un molde para que tome una forma específica). Con la manufactura aditiva la producción es completamente diferente, ya que creación de la pieza se realiza capa por capa. Es decir, la altura de la pieza es dividida en gran cantidad de secciones, donde se crea una capa y se adhiere a la anterior y así sucesivamente hasta crear toda la altura de la pieza.

Los dispositivos diseñados son:

- **Guía de movimiento para la pala recolectora.** Función: Evitar movimientos no controlados de la pala, así como reducir el esfuerzo del servomotor elevador al soportar el peso de la pala y lata recolectada.(Figura 5)
- **Pala recolectora.** Función: Servir de base para la pala, estructura a la cual se fijan unas placas de acrílico y rejilla para completar la pala recolectora. (Figura 6)
- **Brazo recolector.** Función: Es la unión entre el servomotor elevador y el servomotor de la pala recolectora. (Figura 7)
- **Pala secundaria.** Función: Su función es colaborar con la primera pala, de forma que “barre” las latas hacia el interior de la pala recolectora. (Figura 8)

En la figura 9, se muestran las partes diseñadas implementadas en el prototipo.

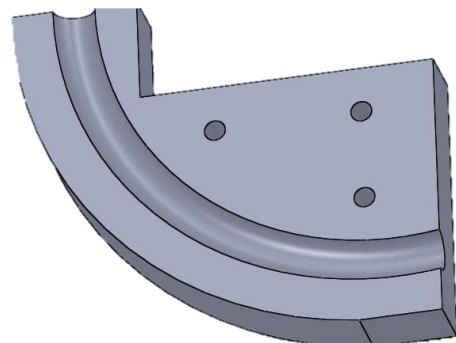


Figura 5 Guía de movimiento para pala recolectora

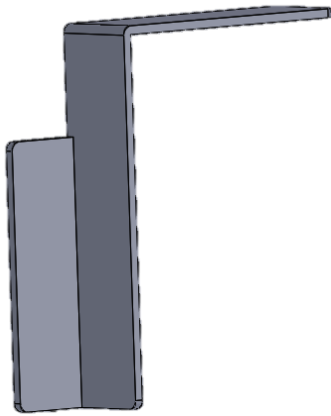
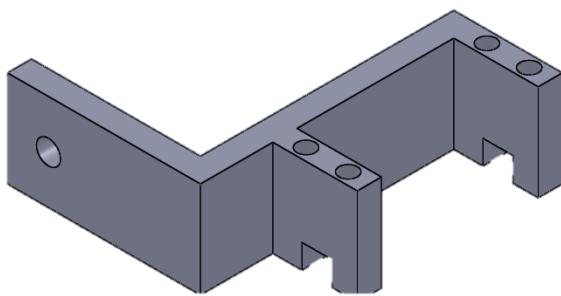
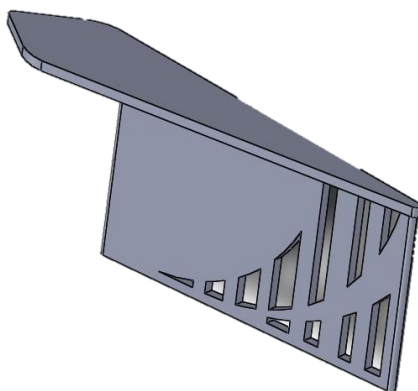
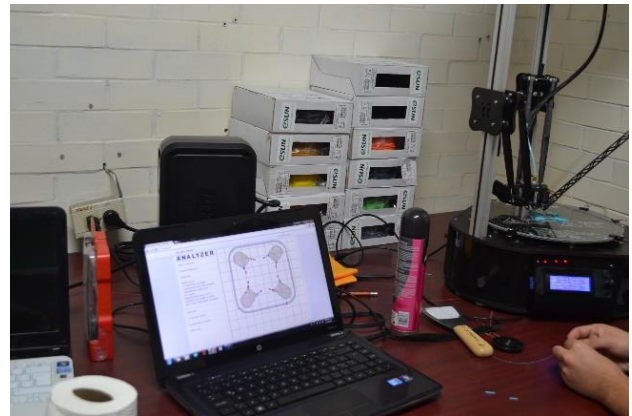

Figura 6 Pala recolectora

Figura 7 Brazo recolector

Figura 8 Brazo secundario

Figura 9 Sistema de recolección de latas WIGO Robot de playa 2015

Para el cumplimiento de los planes de mejora, se utilizó la impresión 3D para evadir el uso de partes metálicas y tuercas para la unión de diferentes materiales.


Figura 10 Impresión 3D de diseños para sistema recolector

Los acoples y nuevos modelos para el sistema de recolección fueron diseñados por medio de herramientas de diseño digital y fabricados mediante técnicas de manufactura aditiva o impresión 3D en una Rostock Max Delta v2.0 utilizando como materia prima PLA (Ácido Poliláctico). La funcionalidad de la pala principal consiste en dos servomotores principales, uno dedicado a elevar la pala de forma que las latas contenidas ingresen al recipiente ubicado a “espaldas” del robot donde son contenidas para posteriormente depositarlas en una ubicación establecida, dado el gran esfuerzo que requiere esta tarea, se utiliza un servomotor Multiplex Jumbo Digi (torque de 14,69 km/cm a 4.8 V y 18.36 kg/cm a 6.0 V). El segundo servomotor Estándar Hitec HS – 311 (3.0 Kg/cm a 4.8 V hasta 3.7 kg/cm a 6.0 V) tiene la funcionalidad de realizar un movimiento radial al tener la pala en el suelo, el realizar esta trayectoria tiene el propósito de abarcar el mayor espacio posible y recolectar las latas que se encuentren en su área de alcance.


Figura 11 Movimiento elevador en sistema de recolección

Durante el recorrido mencionado del segundo servomotor, se tenían muchos problemas, ya que por la carga de la pala y las continuas pruebas de funcionalidad, las baterías se gastaban muy rápidamente. Lo que provocaba la pobre alimentación a los dispositivos y desencadenaba movimientos incompletos. Para mejorar esta área, se implementó una guía para el movimiento radial de la pala. Esto evita el choque de la pala con el suelo, el desgaste prematuro de la batería y los continuos atascos de la pala con otros componentes, ya que su espacio no estaba bien delimitado.



Figura 12 Implementación de carril guía para pala recolectora

Una vez realizados los sub ensambles concernientes a las palas del sistema recolector, solo restaba adaptarlas al resto del robot móvil, cuidando no obstruir los sensores y la distancia de las palas con respecto al suelo.

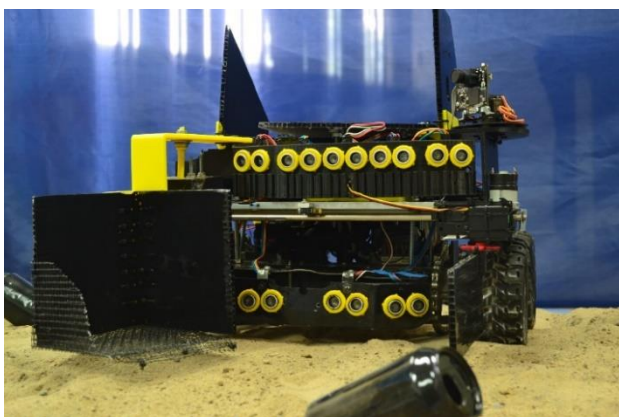


Figura 13 Sistema recolector adaptado al resto del robot móvil

La programación de movimiento para las palas se realizó en lenguaje C++. Con este lenguaje se puede trazar fácilmente los datos de los sensores es lo que ubica el uso de Arduino en el primer puesto para la recopilación de datos, análisis y respuesta en este proyecto.

Resultados

Se logró diseñar e implementar un sistema recogedor de latas que eliminaba los defectos de la versión anterior del robot. Con respecto al diseño anterior se logró reducir el consumo de energía, dado que en la realización de pruebas se observó que el tiempo que tardó en consumir la pila de 18v, 2.6Ah pasó de una hora y 3 minutos. a 2 horas y 15 minutos. Lo que equivale al 150% aprovechamiento de consumo de energía. La utilización de manufactura aditiva ayuda en las decisiones para modificar los diseños y permite el ahorro de material.

Conclusiones

En este trabajos se aplicó la manufactura aditiva para la implementación de una modificación a un robot de playa con la finalidad de reducir el consumo de energía y corregir errores de diseño. Se prevé que se realicen modificaciones para implementar un separador de basura orgánica e inorgánica. Esto implicaría aplicar un proceso de identificación del desecho por medio de una cámara digital, implementando algoritmos de visión artificial.

Referencias

3D Factory Mx. (24 de Julio de 2014). Recuperado el 23 de Marzo de 2015, de Que tanto sabes de impresion 3D: <http://3dfactorymexico.com/que-tanto-sabes-de-impresion-3d/>

Algarín Pinto Juan Antonio, Aguilera Hernández Martha Isabel, Medina Romero Daniel, Ortiz Salazar Manuel, Ortiz Simón José Luis, Rojo Velázquez Gustavo, Olivares Caballero Daniel, A. (2018). Diseño de estructura móvil enfocada a un robot de rescate. *Revista del Centro de Graduados e Investigación*, (33), 32-40.

FEMEX ROBOTICA. (15 de Noviembre del 2014). *Limpiadores de Playa*. México. Femex Recuperado de http://www.femexrobotica.org/tmr2014/pdf/Limpiadores_Playa_2014.pdf

Velenturf, A.. (2017). Resource Recovery from Waste: Restoring the Balance between Resource Scarcity and Waste Overload. *sustainability*, (9), 1-17.

Zahera Manuel, Z. (2012). La fabricación aditiva, tecnología avanzada para el diseño y desarrollo de productos. *XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, 11-13 de julio de 2012*, (1), 2088-2098.