

Design and Evaluation of an Automated Waste Container for Hospital Waste Management: A Focus on Reducing Risks of Exposure to Infectious Agents

Silva-Abanto Roger, Doctor en Ciencias¹, Ccasa- Johanson Luisa, Estudiante Ing. Industrial², Centellas-Jáuregui Rosita, Estudiante Ing. Industrial³, Llanos - Gallardo Kathy, Estudiante Ing. Industrial⁴, Noriega-Leiva Marianela, Estudiante Ing. Industrial⁵ and Silva - Martos Augusto, Estudiante Ing. Industrial⁶

1-6 Universidad Privada del Norte, Perú, luisquiva05@gmail.com, n00264539@upn.pe, n00268493@upn.pe, n00301633@upn.pe, n00194122@upn.pe, n00275248@upn.pe

Abstract— In the hospital context, proper waste management is crucial to minimize the risk of exposure to infectious agents, ensure biosafety, and comply with health regulations. Traditional waste collection and disposal methods, such as manual bins, present significant limitations in terms of hygiene, efficiency, and the ability to prevent contact with contaminated materials. This project proposes the design of an automated trash bin, developed with recycled materials, which incorporates a proximity sensor for automatic lid opening and an acoustic alert system using a buzzer, activated by an ultrasonic sensor when maximum capacity is reached.

The general objective is to evaluate the impact of this system on improving biosafety and operational efficiency compared to traditional methods. Specifically, it aims to: design the automated prototype, analyze its operational performance, and assess its effectiveness in reducing risks to both staff and patients.

The methodology adopted is pre-experimental, focusing on the construction, programming, and functional testing of the prototype. Materials include recycled acrylic, an Arduino board, sensors (proximity and ultrasonic), a servomotor, and a buzzer. Controlled tests were conducted to measure sensor accuracy, servomotor response time, and the effectiveness of the alert system.

Results showed that the automated bin significantly improved hygiene by eliminating the need for physical contact, reduced waste collection time, and provided timely alerts for bag replacement. Compared to traditional methods, this system demonstrated a notable decrease in the risk of exposure to infectious agents.

In conclusion, the prototype proves to be an innovative and functional solution for hospital waste management, aligned with modern standards of biosafety and sustainability. This advancement could be key in transforming how hospitals handle their waste, protecting both medical staff and patients.

Keywords—trash can, automated, sensor, hospitals

Diseño y Evaluación de un Contenedor de Basura Automatizado para la Gestión de Residuos Hospitalarios: Un Enfoque en la Reducción de Riesgos de Exposición a Agentes Infecciosos

Silva-Abanto Roger, Doctor en Ciencias¹, Ccasa- Johanson Luisa, Estudiante Ing. Industrial², Centellas-Jáuregui Rosita, Estudiante Ing. Industrial³, Llanos - Gallardo Kathy, Estudiante Ing. Industrial⁴, Noriega-Leiva Marianela, Estudiante Ing. Industrial⁵ and Silva - Martos Augusto, Estudiante Ing. Industrial⁶

1-6 Universidad Privada del Norte, Perú, luisquiva05@gmail.com, n00264539@upn.pe, n00268493@upn.pe, n00301633@upn.pe, n00194122@upn.pe, n00275248@upn.pe

Resumen—En el contexto hospitalario, la correcta gestión de residuos es crucial para minimizar riesgos de exposición a agentes infecciosos, garantizar la bioseguridad y cumplir con normativas sanitarias. Los métodos tradicionales de recolección y disposición de residuos, como los tachos manuales, presentan limitaciones significativas en términos de higiene, eficiencia y capacidad para prevenir el contacto con materiales contaminados. Este proyecto propone el diseño de un contenedor de basura automatizado, desarrollado con materiales reciclados, que incorpora un sensor de proximidad para la apertura automática y un sistema de alerta acústica mediante un zumbador, activado por un sensor ultrasónico al alcanzar la capacidad máxima.

El objetivo general es evaluar el impacto de este sistema en la mejora de la bioseguridad y eficiencia operativa en comparación con métodos tradicionales. Específicamente, se busca: diseñar el prototipo automatizado, analizar su desempeño operativo y evaluar su efectividad en la reducción de riesgos para el personal y pacientes.

La metodología adoptada es de carácter pre-experimental, con un enfoque en la construcción, programación y pruebas funcionales del prototipo. Los materiales incluyen acrílico reciclado, un Arduino, sensores (proximidad y ultrasónico), un servomotor y un zumbador. Se realizaron pruebas controladas para medir la precisión de los sensores, el tiempo de respuesta del servomotor y la efectividad del sistema de alerta.

Los resultados evidenciaron que el tacho automatizado mejoró significativamente la higiene al eliminar la necesidad de contacto físico, redujo los tiempos de recolección de residuos y proporcionó alertas oportunas para el cambio de bolsas. En comparación con métodos tradicionales, este sistema mostró una disminución notable en el riesgo de exposición a agentes infecciosos.

En conclusión, el prototipo demuestra ser una solución innovadora y funcional para la gestión de residuos hospitalarios, alineada con los estándares modernos de bioseguridad y sostenibilidad. Este avance podría ser clave para transformar la forma en que los hospitales gestionan sus desechos, protegiendo tanto al personal médico como a los pacientes.

Palabras clave— tacho, automatizado, sensor, hospitales

I. INTRODUCCIÓN

La creciente acumulación de residuos sólidos en las ciudades de América Latina no solo refleja un desafío ambiental significativo, sino también una presión creciente sobre las infraestructuras y políticas de gestión de desechos. A medida que las poblaciones urbanas continúan creciendo y los patrones de consumo cambian, los volúmenes de residuos generados se elevan, demandando soluciones más efectivas y sostenibles. En este contexto, resulta crucial entender la magnitud del problema y explorar estrategias integrales para mitigar sus impactos, no solo en términos de volumen, sino también en cómo estos residuos afectan el medio ambiente y la calidad de vida urbana.

Según datos del Proyecto Regional para la Evaluación de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe, se estima que en esta región la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios (RSD) es de 0,63 kg por persona al día, mientras que la de residuos sólidos urbanos (RSU) alcanza 0,93 kg por persona al día. Estos indicadores sugieren una producción diaria aproximada de 295.000 toneladas de RSD y 436.000 toneladas de RSU en áreas urbanas. Este problema ha experimentado un incremento significativo en la última década [1].

En Perú, la generación diaria de residuos sólidos supera las 22,000 toneladas, de las cuales se estima que el 75% podría ser reutilizado. Sin embargo, solo el 1,8% de estos residuos es reciclado, según cifras del Ministerio del Ambiente [2]. Este bajo porcentaje refleja una oportunidad desaprovechada tanto para reducir el impacto ambiental como para mejorar las condiciones económicas de las familias que dependen del reciclaje para su sustento. Además, el reciclaje contribuye a reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos y promueve una economía circular.

Cabe detallar que, él no reciclar no solo es perjudicial para el medio ambiente, sino que también les quita el sustento a miles de familias peruanas, debido a que muchas familias

dependen de la recolección de residuos, los clasifican lo procesan y lo venden ayudando a promover una economía sostenible. El reciclaje también juega un papel importante en la educación y la sensibilización sobre la importancia de la gestión de residuos y el impacto ambiental de nuestros hábitos de consumo.

En este contexto, los residuos sólidos especiales hospitalarios (RSEH) adquieren una relevancia particular, ya que; son aquellos que, por su naturaleza, composición o por el riesgo que representan para la salud y el medio ambiente, requieren de un manejo especializado. Estos residuos incluyen material biológico (como restos de tejidos y fluidos humanos), material punzocortante (como agujas y bisturís), desechos químicos (incluidos medicamentos caducados) y material radiactivo. El manejo inadecuado de estos residuos no solo expone al personal sanitario y a los pacientes a riesgos, sino que también puede provocar serios problemas ambientales si no son tratados correctamente.

En Perú, el Decreto Supremo N° 014-2017-SA, que aprueba el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, establece que los residuos sólidos generados en hospitales deben ser gestionados bajo estrictos procedimientos de segregación, almacenamiento, transporte y disposición final. Esta normativa se complementa con la Norma Técnica de Salud para la Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo a Nivel Nacional (NT N° 144-MINSA/2018/DIGESA), la cual establece que los residuos biocontaminados y los especiales deben ser clasificados de acuerdo con su peligrosidad y gestionados mediante tratamientos adecuados como la incineración controlada, la esterilización mediante autoclaves o la descontaminación química. Así mismo, en un estudio realizado se estableció que el manejo de los residuos sólidos hospitalarios es una preocupación ya su manejo es precario en los establecimientos hospitalarios [3]

En Cajamarca, una de las principales provincias del norte de Perú, el sistema de salud enfrenta dificultades en la gestión de estos desechos. Con una población en crecimiento y un sistema de salud que atiende a un gran número de personas, el volumen de residuos generados en la provincia ha aumentado, lo que agrava los problemas de contaminación y salud pública. Según el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL, 2017), la región genera aproximadamente 390 toneladas de basura al día, de las cuales una porción considerable proviene de hospitales, centros médicos y clínicas. Donde, los residuos hospitalarios no tratados adecuadamente aumentan el riesgo de contaminación biológica y química, lo que agrava los problemas de salud pública [4].

Así mismo, se estima que el 40% de los residuos generados en el sector salud tiene características infecciosas, y el manejo inadecuado del 60% restante puede provocar la contaminación

de diversos entornos, incrementando así los riesgos sanitarios [5]. Además, el manejo deficiente de estos residuos también contribuye a la propagación de infecciones nosocomiales, que son adquiridas dentro de los hospitales y afectan tanto a pacientes como al personal de salud.

La Contraloría General de la República ha señalado que el Hospital Regional Docente de Cajamarca (HRDC) no cumple con las regulaciones establecidas para el manejo adecuado y oportuno de los residuos sólidos, incluyendo su acondicionamiento, segregación, transporte y almacenamiento. Esta situación podría poner en riesgo la salud del personal administrativo, del personal asistencial, de los pacientes y del público en general. Estos riesgos son más pronunciados en áreas con un saneamiento básico deficiente o inexistente, donde los residuos se eliminan en espacios abiertos. Muchos países han sufrido severas consecuencias ambientales debido a la gestión inadecuada de los residuos sólidos. Por lo tanto, es crucial asegurar que los desechos se manejen y se eliminen de manera segura para evitar riesgos de contaminación e infecciones [6].

Pero, no solo eso, también el sistema de salud enfrenta dificultades en la gestión de estos desechos. En esta región, el aumento de residuos hospitalarios no tratados adecuadamente incrementa el riesgo de contaminación y problemas de salud pública. Además, se observa una falta de control en el reemplazo de bolsas en los tachos de basura de los hospitales, lo cual contribuye a la acumulación excesiva de desechos y aumenta el riesgo de exposición a agentes infecciosos tanto para el personal médico como para los pacientes.

En tal sentido, se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo impacta la implementación de un contenedor de basura automatizado, fabricado con materiales reciclados y equipado con sensores de apertura y de alerta para el cambio de bolsa, en la eficiencia de la gestión de residuos hospitalarios y en la reducción de riesgos para la salud pública en entornos hospitalarios?

Se ha considerado como objetivo general: Evaluar el impacto de la implementación de un contenedor de basura automatizado, diseñado con materiales reciclados, equipado con sensores de proximidad y de capacidad, en la mejora de la eficiencia del manejo de residuos hospitalarios y la reducción de riesgos asociados. Y como objetivos específicos diseñar un prototipo de tacho de basura automatizado utilizando materiales reciclados, que incorpore sensores de proximidad para su apertura y de capacidad para indicar el momento óptimo de cambio de bolsa. Analizar la eficiencia operativa del sistema automatizado en comparación con los métodos tradicionales de gestión de residuos hospitalarios. Evaluar el impacto del sistema automatizado en la reducción de riesgos de exposición a agentes infecciosos para el personal médico y pacientes.

II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Pre-experimental

La investigación pre-experimental representa un acercamiento metodológico donde el investigador busca simular una estructura experimental, pero encuentra obstáculos significativos que le impiden establecer un control metodológico integral. Según Campbell y Stanley (1963), la investigación pre-experimental presenta dos modalidades fundamentales de análisis; una que implica comparar un grupo que recibe tratamiento experimental con otro grupo que no lo recibe, y otra que consiste en medir el mismo grupo de sujetos antes y después de aplicar la variable independiente. Estas estrategias metodológicas representan intentos de aproximación al método experimental, pero adolecen de limitaciones significativas en términos de control y rigurosidad científica, lo que reduce su capacidad para establecer conclusiones causales definitivas y genera márgenes de incertidumbre en la interpretación de los resultados [7]

Procedimiento:

En las siguientes etapas se describirá el método desarrollado detalladamente en el que se llevó a cabo la realización del tacho automatizado para hospitales.

Etapa 1. En esta etapa se detallan los materiales para la construcción del contenedor automatizado, incluyendo acrílico reciclado para la estructura, sensor de proximidad, sensor ultrasónico, Arduino, servomotor, cables y batería recargable. Además, se especifica el paso a paso del ensamblaje: corte del acrílico, colocación de sensores y montaje del servomotor, y programación básica del Arduino. Finalmente, se incluye como será el empaque en el que se presentará, diseñado para proteger el tacho durante el transporte y facilitar su instalación.

Etapa 2. Esta etapa examina la eficiencia operativa del sistema, incluyendo las programaciones realizadas en el Arduino para coordinar los sensores y el servomotor. Se evalúan factores como el tiempo de respuesta del sensor de proximidad, la precisión del sensor ultrasónico, y la duración de la batería. El análisis garantiza que el sistema funcione de manera rápida y autónoma, minimizando la necesidad de contacto manual con el tacho.

Etapa 3. En esta última etapa, se analiza cómo el contenedor automatizado contribuye a reducir la exposición a agentes infecciosos al evitar el contacto directo con los residuos. Se compara el contenedor propuesto con los que tradicionalmente; mostrando las condiciones de higiene logradas con el tacho automatizado frente a los métodos tradicionales, evaluando el nivel de exposición y el riesgo de transmisión de microorganismos, lo cual es clave en entornos hospitalarios.

III. RESULTADO

3.1. Elaboración del tacho de basura automatizado

MATERIALES

Para la construcción del contenedor de basura automatizado, se utilizaron los siguientes materiales:

- Estructura de Acrílico Reciclado: Este material se seleccionó para la estructura debido a su resistencia, durabilidad y contribución a la sostenibilidad. Además, es fácil de limpiar y adecuado para entornos hospitalarios.
- Sensor de Proximidad Infrarrojo: Este sensor permite la detección de la mano del usuario cerca de la entrada del tacho, activando automáticamente la apertura de la tapa sin necesidad de contacto físico.
- Sensor Ultrasónico de Llenado: Mide la distancia dentro del contenedor y detecta cuando la bolsa de residuos está cerca de su capacidad máxima. Al alcanzar un límite predeterminado, envía una señal al Arduino para indicar que se necesita cambiar la bolsa.
- Arduino: Se utiliza como microcontrolador central, integrando y gestionando las señales de los sensores, y controlando el servomotor para la apertura de la tapa.
- Servomotor: Activa la tapa, permitiendo que se abra automáticamente cuando el sensor de proximidad detecta la mano.
- Cables de Conexión: Facilitan las conexiones entre los sensores, el servomotor y el Arduino, asegurando una comunicación estable y confiable.
- Batería Recargable: Proporciona energía al sistema, garantizando su funcionamiento autónomo y portátil.

MÉTODO

1. Construcción de la Estructura
 - Cortar el acrílico reciclado en las piezas necesarias para ensamblar el tacho con las dimensiones adecuadas.
 - Ensamblar la estructura en capas y fijar con adhesivo especial para acrílico, garantizando una base resistente y estable para el sistema.
2. Instalación de Sensores
 - Colocar el sensor de proximidad infrarrojo en la parte superior del tacho y calibrarlo a una distancia de detección de aproximadamente 15-20 cm para reconocer la presencia de una mano.
 - Instalar el sensor ultrasónico en el interior

del tacho, configurado para detectar el nivel de residuos en la bolsa. Este sensor enviará una señal al Arduino cuando el nivel de residuos alcance el 80% de la capacidad.

3. Conexión y Programación del Arduino

- Conectar el Arduino a los sensores y al servomotor mediante cables de conexión. Es importante verificar que cada sensor esté en el pin correcto para una comunicación precisa.
- Programar el Arduino para que, al recibir la señal del sensor de proximidad, active el servomotor para abrir la tapa del tacho. Tras un breve lapso (aproximadamente 3-5 segundos), el servomotor debe retornar la tapa a su posición inicial.
- Configurar el Arduino para recibir una señal del sensor ultrasónico y alertar internamente sobre la necesidad de cambiar la bolsa cuando el nivel de residuos alcance el límite establecido.

4. Instalación del Servomotor para la Apertura de la Tapa

- Fijar el servomotor a la tapa y conectarlo al Arduino mediante cables, asegurando una conexión estable.
- Calibrar el rango de movimiento del servomotor para que abra completamente la tapa y luego regrese a su posición de cierre automáticamente.

5. Pruebas Funcionales

- Probar el sistema para confirmar que el sensor de proximidad detecta la mano a la distancia deseada y que el servomotor realiza el movimiento de apertura y cierre sin inconvenientes.
- Simular la acumulación de residuos en el tacho para probar que el sensor ultrasónico detecta el nivel de llenado y envía la señal al Arduino para indicar la necesidad de cambio de bolsa.

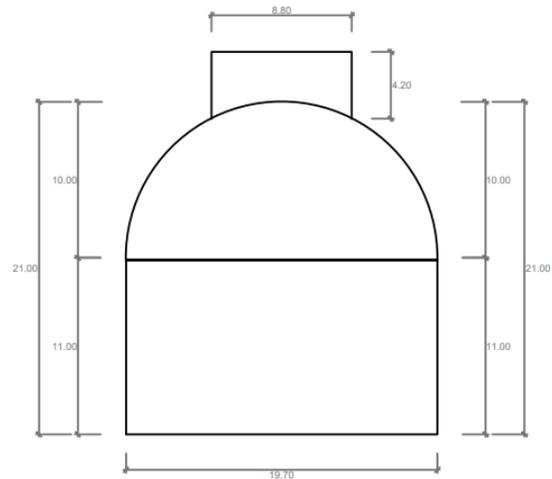


Fig. 1 Vista de planta del contenedor de basura automatizado
Elaborado en AutoCad

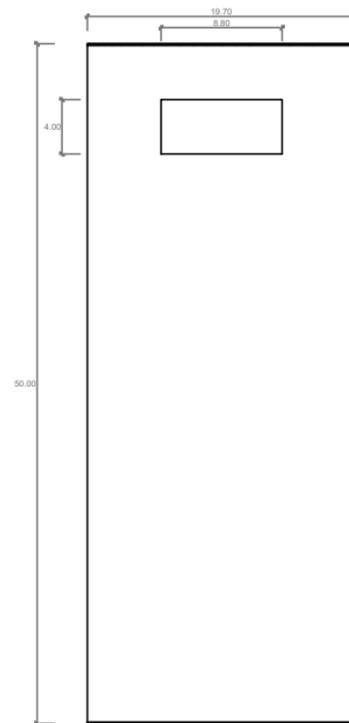


Fig. 2 Vista frontal del contenedor de basura automatizado
Elaborado en AutoCad

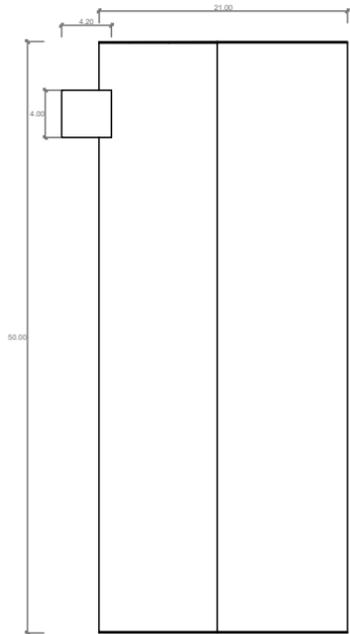


Fig. 3 Vista lateral del contenedor de basura automatizado
Elaborado en AutoCad

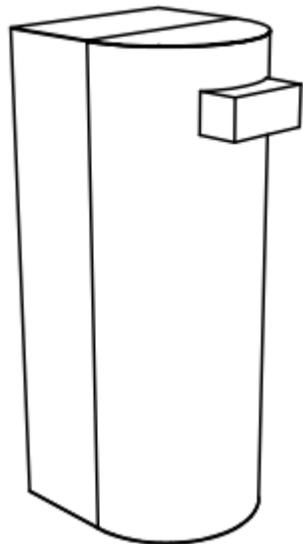


Fig. 4 Modelo 3d del contenedor de basura automatizado
Elaborado en AutoCad

Así mismo, la sección de empaque del contenedor automatizado asegura que el dispositivo llegue en óptimas condiciones. El empaque se diseña para proteger el contenedor durante el transporte, evitando daños en la estructura de acrílico, los sensores y el sistema de apertura automatizado.

1. Material de Protección: El contenedor se embla con

capas de espuma de polietileno alrededor de cada lado para absorber impactos y evitar golpes que podrían dañar los sensores o el servomotor. Además, una envoltura de burbujas envuelve el conjunto, proporcionando una segunda capa de protección.

2. Caja de Cartón Resistente: El contenedor se coloca en una caja de cartón de alta resistencia, diseñada para soportar peso y mantener la estructura del empaque. La caja incluye asas para facilitar el manejo y transporte, además de estar marcada con las indicaciones de “Frágil” y “Manipular con Cuidado.”
3. Instrucciones y Manual de Instalación: Dentro del empaque, se incluye un manual que describe el ensamblaje, configuración y mantenimiento del contenedor. También se indican precauciones para el manejo del contenedor automatizado y recomendaciones para su ubicación en áreas hospitalarias.
4. Soporte de Componentes Suelos: Para componentes externos, como el cargador de la batería y los cables de conexión adicionales, se incluye un compartimento interno, manteniéndolos organizados y asegurados para evitar que se muevan durante el transporte.

Este diseño de empaque facilita el traslado seguro del contenedor y permite una instalación rápida, asegurando que esté listo para su funcionamiento sin necesidad de ajustes adicionales.

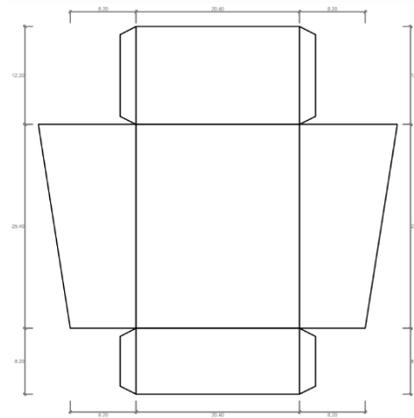


Fig. 5 Tapa desamblada del empaque
Elaborado en AutoCad

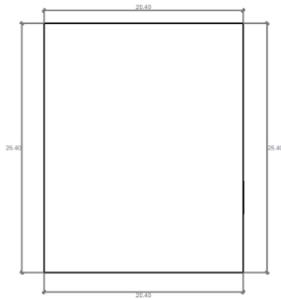


Fig. 6 Vista en planta del empaque
Elaborado en AutoCad

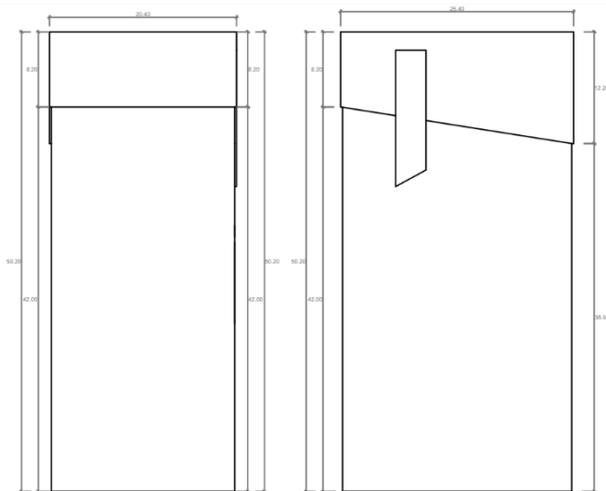


Fig. 7 Vista lateral y frontal del empaque
Elaborado en AutoCad



Fig. 8 Vista 3D del empaque del tacho automatizado
Elaborado en AutoCad

3.2. Análisis de la eficiencia Operativa del Sistema Automatizado

En esta etapa, el Arduino se programará para manejar los sensores y el servomotor del contenedor, logrando una

interacción sin contacto y optimizada para reducir el riesgo de exposición a agentes infecciosos y mejorar el flujo de trabajo del personal de limpieza y salud en áreas hospitalarias críticas.

Primero, se desarrollará el código en Arduino para configurar el sensor de proximidad, permitiendo que el contenedor se abra automáticamente al detectar una mano cercana. Esta función reduce la necesidad de contacto físico con el contenedor, minimizando el riesgo de contaminación cruzada. Además, se programará un sensor ultrasónico que mida el nivel de residuos en el interior del tacho, activando una alerta cuando el contenido alcance el 80% de su capacidad. Esta característica asegura que el personal sea notificado por medio de sonido para cambiar la bolsa en el momento adecuado, evitando la acumulación de residuos y manteniendo el espacio seguro y libre de agentes patógenos.

En conjunto, esta configuración automatizada permite evaluar la eficiencia operativa del sistema frente a métodos existentes, los cuales dependen de intervenciones manuales más frecuentes. Es decir, el contenedor de basura está diseñado para operar con un consumo energético mínimo, funcionando de manera eficiente sin requerir energía constante. Además, su bajo consumo energético se debe a que los dispositivos se activan solo cuando es necesario, lo que optimiza su uso y eficiencia.

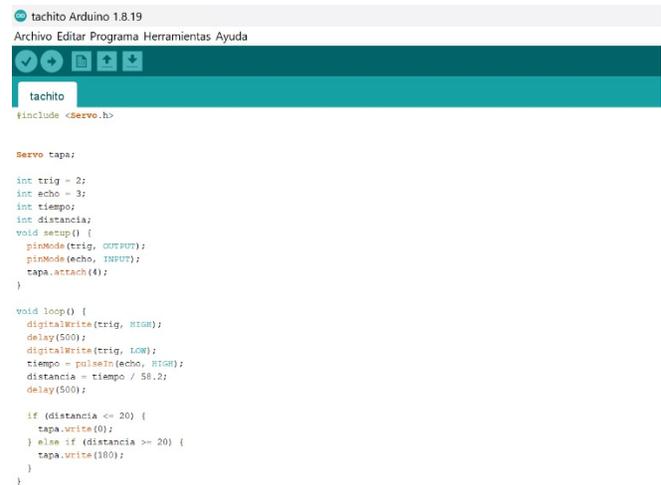


Fig. 9 Programación de la apertura y cierre del contenedor

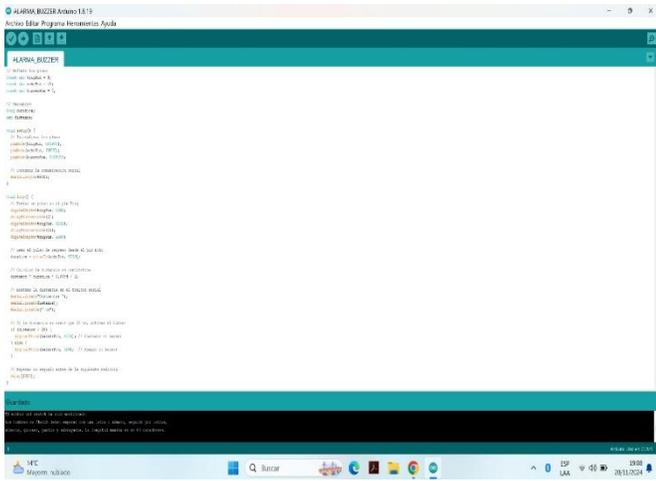


Fig. 10 Programación alerta (zumbador)

3.3. Evaluación del impacto del contenedor de basura automatizado en comparación de los contenedores de basura tradicionales empleados en hospitales

TABLA I
COMPARACIÓN DEL TACHO AUTOMATIZADO CON LOS
CONTENEDORES TRADICIONALES EN HOSPITALES

ASPECTO	CONTENEDOR AUTOMATIZADO	MÉTODOS EXISTENTES
CONTROL DE INFECCIONES	Apertura sin contacto mediante sensores, minimizando la transmisión de patógenos y el riesgo de contaminación cruzada.	Requiere apertura manual, lo que aumenta el riesgo de transmisión de infecciones debido al contacto físico.
MONITOREO DEL NIVEL DE LLENADO	Sensor ultrasónico que alerta cuando la bolsa está llena en un 80%, asegurando cambios de bolsa oportunos.	Verificación visual manual, lo que puede provocar acumulación excesiva y riesgo de desbordes.
EFICIENCIA OPERATIVA	Optimiza el tiempo del personal al abrir y monitorear automáticamente, permitiendo que se enfoque en otras tareas importantes.	Depende del personal para apertura y monitoreo constantes, lo cual incrementa la carga de trabajo manual.
REDUCCIÓN DE COSTOS	Disminuye costos a largo plazo mediante el ahorro en personal y recolección eficiente.	Mayor uso de recursos humanos y frecuentes cambios manuales, lo que incrementa el costo operativo.
ADECUACIÓN A NORMATIVAS DE BIOSEGURIDAD	Facilita el cumplimiento de normativas de bioseguridad hospitalarias al reducir la exposición a residuos peligrosos.	Riesgo mayor de no cumplir estrictamente con las normativas debido a la exposición constante.

USO EN ÁREAS DE ALTO TRÁFICO	Ideal para UCIs y quirófanos, donde el flujo rápido y seguro es necesario para prevenir infecciones.	Mayor riesgo de contaminación cruzada en áreas de alta afluencia, debido a la apertura manual.
------------------------------	--	--

La implementación de un sistema de contenedor de basura automático con sensores de proximidad y alertas de capacidad en hospitales representa una mejora significativa en la gestión de residuos, en comparación a los métodos actuales que se emplean. Mientras que los contenedores manuales dependen de la intervención humana, aumentando el riesgo de contacto con residuos peligrosos y posibles accidentes. Por ello, el sistema automático garantiza una operación que evita este contacto, reduciendo significativamente los riesgos de infecciones y accidentes. Además, se fabrica con materiales reciclados, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental. Donde, las alertas automáticas de capacidad permiten una gestión proactiva, evitando desbordamientos y mejorando la eficiencia en la recolección, lo convierte en una opción segura, eficiente y ecológica frente a sistemas existentes, proporcionando un entorno más higiénico y seguro para pacientes y personal médico en los hospitales.

IV. DISCUSIÓN

Un estudio realizado en el Hospital Regional Docente Las Mercedes resaltó la falta de un sistema eficaz de manejo de residuos, lo cual aumenta el riesgo de contaminación ambiental y sanitaria debido a la mezcla de desechos peligrosos y comunes. De acuerdo con la ref. 8, se sugiere estrategias como la capacitación del personal y la implementación de un control adecuado para minimizar el riesgo de exposición a agentes patógenos

A diferencia del sistema propuesto, que utiliza sensores de proximidad y de capacidad para evitar la manipulación directa de los desechos, los métodos tradicionales frecuentemente dependen de bolsas y contenedores no especializados. Esto se refleja en la práctica observada en el Hospital Cayetano Heredia, donde el acondicionamiento y la segregación deficiente de residuos conducen a un alto riesgo de contaminación cruzada, evidenciado por la mala clasificación de los residuos y los problemas en el almacenamiento temporal [9].

El sistema automatizado ofrece una solución innovadora, minimizando el contacto humano con los residuos, lo que contrasta con las metodologías tradicionales que suelen basarse en una intervención manual constante. Esto es crucial en contextos de salud pública como los hospitales, donde la reducción de exposición a desechos infecciosos es esencial para la seguridad tanto del personal médico como de los pacientes.

Implementar un sistema de gestión de residuos hospitalarios mediante un sistema de contenedor de basura automático enfrenta varios desafíos. Los costos iniciales

elevados pueden ser una barrera en hospitales con presupuestos limitados, especialmente en el sector público. Además, muchos hospitales no cuentan con la infraestructura tecnológica para soportar estos sistemas a gran escala, lo que dificultaría la integración. También, se requiere personal capacitado para el mantenimiento de los dispositivos, esto puede ser costoso y difícil de encontrar. La variabilidad en los tipos de residuos generados por diferentes hospitales podría complicar la adaptación del sistema para abarcar todo. Finalmente, en un mercado donde las inversiones en salud suelen priorizar otras áreas, la adopción de estas tecnologías podría enfrentar obstáculos económicos y estructurales.

V. CONCLUSIÓN

- Se logró diseñar un prototipo de contenedor de basura automatizado utilizando materiales reciclados, que integra con éxito sensores de proximidad para apertura sin contacto y un sensor de capacidad. Este sistema cumple con los requisitos de funcionalidad y sostenibilidad, ya que emplea componentes reutilizados que reducen el impacto ambiental y aumentan la vida útil del prototipo en comparación con tachos tradicionales.
- La implementación del mecanismo automatizado para el manejo de desechos hospitalarios ha probado ser más efectiva que los métodos convencionales. Al minimizar la manipulación directa por parte del personal sanitario, el sistema no solo optimiza el tiempo de gestión de residuos, sino que también refuerza las medidas de seguridad. La evaluación realizada demuestra que la tecnología de sensores integrada aporta múltiples beneficios: agiliza los procedimientos, eleva los estándares de salubridad y disminuye significativamente la carga de trabajo del personal en las zonas hospitalarias más concurridas.
- El contenedor de residuos con tecnología automatizada ha demostrado reducir notablemente el riesgo de exposición a patógenos para todo el personal hospitalario y los pacientes. Sus características principales - la apertura automática sin necesidad de contacto físico y el sistema de alerta que indica cuándo reemplazar la bolsa - minimizan la interacción directa con los desechos. Estas funcionalidades resultan particularmente valiosas en el contexto hospitalario, donde mantener altos estándares de bioseguridad es fundamental, representando una mejora sustancial frente a los contenedores convencionales en términos de protección sanitaria.

REFERENCES

- [1] Acurio, G.; Rossin, A.; Teixeira, P. y Zepeda, F. (1997). DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. *Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana*. <http://dx.doi.org/10.18235/0010235>
- [2] República sostenible (2023). *Reciclaje y gestión de residuos*. <https://especial.larepublica.pe/la-republica-sostenible/2023/08/15/en-el-peru-se-recicla-solo-18-de-la-basura-que-se-genera-198210>
- [3] DIGESA (2020). Norma Técnica de Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/norma%20de%20residuos%20hospitalarios.pdf>
- [4] GRC (2019). *Región Cajamarca produce 390 toneladas de basura por día*. <https://portal.regioncajamarca.gob.pe/noticias/regi-n-cajamarca-produce-390-toneladas-de-basura-por-d>
- [5] Quinto, Y., Jaramillo, L. y Cardona, J. (2013). Conocimientos y prácticas de los trabajadores de un hospital sobre el manejo de residuos hospitalarios, Chocó, Colombia, 2012. *Médicas UIS*, 26(1). <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistamedicasuis/article/view/3577>
- [6] Contraloría General de la República (2023). *Contraloría: Residuos sólidos no son tratados bajo medidas correctas de salubridad*. <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/872019-contraloria-residuos-solidos-no-son-tratados-bajo-medidas-correctas-de-salubridad>
- [7] Díaz, M. (s.f.). Tema 3. Metodología para la evaluación de la Calidad de Servicios. https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/4889/Tema_3_metodologia_para_la_evaluacion.pdf;jsessionid=75CBAF7CBE7DFB7C1075906E8E8EF8FD?sequence=7
- [8] Díaz, F. y Romero, M. (2016). *ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS. SERVICIO DE EMERGENCIA. HOSPITAL REGIONAL DOCENTE LAS MERCEDES. CHICLAYO 2015* [Tesis de título – Universidad Señor de Sipán]. Repositorio de USS https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3085/Romero_Sipion_Maria_Isabel.pdf?sequence=5
- [9] Cifuentes, C. y Iglesias, S. (2008). Gestión ambiental de residuos sólidos hospitalarios del Hospital Cayetano Heredia. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*. Vol. 12, N° 23, 27-39. https://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/Publicaciones/geologia/v12_n23/pdf/a03v12n23.pdf