

La utilización de robótica en la inspección de espacios confinados.

The use of robotics in the inspection of confined spaces.

Ing. Luis Enrique Pinzón Barriga ^{1*} & Ing. Luis Armando Caiza Quishpe ²

1.* Magíster en Telecomunicaciones. Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urququí, Ecuador.

Email: lpinzon@ist17dejulio.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8307-8676>

2. Magíster en Diseño Mecánico Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos. Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urququí, Ecuador. Email: lcaiza@ist17dejulio.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4343-7280>

Destinatario: lpinzonbarriga@gmail.com

Recibido: 03/Abril/2022

Aceptado: 05/Mayo/2022

Publicado: 30/Junio/2022

Como citar: Pinzón Barriga, L. E., & Caiza Quishpe, L. A., (2022). La utilización de robótica en la inspección de espacios confinados. E-IDEA Journal of Engineering Science, 4 (10), 1-14. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.53734/esci.vol4.id236>

Resumen: Las inspecciones en espacios confinados por lo general suelen tratarse de labores peligrosas, por motivos como la altura, poco espacio de maniobra, derrumbes, ambiente tóxico, temperaturas elevadas o bajas, entre otros; además de ser un riesgo a la integridad física, son labores que demandan tiempo, logística y equipos de seguridad, por esas razones ya se empiezan a utilizar equipos robóticos que tienen como ventaja principal la eliminación del riesgo físico en las personas que realizan la inspección y como ventajas secundarias el ahorro económico, ahorro de tiempo y simplificación generalizada de la labor. Los robots móviles autónomos (AMR) asistidos a distancia por seres humanos son los idóneos para la realización de las inspecciones de alto riesgo, los cuales pueden ser de morfología terrestre, acuática, submarina o área, según sean las necesidades. Cualquier espacio confinado a inspeccionar donde existan variables de riesgo a la seguridad humana, valida la implementación de equipos robóticos, sin embargo, ya existen sectores acostumbrados a este tipo de inspecciones, los cuales son: petróleo y gas, generación de energía, industria química, minería y seguridad pública.

Palabras Clave: Robots, amr, riesgos, seguridad, inspección, morfología.

Abstract: Inspections in confined spaces are usually dangerous tasks, for reasons such as height, little room for maneuver, landslides, toxic environment, high or low temperatures, among others; In addition to being a risk to physical integrity, these are tasks that require time, logistics and safety equipment. For these reasons, robotic equipment is already being used, the main advantage of which is the elimination of physical risk for the people who carry out the inspection and as secondary advantages economic savings, time savings and general simplification of the work. Autonomous mobile robots (AMR) remotely assisted by human beings are ideal for carrying out high-risk inspections, which can be of terrestrial, aquatic, underwater or area morphology, depending on the needs. Any confined space to be inspected where there are variables of risk to human safety, validates the implementation of robotic equipment, however, there are already sectors accustomed to this type of inspection, which are: oil and gas, power generation, chemical industry, mining and public safety.

Keywords: Robots, amr, risks, safety, inspection, morphology.

INTRODUCCIÓN

La productividad en las empresas es esencial para alcanzar principalmente los objetivos económicos. En este sentido, las empresas implementan en sus procesos diferentes técnicas y metodologías, entre ellas, la manufactura esbelta. Lean Manufacturing o manufactura esbelta es el nombre que recibe el sistema de producción Toyota denominado también manufactura de clase mundial. Del mismo modo, Lean Manufacturing es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción que busca el incremento de la productividad mediante la mejora continua aprovechando los recursos a través de minimizar el desperdicio (Shah y Patel, 2018).

Sobre este contexto, se tiene como objetivo de este artículo, analizar el impacto de la metodología Lean Manufacturing en la Productividad de las Microempresas de Guayaquil. Para ello se conceptualizó la metodología Lean manufacturing o manufactura esbelta; se describieron algunas de las herramientas en las que se apoya el lean manufacturing, se definió la productividad dentro del lean manufacturing y finalmente se indaga sobre la influencia de la metodología Lean Manufacturing en las Pymes y microempresas de Guayaquil. Luego se analiza la información y se concluye.

Con la aplicación de Lean Manufacturing se tiene con un objetivo generar más ingresos monetarios, tener competitividad con otras empresas logrando la diferencia de las demás y a su vez lograr la satisfacción del cliente.

METODOLOGÍA

La metodología usada para la realización de este trabajo está basada en las técnicas de documentación bibliográfica. La revisión bibliográfica constituye una etapa esencial en el desarrollo de un trabajo científico y académico, implica consultar distintas fuentes de información (catálogos, bases de datos, buscadores, repositorios, etc.) y recuperar documentos en distintos formatos (Martín y Lafuente, 2017)

A partir de esa revisión bibliográfica, el investigador va construyendo el marco teórico, documentando antecedentes y elaborando la bibliografía que se incluye al final de un trabajo científico o académico (Martín y Lafuente, 2017).

Los objetivos de esta investigación están orientados a estudiar y analizar el impacto de la implementación de equipos robóticos para la inspección en espacios confinados, analizando los beneficios y características de las tecnologías implementadas para tal fin.

RESULTADOS

Robot

Un robot es una máquina diseñada y creada para sustituir el trabajo manual de un ser humano, por medio de sensores son percibidas las variables físicas del medio ambiente, esta información puede modificar el comportamiento del robot, es decir, es una máquina capaz de tomar decisiones de forma autónoma según su entorno, asimismo los robots son máquinas pensadas para sustituir al ser humano en labores repetitivas o de alto riesgo y son una herramienta poderosa para la resolución de problemas.

En el mismo orden de ideas, Díaz (2018), explica que la robótica empezó a ser usada para resolución de problemas en la década de los sesentas; enlazado el desarrollo de los sistemas y manufactura asistida por computadoras, cuyos métodos de ejecución caracterizan las presentes tendencias de la robótica y los sistemas automatizados en los procesos de manufactura.

Tipos de Robots

En la actualidad los robots son utilizados para una gran variedad de usos y tareas, pasando por el sector industrial y manufacturero hasta su uso científico, académico o militar; sin embargo, pueden ser agrupados de forma general en los siguientes tipos:

Robots móviles autónomos (AMR)

Rozo y Pallares (2021), definen a los AMR como capaces de moverse de forma independiente, evadir obstáculos, calcular rutas e identificar su ubicación en tiempo real, además, estos robots pueden ser programados con diversos algoritmos y técnicas dependiendo del tipo de sensores utilizados y el ambiente a explorar.

Los AMR son capaces de moverse por su entorno de forma autónoma por medio de sensores y cámaras, tomando decisiones casi de manera instantánea; son máquinas móviles que necesitan de un mínimo de manejo y control humano. En la Figura 1 se observa la fotografía de un robot móvil autónomo.

Figura 1

Robot móvil autónomo para localización y mapeo simultáneos (SLAM)



Fuente: Rozo y Pallares (2021)

Vehículos de guiado automático (AGV)

A diferencia de los AMR que se mueven con total libertad, los robots tipo AGV se desplazan por recorridos previamente establecidos en un entorno controlado por medio de pistas. Sasamoto et al. (2021), consideraron que el propósito de este tipo de robots es mejorar el traslado de productos en espacios industriales como bodegas, fábricas o plantas ensambladoras aumentando la confianza y seguridad en el proceso, así como reduciendo sus tiempos, costos e intervención humana. En la Figura 2 se observa un robot de tipo AGV.

Figura 2

Vehículo guiado por línea de control automático



Fuente: (Viramontes, 2019)

Humanoides

Los autores, Valero et al. (2021) plantearon que el objetivo principal de estos robots es imitar un determinado comportamiento humano, siendo uno de los campos involucrados el estudio de las tareas de interacción humano-robot (HRI), en cuanto al punto de vista técnico, los robots humanoides pueden ser considerados de tipo AMR, pero cuando el aspecto físico y el comportamiento de los mismos se asemejan a un ser humano se clasifican como humanoides, en la Figura 3 se observa la fotografía de un robot humanoide.

Figura 3

Ejemplo de un robot humanoide



Fuente: (Valero et al., 2021)

Cobots

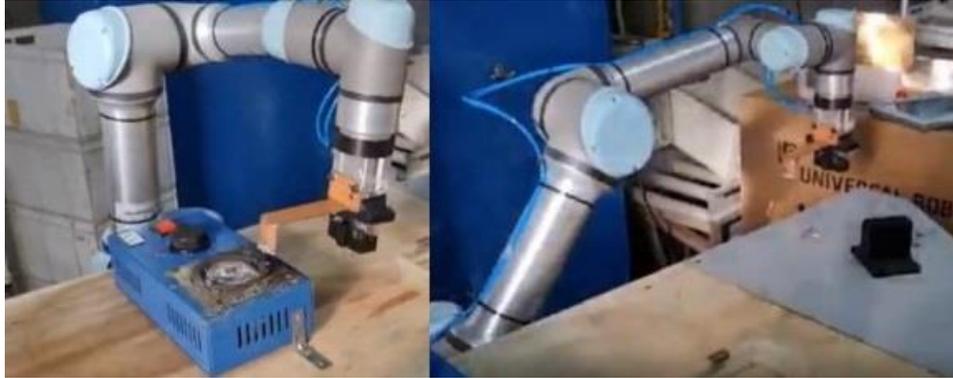
La denominación de Cobot proviene de la contracción de los dos términos en el inglés: “Collaborative Robots” Salimbeni et al. (2021) en este sentido, los robots colaborativos o Cobots son equipos contemplados en la Industrie 4.0, en español conocida como la cuarta revolución industrial, donde a diferencia de las revoluciones previas las tecnologías no nacen de la necesidad disruptiva por nuevas tecnologías, sino por la necesidad de agrupar y mejorar las nuevas tecnologías emergentes en aras de la modernización de los espacios productivos por medio de la digitalización y avances de la inteligencia artificial.

Como su nombre lo indica, los cobots están diseñados para trabajar en conjunto con seres humanos de forma proactiva, dinámica y colaborativa; los sistemas tradicionales de programación no son compatibles con los cobots dado que los robots son programados para tareas pre establecidas.

Los cobots pueden compartir espacios con los trabajadores para ayudarles a producir más. Suelen encargarse de realizar las tareas manuales, peligrosas o más agotadoras dentro del flujo de trabajo diario, (Intel Corporation, 2022). En la Figura 4 se observa un Cobot en desarrollo.

Figura 4

Imágenes del Cobot en período de prueba



Fuente: (Salimbeni et al., 2021)

Inspección de espacios confinados

Las inspecciones en espacios confinados pueden estar ligadas a la actividad industrial, militar, seguridad pública o actividades de rescate, con mayor importancia, las inspecciones no supondrían ningún problema, pero cuando se trata de inspecciones en lugares confinados, donde los espacios de movilidad son pequeños, donde existe un ambiente tóxico al ser humano, o inspecciones a realizar en alturas muy altas, se pone en riesgo la integridad de las personas que realizan esta tarea; por tales motivos es importante administrar de forma adecuada los aspectos de logística y seguridad en las inspecciones de espacios confinados.

Sistema de Gestión de Seguridad (SGS) en espacios confinados.

La inspección de espacios confinados debe realizarse con las medidas de seguridad apropiadas, se debe crear un sistema de gestión de seguridad que evalúe los riesgos. Benítez (2017), estipula que los SGS sirven para minimizar la posibilidad de accidentes considerados durante la entrada, identificando los peligros, decidiendo las medidas de control y encontrando alternativas, soluciones o medios para mitigar los riesgos, de esta manera, en la Figura 5 se observa a un equipo de personas realizando una inspección en espacio confinado cumpliendo con una gestión de seguridad apropiada, cuentan con cuerdas de seguridad, escalera, guantes, cascos entre otras medidas.

Figura 5

Aplicación de SGS en espacios confinados



Fuente: (Taborda y Loaiza, 2018)

Uso de la robótica para inspección en espacios confinados

Las industrias priorizan mucho la calidad de sus infraestructuras, por lo cual se requiere un monitoreo del estado de la estructura, con la finalidad del resguardo de la seguridad y el impacto económico que presenta una falla estructural (Hoshyar et al., 2019). Las inspecciones en la industria son indispensables e ineludibles si se quieren conservar en buen estado las infraestructura y equipos, pero suponen problemas de logística, tiempo y seguridad cuando las inspecciones a realizar son de espacios confinados; por estas razones en los últimos años y con ayuda del avance tecnológico se han comenzado a utilizar robots especialmente diseñados para realizar estas tareas y contrarrestar los problemas inherentes de las inspecciones de alto riesgo.

Morfologías más usadas en los robots de inspección de espacios confinados.

La morfología de un robot describe su forma física y las partes que lo componen, es decir, estructura mecánica, transmisiones, actuadores, sistema sensorial, sistema de control y elementos terminales. Las morfologías más usadas para los robots de inspección de espacios confinados son las morfologías terrestres, submarino y aéreo; teniendo todas en común los siguientes aspectos técnicos para garantizar una correcta inspección.

- Resistencia a colisiones
- Resistencia a medio ambiente hostil como temperaturas elevadas, humedad, etc.
- Calidad de datos, sensores resistentes y de alta presión.
- Iluminación regulable
- Iluminación a prueba de agua y polvo.
- Iluminación oblicua

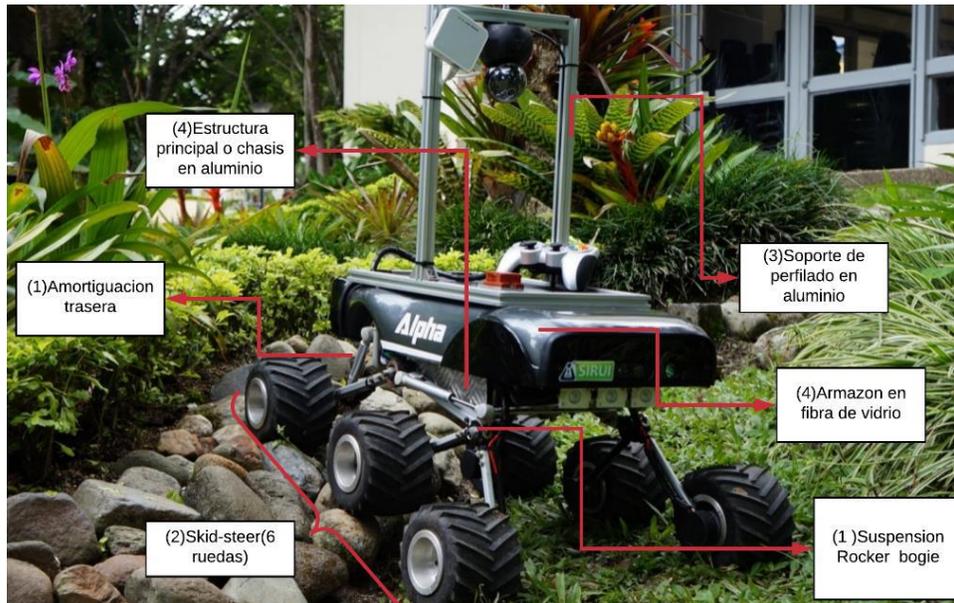
- Cámara digital resolución 4k, con inclinación a de 180 grados.
- Cámara térmica.

Robot de morfología terrestre

Dentro de la categoría de robots móviles existe una gran variedad de sistemas locomoción para trasladarse sobre una superficie sólida; entre los más comunes destacan las ruedas, las cadenas y las patas (García y Molina, 2019)

Figura 6

Robot móvil terrestre semi-autónomo con acceso remoto



Fuente: (García y Molina, 2019)

Robot de morfología acuático y submarina

Los robots de morfología acuática y submarina están diseñados para movilizarse dentro de espacios acuáticos, dentro del contexto de inspecciones en espacios confinados son usados, por ejemplo, para visualizar la parte inferior de los barcos, o tubería marítima en busca de fracturas o fisuras.

Figura 7

Ejemplo de un robot submarino



Fuente: (Corrella, 2021)

Robot de morfología aérea

Un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) es un dispositivo controlado autónomamente o desde tierra utilizando planes de vuelo programados (Reyes et al., 2018). En la figura 8 se observa un robot aéreo no tripulado realizando pruebas de manejo e inspección en un colector de saneamiento.

Figura 8

Ejemplo de un robot aéreo



Fuente: (Andrade et al., 2019)

La utilización de la robótica permite simplificar significativamente los problemas comunes en las inspecciones de espacios confinados con un valor alto de riesgo.

Cualquier espacio confinado a inspeccionar donde existan variables de riesgo a la seguridad humana, valida la implementación de equipos robóticos, sin embargo, ya existen sectores acostumbrados a este tipo de inspecciones, los cuales son:

- **Petróleo y gas:** Chimeneas, plataformas offshore, buques FPSO, buques petroleros, tanques de almacenamiento, refinerías y embarcaderos.
- **Generación de energía:** calderas de carbón, plantas nucleares, calderas de recuperación de calor, incineradores de desechos, aéreo-generadores y plantas hidroeléctricas.
- **Industria química:** Racks de tubería, conductos, tanques de fermentación, tanques de almacenamiento, recipientes a presión, intercambiadores de calor y silos de almacenamiento.
- **Minería:** Galerías, subterráneas, chimeneas descendentes, cintas transportadoras, molinos, alimentadores de acopio y trituradoras.
- **Seguridad Pública:** Fuerzas especiales, guarda costas, equipos de búsqueda y rescate, bomberos, entre otros.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Luego de analizar los resultados de la investigación, se puede llegar a la conclusión de que los robots utilizados para la inspección de espacios confinados es la mejor alternativa a la hora de realizar labores de mantenimiento, búsqueda de fallas de emergencia e incluso labores de seguridad pública o militar.

Se llega a esta conclusión debido a todos los beneficios inherentes a la utilización de estas tecnologías, teniendo como ventaja principal la eliminación del riesgo físico, dado que no es una persona la encargada de inspeccionar los espacios, siendo estos en la mayoría de casos hostiles al ser humano, es decir, ambientes tóxicos, lugares de mucha altura, espacios reducidos, entre otros factores. Además de lo anterior expuesto, se suman los beneficios de realizar las labores de inspección en solo una fracción del tiempo requerido de forma manual, ahorro en gastos de logística y en equipos de seguridad.

Por medio de la investigación también se pudo explorar los diferentes tipos de robots que existen y sus características morfológicas llegando a la conclusión de que los robots móviles autónomos serían la mejor opción siempre que sean asistidos por el control humano remoto, de esta forma el robot puede moverse de una manera segura por medio de su entorno siendo guiado por un operador calificado. La morfología del robot dependerá del entorno donde deba desenvolverse, sin embargo, la morfología aérea puede atender más casos en comparación con las morfologías terrestres y anfibia.

Como conclusión final, los robots utilizados para esta tarea deben contar con el equipamiento adecuado, ser construidos a prueba de colisiones y condiciones hostiles, contar con cámaras de alta calidad para obtener datos fidedignos además de un sistema amplio de iluminación que sea oblicua y aprueba de agua y polvo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, J., Romero, H., Rodríguez, Á., Pérez, F., & Carpes, G. (2019). Diseño y desarrollo de un robot aéreo para la inspección de colectores de saneamiento. XI Jornadas de Automática. doi:<https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497169.647>
- Benitez, J. (2017). Plan de negocios para la creación de una empresa de consultoría para la inspección de recubrimientos marinos. Recuperado el 18 de Junio de 2022, de <https://docplayer.es/88058470-Plan-de-negocios-para-la-creacion-de-una-empresa-de-consultoria-para-la-inspeccion-de-recubrimientos-marinos-autor-john-benitez-granados-directora.html>
- Corrella, E. (2021). Diseño y desarrollo de un simulador de código abierto para un robot submarino de propósito general. *Tecnología en Marcha*, 34(5), 101-108. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8158930>
- Díaz, C. A. (2018). Robótica aplicada a la elaboración de un brazo robótico solucionador de SUDOKUS por medio de redes neuronales. Institución Universitaria Politécnico Granacolombiano. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10823/1613>
- García, N., & Molina, C. (2019). Desarrollo de un robot móvil terrestre semi-autónomo con acceso remoto. Trabajo de grado que se presenta como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, Universidad de Ibagué. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12313/1296>
- Hoshyar, A., Rashidi, M., & Liyanapathirana, R. (2019). Algorithm development for the non-destructive testing of structural damage. *Applied sciences*, 9(14). doi:<https://doi.org/10.3390/app9142810>
- Intel Corporation. (2022). Cómo está la robótica dando forma al mundo actual. Recuperado el 15 de Junio de 2022, de Tipos de robots: Cómo las tecnologías robóticas están dando forma al mundo actual: <https://www.intel.es/content/www/es/es/robotics/types-and-applications.html>
- Martín, S., & Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación bibliotecológica*, 31(71), 151-180. doi:<https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2017.71.57814>.
- Reyes, A., Sánchez, A., Guevara, F., & Toriz, A. (2018). Planificación de movimientos para robots aéreos no tripulados. *Research in Computing Science*, 147(7), 99-113. Obtenido de

https://www.rcs.cic.ipn.mx/2018_147_7/Planificacion%20de%20movimientos%20para%20robots%20aereos%20no%20tripulados.pdf

Rozo, T., & Pallares, B. (2021). Diseño y construcción de un robot móvil autónomo para localización y mapeo simultáneo (SLAM) en ambientes cerrados domésticos. Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico, Universidad Santo Tomás. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/34735>

Salimbeni, S., Bonacina, M., & Mamani, D. (2021). Analisis de viabilidad técnica para el uso de Cobots en pymes manufactureras: un caso de estudio. XIX Congreso Internacional de Ingeniería Industrial, Buenos Aires. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Salimbeni/publication/354864086_Technical_feasibility_analysis_for_the_use_of_Cobots_in_manufacturing_SMEs_a_case_study/links/6151d1cff8c9c51a8af9f8f7/Technical-feasibility-analysis-for-the-use-of-Cobots-in-manu

Sasamoto, H., Velásquez, R., Gutiérrez, S., Méndez, L., & Goñi, G. (2021). Modelo matemático y análisis estructural de un vehículo de guiado automático para la industria 4.0. *Pistas Educativas*, 43(139), 762-779.

Taborda, J., & Loaiza, Y. (2018). Espacios confinados investigaciones realizadas en Colombia de 2013 a 2018. Monografía para optar por el título de especialista en seguridad y salud en el trabajo, Universidad Católica de Manizales, Cali, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/2176>

Valero, D., Orozco, J., Córdoba, J., Noreña, O., Gómez, M., Jinete, M., & Gutiérrez, J. (2021). Algoritmos para el procesamiento de imágenes implementados en el robot humanoide Inmoov. *Revista EIA*, 18(36), 12-12. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8025666>

Viramontes, J. (2019). Simulación y optimización de un sistema de AGV y almacén automático. Trabajo Fin de Grado, Universidad Da Coruña. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2183/24190>