



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo de Integración Curricular

**Trabajo de integración curricular previa a la obtención del Título de Ingeniería en
Mecánica Automotriz**

**Lineamientos para la implementación de vehículos de guiado automático para el
transporte autónomo de carga dentro de entornos industriales**

Autores:

Ariel Isaac Martínez González

Director:

Msc. Luis Montenegro

Certificación de autoría

Yo Ariel Isaac Martínez González declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mi derecho de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



Ariel Isaac Martínez González

Aprobación del tutor

Yo, Luis Montenegro, certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Msc. Luis Montenegro

Dedicatoria

A mis amigos, quienes han sido mi sostén incondicional, brindándome risas, consuelo y apoyo en cada paso del camino, mi familia, por su amor inquebrantable y constante aliento, guiándome con sabiduría y paciencia. A mis profesores, cuya dedicación y mentoría han moldeado mi mente y mi carácter. Con gratitud y nostalgia, les digo adiós, llevando conmigo los valiosos recuerdos y enseñanzas compartidas.

Ariel Martínez

Agradecimiento

Agradezco sinceramente a la Universidad Internacional del Ecuador por brindarme las herramientas académicas y el entorno necesario para mi crecimiento profesional. Extiendo mi gratitud a todos mis profesores por compartir su conocimiento y por guiarme a lo largo de esta etapa formativa. En especial, agradezco a mi tutor, el Msc. Luis Montenegro, por su apoyo, orientación y valiosas sugerencias, las cuales fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

Ariel Martínez

Índice de contenido

Certificación de autoría.....	2
Aprobación del tutor.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Introducción.....	9
Marco Teórico.....	10
Vehículos de guiado automático.....	10
Categorías de AGVs.....	11
Niveles de autonomía.....	13
Tecnología y sensores.....	15
Sensor.....	15
Controlador integrado.....	16
Actuadores.....	16
Comunicación y sistema de control de guía.....	16
Navegación.....	17
Navegación fija.....	18
Navegación abierta.....	19
Ventajas y desventajas de los AGV en el transporte de carga.....	22
Normativas.....	23
Estudio de caso.....	24
Materiales y métodos.....	26
Resultados y discusión.....	27
Conclusiones.....	40
Recomendaciones.....	41
Bibliografía.....	42
Anexos.....	43

LINEAMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS DE GUIADO AUTOMÁTICO PARA EL TRANSPORTE AUTÓNOMO DE CARGA DENTRO DE ENTORNOS INDUSTRIALES

Msc. Luis Montenegro. lumontenegroba@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

Ariel Martinez- Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador

armartinezgo@internacional.edu.ec, Quito - Ecuador

RESUMEN

Introducción: El desarrollo industrial actual ha impulsado la adopción de tecnologías de automatización, destacándose los vehículos de guiado automático (AGVs), usados como herramientas para optimizar el transporte interno de carga en entornos industriales, al ofrecer ventajas en la seguridad, minimizando errores de tipo humano, incrementando la productividad y permitiendo tener un control del transporte de carga de manera automatizada. El presente artículo tiene como objetivo diseñar una guía técnica que facilite la implementación de AGVs en el Distrito Metropolitano de Quito, considerando lo beneficioso de su implementación en las empresas. **Metodología:** La investigación adoptó un enfoque cualitativo con un alcance exploratorio, se aplica el método deductivo, basado en la revisión bibliográfica de material relacionado con el tema, la herramienta de investigación corresponde a una entrevista estructurada aplicada a un experto. En la discusión se analizaron las características técnicas de los AGVs estableciendo lineamientos detallados que cumplen con normativas internacionales como la ISO 3691-4:2023. **Resultados:** Los resultados revelan que la implementación de AGVs en Ecuador se encuentra en una etapa inicial, apenas una empresa ha apostado por la inversión de esta tecnología. La oferta de vehículos se enmarca en varios tipos para el manejo de carga, que utilizan baterías de litio y navegación por láser como configuraciones preferidas debido a su precisión, sin embargo, el principal obstáculo que enfrentan es la desconfianza del público en la automatización. **Conclusión:** La guía técnica elaborada proporciona un enfoque sistemático y un paso a paso sobre como implementar AGVs en industrias del país, desde abordar en el diseño de rutas, la selección de vehículos y baterías, y las medidas de seguridad necesarias, siendo un aporte significativo para la industrialización local y la transición hacia sistemas logísticos más sostenibles.

Palabras clave: Automatización industrial, Normativas ISO, Sistemas de navegación, Transporte de carga, Vehículos de guiado automático.

LINEAMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS DE GUIADO AUTOMÁTICO PARA EL TRANSPORTE AUTÓNOMO DE CARGA DENTRO DE ENTORNOS INDUSTRIALES

Msc. Luis Montenegro. lumontenegroba@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

Ariel Martinez- Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador

armartinezgo@internacional.edu.ec, Quito - Ecuador

ABSTRACT

Introduction: The current industrial development has driven the adoption of automation technologies, with automatic guided vehicles (AGVs) standing out as tools to optimize internal cargo transportation in industrial environments. These vehicles offer advantages in terms of safety, minimizing human errors, increasing productivity, and enabling automated control of cargo transport. This article aims to design a technical guide to facilitate the implementation of AGVs in the Metropolitan District of Quito, highlighting the benefits of their adoption by companies. **Methodology:** The research adopted a qualitative approach with an exploratory scope, applying the deductive method based on a bibliographic review of materials related to the topic. The research tool used was a structured interview with an expert. The discussion analyzed the technical characteristics of AGVs, establishing detailed guidelines that comply with international standards, such as ISO 3691-4:2023. **Results:** The results reveal that the implementation of AGVs in Ecuador is in its early stages, with only one company having invested in this technology. The available vehicles include various types for cargo handling, with lithium batteries and laser navigation being the preferred configurations due to their precision. However, the main obstacle faced is public mistrust of automation. **Conclusion:** The developed technical guide provides a systematic approach and step-by-step guidance on implementing AGVs in the country's industries, covering aspects such as route design, vehicle and battery selection, and necessary safety measures. This guide represents a significant contribution to local industrialization and the transition toward more sustainable logistics systems.

Keywords: Industrial automation, ISO standards, Navigation systems, Cargo transportation, Automatic guided vehicles.

Introducción

El crecimiento de las industrias modernas, promovido por la Cuarta Revolución Industrial, ha llevado a una integración de sistemas de automatización que responden a la necesidad de mayor productividad, flexibilidad y eficiencia. Este cambio ha transformado los entornos industriales, exigiendo soluciones que optimicen la logística interna y reduzcan los costos operativos (Schwab, 2016). Dentro de este panorama, los vehículos de guiado automático (AGV) han aparecido como una herramienta clave, permitiendo el transporte autónomo de materiales y productos en entornos dinámicos. Desde sus primeras aplicaciones en la década de 1950, basadas en guías físicas como cables enterrados, los AGV han evolucionado hacia sistemas más inteligentes que incorporan sensores avanzados y tecnologías inalámbricas, alineándose con los principios de la Industria 4.0. Esta evolución plantea la necesidad de evaluar cómo estas tecnologías pueden ser implementadas en el país para maximizar su impacto en sectores de fábricas industriales.

En el sector industrial, los AGVs han demostrado ser una solución efectiva para la gestión de materiales, especialmente en fábricas y centros logísticos debido a su capacidad para operar de manera continua, sin las limitaciones físicas de los trabajadores humanos, mejorando significativamente la operación del manejo de materiales. Estudios destacan que los AGVs ofrecen flexibilidad, largas jornadas de trabajo y seguridad, características importantes para los entornos de producción modernos, además, su implementación permite la integración de múltiples vehículos coordinados por un sistema de control central, lo que optimiza tareas complejas y reduce riesgos de colisiones mediante sistemas de frenado de emergencia y navegación autónoma (Oyekanlu, et al., 2020). La problemática planteada subraya la importancia de desarrollar lineamientos claros que orienten la integración efectiva de AGV en entornos industriales locales.

Este artículo se plantea como objetivo desarrollar una guía técnica que brinde lineamientos para la implementación de vehículos de guiado automático en entornos industriales en el Distrito Metropolitano de Quito. Para ello, se fundamenta teóricamente el funcionamiento de los vehículos y los sistemas asociados, además se busca el criterio de un experto en el área para validar los lineamientos propuestos y asegurar su aplicabilidad local, se evalúan las tecnologías disponibles a nivel nacional, y se desarrolla una guía técnica para la implementación de AGV en entornos industriales, con el propósito de facilitar su integración y promover un sistema logístico más eficiente, seguro y sostenible.

Marco Teórico

Vehículos de guiado automático

Los AGVs (vehículo guiado automatizado), son vehículos programables diseñados para el transporte autónomo de materiales, ampliamente utilizado en la industria y la logística. Su estructura incluye un chasis, controlador embebido, motores, sensores de navegación y prevención de colisiones, dispositivos de comunicación, baterías y, en algunos casos, mecanismos para manipulación de carga. Los AGV emplean tecnologías avanzadas para navegar, evitar obstáculos y realizar tareas de manera precisa y segura, operando de forma continua y coordinada bajo un sistema de control centralizado (Moshayedil et al., 2019).

El diseño modular de los AGV permite adaptarse a diversas aplicaciones, desde el manejo de materiales en almacenes y líneas de ensamblaje hasta el transporte de residuos peligrosos en industrias especializadas. Gracias a su capacidad de operar por largos turnos de 8h 12 y hasta 24 horas, estos sistemas mejoran la productividad reduciendo tiempos de inactividad y errores humanos. Asimismo, los AGV son supervisados por un sistema de control centralizado, que coordina múltiples unidades para garantizar la fluidez de las operaciones, la seguridad en la ejecución de tareas y la escalabilidad del sistema según las necesidades de cada empresa.

Figura SEQ Figura * ARABIC 1 *Vehículos de guiado automático*



Fuente: Jungheinrich (2022)

La implementación AGVs se realiza en fabricas o empresas que buscan optimizar sus operaciones internas de transporte y manejo de materiales mediante la automatización. A continuación, se describen los escenarios más comunes en los que esta tecnología se aplica:

- Operaciones repetitivas con transporte constante de materiales entre puntos definidos.
- Altos volúmenes de carga que requieren movimiento continuo sin interrupciones.
- Reducción de riesgos laborales en ambientes con potencial de accidentes.
- Jornadas largas donde el uso de operarios humanos implica riesgos de fatiga, cansancio o sueño.
- Almacenamiento vertical con manejo de cargas en estanterías.
- Altos costos operativos asociados al uso de vehículos manuales y personal.

Categorías de AGVs

Dado que los AGVs tienen múltiples áreas de aplicación, su diseño y características pueden variar considerablemente, la mejor manera de clasificarlos es según las cargas que transportan de esta forma (Ullrich, 2015). A continuación, la tabla 1 explica las principales categorías de AGVs, destacando sus funcionalidades, aplicaciones y ventajas particulares.

Tabla 1 *Categorías de AGV*

Categoría	Fotografía
Coches automáticamente guiados: Representan el tipo más fundamental de AGVs, estos coches siguen un camino predeterminado marcado por imanes en el suelo, cinta magnética o una línea pintada, lo que los hace ideales para tareas repetitivas como el transporte de materiales entre puntos fijos. Sus aplicaciones más comunes incluyen las líneas de ensamblaje, donde su funcionamiento sencillo apoya un flujo de trabajo constante.	

Carretilla elevadora:

Estos vehiculos combinan la versatilidad de las carretillas elevadoras tradicionales con la navegación autónoma. Son capaces de levantar y transportar palets. A diferencia de las carretillas elevadoras manuales, su operación autónoma minimiza el riesgo de accidentes y mejora la eficiencia al operar de manera continua sin fatiga.



Carretilla de remolque o de tiron:

Están diseñados para tirar de carros o remolques cargados con mercancías. Son especialmente utiles para mover cargas pesadas a través de grandes instalaciones, como plantas de fabricación de automóviles, donde los materiales deben ser transportados desde áreas de almacenamiento hasta las líneas de producción.



Transportadores de carga unitaria

Transportan cargas individuales, como palets o contenedores grandes, directamente sobre sus estructuras. Estos AGVs mueven artículos desde áreas de almacenamiento hasta sitios de producción, optimizando el manejo de cargas al eliminar la necesidad de equipo adicional para cargar y descargar.



Transportadores de carga pesada

Son AGVs de alta resistencia, diseñados para transportar cargas extremadamente pesadas o sobredimensionadas. Su construcción robusta permite aplicaciones en industrias como la fabricación de acero y maquinaria pesada, donde mueven artículos grandes que superan la capacidad de otros tipos de vehículos.



AGVs personalizados

Son soluciones específicas diseñadas para abordar desafíos operativos en diversos sectores, como la aeronáutica y la fabricación especializada. La personalización permite equipar AGVs con herramientas y software adaptados a las necesidades únicas de cada industria.



Fuente: Autoría propia

Niveles de autonomía

La sociedad de ingenieros automotrices (SAE) estructuró diferentes niveles de autonomía del vehículo basados en sus funciones y en el nivel de intervención humana que se requiere al conducir (Dimitrakopoulos et al., 2021), esta clasificación detallada en la tabla 2 abarca desde el nivel 0 hasta el nivel 5, en ella, se describen las características de cada nivel tocando aspectos como la asistencia en la dirección, la percepción del entorno y el respaldo del sistema.

Tabla 2 SAE niveles de autonomía estándar J3016

Nivel	Nombre	Dirección y aceleración	Percepción	Respaldo	Capacidades del sistema
<i>Persona en cargo de la percepción</i>					
0	No automatización	Conductor	Conductor	Conductor	Ninguna
1	Asistencia de conductor	Conductor + Sistema	Conductor	Conductor	Algunos modos de manejo
2	Automatización parcial	Sistema	Conductor	Conductor	Algunos modos de manejo
<i>Sistema en cargo de la percepción</i>					
3	Automatización Condicional	Sistema	Sistema	Conductor	Algunos modos de manejo
4	Automatización elevada	Sistema	Sistema	Sistema	Algunos modos de manejo
5	Automatización Completa	Sistema	Sistema	Sistema	Todos los modos de manejo

Fuente. SAE International. (2021).

A continuación, se describe los niveles de autonomía considerando su participación en el proceso:

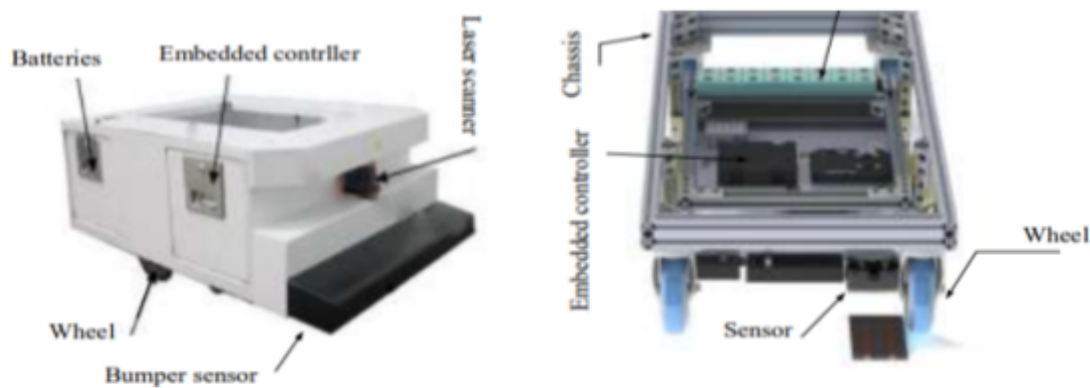
- Nivel 1: El control es compartido entre el conductor y el sistema, aunque el conductor debe estar listo para tomar el control en cualquier momento.
- Nivel 2: El vehículo puede controlar ocasionalmente aspectos como la dirección del carril y la velocidad, pero se requiere que el conductor supervise el sistema constantemente.
- Nivel 3: Permite al vehículo tener control total en situaciones específicas, notificando al conductor cuando debe retomar el control.

- Nivel 4: El vehículo tiene casi el control total durante la mayor parte del trayecto, en la mayoría de las condiciones, y se requiere una intervención mínima del conductor.
- Nivel 5: El vehículo es completamente autónomo y opera por sí solo en todas las condiciones sin necesidad de intervención del conductor, es en esta categoría donde se encuentran los AGV.

Tecnología y sensores

Los AGV están contruidos sobre un chasis sólido, controlador integrado, motores, sensores dispositivos de comunicación y batería, algunos de ellos tienen un dispositivo de transferencia de carga. Los diseños, dispositivos y componentes pueden variar según el fabricante, a continuación, en la figura 2 se puede apreciar los componentes básicos que la mayoría de vehículos poseen.

*Figura SEQ Figura * ARABIC 2 Componentes del AGV*



Fuente: CITATION Rob22 \l 2058 (Roboteq, 2022)

Sensor

Un sensor “es un dispositivo que puede detectar acciones o estímulos externos y responder de acuerdo a ellos, además de modificar una propiedad en función de magnitudes físicas o químicas, convirtiéndolas en variables eléctricas” (Angeles , 2019). Las cámaras hacen el trabajo de los ojos humanos y observan el panorama para entender lo que les rodea. Por ejemplo, los vehículos autónomos de Waymo están equipados con una combinación de cámaras, radares y sensores LiDAR para asegurar una percepción precisa del entorno. Este sistema de cámaras ofrece una visión de 360 grados alrededor del vehículo, mientras que el radar utiliza ondas de radio para detectar objetos y medir distancias, incluso en condiciones climáticas adversas.

Controlador integrado

Todo el control se lleva a cabo mediante un software que se encargan de procesar la información que obtienen de los sensores a través de algoritmos avanzados de percepción y pre-programados, eso reduce la necesidad de ser monitoreados o manipulados por un operador humano.

El nivel de inteligencia del AGV depende directamente del controlador que se use, estos pueden ser microcontroladores o PLC. Estos están encargados de capturar los datos de sensores, comunicándose con el sistema de control central y controlando el movimiento del vehículo (Feledy & Luttenberger, 2017). Algunos esquemas avanzados utilizan un potente chip ARM que ejecuta el Sistema Operativo de Robot (ROS) para gestionar estas tareas.

Actuadores

Tienen la función de generar fuerza para activar o controlar otros dispositivos mecánicos, su trabajo es transformar las señales eléctricas provenientes de la unidad de control en acciones precisas, para hacer que el vehículo ejecute tareas de manejo con precisión. Están compuestos de motores eléctricos y mecanismos electromagnéticos que se encargan de gestionar los diferentes sistemas del vehículo (Dimitrakopoulos et al., 2021). Como, por ejemplo, el sistema de dirección electrónica que permite al vehículo ajustar automáticamente el ángulo de las ruedas para mantenerse en su carril, cambiar de dirección o realizar maniobras evasivas en tiempo real, o también los sensores de posición y velocidad que, junto con cámaras y radares, capturan continuamente la información del entorno. La información recibida es procesada por la unidad de control, que envía instrucciones precisas a los actuadores eléctricos para modificar la dirección del vehículo de acuerdo con las condiciones de la carretera y el tráfico.

Comunicación y sistema de control de guía

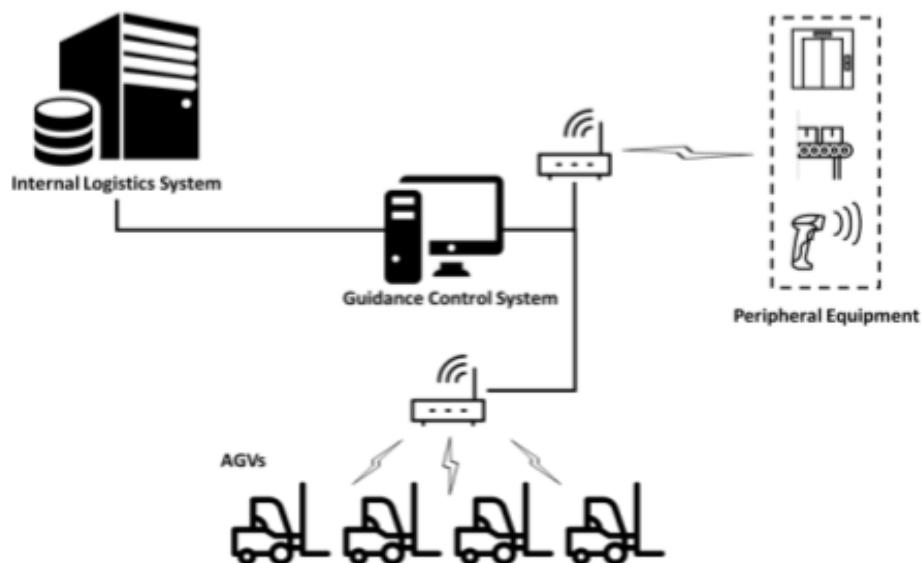
El sistema de guiado de los AGVs consiste de dos partes: el sistema físico y el sistema de orden, ejecutan las tareas operativas, pero no son completamente autónomos y no toman decisiones independientes; necesitan un sistema de coordinación que les ayude a comunicarse y relacionarse con su entorno que le rodea y también con el sistema de operación de logística interna del sector en que se desenvuelven.

Además de estas dos partes, el sistema de control de guía también proporciona al usuario una interfaz para visualizar e interactuar con el AGVS. El sistema de control de guía

conecta los diferentes vehículos, el equipo periférico y el sistema de operación logística interna en caso de tenerlo. Esta conexión se hace mediante conexiones Wireless para garantizar la fiabilidad, se suelen utilizar WLAN con antena MIMO para tener un alto estándar de diseño de compatibilidad electromagnética (Feledy & Luttenberger, 2017).

La implementación de la tecnología 5G en los vehículos guiados automáticamente (AGV) como por ejemplo los fabricados por Ericsson y China Mobile mejora significativamente la fiabilidad y seguridad de estos sistemas. La alta velocidad de conexión y la baja latencia del 5G permiten: la comunicación en tiempo real, facilitar la conexión simultánea de múltiples dispositivos, y la seguridad en la transmisión de datos se ve reforzada, protegiendo los sistemas contra ciberataques (Port Technology Team, 2019). En conjunto, estas mejoras en la comunicación y el control de guía contribuyen a optimizar los procesos logísticos y a aumentar la eficacia operativa en la automatización industrial.

Figura SEQ Figura * ARABIC 3 Comunicación AGV



Fuente: CITATION Fel17 \1 2058 (Feledy & Luttenberger, 2017)

Navegación

Los AGV se mueven en diferentes lugares en una misma área de operaciones para cumplir determinadas tareas y para conocer su posición exacta en su sistema trazado de coordenadas requieren un sistema de navegación que los ayude a guiarse por el mapa, estos se pueden dividir en dos grupos diferentes: navegación de ruta fija y navegación de ruta abierta (Dimitrakopoulos et al., 2021).

Existen muchas ventajas y desventajas en los diferentes tipos de navegación de AGV, por ejemplo, no todas las ubicaciones son adecuadas para cada tipo de navegación, las áreas y pasillos de trabajo deben ser amplias y no deben existir objetos que bloqueen el paso, además no todos los tipos de navegación son compatibles con todas las aplicaciones y dependiendo del tipo de navegación o infraestructura se pueden requerir márgenes de error bajos, flexibilidad o menores costos.

Navegación fija

Se caracteriza por la necesidad de seguir rutas predefinidas, donde los sensores se encargan de detectar marcas o guías que pueden ser tiras de metal, imanes, cintas adhesivas o marcas de colores donde el AGV está programado para saber qué hacer cuando se reconoce la marca. En tecnologías más avanzadas se usa radiofrecuencia (RFID). La implementación de este sistema de control de guía asegura que el AGV mantenga su trayecto asignado, garantizando la precisión en la operación y el cumplimiento de los recorridos establecidos (Shneier & Bostelman, 2015). La figura 4 muestra un vehículo que navega en un camino de guías ópticas y etiquetas RFID (los cuadrados verdes junto a la línea de color) y la tabla 3 describe la diferencia entre guías de navegación inductivas, pasivas y ópticas

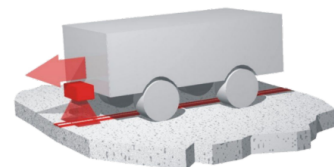
Figura SEQ Figura * ARABIC 4 Navegación fija



Fuente: Feledy & Luttenberger (2017)

Tabla 3 *Tipos de navegación fija*

Guía inductiva	Guía inductiva pasiva	Óptica
Trabaja creando un campo magnético a lo largo del camino guía. El vehículo mide el flujo magnético si detecta que se está desviando del camino guía, se vuelve a dirigir hacia él	Utiliza una tira o una cinta metálica/magnética fijada al suelo. Los sensores del vehículo detectan la tira o la cinta y este puede operar sin el camino guía, utilizando el cálculo de la ruta lo que le permite transitar entre diferentes caminos y lo hace menos dependiente de las condiciones de la cinta o tira.	Este sigue un camino guía que puede ser una cinta de color o una línea pintada mediante una cámara debajo del vehículo. Al igual que la navegación por inducción pasiva, la navegación óptica es flexible y puede operar sin el camino guía usando el cálculo de la ruta y tiene la ventaja de no verse afectada por otros metales en el suelo que podrían interferir con un campo magnético



Fuente. Feledy y Luttenberger (2017)

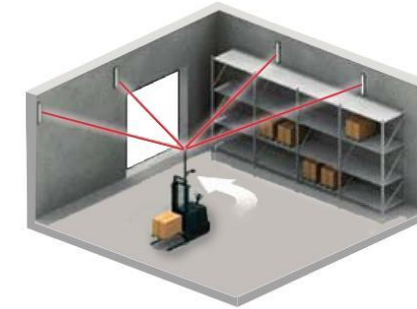
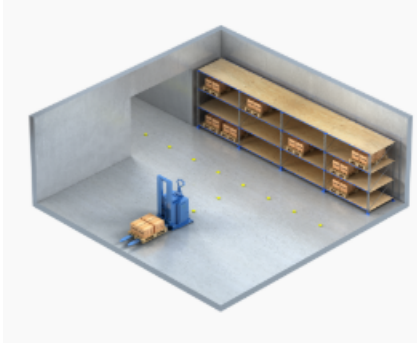
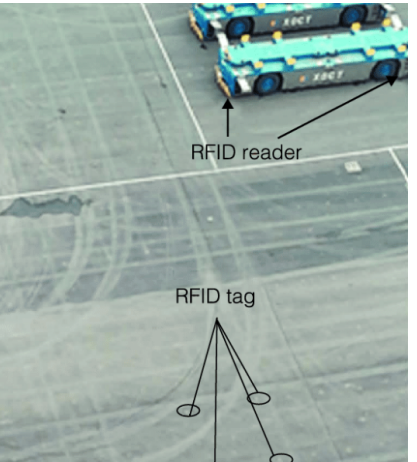
Navegación abierta

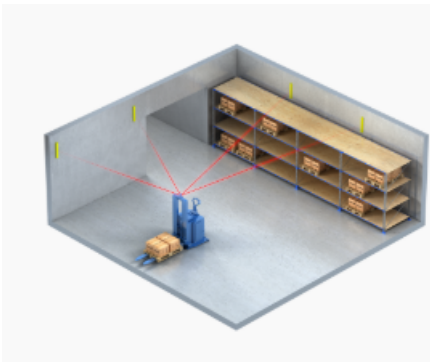
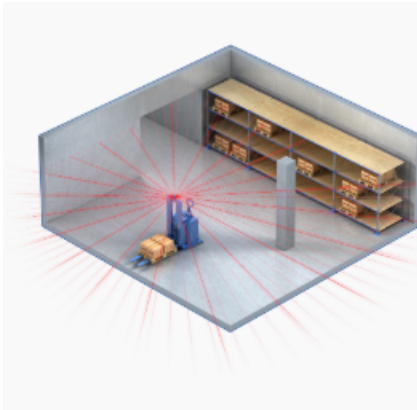
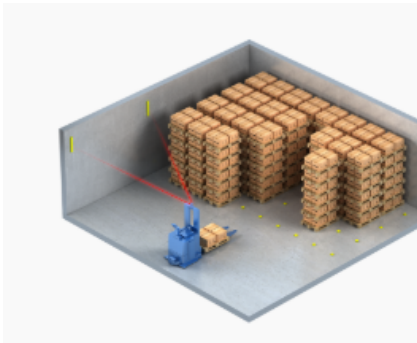
También conocida como navegación libre, es una forma de navegación que no usa guías físicas, las guías que utiliza son completamente virtuales y cuando se requieren cambios en la ruta solo se necesita una reprogramación, con esto se elimina la necesidad modificar las guías manualmente para cambiar las rutas. Aunque los AGV pueden moverse libremente por cualquier camino, necesitan un mapa de ruta para poder guiarse de manera precisa. Además,

es necesario reducir la complejidad del sistema para que la navegación sea más fluida y en caso de cambiar la ruta que no se necesiten alterar muchos factores (Martinez & Herrero, 2010).

A continuación, se describe los sistemas individuales que ayudan a la navegación abierta

Tabla 4 *Tipos de navegación abierta*

Tipo	Descripción	Fotografía
Por punto de anclaje	Es un conjunto de métodos que utiliza el cálculo de trayectoria y sitios de orientación artificial en el suelo para determinar la posición. Estos métodos dependen en gran medida de la calidad de la unidad de cálculo de trayectoria.	 Diagrama de un almacén con un forklift en el centro. Se muestran líneas rojas que representan la trayectoria o la orientación artificial en el suelo, conectando el forklift con puntos de anclaje en las paredes y estanterías.
Navegación por puntos magnéticos	Es un método que utiliza puntos magnéticos en el suelo para establecer referencias de orientación. Estos puntos consisten en imanes permanentes pasivos que se insertan en el suelo y se recubren con una capa de epoxi, vinilo o pintura.	 Diagrama de un almacén con un forklift en el centro. Se muestran puntos amarillos en el suelo que representan los puntos magnéticos utilizados para la navegación.
RFID	Es similar a la navegación por puntos magnéticos, con la diferencia de que se utilizan etiquetas RFID en lugar de imanes, colocadas en el suelo. Estas etiquetas son leídas por un lector RFID instalado en el vehículo con un alcance de lectura de hasta 1,5 m. Este sistema es económico y fácil de implementar,	 Fotografía de un almacén con un forklift en el centro. Se muestran etiquetas RFID (RFID tag) en el suelo y un lector RFID (RFID reader) instalado en el vehículo. Se indican las líneas de comunicación entre el lector y las etiquetas.

	aunque presenta sensibilidad a condiciones externas	
Navegación láser con guías artificiales	Utiliza un láser rotativo montado en la parte superior del vehículo. Este láser emite haces que se reflejan en láminas retrorreflectantes colocadas en paredes y pilares por encima de la altura de los trabajadores. Al reflejar el láser, el AGV puede triangular su posición absoluta basándose en las coordenadas conocidas de cada reflector.	
Navegación láser por contorno	Se caracteriza por no utilizar reflectores para determinar la posición del vehículo. En su lugar, el AGV aprovecha el entorno existente dentro de la instalación para orientarse. La principal ventaja de esta técnica es que no depende de reflectores externos que requieran calibración e integración en el sistema de control de guiado, lo que aumenta su flexibilidad en comparación con la navegación láser artificial. Su desventaja es la baja precisión y gran robustez	
Multi-navegación	La navegación múltiple integra dos o más tecnologías de navegación para combinar sus fortalezas individuales y mitigando sus debilidades. Esto permite que los AGVs operen en entornos complejos con requisitos variados, como instalaciones que combinan espacios abiertos con pasillos estrechamente estructurados.	

Fuente. Dimitrakopoulos et al., (2021)

Ventajas y desventajas de los AGV en el transporte de carga

A continuación, se presentan algunas de las ventajas y desventajas mas relevantes al implementar este tipo de tecnología:

Ventajas

- Reducción de costos laborales: Los AGVs disminuyen significativamente los costos asociados con el trabajo manual al encargarse de tareas repetitivas y rutinarias. Aunque la inversión inicial puede ser alta, a largo plazo se reducen los gastos relacionados con salarios, beneficios y problemas de recursos humanos, lo que genera ahorros considerables.
- Mayor seguridad: Equipados con sensores avanzados y características de seguridad, los AGVs reducen el riesgo de accidentes laborales. Pueden operar en entornos peligrosos o desafiantes para los trabajadores humanos, como temperaturas extremas o áreas con materiales peligrosos.
- Mayor precisión y productividad: Los AGVs minimizan los errores relacionados con el cansancio o descuidos humanos. Su capacidad para operar de manera continua, sin interrupciones, aumenta significativamente la productividad, asegurando un flujo constante de operaciones las 24 horas del día. (Dimitrakopoulos et al., 2021)

Desventajas:

- Inadecuados para tareas no repetitivas: Los AGVs son más eficientes en entornos controlados con tareas consistentes y repetitivas mientras que en operaciones que requieren variabilidad o juicio humano, su efectividad disminuye.
- Menor flexibilidad operativa: La dependencia de rutas y tareas predefinidas hace que los AGVs sean menos adaptables a cambios repentinos en los requisitos operativos. Mientras que los trabajadores humanos pueden ajustarse rápidamente, los AGVs requieren reprogramación o ajustes, lo que puede reducir la agilidad operativa.
- Sensibilidad a polvo en sensores: Los AGVs dependen de sensores, cámaras y otras tecnologías de navegación que pueden verse afectadas por polvo o partículas, causando ineficiencias o interrupciones.
- Mayor requerimiento de espacio para almacenamiento: En comparación con otras soluciones automatizadas como los sistemas AS/RS de almacenamiento cúbico, los AGVs necesitan pasillos más amplios para maniobrar, lo que incrementa el espacio

requerido y afecta el diseño y eficiencia del almacén. No obstante, en comparación con tecnologías como los transportadores, los AGVs son más flexibles y eficientes en el uso del espacio. (Dimitrakopoulos et al., 2021)

Normativas

La RAE define a una normativa como un conjunto de normas, reglas, disposiciones o principios que regulan el comportamiento estableciendo directrices específicas para garantizar el orden, la seguridad y el cumplimiento de objetivos sobre un tema determinado. La normativa para los AGVs se desarrolló por primera vez en 1997 denominada como la UNE-EN 1525, en ella se describió las directrices iniciales y características de seguridad que deben incorporar estos vehículos, destacando por ejemplo las paradas de emergencia accesibles, señales auditivas y visuales, frenos mecánicos independientes y sistemas de protección de persona (Feledy & Luttenberger, 2017). Posteriormente con el avance de la tecnología nuevas normativas se tuvieron que desarrollar o expandir, en la siguiente tabla se detalla normativas referentes a los vehículos de autoguiado.

Tabla 5 *Normativas para AGV*

Normativa	Descripción
ISO 3691-4:2023	Requisitos de seguridad y desempeño sobre vehículos industriales en general, no está específicamente enfocada en AGVs pero establece los requisitos de seguridad para vehículos industriales motorizados en general, incluidos los montacargas y otros equipos de manejo de materiales, tanto en interiores como en exteriores.
ANSI/ITSDF B56.5-2019	Estándares para sistemas automatizados de transporte y manipulación de materiales
UL 3100	Parámetros de seguridad eléctrica para equipos automatizados.
ISO 12100:2010	Proporciona directrices para la identificación de riesgos y la reducción de peligros en el diseño y la construcción de los vehículos o maquinas en sector industrial

ISO 2328	Especifica las dimensiones de montaje para los brazos de horquilla con gancho y tableros porta-horquillas utilizados en carretillas elevadoras estandarizar los enganches para facilitar la compatibilidad entre diferentes fabricantes de carretillas.
ISO/IEC TR 24729-3:2009	Proporciona directrices para la implementación y operación de sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en aplicaciones logísticas. ISO
ISO 13194:2011	Establece los requisitos principales y los métodos de prueba para los palets tipo caja (box pallets), utilizados para el transporte y almacenamiento de mercancías en el área de logística, almacenamiento y manejo de materiales,
ISO/TR 22100-5:2021	Directrices sobre la seguridad de las máquinas en entornos donde se utilizan sistemas de vehículos guiados automáticos (AGV) enfocadas principalmente al área de seguridad industrial y automatización,

Fuente. Autoría propia

Estudio de caso

Un estudio realizado a la Industria de Brazil por Aguiara et al. (2019) señala que la mayor cantidad de errores se deben al factor humano y en su investigación se plantearon identificar los factores clave para el éxito en la implementación sostenible de vehículos de guiado autónomo en la gestión de la cadena de suministro industrial en Brasil.

Basándose en las prestaciones que ofrecen los AGVs como: mejorar la seguridad reduciendo errores humanos, minimizar costos operativos, programación flexible y capacidad para operar por largos periodos de tiempo, se ha visto la necesidad de resaltar los resultados obtenidos en tres categorías principales que influyen en la productividad de la industria siendo esto el factor económico, ambiental y social.

Tabla 6 *Impacto de los AGV*

Factores Económicos	Factores Ambientales	Factores Sociales
----------------------------	-----------------------------	--------------------------

Análisis de viabilidad financiera para evaluar costos de inversión y operación.	Reducción de emisiones al utilizar AGVs eléctricos o híbridos.	Mejora en la seguridad laboral mediante la reducción de accidentes.
Optimización del mantenimiento para reducir costos a largo plazo.	Gestión energética eficiente mediante políticas de ahorro energético.	Creación de empleos calificados para la gestión y mantenimiento de AGVs.
Minimización de costos laborales mediante automatización eficiente.	Uso de herramientas de evaluación ambiental para medir impactos sostenibles.	Ergonomía mejorada al eliminar tareas pesadas y repetitivas.
Gestión de inventarios y flujo de materiales para mejorar la productividad.		

Fuente. Aguiara et al. (2019)

Por otro lado, la publicación por la Serbian Journal of Management en donde se detalla 2 casos de la implementación de AGV. El primer caso es de una fábrica de motores y cajas de cambio en Portugal llamada Alpha; la fábrica implementó para automatizar el suministro y recolección de materiales hacia y desde las líneas de ensamblaje. Antes, estas tareas se realizaban con montacargas y trenes de arrastre manuales. El segundo caso se implementó para transportar productos terminados desde las líneas de ensamblaje al almacén de despacho, reemplazando trenes manuales (Hrušecká et al., 2019).

En la tabla 7 se presentan los resultados encontrados y como beneficiaron las empresas que decidieron optar por las nuevas tecnologías, considerando los diversos casos de implementación AGV.

Tabla 7 Resultados en casos de implementación AGV

Caso	Descripción
Caso 1	Reducción de tráfico y distancias: Los trayectos se redujeron en un 35% (de 400 m a 260 m). Seguridad laboral mejorada: Disminuyó el uso de montacargas, reduciendo riesgos de accidentes.

	Flexibilidad incrementada: El sistema ahora soporta incrementos de hasta 15% en la producción. Ahorro económico: Se redujo el número de operadores logísticos de tres a dos por turno. Retorno de inversión (ROI): Se estimó en 1.4 años, gracias a menores costos laborales y reducción en el uso de vehículos manuales.
Caso 2	Optimización de rutas: Se dividieron circuitos en dos, eliminando esperas en cruces y calles estrechas. Automatización de carga/descarga: Se redujo el tiempo de estas tareas a 6 segundos mediante procedimientos estandarizados. Ahorro en mano de obra: Se eliminaron 4 operadores manuales, sustituidos por AGVs. Retorno de inversión (ROI): Se estimó en menos de 1 año, debido a la reutilización de bases rodantes existentes y ahorro de personal.

Fuente. (Hrušecká et al., 2019).

En conclusión, los AGV son aplicados en diversas industrias, principalmente en la logística, manufactura y automotriz, para optimizar procesos de transporte, manipulación de materiales y reducir costos operativos. Empresas industriales como BMW, Toyota, Volkswagen y Hyundai los utilizan para trasladar piezas y componentes en las líneas de montaje, como también es usual encontrarlos en empresas o depósitos de logística y distribución para mover su inventario como Amazon Robotics, FedEx, UPS, DHL, Martorell, XPO Logistics, C.H. Robinson, DB Schenker y Kuehne + Nage.

Materiales y métodos

El estudio adoptó un enfoque cualitativo, como lo describe (Galeano, 2020), utilizando diversas herramientas para profundizar en las perspectivas de los autores sobre un tema específico, el alcance es exploratorio, al recopilar información de libros y artículos que detallan la situación analizada. El tipo de investigación corresponde a la bibliográfica ya que de acuerdo a (Cerdeira, 2021), destaca que una investigación documental implica un proceso sistemático de búsqueda, recolección y análisis de recursos relevantes, basados en conocimientos previos.

Como técnica de investigación se empleó la entrevista estructurada a un experto en vehículos de guiado automático con el propósito de recopilar información acerca de la

implementación de los AGV en Ecuador. Los datos obtenidos fueron recopilados y organizados, aplicando el método deductivo, el cual, según (Hernández , Collado , & Lucio, 2014) facilita la construcción de una base conceptual general que se va refinando hasta alcanzar conclusiones aplicables a contextos específicos. A partir de los conceptos generales obtenidos sobre los vehículos y sus sistemas, se realizó un análisis enfocado en el ámbito industrial del distrito metropolitano de Quito, lo que permitió establecer los lineamientos presentados en forma de una guía técnica.

La información se obtuvo a través de seis bases de datos Google Scholar, ScienceDirect, IEEE Xplore, Scopus, Web of Science y Wiley donde se verificó que la información se encuentre entre los años 2010 a 2024 guiados por las palabras claves: “vehículo de guiado autónomo” “implementación de vehículos de guiado autónomos,” “transporte de carga automatizado”. Por un lado, como criterio de inclusión se basó en la recopilación de documentos publicados entre 2010 y 2024 en inglés y español, relacionados con aspectos técnicos, regulatorios y operativos de los AGV, basados en estudios académicos y fuentes reconocidas. Por otro lado, como criterios de exclusión se descartó a investigaciones sobre entornos rurales, artículos no respaldados por datos y AGV con autonomía de nivel 0 a 3.

Resultados y discusión

Presentación de Resultados

Los resultados de la entrevista al experto señalan que la implementación de vehículos de autoguiado en el Ecuador se encuentra en una fase temprana de adopción, es así que en el mercado actual solamente se cuenta con la compañía Jungheinrich que está apostando todo por estos vehículos, el proyecto lleva desde el 2020, donde las industrias beneficiadas del ingreso de esta tecnología son de mediana y gran escala, tales como: logística, farmacéutica, alimentos y manufactura debido a sus altos volúmenes de transporte interno.

Además, enfatiza que el desafío de superar la resistencia al cambio y educar al mercado sobre los beneficios de la automatización es complejo, a causa de la desconfianza por parte de las nuevas tecnologías que permiten que el vehículo opere de manera autónoma. En cuanto al proceso de implementación manifiesta que actualmente se realiza una evaluación detallada de las necesidades del cliente, para luego de un análisis de la

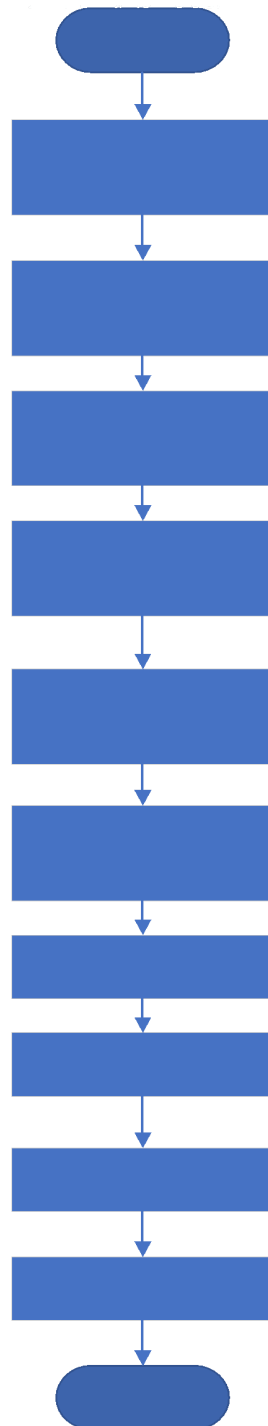
infraestructura de esta manera se trace la ruta y se puede seleccionar el equipo adecuado en conjunto con la batería.

Finalmente, resalta la tecnología inalámbrica que permite que los vehículos puedan comunicarse entre sí y también ser supervisados por un encargado en un dispositivo móvil o en una laptop través de Wi-Fi, permitiendo su integración con otros sistemas de control como WMS; que además como medidas de seguridad implementan: sensores de impacto, alarmas visuales, auditivas, y velocidades reguladas que no superan el ritmo de caminata de un humano promedio.

Discusión de resultados

Para el desarrollo de la guía se considera el procedimiento previamente detallado y se esquematiza en el siguiente diagrama de flujo.

*Figura SEQ Figura *ARABIC 5 Diagrama proceso implementación de AGV*



Fuente. Autoría propia

A continuación, se detalla los pasos de la guía para cada fase de la implementación de vehículos de autoguiado.

Paso 1: Análisis de layout e infraestructura del lugar

La empresa contratante deberá entregar un plano detallado que representa visualmente la distribución de un espacio físico, donde operarán los vehículos autoguiados, se puede desarrollar cualquier software de diseño CAD como: AutoCad, Solidworks, Inventor o AnyLogic. Este plano se analiza y sirve como guía para permitir identificar la distribución del espacio y obstáculos potenciales para diseñar rutas eficientes en lugar industrial.

En la tabla 8 se describe las variables generales al evaluar la infraestructura y el espacio del lugar, enfocándose en los aspectos más importantes para asegurar la factibilidad de los AGVs con las directrices establecidas en la norma ISO 3691-4:2023.

Tabla 8 *Consideraciones iniciales*

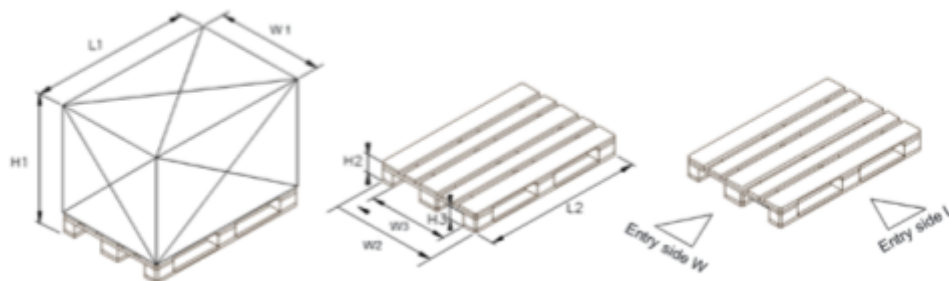
Categoría	Descripción
Tamaño de pasillos	2.5 a 3.5 metros
Radio de giro	Espacio adicional mínimo de 1 metro en esquinas o giros.
Espacio de área de seguridad	0.5 a 1 metro respecto a paredes y equipos fijos
Superficie	Lisa nivelada antideslizante
Distribución del espacio	Incorporar líneas guías y señalización Libre de obstáculos
Condiciones de temperatura	Temperatura ambiente promedio para funcionamiento continuo: +25 °C; Temperatura ambiente máxima, a corto plazo (hasta 1 hora): +40 °C; Temperatura ambiente mínima para camiones destinados a uso en condiciones normales en interiores: +5 °C; Temperatura ambiente mínima para vehículos destinados a uso en condiciones normales en exteriores: −20 °C;

Fuente. Autoría propia

Paso 2: Descripción de la carga y flujo de trabajo

Se describe la carga que se necesita transportar con los siguientes datos: ancho, largo, alto y peso y la forma en la que debe ser transportada, esta puede ser paletizada, en contenedores, cajas, barriles, componentes sueltos. La carga comúnmente se suele transportar en pallets, de ser este el caso se recomienda contar con la información requerida en la tabla 9 y graficada en la figura 6.

Figura SEQ Figura * ARABIC 6 Medidas pallets



Fuente: Jungenrich (2022)

Tabla 9 Medidas pallets

Descripción	Unidad
Longitud total máx. L1	[mm]
Ancho total máx. W1	[mm]
Altura total máx. H1	[mm]
Largo L2	[mm]
Ancho W2	[mm]
Altura H2	[mm]
Altura de entrada de la Horquilla H3	[mm]
Ancho de entrada de la horquilla	[mm]
Peso total máx.	[kg]
Peso mín. total	[kg]

Fuente: Jungenrich (2022)

Para definir el flujo de trabajo se debe llenar la tabla 10 que corresponde a un estimado de las horas de operación que se requieren.

Tabla 10 *Flujo de trabajo*

Variable	Ejemplo
Carga por hora	5 veces
Número de días por semana	7 días
Número de turnos por día	3 turnos
Número de horas por turno	8 horas
Estimado de días de trabajo al año	240-250 días

Fuente. Autoría propia

Paso 3: Cumplimiento de la normativa

La implementación de estos vehículos en entornos industriales requiere una serie de consideraciones para cada caso y también para garantizar su correcto funcionamiento en general, para ello en este punto de la guía técnica se resaltan normativas clave que abarcan desde la seguridad, desempeño de los vehículos hasta los parámetros eléctricos y de automatización. Las normativas presentadas en la tabla 11 fueron extraídas de la biblioteca online del INEN de Ecuador, en ella presentan el nombre de la normativa y una breve descripción de su contenido.

Tabla 11 *Normativas*

Normativa	Descripción
ISO 3691-4:2023	Requisitos de seguridad y desempeño sobre vehículos industriales en general, no está específicamente enfocada en AGVs, pero establece los requisitos de seguridad para vehículos industriales motorizados en general, incluidos los montacargas y otros equipos de manejo de materiales, tanto en interiores como en exteriores.
ANSI/ITSDF B56.5-2019	Estándares para sistemas automatizados de transporte y manipulación de materiales

UL 3100	Parámetros de seguridad eléctrica para equipos automatizados.
ISO 12100:2010	Proporciona directrices para la identificación de riesgos y la reducción de peligros en el diseño y la construcción de los vehículos o maquinas en sector industrial
ISO 2328	Especifica las dimensiones de montaje para los brazos de horquilla con gancho y tableros porta-horquillas utilizados en carretillas elevadoras estandarizar los enganches para facilitar la compatibilidad entre diferentes fabricantes de carretillas.
ISO/IEC TR 24729-3:2009	Proporciona directrices para la implementación y operación de sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) en aplicaciones logísticas. ISO
ISO 13194:2011	Establece los requisitos principales y los métodos de prueba para los palets tipo caja (box pallets), utilizados para el transporte y almacenamiento de mercancías en el área de logística, almacenamiento y manejo de materiales,
ISO/TR 22100-5:2021	Directrices sobre la seguridad de las máquinas en entornos donde se utilizan sistemas de vehículos guiados automáticos (AGV) enfocadas principalmente al área de seguridad industrial y automatización,

Fuente. Tomado del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2024)

Paso 4: Selección del tipo de vehículo

La siguiente tabla presenta una clasificación detallada de los distintos tipos de AGVs que se ofrecen en el mercado actual ecuatoriano, con una descripción que enfatiza en su función y sus prestaciones como capacidades de carga y alturas de trabajo, con esto en mente se debe seleccionar el tipo de vehículo que más se adecúe a las necesidades de la empresa o grupo contratante.

Tabla 12 *Vehículos de guiado automático*

Tipo	Descripción	Prestaciones	Oferta nacional
Apiladores automáticos	Diseñados para levantar y apilar cargas en estanterías de mediano tamaño. Son ideales para almacenes con almacenamiento vertical. Entran dentro de la categoría de carretillas elevadoras.	Motor trifásico Chasis de acero Capacidad de carga: 1300 - 1700 kg Altura de elevación: 3100 - 4400 mm Voltaje: 24v	Jungheinrich (ERC 215a, ERC 213a, ERC 217a)
Preparadora vertical	Levantar y apilar cargas en estanterías de niveles altos. Entran dentro de la categoría de carretillas elevadoras.	Motor trifásico Chasis de acero Capacidad de carga: 1500 kg Altura de elevación: 3500 - 6000 mm Voltaje: 48 V	Jungheinrich EKS 215a
Transpaletas automatizadas	Se encargan de manejar cargas de forma horizontal de palets dentro de almacenes y centros logísticos.	Motor trifásico Chasis de acero Capacidad de carga: 2500 kg Altura de elevación: 122mm Voltaje: 24 V	Jungheinrich ERE 225a
Remolcadora	Arrastra múltiples carros o remolques, facilitando el movimiento de grandes volúmenes de carga. Entran dentro de la categoría de transportadores de carga unitaria.	Motor trifásico Chasis de acero Capacidad de carga: 5000 kg Voltaje: 24 V	Jungheinrich EZS 350a

Fuente. Autoría propia

Paso 5: Batería

La elección de la batería garantiza la eficiencia operativa, la autonomía y el mantenimiento del sistema, en la tabla 13 se describen los diferentes tipos de baterías utilizados en los AGV, resaltando sus características, ventajas y limitaciones

Tabla 13 *Tipos de batería*

Tipo	Descripción
Plomo y Acido	Económicas y fiables. Son pesadas, voluminosas y tardan mucho en cargar y requieren mantenimientos. Disponibles en 24, 48 y 80 voltios, permite hasta 120 ciclos (carga/descarga) sin recargas de agua. Tiempos de carga de 6 a 8 horas y con sistemas de carga rápido de 3 a 4 horas
NiMH	Mayor densidad de energía, un tiempo de carga más corto y un peso más ligero. Son más ecológicas que las baterías de plomo-ácido, pero son más caras y tienen problemas de autodescarga. Requieren entre 3 y 5 horas para cargarse y ofrecen de 8 a 14 horas de uso.
Batería de Litio	Mayor densidad de energía, mayor vida útil hasta 3 veces más que tecnologías convencionales y mayor eficiencia durante todo el ciclo de vida. Son más ligeras y pequeñas ideales para los AGVs que necesitan maximizar el espacio y minimizar el peso. Completamente libres de mantenimiento y no emiten gas. Su carga se completa en 2 horas a 3 horas proporcionando entre 8 a 12 horas de funcionamiento continuo.

Fuente. Autoría propia

Paso 6: Selección tipo de navegación

Para seleccionar el sistema de navegación adecuado para implementar AGVs, se debe evaluar el entorno, la precisión requerida para las tareas, los costos de implementación y mantenimiento de tecnologías y la flexibilidad para adaptarse a cambios en la ruta.

Tabla 14 *Tipos de navegación*

Localización por trayectoria física		
Método	Ventaja	Desventaja
Localización inductiva	Algoritmo preciso y simple Precisión alta para objetos metálicos. Sin necesidad de línea de vista directa.	Largo y dificultoso proceso en instalar y modificar. Limitado a áreas específicas donde se aplican inductores.
Localización óptica	Algoritmo simple, económico y fácil de implementar. Bajo costo de componentes. Fácil implementación en pequeñas áreas.	Poca adaptabilidad a cambios en el entorno. Circuitos propensos a daño por colisiones.
Localización por cinta magnética	Algoritmo simple, económico y fácil de implementar. Buena resolución en trayectorias definidas.	Poca adaptabilidad a cambios en el entorno. Circuitos propensos a daño por colisiones.
Localización virtual		

Localización por punto magnético	Circuito fácilmente adaptable, preciso	Requiere bastante tiempo para instalación. Necesita infraestructura específica como imanes.
Localización láser	Circuito fácilmente adaptable, muy preciso	Sensores costosos. Necesita un entorno libre de obstrucciones para medir correctamente.
Localización GPS	Circuito fácilmente adaptable	Precisión limitada en áreas urbanas o cubiertas. Requiere tecnología adicional para corrección de errores.
Localización natural o por contorno	Circuito fácilmente adaptable, adquisición de información adicional del entorno, no se necesita infraestructura especial	Sensores costosos, no muy precisos, sensibles a materiales reflectantes

Localización guiada por visión

Localización guiada por visión	Circuito fácilmente adaptable, barato, adquisición de información adicional del entorno, no se necesita infraestructura especial	Dependencia de óptimas condiciones de iluminación para mantener precisión.
---------------------------------------	--	--

Fuente. Autoría propia

Cada método debe seleccionarse según los requerimientos específicos de la aplicación y las condiciones del entorno de operación.

Paso 7: Trazo de la ruta

Puede variar según el trabajo que se requiere y la infraestructura del lugar, para identificar estaciones se lo puede hacer de la siguiente forma:

- Carga de batería: Punto designado para recarga automática.
- Toma de materiales (Punto A): Zona para recoger materiales o pallets.
- Depósito de materiales (Punto B): Área para dejar la carga transportada.
- Recolección de envases vacíos (Punto C): Lugar donde se recogen contenedores vacíos para re-uso.

Para facilitar la identificación y circulación eficaz en la ruta se recomienda:

- Etiquetar cada estación con códigos específicos, por ejemplo: AB - toma de pallet, CD- depósito final).
- Definir ciclos de trabajo basados en demanda operativa.
- Programar repeticiones por turno según necesidades productivas.
- Favorecer curvas amplias para mejorar la maniobrabilidad de los AGVs.
- Diseñar rutas lejos de áreas congestionadas para reducir riesgos de colisión.

Paso 8: Medidas de seguridad

Las medidas de seguridad en específico se resaltan en las normativas descritas en el paso 2 (Descripción de la carga y flujo de trabajo) a continuación, se rescata los puntos en los que se pone más énfasis para asegurar que los vehículos operen de forma segura:

- Establecer rangos de velocidad de operación, e acuerdo a estudios realizados en seguridad en la normativa ISO 3691-4 se detalla que la velocidad máxima es de 2 metros por segundo o 7.2 kilómetros por hora
- Las áreas de operación de los AGV deben estar delimitadas, esto o ayuda a evitar confusiones en las rutas y garantiza un flujo de trabajo seguro.
- Garantizar suficiente espacio para que los AGV puedan maniobrar adecuadamente, evitando así que representen un peligro para los trabajadores o para otros equipos.
- Implementar sensores de proximidad, alarmas visuales y auditivas que permitan a los humanos que se encuentren alrededor interpretar el comportamiento de vehículo
- Contar con sistemas de frenado de emergencia para permitir que los AGV detecte obstáculos y personas y se detenga si es necesario.
- Según la ISO 13850:2015 el vehículo deberá contar con dos botones de emergencia para detenerse cuando estos se activen.

Paso 9: Pruebas

La tabla 15 presenta las pruebas diseñadas para validar el desempeño, la seguridad y la eficiencia operativa de los AGV en entornos industriales.

Tabla 15 Pruebas

Prueba	Objetivo	Método de Prueba	Resultado Esperado
Prueba de operación	Comprobar que el AGV realice las tareas asignadas.	Pruebas de carga y ruta dentro del entorno operativo.	Manipulaciones de carga sin errores y siguiendo la ruta trazada
Prueba de Seguridad	Verificar que el AGV cumpla con las normativas de seguridad durante la operación.	Simulaciones de posibles colisiones y situaciones de emergencia.	El AGV debe frenar de manera efectiva y evitar la colisión.
Prueba de Precisión en Navegación	Evaluar la precisión de la navegación del AGV en las rutas definidas.	Medición de desviaciones en la ruta	El AGV debe seguir la ruta con mínima desviación.
Prueba de Carga y Desempeño	Comprobar la capacidad de carga del AGV y el tiempo de operación con diferentes cargas.	Evaluar el tiempo de operación con carga y sin carga.	El AGV debe manejar la carga sin perder capacidad de operación.
Prueba de Autonomía de Batería	Asegurar que el AGV tiene suficiente autonomía para realizar su tarea sin recarga frecuente.	Monitoreo del rendimiento de la batería durante un ciclo completo.	Funcionar según lo esperado dentro de las capacidades de la batería.

Prueba de Interacción Humana	Verificar la efectividad de las alarmas y sensores de proximidad para evitar accidentes.	Simulación con personas y obstáculos en el camino que sigue al vehículo	El AGV debe detenerse o realizar una acción preventiva ante la presencia de obstáculos.
-------------------------------------	--	---	---

Fuente. Autoría propia

Paso 10: Mantenimiento

El mantenimiento de los vehículos de guiado autónomo se realiza por horas de trabajo, es importante realizarlo para asegurar un rendimiento continuo y la durabilidad en los vehículos, en él se revisan sistemas y componentes mecánicos, hidráulicos y electrónicos. En la tabla 16, se detalla un plan de mantenimiento básico el cual se debe llevar a cabo por un técnico.

Tabla 16 *Frecuencias de mantenimiento*

Frecuencia de Mantenimiento	Descripción
Cada 250 horas	Incluye revisión general de componentes mecánicos, sin necesidad de actualizaciones electrónicas.
Cada 500 horas	Inspección de desgaste mecánico, revisión de componentes clave.
Cada 1,000 horas	Cambio de fluidos, revisión de ruedas, comprobación de desgaste.
Cada 2,000 horas	Inspección de partes críticas, verificación de estado de todos los sistemas mecánicos y electrónicos.

Fuente. Autoría propia

Conclusiones

Los vehículos de guiado automático o AGVs son sistema de transporte autónomo utilizado en entornos industriales para el manejo automatizado de materiales, estos vehículos cuentan con chasis robusto, sensores de navegación, controladores integrados, actuadores, dispositivos de comunicación y baterías, permitiendo su operación continua por turnos extendidos sin necesidad de intervención humana directa. Para guiarse por la ruta utilizan tecnologías de navegación de dos tipos: guías físicas (inductivas u ópticas) y virtuales (láser,

RFID, GPS). El uso de estos vehículos optimiza la logística interna al reducir tiempos de inactividad, minimiza errores humanos y aumenta la seguridad en el lugar de trabajo.

La investigación realizada revela que la adopción de AGVs en el Ecuador se encuentra en una fase inicial con un potencial de crecimiento significativo, de donde se resalta que los únicos proveedores certificados que cuentan con estándares internacionales es la empresa Jungheinrich y los vehículos que ofrecen son los: apiladores automáticos, preparadora vertical, transpaletas automatizados y remolcadora. De la misma manera, se observó que las baterías de litio y el sistema de navegación por láser son las configuraciones más usadas por los usuarios ya que ofrecen una precisión, fiabilidad y flexibilidad. Además, a partir de una entrevista con un experto de Jungheinrich, se identificaron los principales factores que impulsan y obstaculizan la implementación de esta tecnología en el país, siendo la principal causa el miedo y la desconfianza del público por la automatización.

La guía técnica elaborada proporciona un paso a paso de como implementar los AGVs además de ofrecer lineamientos prácticos para cada etapa de la implementación, incluyendo el análisis del espacio físico, la selección de vehículos y baterías, el diseño de rutas, y las medidas de seguridad necesarias. También en la guía se incluyeron normativas internacionales relevantes que garantizan la operación segura y eficiente de estos vehículos como la ISO 3691-4:2023 y la ISO/TR 22100-5:2021. Esta guía busca facilitar la adopción de los vehículos de autoguiado apoyándose en eliminar el error humano y reemplazarlo por máquinas y así apuntar hacia un escalón más en el largo camino de la automatización

Recomendaciones

- Educar al público diseñando campañas informativas que expliquen los beneficios de los AGVs para la industria y la sociedad, destacando su capacidad para aumentar la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad para reducir el miedo al cambio y fomentar la aceptación de estas tecnologías en el ámbito local.
- Adaptar las normativas internacionales sobre seguridad y automatización al marco ecuatoriano para garantizar que la implementación de los AGVs cumpla con los más determinados estándares y sea viable en el entorno industrial.
- Al implementar AGV se debe asegurar que se cumpla con todos los requisitos para la automatización además se debe adecuar los espacios de trabajo para garantizar una operación segura, esto incluye definir rutas libres de obstáculos, implementar señalización adecuada y asegurar condiciones óptimas de iluminación y superficie.

- Consultar la guía detallada desarrollada como parte de esta investigación para llevar a cabo una implementación exitosa de vehículos de autoguiado (AGVs). Esta guía engloba los conceptos básicos de vehículos de autoguiado y presenta un enfoque estructurado con un paso a paso de como implementar estos vehículos en la industria del distrito metropolitano de Quito.

Bibliografía

- Aguiara, G., Oliveira, G., Hua, K. T., Kazantsev, N., & Settia, D. (2019). *Sustainable Implementation Success Factors of AGVs in the Brazilian Industry Supply Chain Management*. Chicago: Procedia Manufacturing.
- Angeles , F. A. (2019). *Sensor*. Pachuca: La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Dimitrakopoulos, G., Tsakanikas, A., & Panagiotopoulos, E. (2021). *Autonomous Vehicles: Technologies, Regulations, and Societal Impacts*. Elsevier.
- Feledy, C., & Luttenberger, M. S. (2017). *A State of the Art Map of the AGVS Technology and a Guideline for How and Where to Use It*. Lund: Lund University.
- Galeano, M. (2020). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Hernández , R. S., Collado , C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México : McGraw-Hill Interamericana.
- Hrušecká, D., Lopes, R. B., & Juříčková, E. (2019). *Retos en la introducción de AGVS en las líneas de producción: estudios de casos en la industria automotriz*. Zlin: Serbian Journal of Management.
- Jungenrich. (2022). *Vehículos autoguiados*. Obtenido de <https://www.jungheinrich.ec/sistemas-log%C3%ADsticos/veh%C3%ADculos-autoguiados>
- Long, L., & Hanford, S. (2007). A Review of Intelligent Systems Software for Autonomous Vehicles. En *A Review of Intelligent Systems Software for Autonomous Vehicles* (págs. 69-76). IEEE Xplore.

- LOXO AG. (19 de Septiembre de 2024). *Digital Driver Software is empowering commercial vehicles with autonomy*. Obtenido de <https://www.loxo.ch/en/>
- Martinez , H., & Herrero, D. P. (2010). *Development of a flexible AGV for flexible manufacturing systems*. Murcia: University of Murcia.
- Moshayedi1, A. J., Li, J., & Liao, L. (2019). *AGV Mission and obstacles in design and performance*. Ganzhou: Journal of Simulation & Analysis of Novel Technologies in Mechanical Engineering.
- Oyekanlu, E., Smith, A., Thomas, W., Mulroy, G., Hitesh, D., Ramsey, M., . . . Sun, D. (2020). *A Review of Recent Advances in Automated Guided Vehicle Technologies: Integration Challenges and Research Areas for 5G-Based Smart Manufacturing Applications*. New York: IEE.
- Port Technology Team. (1 de Julio de 2019). *Port Technology International*. Obtenido de Ericsson and China Mobile Unveil 5G-Powered AGV: https://www.porttechnology.org/news/ericsson_and_china_mobile_unveil_5g_powered_agv/
- Roboteq. (3 de abril de 2022). *Building a magnetic track guided AGV*. Obtenido de Building a magnetic track guided AGV: <https://www.roboteq.com/applications/all-blogs/18-building-a-magnetic-track-guided-agv>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Ginebra: World Economic Forum.
- Shneier, M., & Bostelman, R. (2015). *Literature Review of Mobile Robots for Manufacturing*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Ullrich, G. (2015). *Automated Guided Vehicle Systems*. Heidelberg: Springer.

Anexos

Anexo A

Entrevista a Oscar Paredes experto en AGVs de la empresa Jungheinrich

Fecha: 17/12/2024

Entrevistado: Oscar Paredes

Cargo/Profesión: Product Manager Jungheinrich

Entrevistador: Ariel Martinez
Medio: Videllamada plataforma Microsoft Teams

1. ¿Cuál es la situación de los AGV en el Ecuador? ¿A que industrias y de que tamaños se aplica?

La situación en el Ecuador estamos en una etapa de presentación del concepto. ¿Qué quiero decir con esto? El concepto de automatizar se da justamente por el hecho de que las industrias necesitan un movimiento repetitivo en muchas veces dos turnos, tres turnos en los que el hombre se va a fatigar y ese movimiento repetitivo de transporte de carga del punto A al punto B, cincuenta, cien, doscientos veces al día. Es un trabajo un poco tedioso para que lo haga un hombre y ahí justamente viene el concepto del AGV, el equipo realiza el traslado automáticamente y el hombre lo supervisa. La situación de los AGV en el Ecuador reitero, estamos en la fase de presentación del concepto, aunque ya tenemos algunas cotizaciones, hemos hecho visitas, inspecciones de tal manera de que nosotros podamos trabajar de manera conjunta con el departamento de automatización de Junghainrich, Alemania, y con toda la región Sudamérica, de tal manera de que vamos en ese aspecto recopilando información y presentando ofertas al cliente.

No se ha instalado aún un sistema automático en país, nuestra meta es hacerlo en este año el primero en el Ecuador, pero estamos en esa fase.

Normalmente se los aplica en industrias de mediana a grande, pero independientemente del tamaño es lo que dije al principio: el movimiento de la carga, puede ser una empresa mediana e inclusive tendiendo a pequeña, pero si tiene un movimiento de carga de largas horas diarias, es posible incluir el AGV. Entonces ahí tenemos operadores logísticos, farmacéuticas, alimentos, industria manufacturera, grandes superficies, supermercados, centros de distribución, son los tipos de bodegas y de industrias que nosotros tratemos.

2. ¿Qué vehículos de guiado automático y que servicio se ofrece?

Como Jungheinrich Ecuador ofrecemos diferentes tipos equipos desde 2002 entonces tenemos veintidós años de trayectoria y experiencia en el mercado nacional. A partir de eso nosotros vendemos montacargas principalmente para uso interno, nosotros le llamamos aplicaciones intralogísticas que quieren decir dentro de bodegas, aunque tienen algunos modelos que pueden trabajar en el exterior y nuestra segunda línea más importante son estanterías industriales, en donde se coloca aprovechando el espacio o la carga en posición versiones verticales, de tal manera de que el montacarga alcance esas unidades de carga, se

ahorra espacio de parte del centro de distribución y se logre maximizar la capacidad de almacenamiento del equipo. Tenemos los transpaletas automatizados, esta como ves en la horquilla larga en la parte del recuadro, se llama para traslado horizontal, la remolque que ahora sirven para jalar vagones, los apiladores son para colocar los equipos en la estantería y como en esta figura a mediana y gran altura. Tenemos todo disponible, equipos con el concepto de automatización y sin el concepto. En automatización hay que ponerle unos aditamentos adicionales para que se guíe solo, pero todas esas máquinas que ves y esos modelos que le has descrito son parte en nuestro portafolio de productos.

3. ¿Cuál es el proceso que se debe seguir para implementar sus AGVs?

Un proceso bastante dedicado y planificado. Primero hay que llenar dos documentos, obviamente, se hace la entrevista y la quinta de inspección de parte nuestra a la empresa, se presenta el concepto y gentilmente le pedimos al cliente que nos permita inspeccionar su bodega. Inspeccion en cuanto a pisos, estanterías, puertas, pasillos, espacios que tiene disponible para ver la factibilidad de implementar un equipo automatizado. Un equipo guiado automáticamente necesita ciertos espacios pasillos libres, espacio limpio, organizado, de tal manera de que pueda transitar, hay que dejarle la vía libre al equipo automatizado. El proceso es justamente eso, hacer la visita de inspección, y luego llenar dos documentos que tenemos nosotros estandarizados con AGV de Alemania de tal manera de que le ponemos los datos que requieren para poder diseñar junto con el plano de la bodega las rutas del equipo automatizado.

Posterior a llenar la ficha, seleccionar el tipo de vehículo y navegación, en cuanto a la ruta la trazamos desde el principio, desde la visita de inspección. Entonces al momento de nosotros cotizar ya le damos la ruta al cliente en base a lo que él nos dio. Sin embargo, una vez que el equipo podemos ajustar las rutas de tal manera de que si hay algún cambio en distancia, mayor o menor, lo podemos adaptar al recorrido de la AGV. Luego obviamente la preparación de la máquina acá, de tal manera de que muy importante dentro de esa preparación es la estación de carga. Los equipos son eléctricos, trabajan la batería y necesitan tener un espacio libre y disponible para cargar su batería.

-Entrevistador: Enfocándome en ese punto de la trayectoria ¿Qué estaciones nomas tienen? ¿Por qué nomenclatura más o menos seguían ustedes?

Recorrido uno va el punto al punto B, le corrido dos va del punto B al punto C y así sucesivamente. Al punto ABC le damos un nombre propio, digamos hipotéticamente. Punto AB va a ser toma del pallet, un B va a depositar el panel. Punto C va a ser recoger el panel

vacío y punto D va a ser nuevamente volver a cargar el pallet o carga de panel número dos. Le podemos poner nombres propios muy variados, pero de ahí vamos determinando las rutas.

La ruta uno puede hacer que sea solo longitudinal, la ruta dos puede hacer que tenga una esquina para mirar. Todo eso es posible, junto con el plano de la bodega y lo debemos determinar. El proceso se puede repetir en muchas frecuencias y ocasiones a lo largo del día, a lo largo del turno. Lo importante es dar y determinarle al equipo las estaciones de carga y parada.

4. ¿Con que sistema de carga cuentan y que tiempo en promedio duran las baterías?

Una batería de plomo necesita llenársela del electrolitos, tú que estás en el ámbito automotriz, en cada celda de tal manera de que electrolitos justamente se mantenga ciertos niveles para poder mantener la conducción eléctrica dentro de las placas positivas y las placas negativas. Esa es la tradicional, ahora nosotros para la automatización e inclusive para los equipos no automatizados, ya a partir de hace dos años muy poco a poco estamos introduciendo las baterías de litio como tal, esas no tienen un electrolitos, una aleación litio hierro fosfato de tal manera de que son muy seguras, secas, muy sólidas, casi libre mantenimiento, resistentes a circunstancias fuertes de trabajo y aquellas baterías las estamos fuertemente inculcando para los equipos automatizados, de tal manera de que las cargas sean más cortas. La gran ventaja de la batería de litio, más de lo que acabo de decir, es que las cargas son cortas. En dos o tres horas, una batería de litio está cargada, una de plomo ha sido tarda entre ocho y diez horas de encargarse. Trabajando en el vehículo la batería puede durar un turno completo, eso va dependiendo de la intensidad de carga. En un turno regular de ocho horas, un vehículo puede trabajar. El turno completo, siete, siete horas y media, o puede hacerlo segmentado. Dos horas, descansa una, dos horas, descansa una, dependiendo de aquello, eso lo programamos y lo planificamos previamente con el cliente, de tal manera de que él pueda tener su turno completo con la batería cargada y el equipo automático busca por sí solo el cargador y se recarga también automáticamente. La batería de litio está fija en el equipo, normalmente no se la extrae por un tema de seguridad, pero es posible hacerlo.

5. ¿Qué desafíos técnicos o logísticos enfrentan las empresas al implementar AGV?

Primero inculcar en el cliente de que no hay que tener miedo y temor a entrar en automatización. Es alta tecnología, pero nosotros somos el respaldo. También nosotros nos estamos preparando para poder responder ese desafío, es el primer desafío técnico, el lógico que el mercado tiene. Tal vez esa poca experiencia debemos reconocer en adaptar un equipo automatizado a una producción o a una población logística. Una vez superado eso, sí

efectivamente el tipo automatizado es más costoso, la inversión es mucho mayor que un equipo regular, pero el retorno de inversión también es relativamente rápido y se van a dar cuenta de que es una inversión rentable

6. ¿Cómo se personalizan los AGV para adaptarse a las necesidades específicas de cada cliente?

Lo que nuestros equipos tienen de manera muy solvente y recomiendan a los clientes es de que si ellos tienen un software, lo que se llama un software de manejo de bodega, el famoso WMS Warehouse Management System, que ya tiene especificada cada posición en su estantería, o en su mercadería, se puede enlazar por medio de Wi-Fi o en equipo de tal manera de que puede recorrer mucho más rápido y buscar el lugar en donde está ubicada tal o cual posición. Esa es una forma de personalizar. Pero independientemente de eso, puede trabajar solo de tal manera de que geográficamente con un geoposicionador y arriba, realmente el visor láser, porque un sistema láser que tiene el equipo, busca la posición girando estroboscópicamente al largo de la bodega, le ponemos unas cintas reflectoras en ciertos lugares específicos para que, por sí solo, sin necesidad de ese enlace, encuentre el lugar en donde va a recoger o a depositar la carga. Entonces esa personalización que puede incluir mirajes, esquinas, esperas, el no impactar o encontrarse con otros vehículos o colaboradores, seres humanos que trabajan en la bodega, es parte de la personalización.

7. ¿Considerarías tal vez que tener una WMS es un requisito obligatorio que tienen que tener las empresas para implementar estos vehículos?

No, porque es muy costoso. Tener un software de esos es para una empresa que verdaderamente ya invirtió desde hace algún tiempo, las WMS, las multinacionales la tienen o empresas tienen alta preparación diaria de pedidos, con lo cual es posible hacerlo y hay varias etapas de WMS también, algunos que sirven para pick in, preparación de pedidos y otras que controlan completamente a la bodega, el inventario, el movimiento de las máquinas, productos de alta mediana y baja rotación, ubicación de cada una de las unidades de carga de la estantería, son muy completos. Entonces, dentro de aquellas etapas de los WMS es posible que nuestro equipo también se enlace de esa manera, pero no es una obligación para que trabaje una AGV

8. ¿Existen regulaciones o normativas específicas en Ecuador para el uso de AGV?

Los temas de seguridad industrial general son suficiente, después puede ser que de pronto en el camino los entes que regulan el trabajo dentro de industrias y de bodegas se me ocurre el Ministerio de la producción, puede hacer que en su momento implante o implemente algún tipo de regulación. Pero los equipos son muy seguros, las regulaciones no

son muy diferentes en lo que se refiere al equipo guiado por un ser humano, se respetan los mismos pasos, así mismo las velocidades, se las puede regular de tal manera de que no superen el caminar de un ser humano, las regulaciones que nosotros tenemos nos basamos mucho europeas, principalmente en aspectos de seguridad y conversando con el cliente, junto con su departamento de salud y seguridad ocupacional que tienen la empresas y trabajamos de manera conjunta para calibrar el equipo a las necesidades y exigencias que tienen ellos internamente en sus recintos.

-Entrevistador: ¿tú crees que con el tiempo ya implementando estos vehículos aquí? ¿Se llegue a desarrollar alguna normativa específica para estos vehículos aquí?

Puede ser que sí, aunque eso no va a depender si funcione o no, nuestras indicaciones son estrictas, un poco más dedicados, de alguna manera, por ejemplo, pintar el piso y establecer alarmas, alarmas luminosas, alarmas auditivas, de tal manera de que sí, yo sí considero que es prudente y nuestras empresas afortunadamente, aunque no venga específicamente de los gobiernos o de la legislación gubernamental, sí tienen mucho cuidado en la actualidad. Entonces, adaptar una AGV, consideramos que no va a ser difícil.

9. ¿Qué estrategias de seguridad se utiliza al implementar AGVs?

Un hombre a paso ágil camina aproximadamente a seis kilómetros por hora, entonces nosotros buscamos que el equipo junto con el SSO o de la empresa determinemos a qué velocidad quiere que camine, si lo supera ligeramente o no lo rebase como tal para que pueda tener un cambio en una caminata segura. Sin embargo, si no hay paso de peatones, se le puede subir a seis, ocho, diez e inclusive a doce kilómetros por hora en el que el equipo puede hacer su traslado de manera segura también. En un pasillo expedito que no vaya a tener obstrucciones, de tal manera de que pueda transitar. Eso es manejable. Adicionalmente, en lo que se refiere a alarmas visuales y auditivas ya se aplican mucho en las empresas, son más luces especiales a mediana y larga distancia, de tal manera que va cruzando el otro montacarguista o el peatón, las ve mucho antes de que llegue el montacargas y al mismo tiempo luego montacargas, y en este caso con mucho más razón, la AGV tiene lo que llaman un sensor de choque, sensor de impacto, que no necesariamente va a llegar al impacto, sino que mucho antes del impacto, el equipo se frena. Uno lo puede regular, quiero que se frene a cinco metros, cuatro o tres metros del obstáculo, de tal manera de que baja la velocidad y se para, de tal manera de que se van a evitar completamente los impactos.

10. ¿Cuándo se realiza el mantenimiento y la actualización de estos vehículos?

Los mantenimientos son normalmente en los equipos regulares y mucho más en AGV salvo que salga alguna sugerencia del departamento de automatización alemana se hacen cada doscientos cincuenta horas, doscientos cincuenta, quinientos mil y así sucesivamente porque equipos van a necesitar el mantenimiento electromecánico y el electrónico del software de la GV. Entonces, en el mecánico lo hacemos así cada doscientos cincuenta horas. El de las mil horas, dos mil horas, que es cada mil un poquito más dedicado porque hay que cambiar fluidos, principalmente los hidráulicos, chequear ruedas, chequear desgastes, desgaste puramente mecánico, pero el mantenimiento del software por medio de un software propio nuestro, hecho con nuestro equipo local que ya tenemos ciertos niveles de automatización, obviamente los primeros equipos instalados va a venir el equipo alemán de servicio técnico a dar los mantenimientos de los cuales no nosotros vamos a aprender y ese software también va a mantener esa frecuencia de las doscientos cincuenta horas

11. ¿Qué nivel de capacitación requieren los operadores y técnicos para gestionar los AGV?

En la actualidad existe eso. Normalmente existe el jefe de mantenimiento y un poco arriba está el gerente de logística, pero el jefe de mantenimiento, junto con ese supervisor de bodega, que en la actualidad con equipos electromecánicos nos manejamos de esa manera. Siempre hay un responsable, adicionalmente, con los operarios interactuamos mucho de tal manera de que ellos son los que están al día a día manejando los equipos y también nos reportan cuál ha sido el performance, el desempeño de los equipos. Que en este caso de automatización sí queremos incluir a una persona de manera oficial, la respuesta es sí, es correcto, tal vez con mucha más razón, de tal manera de que a pesar de que el equipo se va a manejar solo, siempre debe haber un responsable que lo observe y adicionalmente nosotros también podemos proveer un software de ubicación de tal manera de que aquí el supervisor puede tener en su teléfono, en su tablet cuáles han sido los recorridos que ha tenido el equipo automatizado, se puede delegar específicamente un responsable y qué perfil debe tener, lo que acabo de mencionar puede ir desde una gerencia, una supervisión hasta los operarios de tal manera de que los equipos son de ellos, nos colaboran en este sentido cliente y nosotros proveedores somos aliados de tal manera de que nos colaboran con la información en cuanto a cómo se ha comportado el equipo en x jornada.

12. Como están conectados los vehículos y bajo que red?

Normalmente se lo configura de tal manera que tenga comunicación con la base, es decir, como el cliente decimos, listo, la base va a ser aquí, ni es que mi oficina de bodega,

este equipo nuevamente va a trabajar dentro de bodega, no va a salir, va a estar en un recinto cerrado y controlado.

Entonces la base debe haber una oficina en la que por medio de una laptop o de una computadora se puede tener la señal WiFi de la ubicación del equipo. Eso es manejable, como mencionamos anteriormente, puede trabajar solo con señal WiFi, puede trabajar con el WMS esa de tal manera que también lo detecta, hay varias combinaciones de formas de comunicación. Nosotros en nuestra máquina tenemos un software hardware, una pieza que se llama la interfase logística, ese aparato es el que propiamente ubica al equipo en todo momento.