



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIONES PARA MOBILE
INDUSTRIAL ROBOT (MIR) PARA EFICIENTAR EL
ABASTECIMIENTO DE MATERIALES EN LÍNEAS
PRODUCTIVAS**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

SANDY YURIDIA ORTEGA SANCHEZ

ASESOR:

DR. MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ LOZADA

APIZACO, TLAX., ABRIL 2026



Apizaco, Tlax. 14/enero/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Egresado:	SANDY YURIDIA ORTEGA SANCHEZ
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	21370563
Nombre del proyecto:	DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIONES PARA MOBILE INDUSTRIAL ROBOT (MIR) PARA EFICIENTAR EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES EN LÍNEAS PRODUCTIVAS
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
**DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**


MTRO. ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DE DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL


DR. MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ LOZADA
ASESOR INTERNO

c.c.p._Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._Archivo



2026
año de
**Margarita
Maza**





Tzompantepec, Tlaxcala, **19/Marzo/2026**

SANDY YURIDIA ORTEGA SANCHEZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CON NÚMERO DE CONTROL 21370563.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"DISEÑO DE UN MANUAL DE OPERACIONES PARA MOBILE INDUSTRIAL ROBOT (MIR) PARA EFICIENTAR EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES EN LÍNEAS PRODUCTIVAS"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



AGRADECIMIENTOS

Agradecer nos permite observar el camino recorrido y honrar a quienes hicieron posible el poder llegar hasta aquí, por lo que me gustaría dejar un pequeño agradecimiento a todas las personas que me acompañaron a lo largo de estos años para poder alcanzar uno de las metas y sueños más importantes para mí.

Primero quisiera agradecer a dos personas muy importantes en mi vida, mi compañero de vida Israel Dario Silva Hernández ya que, a pesar de las diferencias, dificultades y momentos difíciles siempre estuvo para mí, sin él esto no sería posible, agradezco mucho el sacrificio que hace todos los días para que yo pueda alcanzar mis metas y sueños, su tiempo, amor incondicional, paciencia, comprensión y palabras de aliento cuando más las necesito. Por darme su apoyo cuando creía que no podía seguir, por enseñarme a levantarme en los días malos y no darme por vencida, ha siempre esforzarme para poder alcanzar lo que más anhele. Hoy agradezco de corazón su compañía, y el haber creído en mí para alcanzar este logro que no es únicamente mío si no también suyo.

Así mismo quiero agradecer a mi hijo Iker Dario Silva Ortega por su compañía en las noches de desvelos, por su paciencia en mis momentos de estrés y cansancio, su manera de entender las cosas cuando yo tenía que estar ausente, el amor y cariño inigualable que me brinda todos los días, porque él siempre ha sido una de mis mayores motivaciones para ser una mejor persona, seguir aprendiendo y darle el mejor de los ejemplos cada día, hoy más que nunca le agradezco que durante todo este tiempo haya sido un niño empático y amoroso. Siempre le agradeceré el sacrificio inmenso que hizo al ser paciente y esperarme con amor y los brazos abiertos en casa.

Por otro lado, quiero agradecer a mi madre Irene Ortega Sanchez, no solo por sus enseñanzas de vida para ser una buena madre, sino por enseñarme a tener sueños y ser una mujer independiente e inteligente, por sus cuidados, por su amor y palabras de aliento en esos momentos cuando creía que no podía más, agradezco todo ese amor que me tiene a mí y a mi familia, por estar presente cuando siempre la he necesitado con mucho amor le agradezco todo lo que me ha brindado hasta el día de hoy.

También me gustaría agradecer a mi suegra Ma. Concepción Hernández Ramírez que ha sido como una segunda madre para mí, por su amor, su tiempo y motivación, cuando sentía que las cosas no iban nada bien, porque a pesar de todas las dificultades que tuvimos siempre estuvo ahí incondicionalmente, incluso cuando no tenía el tiempo suficiente para ella, por toda esa atención, tiempo y amor que le brinda a mi hijo cuando yo no estoy presente. De la misma forma agradezco a mi suegro Rafael Silva Coronado por su aprecio y por siempre enseñarme a ser firme en mis decisiones y no tener miedo a los desafíos, agradezco sus palabras de enseñanza y motivación para seguir cultivándome como persona, y llenarme de muchos más conocimientos.

A mis hermanos Edwin y Brayan que, aunque no siempre podemos estar juntos sé que siempre están presentes para brindarme un consejo, su amor y apoyo en incondicional.

También agradezco a mi conculña Esmeralda por su cariño y apoyo con mi pequeño hijo cuando lo necesitaba, agradezco también a mis cuñados y sobrinos por su compañía a lo largo de este trayecto.

A mi buena amiga Esmeralda Romero, a la que guardo con mucho aprecio, por siempre apoyarme en buenos y malos momentos, agradezco el que haya estado presente para motivarme y no permitirme darme por vencida, ella sin duda alguna sabe lo mucho que me ha costado llegar hasta aquí, es por ello que agradezco infinitamente su cariño y apoyo.

Y no puedo olvidar agradecerle a un gran ser humano, al que hoy le guardo un gran cariño ya que fue parte de mi crecimiento en la recta final de mi carrera, el Ingeniero Víctor M. Hernández Castillo por enseñarme que la humildad y paciencia son parte esencial de ser un buen profesional, compartiendo así conmigo sus conocimientos y consejos de vida.

De igual forma quiero agradecer a mi buen amigo Oswaldo Hernadez, por su aprecio y apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por compartir conmigo sus conocimientos, y aunque nuestra estancia de convivencia fue corta, me enseñó que las buenas amistades también pueden encontrarse en una oficina.

También quiero agradecer mucho a dos personas que me apoyaron mucho en parte de este trayecto, a mis amigas Yaneli Castillo y Daniela Valencia por estar conmigo en el final de esta bonita etapa, por enseñarme a ser una persona más independiente y segura, a no tener miedo a las adversidades, por todo el cariño y momentos que me brindan, por estar allí apoyándome con su compañía en uno de los momentos más difíciles, muchas gracias por ser parte de mi vida, por su paciencia, cariño y apoyo.

En este camino hubo muchas personas presentes que, aunque sus nombres no estén en este escrito agradezco su tiempo, cariño y momentos brindados. Pero sin duda alguna este espacio es para dejar unas líneas para las amistades que estuvieron conmigo al inicio de este sueño, por brindarme su apoyo incondicional, por estar en esos momentos más difíciles y aunque la vida nos dio caminos diferentes, marcaron momentos importantes en mi vida hoy los guardo con aprecio y cariño a mis amigos Lluvia, Ángel y Abril, les agradezco por su buena compañía y formar parte importante de esta etapa importante en mi vida.

De igual forma quiero agradecer al Dr. Miguel Ángel Rodríguez Lozada no solo por las enseñanzas como docente, sino también por su asesoramiento en este trayecto final.

Y finalmente quiero dar gracias a Dios y a la vida, por darme inteligencia y fuerza suficiente para alcanzar una más de mis metas, rodeada de personas que quiero y no dejan de creer en mí.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN.....	6
CAPITULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO	6
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.1.2 CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA	7
1.1.3 PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZANDOLOS	13
1.1.4 OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECIFICOS)	13
1.1.5 JUSTIFICACIÓN.....	14
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 INDUSTRIA 4.0	15
2.1.2 TECNOLOGIAS RESALTANTES EN LA INDUSTRIA 4.0	15
2.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA MANUFACTURA.....	16
2.1.4 DIGITALIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS	17
2.1.5 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	18
2.2.1 LOGÍSTICA INTERNA / INTRALOGÍSTICA EN LA INDUSTRIA	18
2.2.2 IMPORTANCIA DE LA INTRALOGÍSTICA EN LA INDUSTRIA.....	19
2.2.3 CLAVES DE LA INTRALOGÍSTICA EN EL ALMACÉN.....	19
2.2.4 INDUSTRIA 4.0 APLICADA A LOGÍSTICA INTERNA.....	20
2.3.1 ABASTECIMIENTO	21
2.3.2 CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	21
2.3.3 IMPORTANCIA DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO	21
2.4.1 MOBILE INDUSTRIAL ROBOT (MIR).....	22
2.4.2 AGV VS MIR	22
2.4.3 APLICACIÓN DE MIR	24
2.4.4 PARTES DEL MIR	25
2.5.1 LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	27
2.6.1 PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN (SOP)	27
CAPITULO III DESARROLLO	28
3.1 INTRODUCCIÓN	28
3.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO	28
3.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA EN PLANTA	30

3.1.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL PROCESO ACTUAL.....	30
3.1.4 MEDICIÓN DE TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO MANUAL.....	33
3.1.5 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DEL MANUAL TÉCNICO MIR.....	34
3.1.6 IMPLEMENTACIÓN DEL MIR EN LÍNEAS PRODUCTIVAS CONSIDERANDO EL LAYOUT REAL	36
3.1.7 DISEÑO DEL MANUAL DE OPERACIONES PARA MIR A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN (SOP)	45
3.1.8 CAPACITACIÓN AL PERSONAL QUE INTERACTUA CON MIR.....	55
CAPITULO IV RESULTADOS ESPERADOS	57
CONCLUSIÓN	58
Bibliografía	59

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 UBICACIÓN DE EMPRESA COINDU.....	7
FIGURA 1.2 ORGANIGRAMA GENERAL COINU	10
FIGURA 1.3 ORGANIGRAMA MEJORA CONTINUA.....	11
FIGURA 2.1 MAPA AGV VS MIR	23
FIGURA 2.2 MUESTRA DE OBSTÁCULOS MIR-AGV.....	24
FIGURA 2.3 APLICACIÓN DEL MIR.....	24
FIGURA 2.4 PARTES DEL MIR	25
FIGURA 2.5 CÁMARA 3D MIR	26
FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO ACTIVIDADES	29
FIGURA 3.2 LÍNEA ESTÁNDAR	31
3.1 TABLA DE TIEMPOS	33
FIGURA 3.3 MANUAL TÉCNICO MIR	34
FIGURA 3.4 LAYOUT PLANTA	37
FIGURA 3.5 LAYOUT ACTUAL Q5 AU436	38
FIGURA 3.6 DELIMITACIÓN ANTES	39
FIGURA 3.7 EVIDENCIA DE DELIMITACIONES	39
FIGURA 3.8 DELIMITACIÓN DESPUÉS 1	40
FIGURA 3.9 DELIMITACIÓN DESPUÉS 2	40
FIGURA 3.10 DELIMITACIÓN DESPUÉS 3	41
FIGURA 3.11 DELIMITACIÓN SUPERMERCADO	41
3.12 DELIMITACIÓN CARROS VACÍOS	42
FIGURA 3.13 AJUSTES CARROS MIR	42
FIGURA 3.14 MIR FLEET PROGRAMA	43
FIGURA 3.15 MIR REALIZANDO MISIÓN	44
FIGURA 3.16 MIR FINALIZANDO MISIÓN	45
FIGURA 3.17 MINUTA DE CAPACITACIÓN	56

INDICE DE TABLAS

3.1 TABLA DE TIEMPOS 1	33
------------------------------	----

RESUMEN

CAPITULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

La Industria 4.0 ha impulsado la modernización de los procesos productivos mediante la integración de tecnologías digitales, automatización, robótica colaborativa y sistemas inteligentes capaces de mejorar la eficiencia operativa. En este entorno, la gestión del flujo interno de materiales se ha vuelto un elemento fundamental, ya que de su correcta ejecución depende la continuidad de las líneas productivas y el cumplimiento de los tiempos establecidos.

En la empresa Coindu México S. de R.L. de C.V., dedicada a la fabricación de vestiduras automotrices, surgió la necesidad de fortalecer el proceso de abastecimiento interno mediante el uso de tecnologías autónomas. Entre estas soluciones se encuentra el Mobile Industrial Robot (MIR), una herramienta diseñada para transportar materiales de manera segura, precisa y eficiente dentro de la planta. Sin embargo, para garantizar una operación adecuada del robot es indispensable contar con un Procedimiento Estándar de Operación que describa de forma clara y estructurada cómo debe utilizarse, configurarse e integrarse el MIR dentro de las actividades productivas.

Por ello, este proyecto se centra en el diseño de un Manual de Operaciones para el MIR, cuyo propósito es estandarizar las actividades relacionadas con su operación, establecer lineamientos de seguridad, definir responsabilidades y documentar cada paso necesario para su uso dentro de las líneas productivas. El desarrollo de este manual se realiza a partir del análisis del proceso actual, las pruebas piloto con el robot y la validación de los procedimientos propuestos.

De esta manera, el proyecto busca demostrar cómo la estandarización y documentación formal de los procesos, junto con la adopción de tecnologías autónomas, contribuye a construir entornos productivos más eficientes, seguros y alineados con los principios de la Industria 4.0.

1.1.2 CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA

NOMBRE DE LA EMPRESA

Coindu Mexico S de R.L. de C.V.



UBICACIÓN DE LA EMPRESA

C.P. de la, Piedras Negras, 1000-BIS, Colonia, Mena-Cd. Industrial Xicohtencatl, Solidaridad, 90434 Tlax.



Figura 1.1 Ubicación de empresa COINDU

MISIÓN Y VISIÓN

VISIÓN

Somos la marca global más enfocada en desarrollar superficies inteligentes, con funcionalidades específicas, que utilizamos las tecnologías más avanzadas. Nuestro conocimiento y nuestros procesos sofisticados nos ayudan a innovar en nuestros materiales y servicios, brindando las mejores soluciones en interiores, con proyección a futuro más económicas y sustentables.

MISIÓN

Promovemos el cambio y la innovación para aplicar de manera eficiente tecnología de punta a nuestros procesos y productos para acelerar el futuro de la movilidad. Lo que nos impulsa es nuestra firme creencia de que el sector de la movilidad, las demandas de los consumidores aumentan continuamente. Para satisfacer aquellos con éxito y a la máxima velocidad, la planificación y el desempeño inteligente para proporcionar de manera eficiente productos inteligentes competitivos y de alta gama personalizados.

VALORES

Confiabilidad

¡BIEN A LA PRIMERA! ese es nuestro ADN COINDU. Si las condiciones de una solicitud no permiten el mejor resultado en su clase, consultaremos a nuestros clientes con un enfoque objetivo, orientando a la solución y decisivo. Demostramos compromiso al apoyar el diseño y la adquisición de productos y servicios que promuevan un mejor desempeño energético.

Integridad

Nos orgullecemos de nosotros mismos, de nuestros clientes y de nuestro esfuerzo por enfrentar siempre el éxito, el éxito de nuestros clientes. Nunca demerítanos esos valores.

Respeto

Defendemos a nuestro equipo global, sus logros y su desempeño. Lo apreciamos y recompensamos. Al mismo tiempo, nos enfocamos en mejorar nuestras habilidades todos los días para mantenernos en el camino correcto.

Responsabilidad

Nos esforzamos para alcanzar siempre entornos de trabajo seguros y saludables y alcanzar nuestro objetivo hacia la protección del medio ambiente para cumplir con las demandas de la sociedad en la que vivimos. Proteger el medio ambiente mediante la introducción constante de nuevas soluciones sostenibles. También trabajamos, diariamente, para ser total y socialmente responsables con todos nuestros empleados y comunidades, local y globalmente.

Sustentabilidad

COINDU integra los principios fundamentales de sustentabilidad en su cultura, estrategia, actividades, gestión y relación con sus empleados proveedores, clientes, accionistas y todos aquellos que, directa o indirectamente, se ven afectados por las actividades de la organización. Nuestro enfoque está integrado para la creación de valor sostenible, al anticipar riesgos, ayuda a maximizar las oportunidades y a construir relaciones solidas con las partes interesadas.

Seguridad de la información

Tenemos el compromiso de proteger los activos de la información de la empresa, mejorando continuamente nuestros procesos para garantizar la Privacidad, Confidencialidad, integridad y Disponibilidad.

Consistencia

No importa el volumen o la complejidad de un proyecto, siempre entregamos a tiempo y con la más alta calidad. ¡Todos los días para todos nuestros clientes! COINDU representa flujos de trabajo eficientes con las mas altas expectativas en nuestra producción.

Curiosidad

Hoy es mejor que ayer, mañana mejor que hoy, eso es lo que creemos. Por lo tanto, buscaremos e implementaremos lo nuevo para satisfacer las necesidades del mañana. Para nosotros y nuestros clientes. ¡El cambio es hoy!

NUESTROS CLIENTES

COINDU es conocida entre las principales marcas Premium por la calidad de sus productos y la flexibilidad de sus procesos de fabricación. La piedra angular definida es responder positivamente a las expectativas de nuestros clientes, transmitiendo esta ambición tanto a nuestros empleados como a nuestros socios y proveedores.

NUESTRAS METAS

- Crecimiento mediante la diversificación de los clientes, productos y ubicaciones, aumentando la estabilidad de las actividades en curso, además de una diversificación positiva y reduciendo el riesgo comercial.
- Asegurar una rentabilidad constante. Optimizando la gestión operativa, enfocándose en categorías de clientes / productos, implementando procedimientos de mejora continua en toda la organización, desarrollando competencias y habilidades del personal, implementando programas de capacitación y gestión efectivos e implementando un sistema d gestión eficaz.
- protección del medio ambiente y prevención de la contaminación, en términos de aspectos ambientales significativos, mediante el uso sostenible de los recursos, reduciendo el consumo de agua y energía, reduciendo la producción de residuos

en función de las mejores prácticas industriales disponibles, dándoles la mejor ruta disponible, priorizando el reciclaje en lugar de desechar.

- Promover la salud, la seguridad y el bienestar de los empleados, mediante la eliminación de riesgos y la reducción de riesgos de salud y seguridad en el trabajo, para prevenir lesiones y problemas de salud relacionados con el trabajo y reducir los accidentes laborales contribuyendo así el aumento de la productividad y la motivación de los trabajadores.
- Cumplimiento total de los requisitos y compromisos legales y reglamentarios.
- cooperación de las partes interesadas relevantes mediante la promoción de la comunicación interna y externa y la consulta y participación de los trabajadores.
- Promover la cultura de privacidad y seguridad de la información estableciendo controles para mitigar los riesgos relevantes en seguridad de la información, para el manejo de incidentes de seguridad y para el cumplimiento de los requisitos aplicables.

TOP MANAGEMENT ON 31st of May, 2023

António Cândido (COO)

Marcus Teschner (CFO)

ORGANIGRAMA GENERAL COINDU

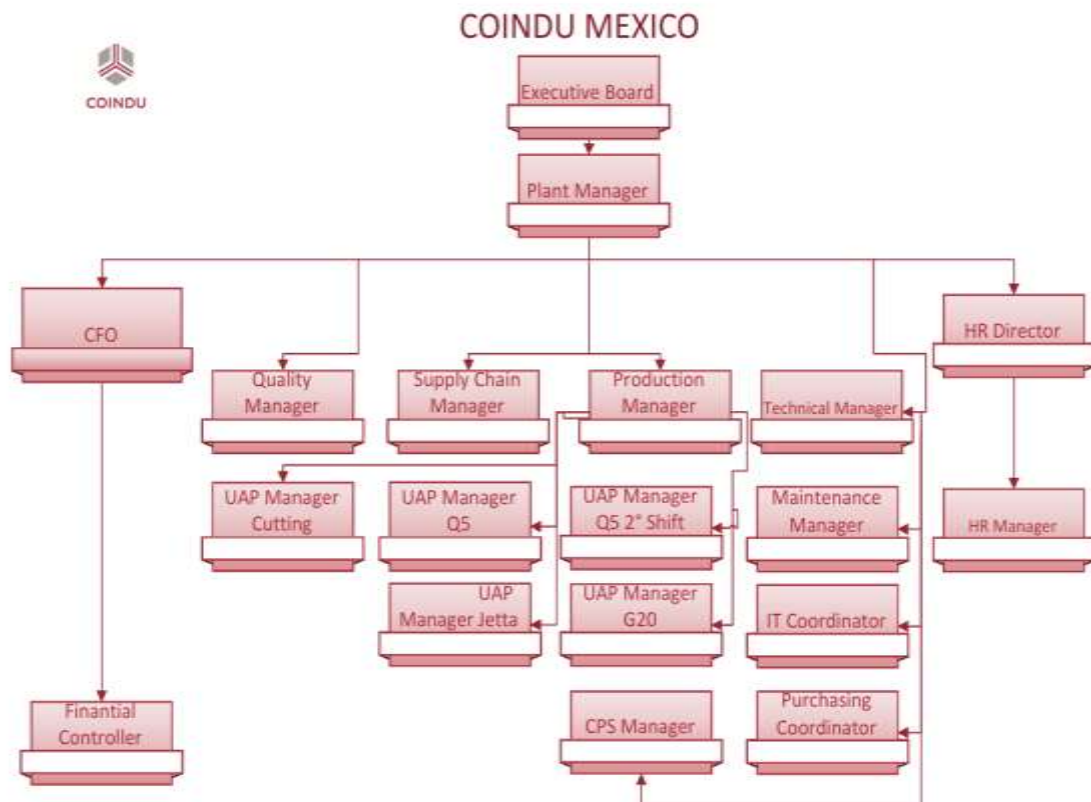


Figura 1.2 Organigrama general COINU 1

ORGANIGRAMA MEJORA CONTINUA

CPS

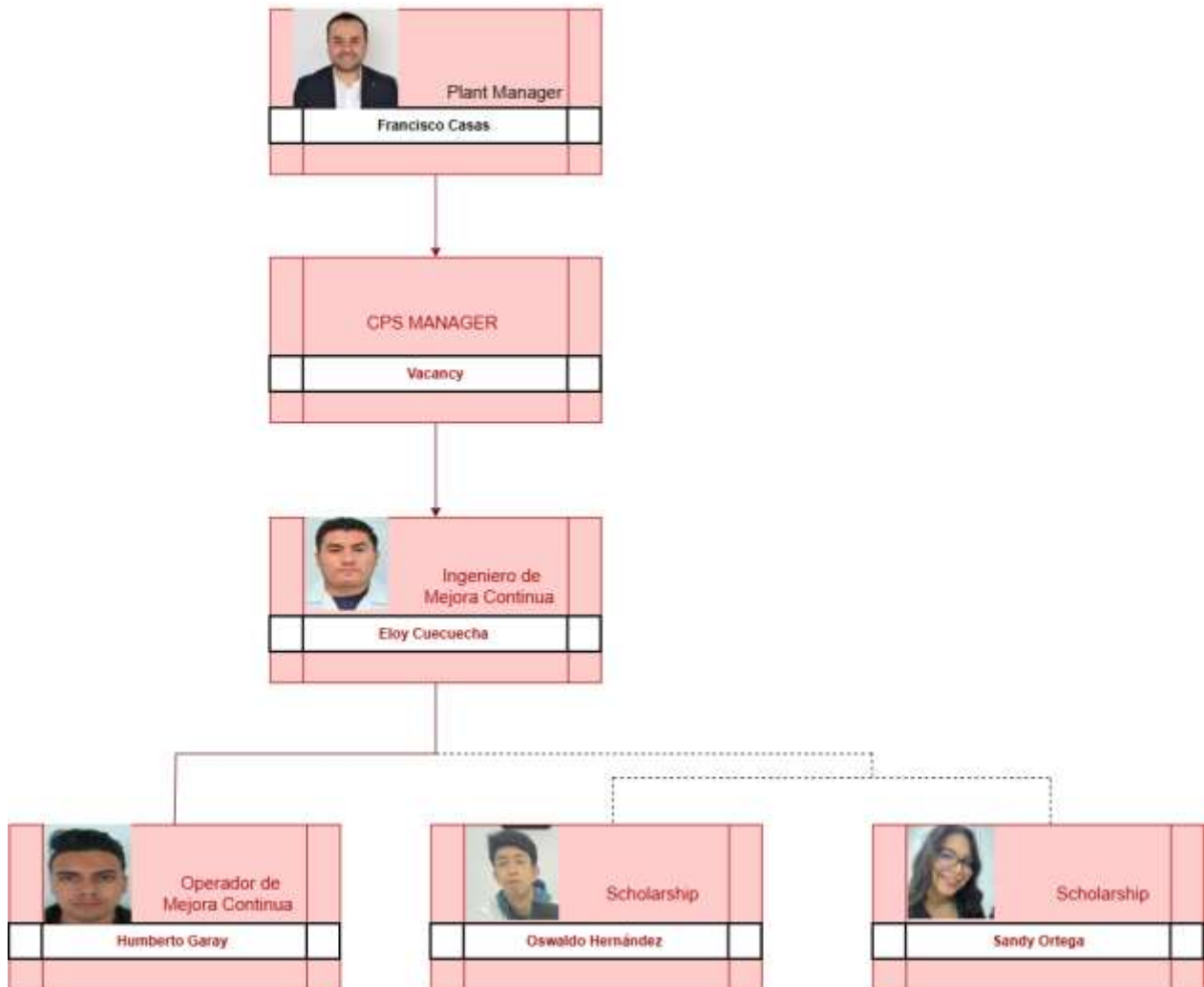


Figura 1.3 Organigrama Mejora Continua

ÁREA DE TRABAJO

El área de Mejora Continua en Coindu México S.A. de C.V., planta Tlaxcala, forma parte fundamental de la estrategia de optimización de procesos dentro de la empresa, dedicada a la manufactura automotriz y especializada en la producción de vestiduras y componentes interiores para asientos de vehículos. Esta área tiene como objetivo principal analizar, evaluar y mejorar los procesos productivos y administrativos, con el fin de eliminar desperdicios, incrementar la eficiencia operativa y asegurar la calidad de los productos. Además, promueve una cultura de mejora constante mediante la aplicación de metodologías como Lean Manufacturing, 5S, Los 7+1 Desperdicios. El departamento de Mejora Continua trabaja de manera coordinada con las áreas de producción, calidad, ingeniería y logística, impulsando la participación del personal y fomentando la

innovación, con el propósito de mantener la competitividad y cumplir con los estándares exigidos por la industria automotriz.

Las funciones principales del área de Mejora Continua comprenden:

- Identificación y análisis de oportunidades de mejora en los procesos productivos y de apoyo.
- Elaboración y actualización de indicadores de desempeño (KPIs) para medir la eficiencia de las líneas de producción.
- Diseño e implementación de proyectos enfocados en la reducción de tiempos de ciclo, retrabajos y desperdicios.
- Coordinación y seguimiento de actividades relacionadas con auditorías 5S y estandarización de procesos.
- Apoyo en la implementación de herramientas Lean y sistemas visuales como tableros, etiquetas y señalización.
- Documentación y control de las acciones correctivas derivadas de análisis de causa raíz.
- Colaboración con las áreas de producción, calidad, ingeniería y logística para garantizar la ejecución efectiva de las mejoras propuestas.

ACTIVIDADES COMO RESIDENTE PROFESIONAL

Dentro del departamento de Mejora Continua de Coindu México S.A. de C.V., planta Tlaxcala. Este puesto tiene como finalidad brindar apoyo en la planeación, ejecución y seguimiento de proyectos orientados a la optimización de procesos productivos y administrativos.

Entre las principales responsabilidades del puesto se encuentran:

- Recolección, análisis y registro de información relacionada con la eficiencia de las líneas de producción, tiempos de operación y balanceo de estaciones de trabajo.
- Elaboración de reportes técnicos y presentaciones para la documentación de resultados y avances de los proyectos de mejora.
- Desarrollo de documentación de procesos mediante ayudas visuales como Hojas de Operación Estándar (HOE), diagramas de flujo y formatos visuales que faciliten la comprensión del trabajo en planta.
- Apoyo en la implementación y mantenimiento de la señalética, incluyendo etiquetas, tableros informativos y sistemas visuales de identificación para mejorar la organización seguridad en las áreas de trabajo y eficiencia en las líneas de producción.
- Participación en actividades de delimitación de áreas, y espacios de almacenamiento, alineadas a los principios de las 5S y la mejora del entorno laboral, buscando optimizar los espacios de trabajo y almacenamiento en planta.

- Análisis de datos operativos en las líneas de producción para la elaboración de estudios de balanceo, identificando cuellos de botella, tiempos improductivos y oportunidades de redistribución de tareas.
- Evaluación y análisis del empaquetado de materiales en los diferentes proyectos, con el objetivo de optimizar el uso de espacio, facilitar la manipulación y reducir desperdicios en el área logística.
- Colaboración con los departamentos de producción, ingeniería, calidad y logística asegurando la correcta implementación de los proyectos de mejora.

1.1.3 PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZANDOLOS

1. Retraso en la entrega de materiales, por la sobrecarga de entregas debido a que el personal no puede atender las solicitudes a tiempo ya que, la tarea de suministrar es realizada únicamente por dos personas, quienes además se encargan de bastecer otras líneas y otros proyectos que aun no cuenta con MIR.
2. El material se entrega en línea verde, por lo que no se cuenta con un registro o notificación de que el material ha sido entregado a alguna de las líneas de producción.
3. Ineficiencia en la comunicación, ya que no hay flujo estandarizado, ya que no se definen rutas para la entrega de material en base a la planeación que se manda de líneas de producción a secuencia, existiendo tiempos muertos, debido a la priorización errónea de los abastecedores.

1.1.4 OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECIFICOS)

GENERAL

Diseñar un Manual de Operaciones para el Mobile Industrial Robot (MIR) que estandarice y documente su implementación y operaciones para optimizar el proceso de abastecimiento de materiales en las líneas productivas, garantizando un uso seguro, eficiente y uniforme del robot dentro de la planta.

ESPECIFICOS

- Analizar el proceso actual de abastecimiento de materiales en las líneas productivas para identificar deficiencias, retrasos y oportunidades de mejora que permitan definir los requerimientos del MIR.
- Documentar la implementación, operación, monitoreo e interacción del MIR, integrando la información necesaria para establecer un procedimiento estándar que controle y optimice el flujo de materiales en tiempo real.

- Capacitar al personal involucrado en la operación del MIR, asegurando una implementación correcta en conjunto al manual de operaciones y un suministro eficiente y seguro de materiales en las líneas de producción.

1.1.5 JUSTIFICACIÓN

El abastecimiento de materiales en las líneas de producción es un proceso fundamental para mantener la continuidad operativa, la eficiencia y la productividad dentro de la planta. Se identificaron retrasos derivados de la gestión manual del suministro, ya que el personal encargado debía atender diversas líneas de forma simultánea, generando tiempos de espera, recorridos innecesarios y una limitada trazabilidad en las entregas.

La implementación y el manual no solo ayudan a que el MIR se opere de manera correcta, permite que el transporte de material dentro de la planta sea más eficiente. Con el MIR se reducen las tareas repetitivas que antes hacía el personal y se mejora la forma en que se mueve el material en las líneas de producción. Así mismo al documentar su uso, se trabaja de acuerdo con las ideas de la Industria 4.0, ya que se utilizan herramientas modernas que permiten ver en tiempo real qué está haciendo el robot y tener un mejor control y seguimiento del proceso.

CAPITULO II MARCO TÉORICO

2.1 INDUSTRIA 4.0

La cuarta revolución industrial, es denominada por algunos autores como la era de la digitalización o Industria 4.0. Este salto paradigmático, es posible debido al crecimiento exponencial de la tecnología y de las TIC en las últimas décadas, y al constante trabajo de las industrias por adoptar y avanzar en la implementación de estas. La cuarta revolución industrial fusiona los sistemas físicos, los sistemas digitales y los sistemas biológicos, para generar una red de producción inteligente donde los distintos componentes interaccionan y colaboran entre sí, lo cual modifica trascendentalmente la forma en que vemos y nos interrelacionamos con el mundo.

El concepto de Industria 4.0, fue manejado por primera vez en la Feria de Hanover en Alemania, en el 2011, para referirse a la “fábrica inteligente”. En el año 2013, en una nueva edición de la feria el gobierno alemán presenta la estrategia: “Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0”, propuesto por la Academia estructurar Nacional de Ciencia e Ingeniería de Alemania, con el fin de las condiciones iniciales de implementación y garantizar el futuro de la industria alemana, siendo esta una de las industrias manufactureras más competitivas del mundo.

Industria 4.0, describe la digitalización de los sistemas y de los procesos industriales, y su interconexión mediante el Internet de las Cosas y el Internet de los Servicios, para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos. Está compuesta de tecnologías avanzadas, por lo que las soluciones son flexibles, inteligentes y totalmente autónomas. (García, 2020)

2.1.2 TECNOLOGIAS RESALTANTES EN LA INDUSTRIA 4.0

Internet de las cosas.

El Internet of Things (IoT) interconectará la mayor cantidad de los dispositivos posibles, admitiendo así la comunicación entre ellos y logrando que se puedan tomar decisiones estratégicas al instante.

La tecnología de nube.

Cloud Computing, es una arquitectura informática que se define como una tecnología que permite ofrecer servicios de computación a través de Internet totalmente (on line), donde el usuario no tendrá que instalar ningún programa en el computador ya que se ejecutará por Internet directamente desde un proveedor de servicios, permitiendo entre otras cosas, optimizar, aligerar y ahorrar gran cantidad de espacio en los discos duros.

Big Data.

Son los conjuntos de datos o combinaciones de conjuntos de datos cuyo tamaño (volumen), complejidad (variabilidad) y velocidad de crecimiento (velocidad) dificultan su captura, gestión, procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas

convencionales, tales como bases de datos relacionales y estadísticas convencionales o paquetes de visualización, dentro del tiempo necesario para que sean útiles. La tecnología y los conceptos relevantes del Big Data son: grandes volúmenes, variabilidad, velocidad.

Inteligencia Artificial (IA) y Robótica.

IA simula, los procesos de inteligencia humana, por máquinas, especialmente sistemas informáticos, que incluyen: a) educación para la adquisición de información; b) normativas de utilización de la información; c) argumentos para utilizar normas que lleven a conclusiones certeras o de aproximación; d) la auto-adaptación y ajuste en base a correcciones automáticas. La IA va desde la automatización de procesos robotizados hasta la robótica moderna y se adapta a los grandes volúmenes de datos con el aumento de velocidad, tamaño y variedad de información que las empresas almacenan. Por otro lado, es necesario destacar que cada vez los robots son más avanzados e interactivos. Combinar el poder de un robot con la inteligencia humana puede aportar mucho valor a las áreas de la empresa.

Impresora 3D y 4D

La tecnología de la Impresora 3D permite fabricar todo tipo de piezas utilizando diferentes tipos de materiales, agilizando los procesos de producción y mantenimiento de las empresas. La impresión 4D es una variación de la impresión 3D, para realizar las impresiones con nuevos materiales especiales o materiales inteligentes, que se adaptan al entorno con el que interactúan ya que tienen la capacidad de transformarse, autoensamblarse y auto-repararse.

IIoT (Industrial Internet of Things)

Es de uso industrial para el desarrollo de la fabricación inteligente donde incide el internet de las cosas (IoT) destinado a controlar -en tiempo real- los elementos componentes de la producción. (Daube, 2020)

2.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA MANUFACTURA

VENTAJAS

En primer lugar, la adopción de la Industria 4.0 en empresas manufactureras usuarias puede dar lugar a procesos más eficientes y con menores costes (por menores tiempos muertos, menor número de operaciones, menor consumo de materia prima y energía...). Para efectuar el despliegue de inversiones se debe demostrar que los recursos adicionales invertidos generen las ganancias o ahorros suficientes. Aunque es aplicable a prácticamente cualquier sector industrial, puede tener especial incidencia en aquellos que son grandes consumidores de recursos.

En segundo lugar, gracias a mejoras en sus procesos, las empresas manufactureras usuarias podrían obtener productos de mayor calidad o precisión, con prestaciones superiores. En este caso la ventaja competitiva proviene de ofrecer productos mejorados.

En tercer lugar, su extensión puede acarrear un notable incremento de flexibilidad y agilidad, tanto de la cadena de valor total y como sus diferentes eslabones: flexibilidad y rapidez para adaptarse de forma rentable a los requisitos cambiantes de los clientes (Tiers 1,2,3); reducción del tiempo de salida al mercado o del plazo de entrega (ventaja para los Original Equipment Manufacturers OEMs); elaboración de series cortas o incluso unitarias, abriendo la puerta al concepto de customización en masa (aeronáutica, transformación primaria...).

En cuarto lugar, se facilita extraordinariamente el desarrollo de servicios añadidos o anexos (servitización) que complementen las prestaciones de los productos o equipos que ofrece la empresa manufacturera, y el cambio en los modelos de negocio. Esto va ligado al paso de ofertar productos a ofertar soluciones. (Navarro, Navarro , & Sabalza, 2016)

DESVENTAJAS

La criticidad de la intervención humana que puede causar retrasos, tomando en cuenta que la tecnología está en constante evolución y que la inteligencia artificial está en progreso siendo cada vez más capaz de obtener mejores resultados y más rápido; y en ese contexto, el ser humano va quedando algunos o varios pasos atrás, siendo más lento en adaptarse y lo que es más crítico aún, en saber aceptarlo.

Dependencia tecnológica, al ser la industria 4.0 una revolución importante en la vida del ser humano, no se puede negar la dependencia que se tiene, ya que, sin la intervención de ésta, los resultados no son óptimos, por lo tanto, su uso es imprescindible, lo que convierte al ser humano en dependiente de la tecnología, en algunos casos lo pone en estado de conformismo y con exceso de confianza.

La falta de flexibilidad, la tecnología no espera, por lo tanto, al estar en constante avance, los cambios son radicales, por lo tanto, no es flexible ya que obliga, estar a la altura de éste. Por lo que hace presumir que llevará un tiempo adaptarse.

El coste de instalación, si bien es positivo su uso para la obtención de resultados óptimos, pues el costo es elevado, no solo haciendo referencia la parte tecnológica (software), sino también el recurso humano, ya que es necesario contar con personal capacitado que sepa manejarlo y todo esto implica gastos elevados (económicamente). (Thompson, 2019)

2.1.4 DIGITALIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS

Definimos digitalización de la producción como las transformaciones asociadas con la adopción masiva de tecnologías digitales en procesos productivos. Las revoluciones tecnológicas están marcadas por innovaciones que cambian radicalmente los modelos productivos y generan crecimiento económico. En este sentido, la digitalización se refiere

a la transformación del contexto tecnológico, lo que modifica las cadenas de valor mediante la introducción de comunicaciones, aplicaciones, plataformas, y contenidos digitales. Contrariamente a otras transformaciones tecnológicas, como la adopción de la electricidad o los ferrocarriles, la digitalización se basa en la evolución de numerosos componentes, incluyendo a semiconductores, redes de comunicación, ingeniería de computación, robótica, y sensores.

La digitalización de la producción implica una transformación radical de empresas, requiriendo una refundación de los parámetros que llevan a la creación de valor: la digitalización ayuda a diferenciar productos e incrementar la voluntad de pago de usuarios, así también a reducir el costo operativo en base a saltos en eficiencia. (Katz & Callorda , 2016)

2.1.5 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización industrial, considerada como el manejo de la información en las empresas para la toma de decisiones en tiempo real, incorpora la informática y el control automatizado para la ejecución autónoma y de forma óptima de procesos diseñados según criterios de ingeniería y en consonancia con los planes de la dirección empresarial (DNP, Colciencias. Plan Estratégico del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, 2000-2010).

La experiencia industrial nacional e internacional denota varias consideraciones que direccionan cómo acometer el proyecto de automatización, destacándose algunas pautas como el mejoramiento de estándares de calidad, la reducción de pérdidas en producción, el incremento de la repetibilidad y la estabilidad de los procesos de manufactura, la reducción del trabajo físico y repetitivo, obtención de mayor continuidad de la producción en días feriados, mejoramiento de la relación costo beneficio, el predominio de visión abierta para dimensionar la necesidad, y selección de la oferta técnica y económica más viable en términos de tecnología de automatización.

Por otra parte, es fundamental realizar la adecuada y certera definición del sistema automatizado (máquina proceso) en cuanto a rangos requeridos de calidad, grado de fiabilidad y disponibilidad técnica, nivel de productividad (Throughput rates) (...el incremento de la productividad a largo plazo solo es sostenible a través de alzas en el valor agregado incorporado en la producción, es decir, de la relación producto / factores, entendido el producto como la innovación y los factores de eficiencia y productividad)

2.2.1 LOGÍSTICA INTERNA / INTRALOGÍSTICA EN LA INDUSTRIA

La intralogística, también denominada logística interna, la podemos definir como la parte de la logística que se encarga de la organización de todos los flujos de materiales e información que se producen dentro de la propia empresa.

Los procesos de los que se encargara la intralogística son los siguientes:

Gestión de almacén: en este aspecto la intralogística se encarga del control de todos los procesos operativos que se producen en el interior de las instalaciones de almacenaje.

Control de inventarios: la logística interna nos debe permitir reflejar de una manera adecuada, en el sistema de información que utilice la compañía, todos los movimientos físicos de entrada y salida de cara a tener perfectamente controlado el inventario de la compañía.

El transporte interno de materiales: tanto el que se produce dentro del almacén como en los distintos eslabones de la red de distribución o producción de la empresa. (López, 2024)

2.2.2 IMPORTANCIA DE LA INTRALOGÍSTICA EN LA INDUSTRIA

Lo más importante de la intralogística es que, si llega a optimizarse convenientemente, puede llegar a mejorar en gran medida el servicio de una empresa. No en vano es uno de los elementos fundamentales sobre los que actúa el llamado lean manufacturing, un concepto referido a aumentar la eficacia de una empresa considerando el conjunto de sus departamentos y áreas de trabajo. (Arsam, 2019)

2.2.3 CLAVES DE LA INTRALOGÍSTICA EN EL ALMACÉN

Elección de elementos de manipulación y almacenaje

Los desplazamientos y movimientos de cargas representan un porcentaje suculto de los costes que se producen en la logística interna. Las opciones que podemos utilizar para realizar esos movimientos son muchos y han sufrido importantes avances y transformaciones en los últimos años.

La automatización de la logística interna nos tiene que llevar a que las máquinas se encarguen de aquellas tareas repetitivas y pesadas, pese a ello nunca debemos olvidar que los operarios son muy importantes; son los que posibilita que el almacén siga funcionando a pleno rendimiento.

Diseño de Layout

De cara a maximizar la capacidad de almacenamiento, así como la flexibilidad en el movimiento de materiales dentro de nuestro almacén con el objetivo puesto de incrementar al máximo la productividad de nuestros recursos humanos y materiales. Un último aspecto que tener en cuenta en el diseño de Layout será la seguridad y la ergonomía del trabajo que realizan nuestros operarios.

Selección e implementación de software y dispositivos

Otra de las claves para que nuestra intralogística funcione es realizar una adecuada selección del sistema de información que va a gestionar nuestra logística interna, controlando y registrando los movimientos de la mercancía dentro de la empresa garantizando su trazabilidad.

Los dispositivos interconectados son otra gran decisión que tenemos que tomar en esta clave, ya que nos van a garantizar el traspaso de información del entorno real al entorno digital y van a permitir mejoras en los procesos de gestión de información. Estos sistemas

interconectados son los encargados de canalizar las órdenes del SGA hacia los operarios y los sistemas automáticos. (López, 2024)

2.2.4 INDUSTRIA 4.0 APLICADA A LOGÍSTICA INTERNA

La logística interna se despliega mediante sistemas ciberfísicos diseñados para optimizar los procesos internos de distribución y producción. Para ser plenamente eficaz, un sistema intralogístico también debe estar integrado con la cadena de suministro más amplia a través de Internet y los procesos operativos locales.

En los almacenes, el sistema incluye saber dónde está todo el material en las instalaciones, qué se necesita para cumplir los pedidos pendientes, qué puede faltar para completar los pedidos y dónde está el material entrante en la cadena de suministro más amplia. En las fábricas, la intralogística incluye saber qué material se necesita para procesos de fabricación específicos y apoyar la máxima eficiencia de programación coordinando la información sobre lo que hay actualmente en las instalaciones y cuándo llegarán materiales adicionales, junto con la disponibilidad de máquinas y operarios. Cuando está totalmente integrada, la información sobre la disponibilidad de material, las personas, sus cualificaciones y ubicaciones, además de la maquinaria y su disponibilidad, reduce los costes al minimizar el inventario, aumentar la flexibilidad para la personalización en masa y mejorar la calidad

La logística interna (intralogística) utiliza robots móviles autónomos (AMR) y vehículos de guiado automático (AGV) para mover materiales de forma eficiente por los almacenes y las instalaciones de producción de la Industria 4.0, los AMR y los AGV están diseñados para trasladar material de un lugar a otro, mejorando la eficacia, precisión, productividad y seguridad de las operaciones intralogísticas. Estos sistemas pueden diferenciarse en función de sus configuraciones de carga.

Los gemelos digitales y los hilos de ejecución digitales en la logística interna se encuentran en las primeras fases de desarrollo. La previsibilidad de las operaciones es importante para la eficacia de los sistemas intralogísticos. Los AMR, AGV y robots funcionan con altos niveles de previsibilidad y repetibilidad, y su uso en la Industria 4.0 puede simplificar el uso de la tecnología digital twin. Incluirlos en el gemelo digital favorece la optimización y gestión de la flota en las instalaciones y permite un mantenimiento preventivo con un impacto mínimo en la eficiencia operativa.

Los gemelos digitales se apoyan en grandes cantidades de datos en tiempo real, incluidas las condiciones ambientales, así como datos funcionales y operativos sobre el estado de máquinas y procesos. El gemelo digital utiliza esos datos para simular los sistemas reales y predecir el estado de máquinas completas y componentes individuales, como los paquetes de baterías de los AGV y AMR, con el fin de optimizar su rendimiento. Cuanto más se aproxime el gemelo digital al mundo real, mayores serán los beneficios. Un sistema de infra logística suele integrar sistemas automatizados con personas. La inclusión de actividades humanas en el gemelo digital puede aumentar aún más la precisión de las simulaciones y las ventajas de la intralogística. Se espera que la combinación de la intralogística, los gemelos digitales y los hilos de ejecución digitales

con la inteligencia artificial y el aprendizaje automático sean elementos importantes que apoyen la aparición de fábricas y almacenes totalmente automatizados de la Industria 4.0. (Shepard, 2023)

2.3.1 ABASTECIMIENTO

El abastecimiento es el proceso de identificar, evaluar y seleccionar proveedores para proporcionar bienes y servicios. Cuando se aplican táctica y estratégicamente, las actividades de abastecimiento pueden afectar significativamente al coste, la calidad y la disponibilidad de los bienes y servicios de una organización. El abastecimiento es uno de los primeros pasos de la gestión de la cadena de suministro: la gestión de todo el flujo de producción de un bien o servicio. Las organizaciones emplean procesos de abastecimiento para crear su red de proveedores (“eslabones” en la cadena) que mueven los productos. (Jonker, 2023)

2.3.2 CADENA DE ABASTECIMIENTO

Todas las organizaciones tienen necesidades tanto internas, como el aprovisionamiento de materiales y servicios para la producción, como externas, como la necesidad de satisfacer al cliente en tiempo, cantidad y precio.

La gestión de la cadena de abastecimiento es una actividad interdisciplinaria que vincula varias áreas de la empresa, desde compras hasta el servicio post-venta, pasando por el abastecimiento de materias primas, la producción, el manejo de inventarios, distribución de productos, transporte y gestión de la información.

La función principal de la cadena de abastecimiento es que el cliente final obtenga el producto correcto, en el lugar, tiempo y precio que el necesite, por tal razón, siempre la cadena de abastecimiento debe ser gestionada en función en las necesidades y requerimientos del cliente, de acuerdo con las capacidades de la empresa. Por lo tanto, debemos tratar a la gestión de la cadena de abastecimiento, no como un proceso funcional u operativo de la empresa, sino como un modelo de gestión y planeación dentro de la organización que puede conllevar a ventajas competitivas y marcar la diferencia en el mercado. (Díaz, 2017)

2.3.3 IMPORTANCIA DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

La importancia de la gestión de la cadena de abastecimiento viene de la mano de la mejora en la logística de la empresa, en pro de mejorar el servicio al cliente, optimizando los procesos tales como:

- Mejora de las líneas de producción.
- Eficiencia en la producción y uso de materiales, alcanzando altos niveles de manufactura.
- Mantenimiento de niveles óptimos de inventarios, aumentando la rotación de los mismos. (Díaz, 2017)
- Aprovechamiento de los sistemas de información

2.4.1 MOBILE INDUSTRIAL ROBOT (MIR)

Un MIR (Mobile Industrial Robot) es un robot móvil autónomo diseñado para transportar materiales dentro de entornos industriales, como líneas de producción, almacenes y centros de distribución. Su principal función es mover cargas de un punto a otro sin necesidad de un operador humano, utilizando un sistema de navegación inteligente que le permite desplazarse por la planta evitando obstáculos y personas.

Los MIR forman parte de la automatización interna de la logística, una de las áreas estratégicas dentro de la Industria 4.0, la cual busca digitalizar y optimizar los procesos productivos mediante tecnologías avanzadas como sensores, conectividad inalámbrica, inteligencia artificial y análisis de datos.

2.4.2 AGV VS MIR

Antes de la categorización clásica, la aplicación del robot puede especificar si el robot es un robot de Servicio o uno industrial. Luego, según este estado, la nueva categorización como robot industrial/de servicio puede separarse. Dos plataformas famosas para el grupo mencionado son AGV y MIR, que se describen a continuación:

AGV(Automated Guided Vehicle)

AGV (vehículo guiado automatizado) es uno de los robots pioneros utilizados en las industrias desde 1953 para transportar. Para ahorrar tiempo, se busca que el proceso sea rápido como los robots de servicio industrial. El AGV es uno de los productos exitosos en este campo y, en pocas palabras, el AGV es un tipo de herramienta de transporte que puede reemplazar a los seres humanos para realizar entregas simples y repetitivas de productos. Debido a su alta eficiencia, flexibilidad, fiabilidad, seguridad y escalabilidad del sistema, el AGV se utiliza ampliamente en almacenamiento y logística, fabricación, establecimientos de servicios públicos, etc. [22]. Las principales partes y aplicaciones de las plataformas AGV se muestran en la Figura 2 y se describen en el trabajo anterior del autor [22]. La Figura 2 tiene algunas partes como el dispositivo de transferencia de carga, que se añadió recientemente para lograr el objetivo final de entregar productos [23]. Dispositivos de comunicación, baterías, chasis, controladores y sensores, y los AGV tienen diversas aplicaciones en la industria y la sociedad. Debido a sus aplicaciones extendidas y al uso de más de medio siglo, el AGV se ha convertido en un dispositivo típico en fábricas, fabricantes, almacenes y otros lugares.

MIR (Mobile Industrial Robots)

La tecnología mejora y provoca la nueva tendencia en AGV llamada MIR. MIR (robots industriales móviles) se define como un robot móvil listo para usar, sin módulo superior y no limitado por su entorno. Estas plataformas han mostrado ciertas ventajas en flexibilidad, colaboración, facilidad de uso, bajos requisitos de mantenimiento y bajos costos operativos. La siguiente etapa del robot industrial MIR (como la próxima generación) se reorganiza como AMR (robots móviles autónomos). El diseño AMR de MIR cumple con todas las normas de seguridad relevantes y basado en el principio de diseño AMR; está diseñado para funcionar de manera segura en medio de la multitud.

En comparación con los AGV, el método de navegación de MIR determina la diferencia a partir del tipo de sensor del AGV. Las plataformas AGV utilizan sensores para obtener la posición de la cuerda guía y una banda magnética para determinar la ruta de movimiento, mientras que las plataformas MIR utilizan datos proporcionados por cámaras, sensores integrados, escáneres láser, giroscopios y codificadores de ruedas [24]. Estos datos provienen de la formulación primaria de la mejor ruta de movimiento. También garantiza que el robot tenga conciencia ambiental al tomar la mejor ruta y pueda evitar obstáculos o personal en la ruta a tiempo. Luego, en MIR, esta parte se maneja mediante el mapa automático y la planificación de la ruta por el propio robot. Por otro lado, el robot MIR gira entre dos puntos específicos A y B. En comparación con los AGV que trabajan solo a lo largo de rutas fijas, las rutas de trabajo de MIR son más flexibles, y el sistema encuentra automáticamente la mejor manera de llegar al destino [25]. En resumen, al utilizar MIR, el usuario no necesita colocar muchas líneas como vías en la fábrica, como ocurre con la superficie del piso.

De esta manera se evita la costosa interrupción de la producción causada por el cambio de las instalaciones internas de la fábrica. MIR solo necesita patrullar alrededor de la fábrica cuando los usuarios lo utilizan por primera vez y recopila todos los datos a través de sensores para formar todo el taller. Se creó el mapa de la fábrica y se utiliza para la planificación de rutas en trabajos futuros. Como se muestra en la Figura 3, la mayoría de los AGV con SLAM utilizan mapas topológicos y MIR utiliza mapas de cuadrícula de ocupación para representar el entorno interior.

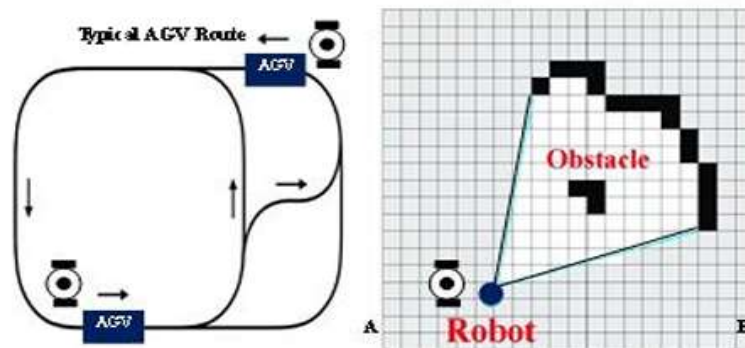


Figura 2.1 Mapa AGV VS MIR

Como se muestra en el mapa de cuadrícula ocupada (el método que sigue MIR), el píxel de cada posición indica si está ocupada o no; el píxel negro indica que está ocupado por una estructura fija, y el píxel blanco indica que no hay ningún objeto ocupando la posición y se puede conducir. El planificador global proporciona información sobre la ubicación espacial, y el sensor obtiene la ubicación al hacer coincidir la estructura del mapa.

Esta tarea realizada por AGV no era asequible, como se muestra. Si la ruta está bloqueada por obstáculos temporales que no existen en el mapa durante la conducción, el planificador local también informa al planificador global para replanificar la nueva ruta.

En términos de colaboración, MIR también ha mejorado con respecto a AGV. El AGV puede detectarlo cuando aparece un obstáculo, pero el siguiente paso es detenerse hasta que el obstáculo sea retirado.

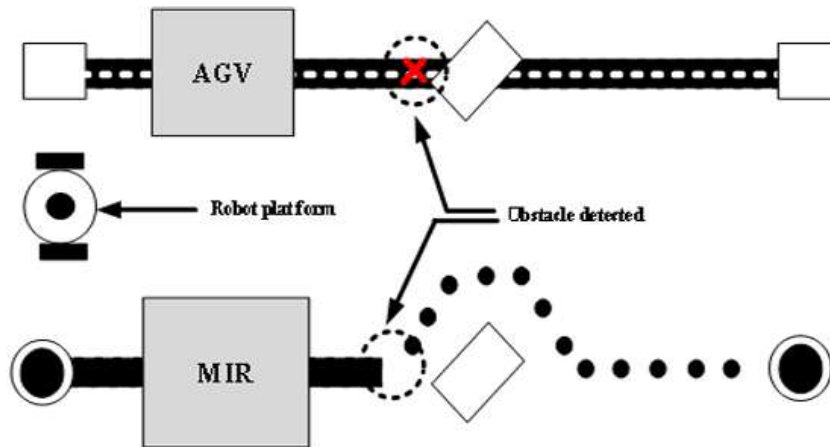


Figura 2.2 Muestra de obstáculos MIR-AGV

2.4.3 APLICACIÓN DE MIR

MIR se utiliza ampliamente en diversas industrias, como fabricantes, hospitales, residencias de ancianos, etc. Algunos de los casos de uso famosos y exitosos se describen a continuación. Los fabricantes enfrentan todos los días un gran número de problemas en la entrega de componentes. La aplicación de MIR puede realizar la automatización logística en la fábrica y hacer que los componentes se apliquen de manera flexible a cada línea de producción. Como ejemplo, la empresa japonesa de aire acondicionado Johnson Controls Hitachi utiliza MIR200 como el elemento central de esta aplicación automatizada de transporte interno



Figura 2.3 Aplicación del MIR

HOSPITAL

El hospital, como un lugar que cada día necesita transportar varias herramientas y objetos, es otra área que contrata la plataforma MIR. En el hospital, la plataforma se utiliza para transportar mantas, drogas, camas.

2.4.4 PARTES DEL MIR

Los principales componentes de la plataforma MIR se dividen en dos partes: el sistema de navegación y el módulo superior. El sistema de navegación garantiza que el robot pueda calcular de manera eficiente y precisa la ruta óptima y desplazarse hacia el destino de forma segura y autónoma. Diferentes módulos de nivel superior con MIR pueden satisfacer distintas necesidades y aplicaciones de los usuarios.

Navegación y detección de obstáculos

El robot MIR cuenta con dos escáneres láser de seguridad con un campo de visión de 360° y dos cámaras 3D frontales, permitiéndole evitar obstáculos y personas en movimiento de manera segura y fluida. Luego, MIR puede manejar esta situación de manera más flexible. La plataforma puede tomar la acción adecuada al encontrar obstáculos, sortearlos y actualizar la mejor ruta de transporte, basándose en su función de programación inteligente. Estas funciones mencionadas se organizan utilizando los sensores y partes a continuación.

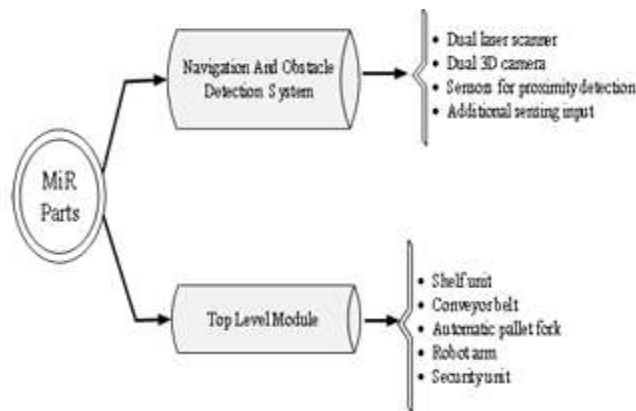


Figura 2.4 Partes del MIR

Escáner láser dual

Robot MIR vs sistema anticolidión para humanos y otros miembros de Mir. Los escáneres láser duales están ubicados en la parte frontal y trasera del robot. Esta parte se utiliza para detectar el entorno circundante de 360° en tiempo real. La tecnología de escaneo láser del escáner láser MIR es Microscan3, la más reciente y avanzada. Ni la luz ni el polvo afectan la navegación del robot. Se pueden detectar obstáculos hasta a 15 metros, y la precisión es 10 veces mayor que la de otros escáneres láser. El escáner láser doble permite y perfecciona el sistema de evitación de obstáculos del robot. El robot puede detectar personas u obstáculos desde todas las direcciones y detenerse o especificar y seleccionar una nueva ruta cuando sea necesario.

Cámara 3D dual

Además del escáner láser dual, el robot MIR también cuenta con una cámara 3D dual. Esta parte puede detectar obstáculos de 0 a 1700 mm de altura, lo que permite que el robot MIR tenga un ángulo de visión horizontal de 120° y detectar obstáculos dentro y

fuera de la línea de visión del escáner láser, como evitar mesas o estantes más bajos que la altura de carga del robot, que se encuentran fuera de la línea de visión del escáner láser.



Figura 2.5 Cámara 3D MIR

Sensores de proximidad

Cámara 3D, aunque existen escáneres láser dobles y cámaras 3D dobles para detectar obstáculos alrededor, estos sensores no pueden detectar obstáculos en el suelo. Por lo tanto, el MIR también está equipado con 24 sensores de proximidad, los cuales están instalados en diversas posiciones del robot, para detectar los pies y bandejas que no pueden ser detectados bajo la línea de visión del escáner láser y otros obstáculos con una altura de menos de 20 cm.

Entrada de sensor adicional

MIR está equipado con algunos otros sensores, como un acelerómetro y un giroscopio, que pueden detectar fuerza inercial, aceleración y rotación, y cada rueda está equipada con un codificador para detectar la velocidad. Puede detectar si el robot se desliza en la carretera actual y retroalimentar esta información al escáner láser.

Diferentes módulos de nivel superior

La segunda parte del MIR son los módulos de nivel superior, y cada robot MIR puede equiparse con diferentes módulos de nivel superior, como unidad de estantería, cinta transportadora, brazo robótico de horquilla para palets y unidad de seguridad. Esta parte debe seleccionarse según la necesidad y el uso del usuario, y cada uno es apropiado para una tarea específica.

Unidad de estantería

Esta parte es adecuada para el transporte de productos semielaborados o terminados entre la producción y el almacén. Con este módulo, el robot MIR puede recoger y descargar todo el estante con ruedas, que normalmente se utilizan para la instalación semiautomática.

Cinta transportadora

El robot MIR con una cinta transportadora es muy adecuado para un taller de producción. Puede desplazarse entre las líneas de producción de manera flexible para maximizar la eficiencia del transporte entre líneas de producción y reducir el tiempo de espera inactivo.

Horquilla automática para palets

Este módulo es uno de los ganchos MIR más comunes en el mercado. Y con su ayuda, el MIR puede encontrar automáticamente la horquilla para palets, conectarla por sí mismo y entregarla al destino antes de descargarla. (Jahangir Moshayedi , Kolahdooz, & Liao , 2021)

2.5.1 LÍNEA DE PRODUCCIÓN

La línea de producción puede definirse como una serie de operaciones que se llevan a cabo para fabricar un producto. Estas operaciones se realizan de manera secuencial, con la ayuda de maquinaria y personal distribuido en diferentes áreas de trabajo en la fábrica.

Bajo este tipo de producción, los productos son transformados a partir de materias primas o partes que necesitan ser ensambladas, hasta convertirse en un producto final destinado al consumidor. (Aerts, 2025)

2.6.1 PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN (SOP)

El Procedimiento Operativo Estándar (POE), que en inglés se conoce como Standard Operating Procedure (SOP). Funciona como una herramienta para estandarizar tareas, reducir errores humanos y garantizar la correcta ejecución de las actividades operativas.

En la práctica, el POE es un documento que describe, paso a paso, cómo debe realizarse una actividad, por quién, con qué herramientas, en qué orden y bajo qué criterios de control. No es un manual genérico. Es una receta de ejecución segura y eficiente, diseñada para mantener la calidad y la confiabilidad en un alto nivel, incluso en entornos con alta rotación o presión por productividad. (Zeltzian, 2025)

CAPITULO III DESARROLLO

3.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto se centra en documentar y estructurar de manera integral la implementación y operación del Mobile Industrial Robot (MIR) como herramienta para eficientar el abastecimiento de materiales dentro de las líneas productivas. Con la necesidad de mejorar la intralogística y reducir los tiempos asociados al transporte manual, se estableció como objetivo por medio del (SOP) desarrollar un manual que permita estandarizar el uso del MIR y garantizar que su funcionamiento sea seguro, repetible y adecuado a las necesidades de producción.

Por lo que, a lo largo del proyecto, se llevaron a cabo diversas actividades que combinan tanto la parte técnica de programación, configuración y validación del MIR, como el proceso de integración del robot a las líneas productivas Q5 AU436. Esto incluyó la investigación y el análisis del mapa de navegación, la definición de rutas internas, la identificación de puntos de entrega, la información técnica sobre el MIR, la interacción con los operadores y la evaluación del impacto del MIR en el flujo de materiales. Paralelamente, cada actividad permitió recopilar información clave para el desarrollo del SOP, asegurando que el documento final reflejara las operaciones reales que se realizan durante la operación diaria del robot, en las líneas de producción una vez que este fue implementado.

Este desarrollo, por lo tanto, representa una mezcla entre el proceso de implementación del MIR y la documentación de su operación. No solo describe cómo funciona y cómo se programa, sino también cómo fue integrado a las líneas productivas y qué procedimientos deben seguir los operadores para garantizar un uso eficiente y estandarizado. De esta manera, el proyecto contribuye tanto a la mejora del abastecimiento interno como al fortalecimiento de prácticas alineadas con la Industria 4.0.

3.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO

El presente diagrama de flujo se utiliza para representar de manera clara y ordenada todas las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto, incluyendo los puntos de toma de decisiones que determinaron el avance entre cada etapa. Esta herramienta permite visualizar la secuencia lógica de pasos que se siguieron desde la identificación del problema en planta hasta la elaboración del manual de operaciones del MIR, mostrando también qué acciones se realizaron cuando la información no era suficiente o cuando fue necesario ajustar rutas, validar datos o complementar el SOP.

Gracias a esto, el lector puede comprender fácilmente cómo se integró la información de planta, los tiempos de abastecimiento, el análisis del manual técnico y el proceso de implementación del robot para llegar a los resultados esperados. En resumen, el diagrama de flujo facilita explicar todo el proceso de desarrollo, evidencia las decisiones clave y respalda la metodología aplicada en el proyecto.

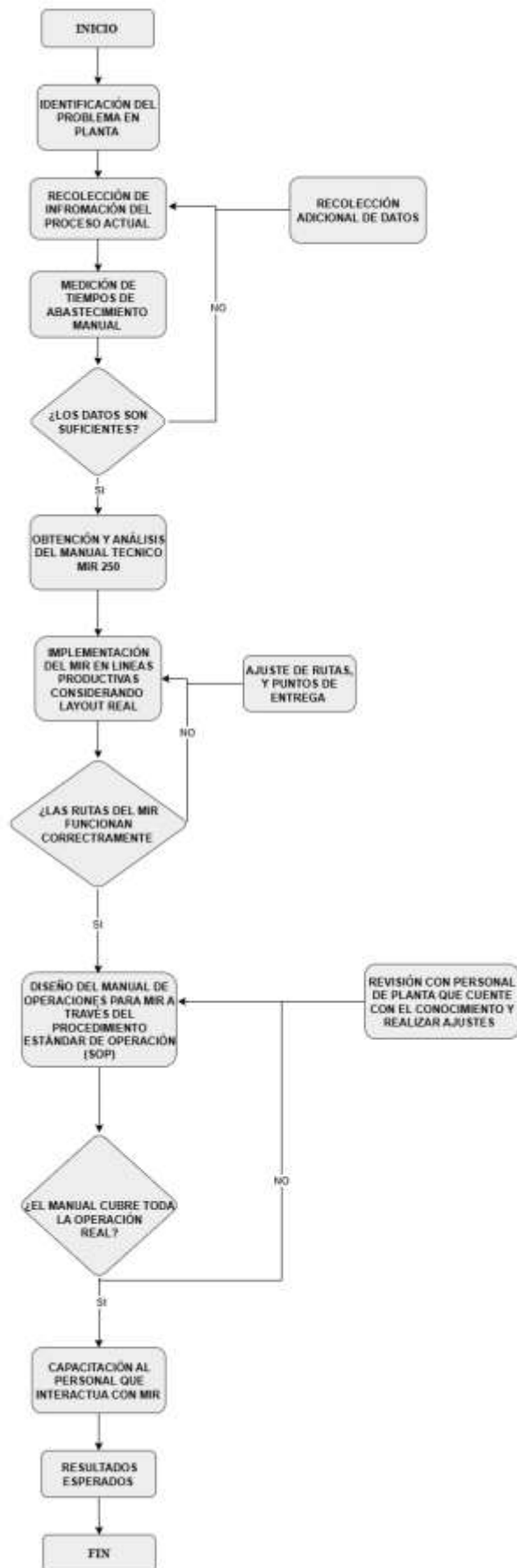


Figura 3.1 Diagrama de flujo actividades

3.1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA EN PLANTA

El diagnóstico inicial del proceso de abastecimiento en las líneas productivas evidenció diversas fallas operativas que afectaban directamente la continuidad del flujo de producción. El abastecimiento era realizado únicamente por dos operadores, quienes distribuían el material de forma manual y sin un sistema estandarizado de prioridades. Esta situación provocaba que los operadores entregaran primero los materiales a las líneas más cercanas o a las que consideraban más convenientes, sin contar con un criterio basado en la urgencia real de cada estación.

Como consecuencia, se presentaban retrasos frecuentes en la llegada del material, interrupciones en la producción y ausencia de un control claro sobre qué se entregaba, cuándo y a qué línea. La falta de registro formal del proceso hacía imposible dar seguimiento a las entregas, evaluar la carga de trabajo o identificar desviaciones en el abastecimiento.

Adicionalmente, se observó que no existía un documento oficial que describiera cómo debía implementarse o utilizarse el Mobile Industrial Robot (MIR) en las líneas donde previamente había sido introducido.

- Todo este escenario permitió identificar la necesidad de:
- Automatizar parte del abastecimiento,
- Establecer un proceso más preciso y trazable

Y desarrollar un manual de operaciones del MIR, adaptado específicamente a las necesidades de la planta, que permitiera estandarizar tanto su implementación como su uso diario.

3.1.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL PROCESO ACTUAL

FUNCIONAMIENTO DE UNA LINEA ESTANDAR

Para comprender el funcionamiento previo al uso del MIR en el abastecimiento, es fundamental describir cómo se organiza una línea estándar de producción como se muestra en la siguiente imagen. Una línea estándar debe contar con dos carros SA (carros de alimentación) para asegurar un flujo continuo de materiales durante el proceso. Estos carros se ubican al final de la línea.

En la imagen que se presenta a continuación puede apreciarse que la línea está compuesta por diversas estaciones de trabajo consecutivas, donde se realizan actividades como costura, inspección y manipulación de componentes. Cada estación requiere un suministro de materiales oportuno para evitar interrupciones. Por ello, se emplean los carros SA llenos con el material necesario.

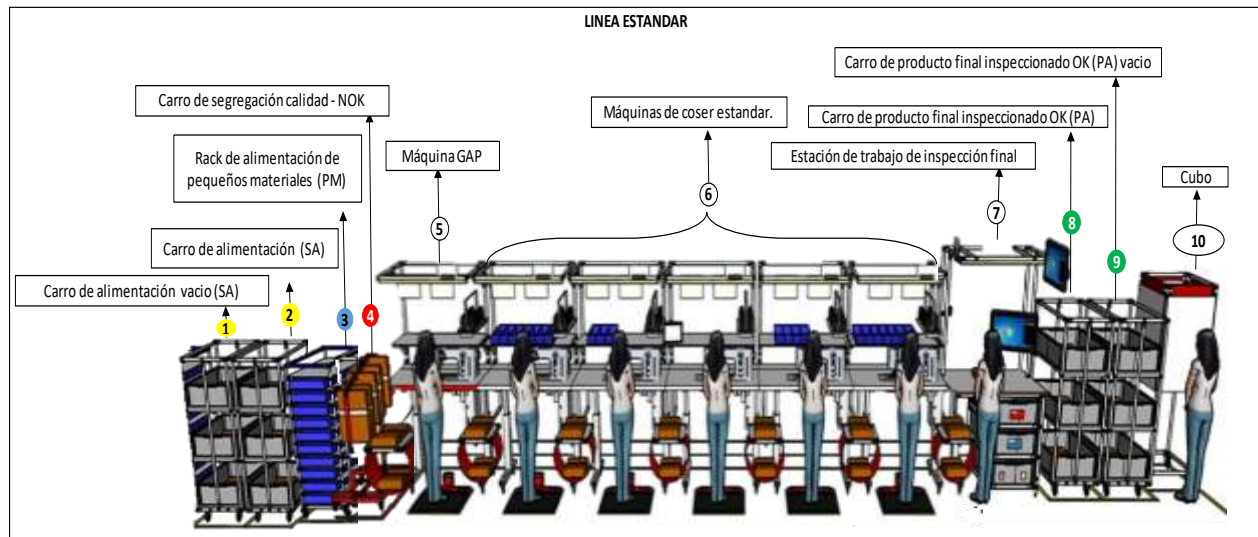


Figura 3.2 Línea estándar

La dinámica es la siguiente:

1. Carro SA lleno

Es el carro que se encuentra cargado con componentes y está listo para ser alimentado a la línea. Su posición es cercana al punto de entrada del material hacia las primeras estaciones.

2. Carro SA vacío

Una vez que el carro uno ha sido descargado por las operadoras conforme avanza la producción, este se desplaza a la parte final de la línea, convirtiéndose en el carro vacío que requiere ser retornado al supermercado para reabastecerse, mientras que el carro dos se convierte en el carro abastecedor de la línea.

3. Rack de alimentación de pequeños materiales PM

Este rack permite almacenar las cajas de los componentes utilizados en las fundas (perfiles) necesarios durante el proceso.

4. Carro de segregación de calidad NOK (Caballo rojo)

Ubicado también al final de la línea, este carro recibe aquellos productos que no cumplen con los estándares de calidad, separándolos del flujo normal.

5. Máquina GAP

En el caso de la maquina GAP es aquella en donde el líder o encargado de la línea, brinda apoyo con algunas de las operaciones que puedan estar retrasando la producción en ese momento por alguno de los puestos de trabajo.

6. Máquinas de coser estándar (Puestos de trabajo)

Son aquellas maquinas encargadas de la producción de vestiduras (fundas), en cada una de estas, se desarrollan diferentes tipos de costura tales como COSTURA DE UNIÓN,

DECORATIVA DE 1 AGUJA, DECORATIVA DE 2 AGUJAS Y COMOPONENTE (PERFILES) las cales en conjunto permiten la creación de cada una de las piezas.

7. Estación de Trabajo de Inspección Final

Esta estación tiene la función de verificar la conformidad del producto, asegurando que cada pieza cumpla con los requisitos de calidad antes de ser enviada al cliente. Aquí, la operadora u operador realiza una revisión visual del producto terminado, verificando aspectos como acabados, fijaciones, dimensiones y apariencia. En caso de detectar una no conformidad, el producto es enviado directamente al Carro de segregación de calidad NOK (3) para su análisis y retrabajo, evitando que productos defectuosos avancen en el flujo.

8. Carro de producto final inspeccionado OK PA

Este carro sirve como contenedor de todas las piezas liberadas y listas para el envío o para su movimiento a la siguiente fase del proceso logístico interno llamado muro. Su ubicación inmediata junto a la estación permite una transferencia fluida sin interrupciones.

Antes de introducir el robot móvil autónomo (MIR) en el proceso de abastecimiento de materiales para la línea de producción Q5 AU436, esta actividad se realizaba de manera totalmente manual.

9. Carro de producto final inspeccionado OK vacío

Se utiliza en cuanto el primero se haya completado. De esta manera, se asegura la continuidad del proceso y se evita saturación o detención en la estación de inspección.

El proceso comienza con la planeación de producción, en la cual cada línea generaba la secuencia de órdenes necesarias para la fabricación. Sin embargo, aunque existía una planeación previa, no se contaba con un mecanismo de aviso o monitoreo en tiempo real sobre la entrega de material a las líneas.

10. Cubo

El elemento identificado como Cubo tiene una función principalmente informativa y administrativa dentro de la línea. En él se coloca información clave como:

- Hojas y criterios de calidad: incluyen instrucciones visuales, parámetros de inspección, criterios de aceptación, rechazo y normas internas.
- Información del cliente para el cual se está trabajando en ese momento y el modelo correspondiente.
- Información de turno: indica el turno en operación (matutino, vespertino o nocturno).
- Lista de UAPs (Unidades Autodirigidas de Producción) o equipos responsables: muestra la organización del personal y reparto de responsabilidades.
- Supervisores asignados: se señala el responsable directo del seguimiento y cumplimiento del estándar operativo en la línea en ese momento.

3.1.4 MEDICIÓN DE TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO MANUAL

Previo a la integración del MIR en la línea de producción Q5 AU436, el suministro de material se realizaba de manera completamente manual.

El proceso inicia desde la planeación de producción, donde cada línea genera a secuencia las órdenes correspondientes para la fabricación del modelo a trabajar en las distintas líneas.

El material requerido para la producción se encontraba almacenado en el área denominada supermercado. En este espacio, un operador identificado como distribuidor era responsable de seleccionar, preparar y llenar los carros SA con los kits de componentes necesarios según la secuencia de órdenes.

Una vez preparados, estos carros eran trasladados hacia la línea mediante el método denominado Frontal Feeding, el cual consiste en entregar el carro lleno directamente frente a la primera estación que lo requiere para comenzar su consumo.

A pesar de ello, el suministro directo a cada estación era realizado por dos operadores, quienes debían desplazarse constantemente entre el supermercado y las diferentes líneas para cambiar los carros SA llenos por los vacíos y abastecer materiales de soporte. No existían rutas establecidas ni secuencias de recorrido definidas, por lo que los operadores decidían su desplazamiento basándose en la demanda percibida, la urgencia del momento o la proximidad física, generando una alta variabilidad en el proceso.

Esto provocaba:

- Variación en los tiempos de entrega, debido a que cada recorrido era distinto.
- Falta de trazabilidad, ya que no existía registro de qué material se entregó, cuándo o cuánto.
- Solicitudes tardías, debido a que la línea no sabía exactamente cuándo el material estaba por agotarse.
- Congestión en pasillos, especialmente en horas de alta demanda.
- Fatiga física en los operadores, por recorridos repetitivos y trayectorias largas.
- Paros momentáneos de producción, cuando la entrega no llegaba a tiempo.

TOMA DE TIEMPOS Y OBSERVACIONES ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL

Se realizó una toma de tiempos directa en diferentes horarios y días para obtener datos reales del proceso. El tiempo registrado incluye desde el momento en que el operador recibe la solicitud hasta su retorno al punto de inicio. Esta variación afecta directamente la continuidad del flujo de material hacia la línea, pudiendo generar tiempos de espera en los operadores de producción e incluso paros parciales cuando el material no llega de forma oportuna.

Entrega	Tiempo Antes (Manual)	Observaciones
1	9 min 45 s	Tiempo dentro del promedio, pero aún sin ruta definida, lo que provoca variaciones.
2	12 min 20 s	Incremento notable por congestión en pasillos y búsqueda de carritos.
3	10 min 15 s	Variación normal del proceso, dependio del ritmo del operador y disponibilidad del material.
4	13 min 08 s	incremento notable por congestión en pasillos y búsqueda de carritos.
5	8 min 59 s	Tiempo más bajo, menor movimiento en áreas y ruta más despejada.

Toma de decisión sobre la suficiencia de los datos

Durante el análisis surgió la necesidad de evaluar si la información recolectada era suficiente para representar adecuadamente el comportamiento del proceso manual.

Aunque inicialmente se consideró la posibilidad de realizar una recolección adicional de datos, los tiempos obtenidos mostraron patrones consistentes y repetitivos, suficientes para compararlos con los tiempos del MIR. Esto permitió continuar con la siguiente etapa del proyecto sin necesidad de hacer nuevas mediciones.

3.1.5 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DEL MANUAL TÉCNICO MIR

El manual fue obtenido de manera digital para hacer más ágil el proceso en cuanto a la recopilación de los datos que serian de utilidad para el manual.



Figura 3.3 Manual Técnico MIR

Una vez obtenido procedí a revisar el manual técnico del MIR 250, ya que este documento explica de manera detallada cómo está construido el robot, cómo funciona y cómo debe ser operado. La idea principal de analizar este manual fue entender las características más importantes del MIR y seleccionar únicamente la información que realmente sirve para elaborar el manual de operaciones y para documentar cómo se implementó el robot en las líneas productivas.

Durante la revisión no se utilizó el manual completo ya que contiene demasiados apartados que no son necesarios para el abastecimiento de materiales. Por esa razón me enfoqué solamente en las secciones que aportan información útil para la operación del robot dentro de la planta.

Primero revisé el capítulo dos en donde se encuentra la presentación del producto en donde se muestran las características principales del MIR 250 y sus componentes externos e internos. Esta información me ayudó a identificar las partes más importantes del robot, como sus sensores y cámaras, que son esenciales para su navegación dentro de las líneas de producción.

2. PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO

Después analicé el capítulo cuatro que nos habla de seguridad, el cual es muy importante porque cualquier manual de operación necesita advertencias y recomendaciones para evitar accidentes. En este apartado pude conocer el uso correcto del robot, los riesgos posibles y también qué acciones se consideran un uso indebido. Todo esto lo utilicé para incluir medidas de seguridad dentro del procedimiento estándar de operación (SOP).

4. SEGURIDAD

Otro apartado que resultó útil fue el del capítulo 11 de puesta en marcha, donde se explica cómo activar el robot, conectar la batería y verificar el entorno. Esta parte fue clave para describir los pasos básicos que debe seguir un operador antes de comenzar a trabajar con el MIR. Sin embargo, la información más importante para este proyecto estuvo en las secciones de navegación, control y creación de misiones. Ahí se explica cómo el robot detecta obstáculos, cómo se configuran los marcadores y posiciones, y cómo se programan las misiones. Esta información me ayudó a documentar cómo se definieron los puntos de carga y entrega, cómo se generaron las rutas y cómo se adaptó el MIR a las necesidades de las líneas productivas Q5 AU436.

11. PUESTA EN MARCHA

Finalmente, revisé el capítulo 12 del uso del robot, donde aprendí a crear y probar misiones. Esta parte se utilizó directamente para redactar instrucciones claras dentro del manual de operaciones que se diseñó para el personal de la planta.

12. USO

En general, analizar el manual técnico del MIR 250 me permitió comprender mejor cómo funciona el robot y qué aspectos son esenciales para su operación. Gracias a esto fue posible seleccionar solo la información necesaria y adaptarla a las actividades de

abastecimiento, asegurando que el manual de operaciones fuera práctico, claro y adecuado para las necesidades de la planta.

3.1.6 IMPLEMENTACIÓN DEL MIR EN LÍNEAS PRODUCTIVAS CONSIDERANDO EL LAYOUT REAL

El primer paso consistió en efectuar un recorrido en planta para identificar y analizar el trayecto existente entre el supermercado, donde se preparan los kits de materiales, y la línea de producción de Q5 AU436. Se evaluaron los pasillos, intersecciones, estaciones de trabajo y puntos clave. Para esta parte se utilizó el plano general de la planta en donde localizamos el supermercado y la línea Q5 AU436, en el layout señalamos ambos puntos como origen y destino del recorrido del MIR.

Dicho señalamiento puede observarse a continuación, la parte remarcada con amarillo nos muestra el área del supermercado en donde son preparados los carros SA con el material correspondiente a cada línea de producción.

Mientras que la parte remarcada con verde nos muestra el área en donde se encuentran las líneas de producción del proyecto Q5 AU436. Este tuvo una ligera modificación en cuanto al acomodo de sus líneas ya que al analizar necesidades en la producción se realizaron dichos cambios.

Figura 3.4 Layout planta

LAYOUT DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN Q5 AU436 ACTUALMENTE



Figura 3.5 Layout actual Q5 AU436

DELIMITACIONES PARA IMPLEMENTACIÓN DE MOBILE INDUSTRIAL ROBOT (MIR)

Una vez analizado el layout de la planta, se determinó que cada una de las líneas de producción debía contar con espacios definidos específicamente para operar con el MIR. En cada línea se establecieron tres áreas principales, cada una con dimensiones aproximadas de 80 x 90 cm.

Estas áreas fueron delimitadas y marcadas físicamente en el piso con señalética, con el fin de garantizar que el robot pueda llegar, detenerse y realizar el intercambio de carros sin riesgos para los operadores ni interrupciones en el flujo de trabajo.

- Dos espacios fueron designados para colocar los carros SA llenos, previamente preparados en supermercado.
- Un tercer espacio quedó asignado para el carro vacío, el cual debe ser rotado al espacio correspondiente por el operador y reemplazado por un carro lleno cuando el MIR realiza la entrega.

En esta sección también se incorporan las evidencias fotográficas del antes y después de la delimitación, ya que estos ajustes fueron clave para adecuar el área y asegurar que el MIR pudiera operar correctamente desde el inicio.

ANTES



Figura 3.6 Delimitación antes

EVIDENCIA DE LAS DELIMITACIONES



Figura 3.7 Evidencia de delimitaciones

DESPUES

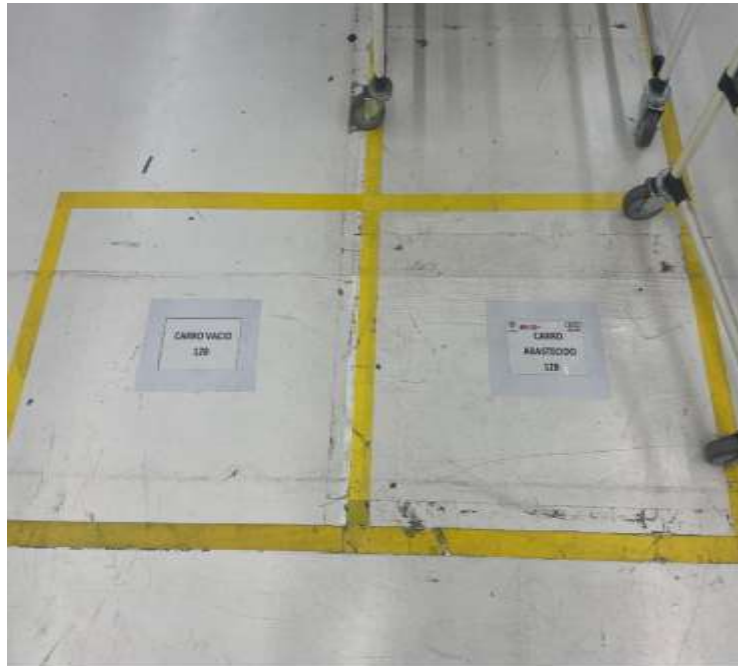


Figura 3.8 Delimitación después 1



Figura 3.9 Delimitación después 2



Figura 3.10 Delimitación después 3

Por otro lado, el área de supermercado también tuvo que ajustarse para asegurar una correcta operación del MIR por lo que se realizaron delimitaciones visibles en el piso, y en cada una se colocó un código de barras que permite al robot identificar con precisión el punto exacto de recolección del material.

Dentro de esta zona se delimitaron dos espacios específicos para los carros SA llenos, los cuales quedan listos para que el MIR los recoja y los lleve a las líneas correspondientes. Estos ajustes aseguran que el robot siempre encuentre los carros en la posición adecuada y que el proceso de abastecimiento se mantenga ordenado y estandarizado



Figura 3.11 Delimitación supermercado

Además de las delimitaciones realizadas en las líneas de producción y en el área de supermercado, también se estableció un espacio específico destinado para la entrega de carros SA vacíos por parte del MIR. Este punto fue necesario para cerrar correctamente el ciclo de abastecimiento y asegurar que el flujo de materiales se mantuviera continuo.



3.12 Delimitación carros vacíos

Finalmente, para que el MIR pudiera realizar el abastecimiento correctamente, fue necesario modificar los carros SA, ya que en su estado original no eran totalmente compatibles con el sistema de arrastre del robot. El MIR necesita que los carros tengan una base alineada y puntos de enganche específicos que permitan asegurar el carrito cuando lo recoge y lo mueve por los pasillos.

Por esta razón, se realizaron ajustes en la estructura, principalmente en la altura de acoplamiento, la estabilidad de la base y la orientación del sistema de enganche, de modo que el MIR pudiera asegurar el carro sin riesgo de que se moviera o se desviara durante la trayectoria.



Figura 3.13 Ajustes carros MIR

EJECUCIÓN DEL MIR

Una vez que las delimitaciones en líneas de producción y supermercado se han realizado con base al layout, se define claramente la forma en que operaría el MIR dentro de las líneas productivas. El proceso inicia desde la programación de la misión en el robot. Cuando el MIR está en su centro de carga, recibe la orden y automáticamente se dirige al área de supermercado, siguiendo las rutas establecidas en el layout.

La imagen presentada corresponde a la interfaz de MIR Fleet, donde se visualiza en tiempo real el comportamiento del robot dentro del layout previamente configurado. En esta pantalla se pueden observar varios elementos clave que explican cómo opera el MIR durante la ejecución de una misión.

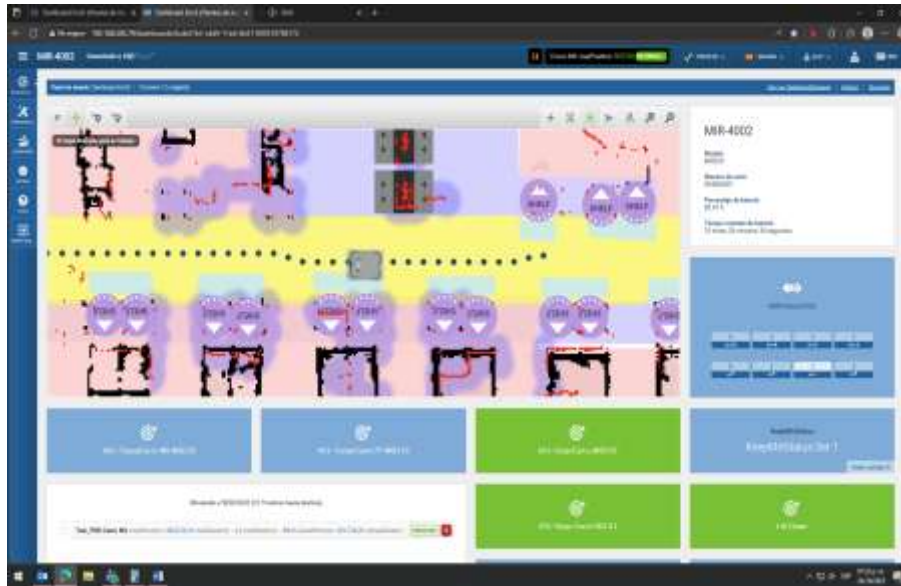


Figura 3.14 MIR Fleet programa

En la parte central de la imagen aparece el mapa digital de la planta, el cual incluye las rutas, zonas de navegación, obstáculos detectados y posiciones configuradas. El robot identifica estos elementos mediante sensores y los utiliza para desplazarse con precisión. Los puntos azules indican la ruta planificada que el MIR sigue para trasladarse desde su centro de carga hasta el supermercado o hacia las líneas de producción.

En la sección derecha se muestra información del estado del robot, como el modelo MIR250, el número de serie, la batería disponible y los IOs internos, lo que permite asegurar que el MIR está operando correctamente antes y durante la misión.

Las tarjetas verdes y azules ubicadas en la parte inferior representan las misiones programadas, como “Tomar carro MX”, “Tomar carro PT”, “Dejar carro SEQ” o “Lift Down”. Cada una de estas misiones es un conjunto de instrucciones que permiten que el MIR ejecute acciones específicas como levantar un carro SA, transportarlo, dejarlo en la línea asignada o regresar a su base.

- Cuando la misión es activada, el MIR sigue este flujo:
- Sale de su punto de carga, siguiendo la ruta marcada en el layout.

- Se dirige al supermercado, donde reconoce el código de barras colocado en la zona delimitada.
- Ubica el carro SA lleno, gracias a los marcadores y las posiciones configuradas en la plataforma.
- Engancha el carro de manera automática utilizando su módulo superior.
- Transporta el material hacia la línea productiva correspondiente, monitoreando obstáculos y ajustando su ruta si es necesario.
- Llega al área delimitada para la entrega, donde depositará el carro lleno siempre que el operador haya colocado previamente el carro vacío en su lugar asignado.

La interfaz que se observa en la imagen es fundamental porque permite verificar que el MIR está siguiendo su ruta adecuada, identificar cualquier alerta o bloqueo y confirmar que las misiones se están ejecutando tal como fueron programadas. Gracias a esto, el proceso de abastecimiento automatizado se vuelve más seguro, ordenado y eficiente.

Una vez que la misión fue asignada y el MIR hace los movimientos necesarios el MIR toma el carro y se desplaza hacia la línea productiva que le corresponde, utilizando la misión previamente configurada. Para que el robot pueda dejar el material correctamente, es necesario que en la línea ya se haya realizado una preparación previa, el carro vacío debe colocarse en el espacio marcado especialmente para él, y el carro lleno anterior debe haberse movido hacia adelante, dejando libre el punto donde el MIR hará la entrega.



Figura 3.15 MIR realizando misión

Cuando el MIR termina de colocar un carro lleno en la línea correspondiente, automáticamente hace los movimientos necesarios para recoger el carro vacío que el operador colocó previamente en el espacio marcado. Posteriormente el robot se dirige hacia la zona designada para la entrega de carros vacíos.



Figura 3.16 MIR finalizando misión

Este pequeño movimiento de carros es la única intervención humana necesaria dentro del proceso. El operador de la línea únicamente debe rotar los carros, es decir, colocar el vacío en su lugar y avanzar el carro lleno para liberar el área. Gracias a esta acción, el MIR puede llegar, posicionarse y colocar el carro nuevo sin problemas, asegurando un abastecimiento fluido y constante en las 12 líneas productivas.

De esta manera, el personal de supermercado puede identificar fácilmente los carros vacíos que el MIR va depositando, tomarlos y comenzar nuevamente el proceso de surtido. Con esta área adicional, el flujo se vuelve completamente cíclico: supermercado llena → MIR transporta → línea consume → MIR recoge vacío → supermercado vuelve a llenar.

Evaluación y toma de decisión sobre las rutas del MIR

Durante la fase de ejecución, también se evaluó si las rutas configuradas para el MIR funcionaban correctamente dentro del layout real de la planta. Esta etapa fue importante porque permitió verificar que el robot no presentara desvíos, bloqueos o conflictos con el flujo de los operadores. Para ello, se monitoreó su desplazamiento directamente desde la plataforma MIR Fleet, revisando que la ruta trazada coincidiera con el recorrido físico del robot.

Debido a que el MIR siguió sus trayectorias sin interrupciones y mantuvo precisión al llegar tanto al supermercado como a las líneas productivas, no fue necesario realizar ajustes en las rutas, ni en los puntos de entrega o recolección. Esto confirmó que la configuración inicial del layout, los marcadores y las posiciones estaban bien definidas y eran compatibles con el flujo operativo de la planta.

3.1.7 DISEÑO DEL MANUAL DE OPERACIONES PARA MIR A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN (SOP)

Una vez recopilados los datos necesarios que conllevaron a la implementación del MIR en las líneas de producción, y se comprobó que el MIR era viable en cuanto al funcionamiento de rutas en base al layout real. Se procedió al diseño manual de

operaciones para el Mobile Industrial Robot (MIR) Este manual fue elaborado tomando como base el Procedimiento Estándar de Operación (SOP), el cual permitió establecer una secuencia lógica y estandarizada de todas las actividades relacionadas con el abastecimiento de materiales.

El diseño del manual se realizó utilizando como referencia el manual técnico del MIR 250, del cual se seleccionó únicamente la información necesaria para la correcta operación del robot. Dicha información fue adaptada a las condiciones reales de la planta, considerando las rutas definidas, los puntos de carga en supermercado, los puntos de entrega en las líneas productivas y la interacción del personal con el robot.

El manual fue estructurado con un enfoque práctico, con el objetivo de que el personal pudiera comprender fácilmente cómo operar el MIR dentro de las líneas productivas. Por ello, el contenido se desarrolló siguiendo los pasos definidos en el SOP, describiendo de manera clara cómo se programa una misión, cómo se realiza la recolección del carro SA, la entrega del material y el retiro del carro vacío.

MANUAL DE OPERACIONES PARA EL MOBILE INDUSTRIAL ROBOT (MIR)

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual de operaciones fue diseñado con el objetivo de apoyar la correcta utilización del Mobile Industrial Robot en el abastecimiento de materiales hacia las líneas productivas. Su elaboración surge como parte de la implementación del MIR en planta considerando las condiciones reales de operación, el layout existente y la interacción que hay entre el personal con el robot.

Este documento se desarrolló a partir del Procedimiento Estándar de Operaciones (SOP) tomando como base la información técnica del MIR 250 y adaptándola a las necesidades específicas del proceso de abastecimiento en las líneas de producción. De esta manera, el manual busca estandarizar las actividades relacionadas con la programación, operación e interacción con el MIR, reduciendo errores y facilitando su uso diario.

El manual está dirigido al personal de supermercado y a los operadores de línea que participan directamente en el proceso de abastecimiento, sirviendo como una guía práctica para asegurar una operación segura, ordenada y eficiente del MIR, así como para contribuir a la correcta implementación del sistema dentro de la planta.

2. ALCANCE Y RESPONSABILIDADES

Alcance

El presente Manual de Operaciones tiene como alcance establecer la forma correcta de operación del Mobile Industrial Robot (MIR) dentro del proceso de abastecimiento de materiales en las líneas productivas.

El manual aplica desde la recolección de los carros SA en el área de supermercado, el traslado del material a las líneas de producción, el intercambio de carros llenos y vacíos, hasta el retorno de los carros vacíos al área designada.

De esta forma el documento considera las condiciones reales del layout de planta, las rutas definidas del MIR y la interacción del personal involucrado, con el fin de asegurar una operación estandarizada, segura y eficiente.

Responsabilidades

Personal de supermercado:

Es responsable de preparar y colocar los carros SA llenos en las áreas delimitadas, así como de recibir los carros vacíos que el MIR deja para su posterior llenado.

Personal de línea de producción:

Debe realizar la correcta rotación de los carros SA, asegurando que el carro vacío se coloque en el espacio asignado y que el área de descarga permanezca libre para que el MIR pueda realizar el abastecimiento sin inconvenientes.

Personal autorizado para operar el MIR:

Es responsable de la programación de misiones, supervisión del funcionamiento del robot y atención a cualquier alerta o condición anormal durante la operación, verificando así que las áreas cuenten con lo necesario para la ejecución del MIR.

Mantenimiento:

Tiene la responsabilidad de dar seguimiento técnico al MIR, realizar ajustes necesarios en rutas o puntos de entrega, y atender fallas que no puedan ser resueltas a nivel operativo.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MIR 250

El Mobile Industrial Robot (MIR) 250 es un robot móvil autónomo diseñado para el transporte interno de materiales dentro de entornos industriales. Su función principal es realizar el traslado de carga de manera automática, siguiendo rutas previamente definidas, sin necesidad de intervención constante por parte del operador. En la planta, el MIR 250 se utiliza como apoyo al proceso de abastecimiento de materiales en las líneas productivas. Su implementación permite trasladar los carros SA desde el área de supermercado hasta las líneas de producción, asegurando que el material llegue de forma ordenada y oportuna, reduciendo los retrasos ocasionados por el abastecimiento manual.

El robot se desplaza de manera autónoma por los pasillos establecidos en el layout, detectando obstáculos y ajustando su movimiento para operar de forma segura junto al personal de planta. Para su operación, el MIR requiere que las áreas de carga y descarga estén correctamente delimitadas y que los carros SA se encuentren colocados en los espacios asignados.

La operación del MIR 250 se basa en misiones previamente programadas, las cuales indican el punto de recolección, la ruta a seguir y el punto de entrega. Esto permite estandarizar el proceso de abastecimiento y facilitar la interacción entre el robot y los operadores.

4. ÁREAS DE OPERACIÓN Y LAYOUT

Para la correcta implementación y operación del Mobile Industrial Robot (MIR), fue necesario analizar el layout real de la planta y definir de manera clara las áreas en las que el robot interactúa durante el proceso de abastecimiento de materiales. Estas áreas fueron adecuadas y delimitadas con el objetivo de garantizar un flujo seguro, ordenado y eficiente del MIR dentro de las líneas productivas.

Supermercado (punto de carga)

El área de supermercado funciona como el punto de carga del MIR. En esta zona se preparan los carros SA con material y se colocan en espacios previamente delimitados en el piso.

Se asignaron dos espacios específicos para carros SA llenos, los cuales cuentan con señalización visible y códigos de barras que permiten al MIR identificar correctamente el punto de recolección.

Asimismo, se delimitó un área destinada para los carros SA vacíos, donde el MIR deposita los carros retirados de las líneas productivas para que el personal de supermercado los tome y vuelva a llenarlos.

Líneas productivas (puntos de entrega)

Cada una de las líneas productivas fue adecuada para permitir la operación del MIR. En cada línea se delimitaron tres espacios principales, con dimensiones aproximadas de 80 x 90 cm:

Dos espacios destinados para colocar los carros SA llenos.

Un espacio adicional para el carro SA vacío.

Estas áreas fueron marcadas físicamente en el piso, permitiendo que el MIR pueda llegar, detenerse y realizar el intercambio de carros de manera segura. El operador de línea únicamente se encarga de rotar los carros, colocando el carro vacío en el espacio correspondiente para que el MIR lo retire en su siguiente misión.

Pasillos de circulación del MIR

El MIR se desplaza a través de pasillos definidos dentro del layout de la planta. Dichos pasillos cuentan con el espacio suficiente para permitir el movimiento del robot sin interferir con las actividades del personal.

La correcta definición de estas rutas garantiza que el MIR pueda desplazarse de forma continua y segura entre el supermercado y las líneas productivas, sin generar riesgos ni interrupciones en el proceso.

Integración del layout a la operación del MIR

La adecuación del layout y la delimitación de áreas fueron fundamentales para la implementación del MIR, ya que permitieron adaptar el entorno de la planta a las condiciones de operación del robot. Estas acciones aseguraron que las misiones programadas se ejecutaran correctamente y sentaron las bases para la estandarización del proceso de abastecimiento de materiales.

5. PROCEDIMIENTO ESTÁNDAR DE OPERACIÓN

Este procedimiento describe de manera clara y estandarizada las actividades necesarias para la correcta operación del Mobile Industrial Robot (MIR) durante el abastecimiento de

materiales en las líneas productivas. El objetivo es asegurar que el robot funcione de forma correcta, segura y repetible, facilitando su uso por parte del personal de planta.

PUESTA EN MARCHA

1. Verificar que el MIR se encuentre en su centro de carga.
2. Comprobar que el nivel de batería sea suficiente para realizar la misión programada.
3. Revisar que no existan obstáculos en el área inmediata al robot.
4. Encender el MIR y acceder a la interfaz de operación.
5. Hay que confirmar que el robot se encuentre en estado listo para operación.

PROGRAMACIÓN DE LA MISIÓN

1. Encender el MIR y acceder a la interfaz del sistema MIR, a través de la pantalla táctil del robot o desde la plataforma web MIR Fleet.
2. Ingresar con el usuario y contraseña asignados, de acuerdo con el nivel de acceso del operador.
3. Dentro del menú principal, seleccionar la opción “Misiones”.
4. Elegir la misión previamente creada para el abastecimiento de la línea productiva correspondiente (misiones configuradas con origen en supermercado y destino en línea).
5. Verificar que la misión incluya correctamente:
 - Punto de recolección del carro SA en supermercado.
 - Ruta definida conforme al layout real.
 - Punto de entrega en la línea productiva.
6. Hay que confirmar que el entorno se encuentre libre de obstrucciones y que los carros SA estén correctamente posicionados.
7. Iniciar la misión seleccionando la opción “Ejecutar”
8. Monitorear desde la interfaz que el MIR inicie su desplazamiento de forma correcta.

ACTUACIÓN EN CASO DE DETENCIÓN DE LA MISIÓN

En caso de que el MIR se detenga durante la ejecución de una misión, el operador deberá seguir los pasos que se describen a continuación:

1. Verificar en la interfaz del sistema MIR el motivo de la detención, ya que el robot muestra un mensaje de alerta indicando la causa.
2. Identificar si la detención fue ocasionada por:
 - Presencia de un obstáculo en la ruta.
 - Interferencia de personas u otros equipos.
 - Activación de alguna zona de seguridad.
 - Bajo nivel de batería
3. Si la detención fue causada por un obstáculo temporal, retirar el objeto o despejar el área para permitir el paso del MIR.

4. Hay que confirmar que la ruta se encuentre libre y que no exista riesgo para el personal.
5. Desde la interfaz del sistema, seleccionar la opción “Reanudar misión”.
6. En caso de que la misión no pueda reanudarse, seleccionar la opción “Cancelar misión” y notificar al responsable del área.
7. Si la detención está relacionada con un nivel bajo de batería, permitir que el MIR regrese automáticamente a su centro de carga.
8. No intentar mover el MIR de forma manual sin autorización o sin seguir los procedimientos de seguridad establecidos.

RECOLECCIÓN DEL CARRO SA

1. Una vez iniciada la misión el MIR se dirige automáticamente al área de supermercado.
2. El robot identifica el punto de carga mediante el código de barras colocado en la delimitación del área.
3. El MIR se posiciona correctamente frente al carro SA lleno.
4. Se realiza la recolección del carro SA de forma automática.
5. El robot confirma la carga y continúa con la misión.

ENTREGA EN LÍNEA PRODUCTIVA

1. El MIR se desplaza por los pasillos definidos hasta llegar a la línea productiva asignada.
2. El robot se posiciona en el área delimitada para la entrega del carro SA lleno.
3. El MIR deposita el carro SA en el espacio correspondiente.
4. El operador de la línea verifica que el carro lleno haya sido colocado correctamente.

RETIRO DEL CARRO VACÍO

1. Previamente, el operador de la línea debe haber colocado el carro SA vacío en el espacio delimitado para su retiro.
2. Una vez entregado el carro lleno, el MIR recoge el carro vacío.
3. El robot asegura el carro vacío y continúa con la misión.
4. El MIR se dirige al área designada en supermercado para dejar los carros vacíos.

FINALIZACIÓN DE LA MISIÓN

1. El MIR deposita el carro SA vacío en el área delimitada del supermercado.
2. El robot confirma que la misión ha sido completada correctamente.
3. En caso de no tener una nueva misión asignada, el MIR regresa automáticamente a su centro de carga.
4. Se verifica que el robot quede en estado seguro y listo para la siguiente operación.

6. INTERACCIÓN DEL OPERADOR CON EL MIR

El correcto funcionamiento del MIR depende de la interacción coordinada entre el robot y el personal de planta. Por ello, es importante definir claramente las actividades que debe realizar cada área involucrada.

Operador de línea

El operador de línea es responsable de apoyar el proceso de abastecimiento una vez que el MIR llega a la línea productiva. Sus actividades son las siguientes:

- Verificar que el área delimitada para el intercambio de carros SA se encuentre libre y correctamente señalizada.
- Hay que asegurar que el carro vacío se encuentre colocado en el espacio designado antes de la llegada del MIR.
- Una vez que el MIR deja el carro SA lleno, retirar el material conforme a las necesidades de la línea.
- Mover el carro vacío al área correspondiente para que el MIR pueda recogerlo.
- No interferir con el desplazamiento del MIR durante la entrega del material.
- Reportar cualquier anomalía en la operación del robot al responsable del área.

Personal de supermercado

El personal de supermercado participa en el proceso preparando los carros SA y asegurando la disponibilidad del material para el abastecimiento.

- Preparar y llenar los carros SA conforme a los requerimientos de cada línea productiva.
- Colocar los carros SA llenos en las áreas delimitadas del supermercado.
- Hay que asegurar que los carros vacíos retirados por el MIR sean recolectados y preparados nuevamente.
- Mantener libres las zonas de carga para permitir una correcta recolección por parte del MIR.
- Verificar que los códigos de identificación y delimitaciones se encuentren visibles.

Actividades que no deben realizarse

Para evitar riesgos y fallas en la operación, el personal no debe:

- Obstruir las rutas de circulación del MIR.
- Manipular el robot de manera manual mientras esté en operación.
- Modificar misiones, rutas o parámetros sin autorización.
- Permanecer dentro de las áreas delimitadas durante la maniobra del MIR.
- Utilizar el MIR sin haber recibido capacitación previa.
- Este trabajo coordinado permite que el MIR funcione como una herramienta de apoyo al personal, facilitando el abastecimiento y mejorando la organización del proceso.

7. MEDIDAS DE SEGURIDAD

La operación del Mobile Industrial Robot (MIR) debe realizarse siguiendo las medidas de seguridad establecidas, con el fin de prevenir accidentes y garantizar una correcta convivencia entre el robot y el personal de planta.

1. Antes de iniciar cualquier misión, verificar que las rutas del MIR se encuentren libres de obstáculos, materiales u objetos que puedan interferir con su desplazamiento.
2. Respetar en todo momento las áreas delimitadas y señalizadas para la operación del MIR, tanto en supermercado como en las líneas productivas.
3. No colocarse frente al MIR ni obstruir su trayectoria durante el movimiento, ya que el robot cuenta con sensores de seguridad que pueden detener la misión.
4. Evitar empujar, jalar o manipular el MIR de manera manual mientras se encuentre en operación.
5. Mantener una distancia segura entre el personal y el robot, especialmente durante la recolección y entrega de los carros SA.
6. En caso de emergencia, utilizar el botón de paro de emergencia ubicado en el MIR y notificar inmediatamente al responsable del área.
7. No modificar las rutas, misiones o parámetros del MIR sin autorización previa.
8. Hay que asegurar que los carros SA se encuentren correctamente posicionados en las áreas delimitadas para evitar golpes o fallas durante el acoplamiento.
9. Permitir que únicamente el personal capacitado opere, supervise o interactúe con el MIR.
10. Reportar cualquier comportamiento anormal del robot al área correspondiente antes de continuar con la operación.

8. SOLUCIONES DE PROBLEMAS COMUNES

En este apartado se describen algunos de los problemas más comunes que pueden presentarse durante la operación del MIR, así como las acciones básicas que debe realizar el personal para solucionarlos. Estas indicaciones permiten dar una respuesta rápida sin afectar el proceso de abastecimiento.

El MIR no inicia la misión

Posibles causas:

- La misión no fue seleccionada correctamente.
- El MIR se encuentra en modo detenido.
- Nivel bajo de batería.
- Falta de conexión al sistema.

Acciones para realizar:

- Verificar en la interfaz del sistema que la misión correcta esté seleccionada.
- Hay que confirmar que el MIR se encuentre en estado operativo.
- Revisar el nivel de batería y, en caso necesario, permitir que el robot se dirija a su centro de carga.

- Revisar la conexión al sistema y volver a intentar iniciar la misión.
- Si el problema persiste, notificar al responsable del área.

El MIR no detecta el punto de carga o entrega

Posibles causas:

- El carro SA no se encuentra correctamente posicionado.
- El código de identificación del punto no es visible.
- Obstrucción en el área delimitada.

Acciones para realizar:

- Verificar que el carro SA esté colocado dentro del área delimitada.
- Hay que asegurar que el código de identificación se encuentre visible y sin obstrucciones.
- Retirar cualquier objeto que interfiera con el posicionamiento del MIR.
- Reanudar la misión desde la interfaz del sistema.
- En caso de repetirse la falla, reportar el incidente para su revisión.

El MIR se detiene durante la misión

Posibles causas:

- Presencia de obstáculos en la ruta.
- Activación de sensores de seguridad.
- Interferencia de personal o equipos.
- Activación de una zona de seguridad.

Acciones para realizar:

- Identificar el motivo de la detención a través de la interfaz del sistema.
- Retirar el obstáculo o despejar la ruta.
- Hay que confirmar que el área sea segura antes de reanudar la misión.
- Seleccionar la opción “Reanudar misión”.
- Si la misión no puede continuar, cancelarla y notificar al responsable del área.

9. CONCLUSIÓN

El manual de operaciones del Mobile Industrial Robot (MIR) fue diseñado con la finalidad de apoyar la correcta implementación y uso del robot en el proceso de abastecimiento de materiales hacia las líneas productivas. Su elaboración permitió integrar la información técnica del MIR con las condiciones reales de operación en planta, facilitando que el personal cuente con una guía clara y práctica para su uso diario. A través del Procedimiento Estándar de Operación (SOP), el manual establece una forma de trabajo ordenada y estandarizada, lo que contribuye a reducir errores, mejorar la seguridad y asegurar que el abastecimiento se realice de manera eficiente. Además, el manual sirve como una herramienta de apoyo para la capacitación del personal, permitiendo que los

operadores comprendan su interacción con el MIR y la importancia de seguir los pasos establecidos.

Este manual no solo documenta el funcionamiento del MIR, sino que también fortalece su implementación dentro de las líneas productivas, contribuyendo a la mejora del proceso de abastecimiento y sentando las bases para futuras aplicaciones del robot en otras áreas de la planta.

Antes de iniciar la capacitación al personal se contempló una etapa de validación del manual de operaciones mediante una toma de decisión. En esta fase se evaluó si el manual cubría correctamente toda la operación real del MIR dentro de las líneas productivas. En caso de que se detectaran áreas de mejora, se consideraba una revisión con personal de planta con conocimiento del robot y del proceso para realizar los ajustes necesarios. Sin embargo, para este proyecto no fue necesario realizar modificaciones, ya que el manual cumplió con todos los requerimientos de la operación real, por lo que se continuó directamente con la capacitación del personal.

3.1.8 CAPACITACIÓN AL PERSONAL QUE INTERACTUA CON MIR

Como parte final del proceso de implementación del Mobile Industrial Robot (MIR) se llevó a cabo la capacitación del personal que interactúa directamente con el robot durante el proceso de abastecimiento de materiales. El objetivo principal de esta capacitación fue que los operadores conocieran el funcionamiento general del MIR, su integración en el proceso productivo y la forma correcta de interactuar con él dentro de las áreas de supermercado y líneas de producción. La capacitación estuvo dirigida tanto al personal de supermercado como a los operadores de línea, ya que ambos forman parte esencial del proceso de abastecimiento. En una primera etapa se explicó de manera general qué es el MIR, cuál es su función dentro de la planta y cómo se llevó a cabo su implementación, considerando el layout real, las rutas de operación y los puntos de carga y entrega establecidos.

Posteriormente, se abordaron aspectos específicos del proceso como la correcta preparación de los carros SA en supermercado, la planeación que deben realizar las líneas para el intercambio de carros y la importancia de respetar las delimitaciones establecidas en piso, con el fin de mantener las ubicaciones correctas y permitir el funcionamiento adecuado del robot. Asimismo, se explicaron los principales lineamientos de seguridad que deben considerarse durante la operación del MIR para evitar riesgos y accidentes.

Al finalizar la capacitación, se solicitó a los operadores la firma de una minuta de enterado con el fin de dejar evidencia de que el personal fue capacitado y estuvo de acuerdo con la información presentada. Esta capacitación permitió que el personal se familiarizara con el uso del MIR, facilitando su integración en las líneas de producción, reduciendo errores operativos y reforzando la importancia de seguir los procedimientos establecidos para lograr una operación segura y eficiente.

Curso: Capacitación MIR		Núm. de acción: —	Local: —
Módulo: Q5 AUM35		N° de sesión: —	
Fecha: 01/09/2025	Horario: de — a —	Duración: —	
Jornada: Laboral ☒	Fuera de jornada laboral ☐	Mixto ☐	
Organización de formación: Presencial ☒	E-Learning ☐	On line ☐	
Tipo de Formación: Formación Teórica ☐	Formación Práctica ☐	Formación en trabajo ☒	
Modalidad formativa: Otras acciones de formación continua no incluidas en el Catálogo Nacional de Cualificaciones			
Formador(a): Sandy Yuridia Ortega Sanchez		N° de colaborador: 20002788	

Sumario -Planear la correcta para el abastecimiento automotriz con MIR. -Capacitación para la ubicación correcta de carro vacío en puntos marcados para abastecimiento con MIR.

Figura 3.17 Minuta de capacitación

Una vez que el personal comprendió la forma en que el MIR interactúa con el proceso productivo se presentó el manual de operaciones como herramienta principal de apoyo. Durante esta etapa se explicó el contenido del manual y el Procedimiento Estándar de Operación (SOP), haciendo énfasis en la programación de misiones, el intercambio de carros SA, las medidas de seguridad y las acciones a seguir en caso de presentarse alguna falla durante la operación.

CAPITULO IV RESULTADOS ESPERADOS

Con la implementación del Mobile Industrial Robot (MIR) y el diseño del manual de operaciones basado en el Procedimiento Estándar de Operación (SOP), se espera mejorar el proceso de abastecimiento de materiales en las líneas productivas. Uno de los principales resultados esperados es la reducción en los tiempos de abastecimiento en comparación con el proceso manual, lo que permitirá evitar retrasos y asegurar que el material llegue a tiempo a cada línea.

De igual forma se espera lograr una mejor organización y control del flujo de materiales, ya que el uso del MIR permite definir rutas, puntos de carga y entrega de manera estandarizada. Esto contribuye a disminuir la falta de material en línea y a mejorar la continuidad del proceso productivo.

Otro resultado importante es la estandarización del proceso de abastecimiento mediante el uso del manual de operaciones, el cual facilita que el personal siga una misma forma de trabajo, reduciendo errores y variaciones en la operación. Además, se espera una mejora en las condiciones de seguridad, al disminuir los recorridos manuales y la manipulación constante de carros por parte del personal.

Finalmente, la implementación del MIR y la capacitación del personal permiten un uso más eficiente de los recursos humanos, ya que el personal puede enfocarse en actividades de mayor valor, además de sentar las bases para futuras implementaciones del robot en otras líneas productivas de la planta.

CONCLUSIÓN

El desarrollo de este proyecto permitió comprobar que la implementación de Mobile Industrial Robot (MIR) junto con el diseño de un manual de operaciones basado en el Procedimiento Estándar de operaciones y conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y residencias profesionales, representando una mejora significativa para el proceso de abastecimiento de materiales en las líneas de producción, implementando así una forma de trabajo más ordenada, controlada y estandarizada para el proceso de abastecimiento.

Este proyecto me permitió aplicar conocimiento teóricos en un entorno real, relacionados con logística, estandarización de procesos, layout, industria 4.0 y mejora continua ya que estuvo de por medio el análisis del proceso, la adecuación de áreas, el cómo tener en cuenta una correcta toma de decisiones. Fortaleciendo así mis habilidades para la documentación técnica, la comunicación e interacción con el personal involucrado y el conocimiento en nuevas tecnologías para la adaptación correcta ante condiciones reales en planta, permitiéndome comprender la importancia que tiene el factor humano dentro de los procesos automatizados ya que el correcto uso del MIR depende directamente de la interacción que se tiene con los operadores.

La implementación del MIR y el desarrollo del manual de operaciones no solo contribuyeron a la mejora del proceso de abastecimiento de materiales en las líneas de producción, sino también a reforzar mi conocimiento como ingeniero industrial. Dejando en mí una visión más extensa ante situaciones reales.

Bibliografía

Aerts, S. (22 de Agosto de 2025). *TOYOTA* . Obtenido de Línea de producción: ¿qué es, cómo diseñarla y automatizarla?: <https://blog.toyota-forklifts.es/linea-produccion-que-es-como-disenar-como-automatizar>

Arsam. (8 de Febrero de 2019). *ARSAM* . Obtenido de Conoce la importancia de la intralogística en la industria: <https://www.arsam.es/conoce-la-importancia-de-la-intralogistica-en-la-industria/>

Daube, D. F. (2020). El efecto global de la actual. *REVISTA GEON*. Obtenido de <file:///C:/Users/sandy/Downloads/194-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1054-1-10-20200804.pdf>

Díaz, C. A. (2017). *Gestión de la Cadena de Abastecimiento*. Colombia: Fondo editorial Areandino.

García, F. R. (2020). REVISIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS PRESENTES EN LA INDUSTRIA 4.0. *REVISTA UIS INGENIERÍAS*, 177-192. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768132019/553768132019.pdf>

Jahangir Moshayedi , A., Kolahdooz, A., & Liao , L. (2021). Gentle Survey on MIR Industrial Service Robots: Review & Design. *Journal of Modern Processes in Manufacturing and Production*, 10. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Ata-Jahangir-Moshayedi/publication/351392275_Gentle_Survey_on_MIR_Industrial_Service_Robots_Review_Design/links/6095dbafa6fdccaebd15e377/Gentle-Survey-on-MIR-Industrial-Service-Robots-Review-Design.pdf

Jonker, A. (13 de Diciembre de 2023). *IBM Think*. Obtenido de <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/sourcing>

Katz , R., & Callorda , F. (2016). Digitalización de procesos productivos en América Latina. *CPRLATAM Conference*, (pág. 8). Mexico. Obtenido de <file:///C:/Users/sandy/Downloads/ssrn-2862911.pdf>

López, A. I. (2024). *LOGÍSTICA INTERNA 10 CLAVES PARA LA GESTIÓN ÓPTIMA DEL ALMACÉN*. ESIC EDITORIAL.

López, A. I. (2024). *LOGÍSTICA INTERNA 10 CLAVES PARA LA GESTIÓN ÓPTIMA DEL ALMACÉN*. ESIC EDITORIAL.

López, A. I. (2024). *LOGÍSTICA INTERNA. 10 CLAVES PARA LA GESTIÓN ÓPTIMA DEL ALMACÉN* . ESIC EDITORIAL .

Navarro, M., Navarro , M., & Sabalza, X. (2016). Reflexiones sobre la industria 4.0 desde el caso vasco. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, 142-173.

- Nieto, E. C. (3 de Diciembre de 2006). Manufactura y automatización. *Ingeniería e Investigación*, 26, 120-128. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/643/64326315.pdf>
- Olano, F. (5 de Julio de 2025). *SPCPRO*. Obtenido de Beneficios de la automatización de procesos en la manufactura.
- Saquicela, J. L. (2020). Transformación Digital de la industria 4.0. *Polo del conocimiento Revista Científico Profesional*, 1344-1356. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/>
- Shepard, J. (18 de Agosto de 2023). *Digikey*. Obtenido de Cómo optimizar la logística interna para agilizar y acelerar las cadenas de suministro de la Industria 4.0 : <https://www.digikey.com.mx/es/articles/how-to-optimize-intra-logistics-industry-4-0-supply-chains-part-1>
- Thompson, I. (26 de Noviembre de 2019). *DIRECTOR DE FÁBRICAS.COM*. Obtenido de La Industria 4.0: Qué es, Características, Ventajas, Desventajas y Ejemplos: <https://www.directoriodefabricas.com/blog/industria-40.php>
- Zeltzian. (Noviembre de 2025). *TRACTIAN* . Obtenido de Procedimiento Operativo Estándar SOP: Qué es y cómo aplicarlo en la industria: <https://traction.com/es/blog/procedimiento-operativo-estandar-sop-que-es-y-como-aplicarlo-en-la-industria>