

MEJORA EN LA GESTIÓN DE ALMACENAMIENTO EN UNA EMPRESA METALÚRGICA LOCAL

MARÍA C. CAMALBIDE BERARDI - SOFÍA CEJAS - ADOLFO E. ONAINE
Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional de Mar del Plata (Mar del Plata, Argentina)
cande.camalbide03@gmail.com-sofiacejas5451@gmail.com-aeonaine@fi.mdp.edu.ar

Fecha recepción: diciembre 2025

Fecha aprobación: mayo 2026

ARK CAICYT: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18539777/ojxt17scx>

RESUMEN

El presente trabajo se centra en la mejora de la gestión de almacenamiento de una empresa metalúrgica local. El objetivo principal es diagnosticar las problemáticas del sistema de almacenamiento actual y proponer soluciones que optimicen el uso del espacio, disminuyan los tiempos operativos y mejoren la trazabilidad del inventario.

La metodología combina un enfoque descriptivo y aplicado, mediante entrevistas al personal, observación directa, relevamiento fotográfico, mapeo de procesos y análisis de herramientas como diagramas de recorrido, Pareto, Ishikawa y clasificación ABC. El diagnóstico permite identificar falencias para luego diseñar propuestas de mejora centradas en la implementación de procedimientos operativos estandarizados, la capacitación del personal y el rediseño de la distribución de planta. Se espera que la implementación de estas mejoras genere un uso más eficiente del espacio, una reducción de los tiempos de recorridos internos y una mayor confiabilidad del stock. En síntesis, el trabajo proporciona lineamientos prácticos y metodológicos para profesionalizar la gestión de almacenamiento, contribuyendo a incrementar la eficiencia operativa y garantizar la sostenibilidad de la empresa a largo plazo.

PALABRAS CLAVE: Gestión de almacenamiento – PYME metalúrgica – Clasificación ABC, Procedimientos estandarizados.

ABSTRACT

The present work focuses on improving the storage management of a local metallurgical company. The main objective is to diagnose the problems of the current storage system and propose solutions that optimize space utilization, reduce operational times, and improve inventory traceability.

The methodology combines a descriptive and applied approach, through staff interviews, direct observation, photographic survey, process mapping, and the analysis of tools such as flow diagrams, Pareto, Ishikawa, and ABC classification. The diagnosis makes it possible to identify shortcomings and then design improvement proposals focused on the implementation of standardized operating procedures, staff training, and the redesign of the plant layout. It is expected that the implementation of these improvements will generate a more efficient use of space, a reduction in internal travel times, and greater stock reliability. In summary, the work provides practical and methodological guidelines to professionalize storage management, contributing to increased operational efficiency and ensuring the long-term sustainability of the company.

KEYWORDS: Storage management – Metallurgical SME – ABC classification – Standardized procedures.

1. INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) del sector metalúrgico argentino enfrentan actualmente un entorno desafiante que resalta la importancia de una gestión óptima de sus recursos. Según la Cámara de la Pequeña y Mediana Industria Metalúrgica Argentina (CAMIMA), el sector experimentó una caída del 13,3 % en los primeros once meses de 2024, con utilización de capacidad cercana al 50 % y una disminución del empleo del 1,7 % interanual (InfoGremiales, 2025). En este contexto, una gestión adecuada del almacenamiento y de los recursos materiales se vuelve esencial para mejorar la competitividad y adaptarse a las fluctuaciones del mercado.

En América Latina, más del 80 % de las empresas son familiares y en Argentina representan un pilar productivo, aunque su estructura interna suele presentar limitaciones que afectan el rendimiento operativo. La coexistencia de intereses familiares, empresariales y patrimoniales puede generar conflictos que obstaculizan una gestión técnica y racional de los recursos. Es común observar resistencia a delegar, dificultad para incorporar personal profesional y decisiones basadas en la experiencia o intuición, lo que impacta negativamente en áreas críticas como el almacenamiento, donde la falta de planificación y estandarización genera pérdidas, desorden y escasa trazabilidad. La profesionalización se vuelve entonces indispensable para incorporar herramientas de control y organización que permitan una toma de decisiones más eficiente (Forbes Argentina, 2025).

El estudio se centra en una empresa fundada en 1992 en Mar del Plata, dedicada a la comercialización de insumos industriales y navales, con acceso a información clave mediante un convenio Facultad-Empresa.

El objetivo general es evaluar la gestión actual del almacenamiento para optimizar el espacio, reducir desperdicios y mejorar la trazabilidad. Se plantea relevar el estado del sistema, analizar la gestión vigente y desarrollar propuestas factibles basadas en herramientas de ingeniería industrial, como el análisis ABC, la distribución en planta y principios de *Lean Manufacturing*. El alcance se limita a la sucursal de Mar del Plata y al sector de almacenamiento, sin incluir costos ni procesos externos, enfocándose en la eficiencia operativa y el orden.

2. MARCO TEÓRICO

La gestión de almacenamiento se centra en planificar, organizar, controlar y supervisar la recepción, almacenaje, conservación y despacho de materiales, buscando garantizar disponibilidad, optimizar el espacio, reducir desperdicios y mejorar el rendimiento operativo. En industrias metalúrgicas, donde se manejan productos de gran tamaño y peso, una gestión inadecuada incrementa riesgos de accidentes y pérdidas materiales (Correa Espinal et al., 2010).

En cuanto a la organización del almacén, implica la distribución en planta de áreas de recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho, así como la ubicación de equipos como racks, grúas y estanterías reforzadas. Un diseño funcional y optimizado considera dimensiones y peso de los productos, frecuencia de acceso, seguridad del personal y planificación de los espacios de circulación (Meyers & Stephens, 2006; Kanawaty, 1996).

El enfoque de *Lean Manufacturing* aplicado al almacenamiento busca eliminar desperdicios y aumentar la productividad mediante la reducción de movimientos innecesarios y la implementación de la metodología 5S: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Mantener la disciplina) (Hirano, 1995).

Para diagnosticar y mejorar procesos de almacenamiento se utilizan diversas herramientas: entrevistas cualitativas, diagramas de recorrido, cursogramas analíticos, diagramas de flujo de procesos, diagramas de Pareto, diagramas de Ishikawa (causa-efecto) y diagramas de relación de actividades. Estas permiten obtener información de fuente primaria, optimizar flujos operativos, analizar tiempos muertos, análisis y mejora de procesos, identificar problemas, hallar causas raíz, determinar relaciones entre áreas, respectivamente (Ept.pe, s.f.; Hernández Sampieri et al., 2014; Kanawaty, 1996; Meyers & Stephens, 2006; Summers, 2006).

Respecto a los sistemas de inventarios, supervisan niveles de stock y determinan cantidades y tiempos de reposición, incluyendo modelos de período único o múltiples periodos. Dentro de estos, se destacan el modelo de cantidad de pedido fija (Q) y el modelo de periodo fijo (P) (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009).

A los artículos clasificados como clase A, se aplica el modelo Q con stock de seguridad y nivel de servicio que permite emitir pedidos de igual tamaño cuando el inventario alcanza un punto de reposición, considerando demanda promedio y lead time. El tamaño óptimo del pedido se calcula mediante la Ecuación (1) y el punto de reorden incorpora el stock de seguridad para cubrir variaciones en la demanda, según lo expresado en la Ecuación (2) (Chase et al., 2009).

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}} \quad (1)$$

$$R = \underline{d} \cdot L + z \cdot \sigma L \quad (2)$$

donde:

- Q_{opt} = cantidad económica de pedido (EOQ),
- D = demanda anual (unidades/año),
- S = costo de preparación o costo de colocación de un pedido,
- H = costo anual de mantener una unidad en inventario ($H = i \cdot C$),
- i = tasa de interés real, definida como el rendimiento neto que obtenemos en la cesión de una cantidad de capital o dinero, una vez hemos tenido en cuenta los efectos y las correcciones en la inflación,
- C = costo unitario del artículo,
- R = punto de reorden (ROP),
- \underline{d} = demanda diaria promedio,
- L = tiempo de reposición en días,
- z = valor de la tabla de Brown asociado al nivel de servicio deseado o a la distribución normal estándar en caso de utilizar el criterio de la probabilidad de ruptura de stock,
- σL = desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega ($\sigma L = \sigma d \cdot \sqrt{L}$),
- σd = desviación estándar de la demanda diaria,
- $z \cdot \sigma L$ = stock de seguridad (SS).

Para los productos clasificados como B y C se adopta un sistema de revisión periódica del inventario (modelo P). Este enfoque resulta adecuado cuando no se justifica el seguimiento continuo del stock. En el modelo de revisión periódica, el inventario se controla a intervalos de tiempos fijos, y en cada revisión se emite un pedido cuyo tamaño permite alcanzar un nivel objetivo de inventario previamente definido. El sistema incorpora un stock de seguridad, calculado en función de la variabilidad de la demanda y del nivel de servicio deseado, con el propósito de cubrir la demanda durante el periodo de revisión más el tiempo de reposición. El nivel objetivo de inventario en el modelo P se determina considerando la demanda esperada durante el periodo de protección, que incluye el intervalo de revisión y el lead time, y se expresa según la Ecuación (3) (Chase et al., 2009):

$$q = \underline{d} \cdot (T + L) + z \cdot \sigma_{T+L} + I \quad (3)$$

donde:

- q = cantidad a pedir,
- \underline{d} = demanda diaria promedio pronosticada,
- T = número de días entre revisiones,
- L = tiempo de entrega en días (tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo),
- $z \cdot \sigma_{T+L}$ = inventario de seguridad,
- z = número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica,
- σ_{T+L} = desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega,
- I = nivel de inventario actual (incluye las piezas pedidas).

En cuanto al control de inventarios, la clasificación ABC, basada en el principio de Pareto, jerarquiza los productos según su importancia económica y nivel de rotación: Clase A (alto valor, bajo volumen), Clase B (valor intermedio) y Clase C (bajo valor, alto volumen) (Chase et al., 2009).

3. METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo se basa en un enfoque descriptivo y aplicado, orientado a evaluar el sistema actual de almacenamiento de una empresa metalúrgica y proponer mejoras que optimicen su funcionamiento. Se recopilan datos primarios mediante observación directa, entrevistas con el personal y la gerencia, análisis documental y herramientas de ingeniería industrial.

Primero, se realiza un relevamiento del estado vigente del almacenamiento, utilizando visitas, entrevistas, diagramas de flujo de procesos y distribución de planta, para representar y comprender la organización del espacio y los procesos operativos. Luego, se lleva a cabo la recolección detallada de información sobre los productos almacenados, incluyendo tipos, dimensiones, frecuencia de venta y condiciones de conservación, así como del equipamiento disponible para su manipulación. Los datos se registran en planillas estructuradas y se verifican mediante entrevistas con el personal responsable, para asegurar la obtención de datos primarios confiables. El análisis del sistema actual se realiza utilizando herramientas como el diagrama de relación de actividades, cursogramas analíticos, diagramas de recorrido, diagramas de Ishikawa y diagramas de Pareto. Estas permiten identificar puntos críticos, causas de ineficiencia y oportunidades de mejora en la gestión de almacenamiento.

Finalmente, se desarrollan propuestas concretas para optimizar el uso del espacio, mejorar la organización del almacén y fortalecer la trazabilidad de los productos. Se aplican conceptos como distribución de planta optimizada, clasificación ABC, punto de pedido y principios de Lean Manufacturing, incluyendo la metodología 5S.

4. DESARROLLO

4.1 Diagnóstico de los procesos actuales del sistema

El diagnóstico se lleva a cabo mediante una visita a la empresa, entrevistas con el responsable del área y observaciones directas sobre los espacios asignados a almacenamiento, carga y descarga, y mostrador. El objetivo planteado consiste en relevar información cualitativa que permita identificar oportunidades de mejora en la distribución física, los métodos de trabajo y el control de inventarios.

De la entrevista al responsable surgen diversas problemáticas estructurales y operativas: la empresa presenta una gestión centralizada, sin procedimientos estandarizados ni registros formales; las decisiones son tomadas por los dueños y las tareas se ejecutan por costumbre. En cuanto a la distribución física, el espacio carece de orden planificado: los materiales se apilan en racks sin señalización ni control de carga, las zonas de corte y almacenamiento se ubican directamente sobre el piso sin delimitación funcional y existen zonas ocupadas por mercadería obsoleta o maquinaria fuera de uso.

Las operaciones presentan dificultades asociadas a la manipulación de piezas apiladas en altura, recorridos interrumpidos por obstáculos, superposición de actividades en zonas comunes y uso ineficiente de la máquina de corte por plasma, actualmente inactiva debido a la falta de capacitación del personal. La gestión de stock se apoya en el sistema Quality Soft, aunque con errores humanos frecuentes y registros desactualizados. Asimismo, el equipamiento resulta insuficiente o en mal estado, y el personal no cuenta con capacitación técnica en el uso del sistema informático.

El relevamiento visual permite constatar que el galpón (de aproximadamente 1.300 m²) presenta una ocupación desordenada, con materiales dispuestos según disponibilidad de espacio y sin criterio de rotación o frecuencia de uso. Además, se observan acumulaciones de residuos y sectores inutilizados con materiales en desuso. A partir del mapeo de procesos (FIGURA 1) se identifican cinco etapas principales: recepción, almacenamiento, corte y preparación de pedidos, despacho y actualización del inventario.

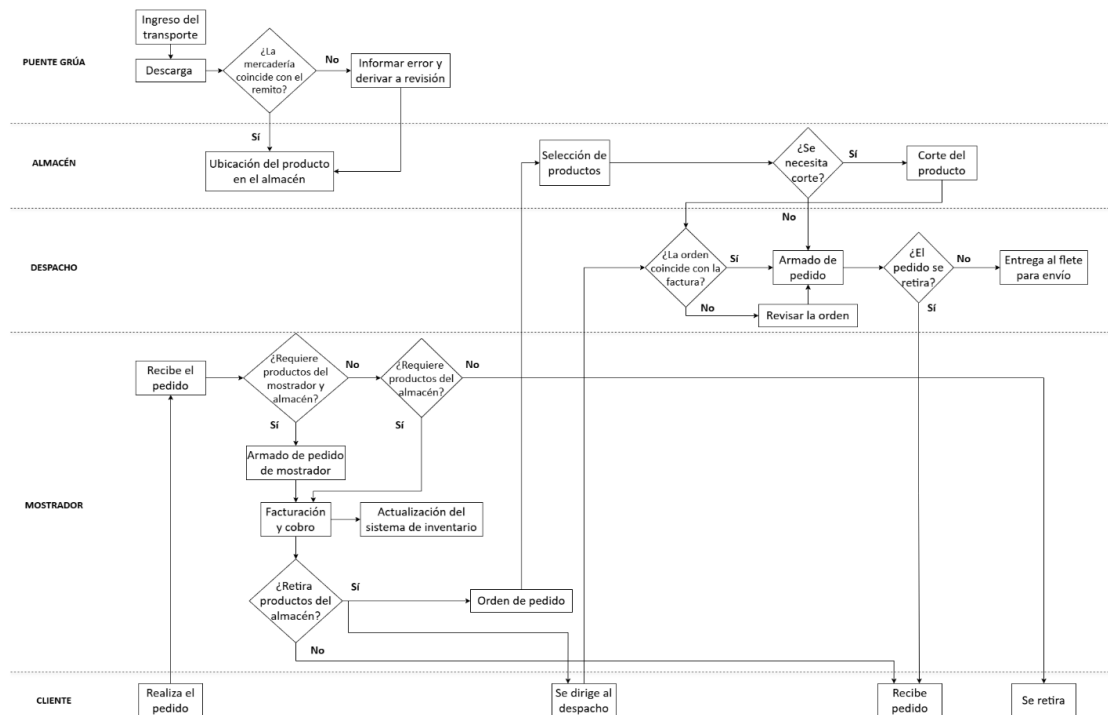


FIGURA 1. Mapeo de procesos.

Para el estudio de los desplazamientos internos, se elabora un plano de la disposición actual (FIGURA 2) y se enumeran las agrupaciones de los productos, tal como se encuentran dispuestos físicamente, en las nueve zonas definidas por sus características y dimensiones típicas, como se muestra en la TABLA 1.

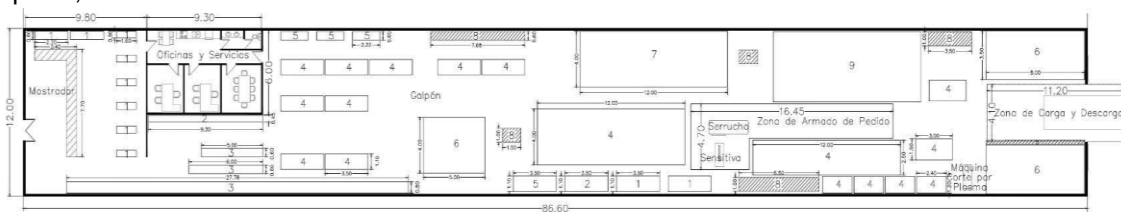


FIGURA 2. Vista ampliada del plano de la distribución en planta actual.

Zonas	Principales características	Dimensiones típicas
1	Bulones, tornillos, arandelas, válvulas, instrumental, bombas, niples	Variadas medidas
2	Termofusión	Variadas medidas
3	Accesorios para soldar y roscados, inoxidable, negros y galvanizados (reducciones, casquetes, codos)	Variadas medidas
4	Chapas (estándar, galvanizadas e inoxidable)	Variadas medidas
5	Bridas	Variadas medidas
6	Caños (estándar, galvanizados e inoxidable)	L = 6,4 m, variados espesores
7	Perfilería negra, ángulos, varillas	Variadas medidas
8	Desperdicios y recortes	Variadas medidas
9	Tubos, planchuelas, macizos, cuadrados (estándar e inoxidable)	L = 6,0 m, L = 1,0 m, L = 6,4 m, variados espesores

TABLA 1. Principales zonas de productos presentes en el almacén.

Seguidamente, se realiza un diagrama de recorrido del armado de tres pedidos habituales (FIGURA 3) para visualizar los trayectos, retrocesos, puntos de cruce y zonas críticas, diferenciando cada situación mediante un código de colores para su posterior análisis. Los pedidos incluyen: productos pequeños para entrega directa (válvulas, bulones, bomba de agua) en color verde, materiales voluminosos que requieren corte (chapas navales e inoxidable) en color rojo y un pedido compuesto con piezas de termofusión, bridas y caños, simbolizado con color azul.

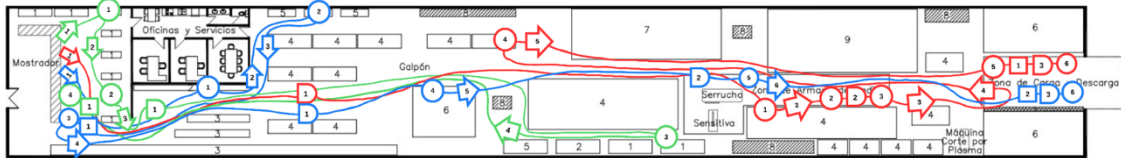


FIGURA 3. Diagrama de recorrido correspondiente a la preparación de los pedidos.

4.2 Resultados del diagnóstico

En lo que respecta a la distribución en planta, el espacio no responde a un diseño planificado ni a criterios de optimización de recorridos. Existen sectores saturados y otros subutilizados, y las zonas de carga y descarga, corte y tránsito se superponen. La falta de delimitación de áreas específicas para corte, preparación de pedidos o acopio de recortes provoca movimientos y acumulaciones que dificultan el conteo y el seguimiento de los productos.

En la organización del almacenamiento, los artículos se ubican según disponibilidad de espacio al momento del ingreso, sin aplicar parámetros de clasificación por tipo, tamaño, rotación o frecuencia de uso. La ausencia de señalización e identificación de sectores o estanterías incrementa la dificultad para localizar productos y aumenta la probabilidad de registrar datos incorrectos en el sistema. Algunos materiales pesados están almacenados sin control de carga o directamente en el piso, lo que genera baja accesibilidad, riesgos de seguridad y retrasos en la actualización de movimientos.

Respecto a desplazamientos y manipulación, del diagrama de recorrido y los cursogramas analíticos realizados se desprende que los recorridos internos no están definidos, tampoco señalizados de acuerdo con la observación in situ. Esto genera trayectorias extensas, cruces de operarios y superposición de tareas. La manipulación de materiales de gran porte o peso requiere, en muchos casos, más de un operario, lo que prolonga los tiempos y multiplica las oportunidades de registrar incorrectamente los movimientos de inventario.

En el control de inventario, el sistema informático actual (Quality Soft) registra únicamente cantidades, sin detallar la ubicación física de los productos. No se aplican rutinas de conteo cíclico ni auditorías periódicas, y el control físico se realiza de forma manual y esporádica.

En cuanto a la estructura organizativa, la empresa presenta un esquema reducido y centralizado. Las decisiones clave, tanto operativas como estratégicas, son tomadas mayormente por los dueños o por referentes con conocimientos técnicos, pero sin formación específica en gestión organizacional. Esta dependencia de la experiencia personal y la falta de estandarización generan una gestión informal, en la que muchas tareas se ejecutan por hábito y sin procedimientos escritos.

Un análisis de Pareto revela que dos problemas concentran el 80 % de las fallas:

- Falta de planificación en la distribución del espacio,
- Discrepancias entre el stock físico y el registrado.

Para profundizar en sus causas, se aplican diagramas de Ishikawa, que identifican factores comunes de origen organizacional y metodológico: ausencia de procedimientos estandarizados, dependencia del conocimiento informal, falta de capacitación, planificación física deficiente y un sistema informático incompleto.

La inexistencia de roles definidos, supervisión y criterios de control, junto con una cultura basada en hábitos, consolidan un entorno propenso a errores recurrentes. En síntesis, la raíz de

los problemas se encuentra en la falta de estandarización, capacitación y planificación, lo que afecta tanto la eficiencia operativa como la confiabilidad del inventario.

4.3 Clasificación y selección de propuestas prioritarias

Se establecen tres líneas estratégicas de acción orientadas a optimizar el desempeño del sistema de almacenamiento:

- Fijación de procedimientos estandarizados,
- Capacitación del personal,
- Rediseño de la distribución en planta.

La primera propuesta busca formalizar los procedimientos operativos vinculados al registro, control y movimiento del inventario, con el fin de reducir errores y mejorar la trazabilidad de los productos. La segunda propone capacitar al personal operativo para asegurar la correcta aplicación de los nuevos métodos, disminuyendo la dependencia del conocimiento empírico y promoviendo una cultura de trabajo basada en la estandarización. Finalmente, el rediseño de la distribución en planta se orienta a reorganizar las áreas clave, eliminar elementos en desuso y optimizar los recorridos internos, mejorando el aprovechamiento del espacio sin requerir inversiones significativas.

Para determinar la prioridad de implementación, se elabora una matriz de ponderación, considerando factores como facilidad de aplicación, costo, tiempo de ejecución, impacto en la reducción de errores, mejora de la eficiencia, potencial de ahorro y sostenibilidad en el tiempo. El análisis muestra que la fijación de procedimientos estandarizados obtuvo el mayor puntaje ponderado, seguida por la capacitación del personal y, finalmente, el rediseño físico del almacén.

En conclusión, la documentación y estandarización de los procedimientos constituyen la acción prioritaria, siendo la medida de mayor impacto y menor costo, al no requerir inversiones en infraestructura y permitir mejoras en inventario y eficiencia operativa. Esta acción representa la base necesaria para sostener el resto de las propuestas, dado que establece un marco formal y común para todos los empleados. La capacitación del personal se plantea como una medida complementaria y necesaria para sostener los cambios operativos, mientras que el rediseño de la planta representa una mejora estructural de mediano plazo, a implementar una vez consolidadas las dos primeras acciones por su mayor demanda de recursos y tiempo.

4.4 Propuestas de mejora

Se propone el diseño e implementación de Procedimientos Operativos Estandarizados (POE) que abarquen todas las etapas críticas del proceso logístico: recepción, almacenamiento, preparación de pedidos, corte, expedición y control de stock. El objetivo es documentar las prácticas correctas de trabajo, asignar responsabilidades, establecer controles y definir criterios de registro.

La segunda acción prioritaria consiste en la implementación de un plan de formación continua, orientado a garantizar la aplicación uniforme de los nuevos procedimientos y reducir la dependencia del conocimiento empírico. El programa se plantea para períodos de menor demanda operativa, en módulos prácticos de 2 a 3 horas, dictados dentro del horario laboral. Los contenidos incluirán: procedimientos de recepción, almacenamiento y expedición; uso del sistema informático; buenas prácticas de manipulación de materiales pesados; principios de orden y limpieza (5S); y concientización sobre trazabilidad y servicio al cliente. Al finalizar cada módulo, se realizarán demostraciones prácticas, discusiones grupales y observaciones en planta para verificar la incorporación efectiva de los conocimientos. Este proceso contribuirá a consolidar una cultura de trabajo estandarizada, segura y orientada a la mejora continua.

Por último, se propone un rediseño físico del almacén con el fin de optimizar la disposición de áreas, mejorar los flujos internos y asegurar el seguimiento del inventario. La propuesta se apoya en dos herramientas fundamentales: el diagrama de relación de actividades y la clasificación ABC.

Del diagrama de relación de actividades se evidencia la necesidad de ubicar en proximidad las áreas de carga y descarga, recepción, almacenamiento y expedición, mientras que sectores como oficinas y mostrador deben permanecer más alejados de la zona operativa. De este modo, se reducen interferencias, recorridos y tiempos improductivos, favoreciendo un flujo lineal y seguro de materiales.

De la aplicación de la clasificación ABC, para establecer criterios objetivos de ubicación, se agrupan los más de 8.000 artículos del inventario en 52 familias de productos. El grupo A (10% del total) concentra el 78,7% de la inversión anual valorizada e incluye caños, chapas, ángulos, bridas y varillas; estos deben ubicarse en sectores próximos a la expedición por su alta rotación. Las familias de clase B (35%) representan el 16,3% de la inversión y deben disponerse en áreas intermedias, mientras que las de clase C (56%) concentran solo el 5% del valor y deben ubicarse en zonas periféricas o de baja accesibilidad. Si bien la clasificación ABC se realiza sobre agrupaciones de artículos que conforman el inventario, con el fin de mantener coherencia organizativa se decide respetar la división en zonas de almacenamiento (TABLA 1, página 5). El objetivo no es reubicar cada artículo en forma individual, sino asignar a cada zona un nivel de prioridad en función de la frecuencia de movimiento de las familias de productos que la componen. De este modo, se determina que las zonas 4, 5, 6 y 7 concentran productos de clase A, como chapas, bridas, caños y perfiles (ángulos y varillas). Estas familias requieren máxima accesibilidad, por lo que deben ubicarse próximas a la expedición. En particular, la zona 7 combina productos de clase A (varillas de alta rotación) con productos de clase B (perfiles de menor salida). En estos casos se recomienda separar físicamente dentro de la misma zona los artículos de mayor rotación, dándoles prioridad en estanterías o posiciones más accesibles, mientras que los de clase B pueden ocupar espacios secundarios. Las zonas 1, 2, 3 y 9 agrupan familias de clase B y C, tales como bulonería, accesorios, válvulas, tubos, macizos y planchuelas. Estos productos presentan menor frecuencia de movimiento o menor valor unitario, por lo que se recomienda almacenarlos en sectores intermedios o periféricos, reservando el espacio central para los artículos críticos de clase A.

A partir de la clasificación ABC, se definen políticas diferenciadas de gestión de inventario:

- Clase A: control estricto, conteos cíclicos frecuentes y reposición bajo el sistema de revisión continua (Modelo Q) con stock de seguridad y nivel de servicio, utilizando la fórmula de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) para el tamaño del lote. Estos productos concentran el mayor valor económico y presentan una rotación elevada, por lo que cualquier quiebre afecta la continuidad operativa. Así, se asegura una reacción inmediata ante el descenso del stock, disparando la compra al alcanzar un punto de reorden predefinido.
- Clase B: se adopta una política de revisión periódica mensual, consistente con un modelo de revisión periódica (modelo P) con nivel de servicio, aplicando tamaños de lotes flexibles en función de la demanda observada en cada periodo. Dado que estos productos poseen una importancia intermedia y una rotación moderada, una revisión mensual resulta suficiente para garantizar su disponibilidad, manteniendo un nivel de servicio adecuado. La utilización de lotes flexibles otorga la adaptabilidad necesaria frente a variaciones de la demanda, evitando los costos administrativos que implicaría un control continuo.
- Clase C: se aplica una política de control básico bajo un esquema de revisión periódica (modelo P), con reposición bajo demanda y un nivel de servicio acorde a su baja criticidad. Estos productos se caracterizan por su baja rotación y escaso impacto económico, por lo que la acumulación de inventarios resulta contraproducente. La reposición bajo demanda, complementada con revisiones periódicas y depuración de

artículos obsoletos, permite minimizar costos de almacenamiento y liberar espacio operativo en el depósito.

Para los productos de clase A se adoptan supuestos representativos: tasa anual de mantenimiento del 20%, nivel de servicio del 95% ($z = 1,65$), dispersión de la demanda del 30%, costo por pedido de \$20.000 y lead times según origen de suministro. En este sentido, la parametrización adoptada prioriza el cumplimiento de un nivel de servicio elevado, por lo que los valores obtenidos deben interpretarse bajo un enfoque orientado a la disponibilidad más que a la minimización estricta de costos. Los resultados se sintetizan en la TABLA 2, donde se observa que los tamaños de pedido y puntos de reorden calculados permiten reducir el riesgo de quiebres de stock sin incurrir en niveles excesivos de inventario.

Producto	H = i.C [\$/año]	Qopt [u]	Redondeo [u]	d [u/día]	SS [u]	R [u]	Redondeo [u]
Caños	14.000	207,02	210	41,0959	111,42	1.344,3	1.345
Chapas	100.000	69,28	70	32,8767	72,78	730,31	731
Ángulos	9.000	394,41	390	95,8904	125,58	796,82	797
Bridas	5.000	296,65	300	30,1370	21,10	81,37	82
Varillas	4.400	178,38	180	9,5890	12,56	79,68	80

TABLA 2. Resultados obtenidos para el cálculo de EOQ y ROP.

En particular, se recomienda emitir pedidos de 210 unidades de caños cuando el inventario alcance 1.345 unidades; 70 chapas cuando el stock llegue a 731; 390 ángulos al alcanzar 797; 300 bridas a 82; y 180 varillas a 80 unidades. Estas cantidades implican frecuencias de reposición acordes con la rotación real, priorizando la continuidad del servicio y la cobertura de la demanda frente a su variabilidad. Se recomienda validar periódicamente los parámetros mediante inventarios cíclicos, de modo que las decisiones de compra se mantengan alineadas con las condiciones reales de operación.

En esta primera etapa del trabajo se prioriza el análisis de los artículos de Clase A, debido a su mayor impacto económico y a su elevada criticidad operativa.

Por este motivo, no se realizaron los cálculos cuantitativos del modelo de revisión periódica (modelo P) para los productos de Clases B y C, quedando su aplicación planteada como una etapa posterior de profundización, una vez consolidados los procedimientos estandarizados y mejorada la calidad de la información disponible en el sistema.

4.5 Resultados

Los resultados esperados se derivan del análisis comparativo entre el estado actual del depósito y la propuesta de mejora. La nueva distribución en planta presentada (FIGURA 4) respeta la estructura existente y reorganiza los elementos mediante limpieza y reubicación, sin necesidad de inversiones ni modificaciones estructurales.

Se optimiza el espacio disponible ubicando los productos de menor tamaño cerca del mostrador y los de mayor volumen próximos a la zona de carga y descarga, lo que reduce desplazamientos y mejora la eficiencia operativa.

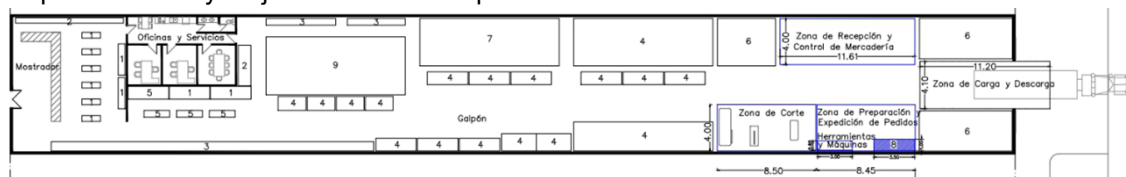


FIGURA 4. Plano de la distribución en planta propuesta.

Se definen tres nuevas áreas funcionales: recepción y control de mercadería, preparación y expedición de pedidos, y zona de corte, donde se concentran las máquinas existentes, incluyendo serrucho, sensitiva y corte por plasma. Además, se incorporan sectores específicos para herramientas menores y recortes lo que permite liberar superficie útil y mejorar la organización general.

La circulación interna se mantiene fluida, con pasillos despejados y acceso libre a estanterías y zonas de trabajo. Los recorridos del personal, evaluados nuevamente mediante un diagrama de recorrido (FIGURA 5) y cursogramas analíticos, evidencian una reducción de trayectos innecesarios, disminución de puntos críticos de congestión y mejora en la interacción entre sectores. La reorganización integra la clasificación ABC para facilitar el acceso a los productos según su frecuencia de uso y optimizar el control del inventario (FIGURA 6).

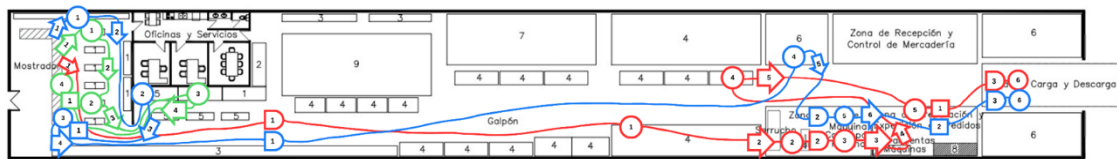


FIGURA 5. Diagrama de recorrido de la distribución en planta propuesta.

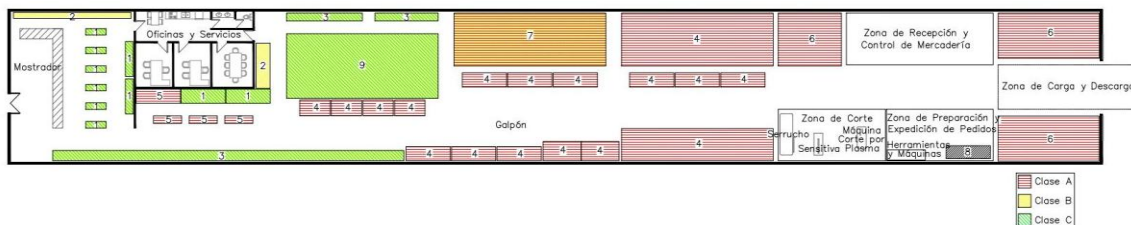


FIGURA 6. Clasificación ABC de la distribución en planta propuesta.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo ha permitido diagnosticar de manera integral el sistema de almacenamiento de una empresa metalúrgica local que inciden de forma directa en la eficiencia operativa, la trazabilidad de los materiales y, en consecuencia, en la competitividad general de la organización. A partir del diagnóstico efectuado, se desarrolla un conjunto de propuestas concretas y factibles de implementar, entre las cuales se destacan la elaboración de procedimientos operativos estandarizados, la capacitación del personal y el rediseño físico del almacén. Estas iniciativas se sustentan en la aplicación de herramientas propias de la ingeniería industrial, que permiten fundamentar técnicamente las decisiones adoptadas y priorizar las acciones de mejora en función de su impacto y viabilidad.

El impacto esperado incluye un aprovechamiento óptimo del espacio, reducción de tiempos operativos y mejora en el control de inventario. La estandarización de procedimientos contribuye a disminuir la variabilidad en las tareas, incrementar la productividad y asegurar el cumplimiento de plazos. La capacitación del personal fortalece la correcta aplicación de los procedimientos, reduce errores y consolida una cultura de alto desempeño y seguridad. La implementación de herramientas como EOQ y ROP permite ajustar los niveles de stock, reducir costos y minimizar riesgos de faltantes. En conjunto, las mejoras propuestas generan beneficios tangibles, consolidando un entorno de trabajo más confiable y productivo, y estableciendo las condiciones para futuras optimizaciones.

Como líneas de trabajo a futuro, se recomienda avanzar en el reemplazo de las estanterías actuales por estructuras más seguras y adecuadas para el peso de los materiales almacenados, a fin de garantizar condiciones de seguridad y optimizar el uso del espacio disponible. Asimismo, se sugiere incorporar en el sistema informático la ubicación física de cada producto, lo que permitirá mejorar la rastreabilidad, reducir errores en la preparación de pedidos y fortalecer el control de inventarios. También resulta pertinente evaluar la integración progresiva

de herramientas digitales para la gestión de almacenes (WMS) y realizar un análisis costo-beneficio de las mejoras implementadas, con el objetivo de asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

En este marco, se considera conveniente complementar el enfoque mediante la incorporación de herramientas cuantitativas que permitan profundizar el análisis del sistema, tales como la inclusión de medidas de error de pronóstico y la comparación con métodos alternativos de estimación de la demanda. Asimismo, la definición de indicadores de desempeño (KPIs), como la reducción de los tiempos de preparación de pedidos, la disminución de recorridos internos, la mejora en la precisión del inventario y el nivel de servicio al cliente permitiría evaluar de manera objetiva el impacto de las propuestas.

6. REFERENCIAS

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (12.ª ed., cap. 17 y apéndice E). McGraw-Hill.

Correa Espinal, A. A., Gómez Montoya, R. A., & Cano Arenas, J. A. (2010). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Estudios Gerenciales*, 26(117), 145–171. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21218551008>

Ept.pe. (s.f.). *Diagrama de Pareto*. Recuperado de <https://ept.pe/index.php/component/sppagebuilder/?view=page&id=97>

Forbes Argentina. (2025). *Profesionalizar la empresa familiar: el desafío de adaptarse sin perder identidad*. <https://www.forbesargentina.com/columnistas/profesionalizar-empresa-familiar-desafio-adaptarse-perder-identidad-n65237>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Hirano, H. (1995). *5 pillars of the visual workplace: The sourcebook for 5S implementation*. Productivity Press.

InfoGremiales. (2025). *La industria metalúrgica acumula una caída del 13,3% en once meses*. <https://www.infogremiales.com.ar/la-industria-metalurgica-acumula-una-caida-del-133-en-once-meses/>

Kanawaty, G. (Ed.). (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4ª ed. rev.). Oficina Internacional del Trabajo.

Mecalux. (s.f.). *Almacenes de productos especiales y grandes volúmenes*. <https://www.mecalux.es/manual-almacen/sistemas-de-almacenaje/almacenes-productos-especiales>

Meyers, F. E. & Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3.ª ed.). Pearson.

Nahmias, S. (2014). *Análisis de la producción y las operaciones* (5ª ed.). McGraw-Hill.

Quiminet. (2025). *Estrategias eficientes de almacenamiento: optimiza espacio, reduce costos y mejora la logística*. <https://www.quiminet.com/articulos/estrategias-eficientes-de-almacenamiento-optimiza-espacio-reduce-costos-y-mejora-la-logistica-5121333.htm>

Summers, D. C. S. (2006). *Administración de la calidad* (Cap. 2, 9 y 10). Pearson.