

## Artículo de investigación

**Cómo citar:** M. Grondona, T. Ramos, C. Ahumada y E. Jassir Fernández, "Incidencia de los procesos logísticos y en la cadena de abastecimiento en las obras civiles como mecanismo de mejora en el almacenamiento de materiales de la construcción". *Inventum*, vol. 18. n.º 35, pp. 50-59, julio - diciembre 2023 doi: 10.26620/uniminuto.inventum.18.35.2023.50-59

**Editorial:** Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN: 1909-2520  
eISSN: 2590-8219

**Fecha de recibido:** 01 de junio de 2023  
**Fecha de aprobado:** 01 de julio de 2023  
**Fecha de publicación:** 15 de julio de 2023

**Conflicto de intereses:** los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

# Incidencia de los procesos logísticos y en la cadena de abastecimiento en las obras civiles como mecanismo de mejora en el almacenamiento de materiales de construcción<sup>1</sup>

## Impact of logistics processes and the supply chain in civil works as a mechanism for improving construction storage

## Impacto dos processos logísticos e da cadeia de suprimentos em obras civis como mecanismo para melhorar o armazenamento na construção civil

### Resumen:

El siguiente artículo de investigación propone diferentes estrategias logísticas necesarias para reducir el impacto negativo en las pérdidas de existencias físicas de inventarios, principalmente en los centros de almacenamiento de las obras civiles que las empresas poseen. Es importante tener en cuenta que no todos los modelos logísticos son aplicables en los centros de almacenamiento de una obra civil, por eso es de vital importancia realizar una inspección detallada para tener certeza de que cumple con las condiciones para que se den excelentes resultados. El objetivo de este proceso es brindar recomendaciones para un óptimo almacenamiento de artículos de construcción y minimizar pérdidas por robo o mal recibo.

**Palabras clave:** inventario, logística, construcción, cadena de suministros.

### M. A. Grondona

Estudiante de la especialización en Logística y Cadena de Suministros de la Universidad Libre (Barranquilla, Colombia). Adscrito al Grupo de Investigación de Desarrollo Empresarial - GIDE.  
email: miguela-grondonap@unilibre.edu.co  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6085-1372>.

### T. H. Ramos

Estudiante de la especialización en Logística y Cadena de Suministros de la Universidad Libre (Barranquilla, Colombia). Adscrito al Grupo de Investigación de Desarrollo Empresarial - GIDE.  
email: titoh-ramoss@unilibre.edu.co  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-1363-1142>.

### C. A. Ahumada

Estudiante de la especialización en Logística y Cadena de Suministros de la Universidad Libre (Barranquilla, Colombia). Adscrito al Grupo de Investigación de Desarrollo Empresarial - GIDE.  
email: carlosa-ahumadas@unilibre.edu.co  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-1408-0056>.

### E. Jassir

Profesor jornada laboral completa adscrito a la Facultad de Ingeniería y catedrático en la Especialización de Logística y Cadena de Suministros de la Universidad Libre (Barranquilla, Colombia). Vinculado al Grupo de Investigación de Desarrollo Empresarial - GIDE.  
email: erick.jassiru@unilibre.edu.co  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4305-7958>.



<sup>1</sup> Tipología artículo de investigación.

#### **Abstract:**

The following research article proposes different logistics strategies necessary to reduce the negative impact on physical stock losses of inventories mainly in the storage centers of civil works that companies own. It is important to bear in mind that not all logistics models are applicable in the storage centers of a civil work, so it is vital to carry out a detailed inspection to be sure that it meets the conditions for excellent results. The objective of this process is to provide recommendations for optimal storage of construction items and minimize losses due to theft or bad receipt.

**Keywords:** inventory, logistics, construction, supply chain.

#### **Resumo:**

O presente artigo de pesquisa propõe diferentes estratégias logísticas necessárias para reduzir o impacto negativo sobre as perdas físicas de estoques de estoques, principalmente nos centros de armazenagem de obras civis que as empresas possuem. É importante ter em mente que nem todos os modelos logísticos são aplicáveis nos centros de armazenagem de uma obra civil, por isso é vital realizar uma inspeção detalhada para ter certeza de que ela reúne as condições para excelentes resultados. O objetivo desse processo é fornecer recomendações para o armazenamento ideal de itens de construção e minimizar perdas por roubo ou mau recebimento.

**Palavras-chave:** estoque, logística, construção, cadeia de suprimentos.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la oferta de proyectos inmobiliarios ha crecido exponencialmente por parte de las diferentes constructoras a nivel nacional, esto ha generado que el auge para adquirir una vivienda propia aumente. Una de las modalidades más cómodas o fáciles de comprar una vivienda es de interés social (VIS), la cual tiene un valor fijo de hasta 135 smmlv (salarios mínimos mensuales legales vigentes), según el año en la que se adquiera.

La competitividad entre las diferentes constructoras para optimizar los recursos y mejorar sus utilidades para construir una vivienda VIS ha sido un desafío desde la gerencia hasta los procesos de construcción.

La planeación para la realización de una obra civil de viviendas de interés social se componen del espacio de construcción, en una gran medida sobre el área cuadrada delimitada, quedando espacios temporales para la oficina administrativa y el almacenamiento. Este último, es convertido en un grupo de container adecuados para la administración y la recepción de algunos materiales, que tenga la capacidad de resistir a la intemperie, sin perder sus características físicas en tal grado.

Con la planeación de la obra, conjuntamente, se realiza la definición de necesidades de materiales, de los cuales su adquisición se ha visto encarecida en el mercado colombiano y global, producto de la reciente pandemia por COVID-19 que cambió el modo de hacer las cosas. Igualmente, de las guerras económicas entre los países desarrollados y la actual disputa que se viene dando entre Rusia y Ucrania, de la cual el país no está exento de sufrir las consecuencias, en cuanto a la adquisición de bienes y servicios. [1]

Metales como el hierro, cobre, oro, entre otros, han aumentado su precio por lo que las constructoras se han visto en la obligación de adquirir en lotes altos las unidades de estos materiales por adelantado a un precio más bajo. Lo que, como parte de sus políticas institucionales en la planeación y ejecución de sus proyectos, definen la necesidad de mantener dentro del espacio cuadrado de la obra y dentro de sus inventarios todos los elementos necesarios para su culminación, lo cual se convierte en un riesgo de inventario, pues se incurre en reprocesos por averías, pérdidas y robos, afectando el presupuesto de la obra y generando retrasos de la construcción junto con molestias a los usuarios.

Materiales de construcción que contengan cobre, enchape, acero, materiales hidrosanitarios, herramientas y equipos son elementos que corren riesgo de pérdidas, averías y robos, afectando los inventarios; los cuales, a pesar de

utilizar el modelo de inventarios cíclicos, no se cuentan con herramientas más precisas para llevar un mayor nivel de control que garantice la confiabilidad de los productos disponibles.

Uno de los principales recursos para la construcción son los insumos que se requieren para optimizar el abastecimiento cuando este se requiera, con el fin de evitar factores que pongan en riesgo el cumplimiento de la obra en curso.

Entre el año 2020 y el 2021, el acero tuvo una alta variación en el precio, en el que el acero figurado paso de tener un valor de \$ 2320 a \$ 4030 pesos, lo que representa un aumento del 74 %. La malla estándar aumentó de precio, paso de tener un valor de \$ 2680 a \$ 5030 pesos, teniendo un incremento del 88 %, y la malla especial tuvo una variación del 81 %, al aumentar su valor de \$ 2920 a \$ 5280 pesos. Cabe aclarar que este aumento corresponde al cálculo de la variación anual de los precios del acero (figura 1).

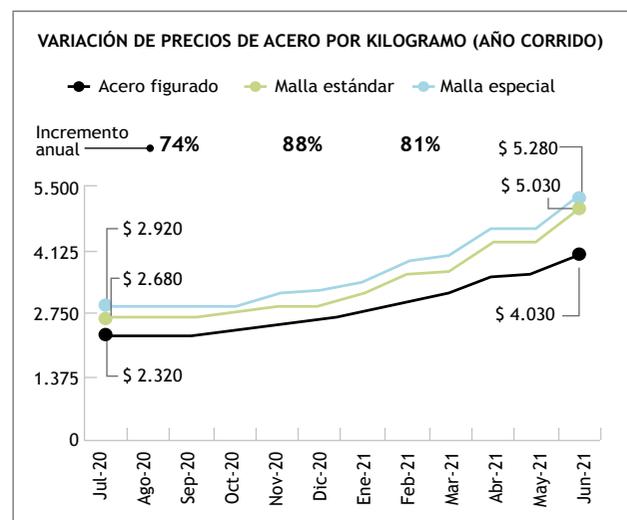


Figura 1. Comportamiento del acero 2020 - 2021.  
Fuente: [1].

Esta investigación tiene la finalidad de analizar los factores que afectan el desempeño óptimo del almacenamiento en una obra civil. Se busca determinar las variables más representativas que tienen una influencia en el acopio de materiales, donde se tiene en cuenta aspectos como la disposición espacial, el control del inventario y la gestión de los recursos. Además, se pretende evaluar las posibles causas de reproceso dentro del contexto de las restricciones propias del proceso, con el propósito de identificar las principales problemáticas que se presentan; adicionalmente, sugerir y proponer estrategias que aporten soluciones. Se plantea el establecimiento de una matriz que permita priorizar todos los materiales clasificados que presenten una mayor incidencia en el

inventario de una obra, considerando su importancia y demanda. Con base en los hallazgos se busca plantear estrategias prácticas y efectivas para una buena gestión del almacenamiento de materiales en las obras civiles, a fin de maximizar el aprovechamiento de recursos y disminuir los reprocesos en los que se puedan incurrir, buscando de una mejor eficiencia del proyecto.

## II. ¿CUÁLES SON LAS BUENAS PRÁCTICAS PARA TENER UN ADECUADO ALMACENAMIENTO EN UNA OBRA VIS?

Si bien las constructoras adquieren bienes en altos volúmenes, no tienen en cuenta los espacios asignados para estos, pues el espacio designado para la recepción y custodia de los productos que llegan es un área dentro de la construcción, por lo que algunos productos son relegados al almacenaje a la intemperie por sus características (dimensiones y peso). Lo cual, al ser un espacio transitorio no se emplea como estantería o un área dedicada para el acopio de la mercancía en piso.

Al realizar la recepción de los productos, se recibe la mercancía de acuerdo con su propósito de uso, se requiere de adecuaciones previas en la construcción. Por lo tanto, esto precisa tener bajo custodia por largos tiempos estos materiales, lo que causa un riesgo implícito al destinar mayores controles sobre los productos (vigilancia de la zona, alarmas, iluminación, aseguramiento del lugar) [2].

Aun con estas medidas de control, no se asegura la integridad del producto, pues al momento de disponer de la mercancía el riesgo de pérdida o daños por deterioro se hace más visible, lo que genera sobrecostos en el presupuesto destinado a la construcción.

### A. Estado del arte

Actualmente, se debe hacer lo necesario para que la logística sea mucho más eficiente y poder llegar a un nivel óptimo. Lamentablemente, Colombia no está a la vanguardia de las últimas tecnologías, muchas veces afectado por las redes de internet, poca inversión en vías 4G, además las empresas poco confían en los nuevos métodos y estrategias que se plantean para aumentar el nivel de confiabilidad en el almacenamiento, para que este se vea reflejado en los inventarios programados por la gerencia.

El almacenamiento en la construcción es un aspecto fundamental para garantizar una excelente gestión. Con la revisión de la literatura disponible y las bases de datos científicas se ha conseguido la identificación de aspectos relevantes en el campo, como lo son los siguientes.

En primer lugar, se destaca la importancia de optimizar el almacenamiento mediante enfoques basados en la dinámica de sistemas. En [3] se expone el uso de modelos computacionales para simular estrategias de almacenamiento y evaluar su impacto en el rendimiento del proyecto, lo cual permite tomar decisiones informadas y maximizar la eficiencia en el manejo de materiales.

En cuanto al diseño y distribución de almacenes, se ha encontrado que es crucial para mejorar la gestión de materiales de construcción. La utilización de sistemas de información geográfica (SIG) ha demostrado ser útil para optimizar el espacio de almacenamiento y facilitar la planificación eficiente [3]. Además, se resalta la importancia de considerar aspectos como la ubicación del almacén, el diseño de los espacios de almacenamiento y la optimización de las operaciones logísticas [4]. La gestión efectiva del almacenamiento de materiales en proyectos urbanos también es un tema relevante. Se han presentado técnicas y estrategias para optimizar el espacio de almacenamiento, minimizar costos y mejorar la eficiencia en la gestión de materiales. La gestión de inventarios de materiales de construcción es otro aspecto crítico que se ha abordado en la literatura. La revisión bibliográfica destaca diferentes enfoques, como la demanda de materiales, los métodos de pronóstico y las estrategias de control de inventario, como herramientas clave para una gestión eficiente. [4]

La aplicación de principios *Lean* en la gestión de manipulación de materiales ha demostrado ser efectiva para eliminar desperdicios, mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de manipulación. Esta metodología puede ser adoptada en proyectos de construcción para optimizar el flujo de materiales y mejorar la productividad.

En términos de sistemas de almacenamiento, se han analizado diferentes opciones como estanterías, *racks*, contenedores y sistemas automatizados. Estos análisis comparativos permiten evaluar las características, las ventajas y desventajas de cada sistema, facilitando la selección adecuada, según las necesidades del proyecto. La aplicación de tecnologías emergentes también ha surgido como un tema relevante en el almacenamiento en la construcción. El uso de tecnologías como la identificación por radiofrecuencia (RFID), drones, realidad aumentada e Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) ha demostrado beneficios en el seguimiento, control y gestión de materiales [5]. Además, se han abordado aspectos específicos como la gestión de almacenamiento en proyectos sustentables, la seguridad en el almacenamiento de materiales peligrosos y las buenas prácticas en la gestión de almacenes [6].

## B. Diferencia entre el inventario físico y en sistema

En los inventarios cíclicos, selectivos y generales programados por las empresas, se ha comprobado con datos que la diferencia entre la mercancía física dentro de una bodega respecto al sistema ERP (sistema de planificación de recursos empresariales) es alto en cuanto a faltantes y sobrantes, lo cual genera muchos sobrecostos y fallas en la programación de operaciones a mediano y largo plazo.

Es de vital importancia tener conocimientos en indicadores que nos den un amplio panorama del porcentaje de diferencia en el que se encuentra nuestro inventario.

Indicador ERI (exactitud de registro de inventario) es el que identifica la precisión, para ello se necesita una información ampliamente detallada de todas las referencias almacenadas en las obras de construcciones civiles.

$$ERI = \frac{\text{Numero de conteos negativos}}{\text{Numero de conteos realizados}} \times 100\%$$

El resultado debe ser igual o superior al 95 %.

## C. Mercancía perdida dentro del centro de almacenamiento de la obra civil

La mercancía extraviada es un tema muy complejo dentro de las empresas, ya que en la mayoría de las ocasiones no se logra comprobar que el faltante sea por robo, muchas veces el problema radica en un mal recibo de mercancía, no se realiza una verificación completa por múltiples factores; lo cual solo se logra evidenciar cuando vencen los plazos pactados en las órdenes de compra con los proveedores (tabla 1).

## D. Propuesta de mejora de con clasificación ABC

Esta propuesta pretende generar una mayor eficiencia en la separación de órdenes de producción y alistamiento de materiales para las obras de construcción, mejorando los tiempos de entrega del material, reduciendo costos como, por ejemplo, extensiones del horario, lo cual se evidencia en el pago de horas extras. Además, que el nivel de accidentalidad disminuiría considerablemente, ya que se utilizaría una cultura de limpieza y orden en el lugar de trabajo.

Se debe organizar un plan de limpieza, orden y aseo en el que se debe asignar una persona doliente de cada área, quien será la responsable de mantener el lugar en óptimas

condiciones. También el material debe estar debidamente identificado por un número especial con el cual sea de fácil ubicación; igualmente debe tener datos importantes como número de lote, fecha de ingreso, nombre del operario que recibió la mercancía, cantidad de cajas y de unidades, y número de guía.

### 1) KPIS de almacén

Indicadores asociados a la productividad.

- $Lead\ time = F. entrega - F. pedido$
- $Stock\ de\ seguridad$   
(Plazo máximo de entrega – plazo de entrega habitual) × demanda media del producto
- $Punto\ de\ pedido = Stock\ de\ seguridad + (consumo\ medio \times lead\ time)$
- $Rotacion\ del\ inventario = \frac{\text{Costo de los bienes consumidos en el periodo}}{\text{Costo del inventario promedio en el periodo}}$

### 2) Cantidad optima

El modelo EOQ (Economic Order Quantity) y el modelo de revisión continua con demanda incierta son los enfoques que mejor se adaptan a las necesidades de las empresas constructoras. Estas empresas a menudo toman decisiones sobre el inventario basada en su experiencia y se esfuerzan por alcanzar el objetivo de minimizar los costos de almacenamiento [5], [6].

El EOQ, introducido hace muchos años, se utiliza cuando se conoce una demanda constante y predecible. Se busca determinar las cantidades óptimas para ordenar teniendo en cuenta el costo de mantener el inventario y el costo de realizar pedidos, todo con el propósito de ser lo más eficiente posible para reducir los costos relacionados con el inventario [7]. Sin embargo, es fundamental que la empresa tenga una comprensión clara de los supuestos en los que se basa este modelo

Los supuestos del modelo EOQ incluyen:

- La demanda es conocida: la empresa se enfoca en conocer y predecir con precisión la demanda de sus productos.
- La demanda es constante e independiente: se asume que la demanda es constante y no esta influenciada por acciones o factores.
- El tiempo de reposición del inventario es 0: se supone, previamente, que una vez que se agotan las existencias, los productos se reponen de manera inmediata, sin demoras en el tiempo de reposición.

- d) La frecuencia del tiempo de reposición: se considera que la frecuencia con la que se repone los inventarios es constante y no varía con el tiempo, es decir, se repone cada cierto intervalo de tiempo fijo.

Estos supuestos tienen la finalidad de que no se llegue a la ruptura de inventario, además que se pretende reponer las mismas unidades para asegurar el stock consumido.

Este modelo es empleado en todo el mundo por su sencillez para realizar el cálculo implícito detrás de esta metodología y ponerlo en práctica. Es una técnica robusta de la cual, pese a que se basa en predicciones y estimaciones, se obtienen buenos resultados, aun a pesar de que proporciona buenos efectos, existen casos en donde el modelo puede alejarse mucho de la realidad, producto de los supuestos empleados para su cálculo. Se debe tener mucho cuidado cuando se plantea el concepto de la inmediatez de restauración del inventario, puesto que esto en la realidad no es posible de realizar en muchos casos.

Las ecuaciones de cálculo de este modelo son las siguientes:

- a) Cantidad optima:

$$q \times \sqrt{\frac{2kd}{h}}$$

- b) Costo total logístico del inventario:

$$\mu_q \frac{kd}{q} + cd + \frac{hq}{2}$$

- c) Número de ordenes anuales:

$$n = \left(\frac{d}{q^*}\right)$$

- d) Duración del ciclo del pedido:

$$T^* = \frac{q^*}{d}$$

Donde:

- d*: demanda determinística.  
*q\**: tamaño optimo de cada pedido.  
*k*: costo de ordenar.  
*h*: costo de sostener inventario unitario.  
*c*: costo de compra unitario.

El modelo de revisión de la demanda incierta, también conocido como sistema Q, es un tipo de control de inventario en el que cada vez que se realiza un retiro de un artículo se revisa el inventario resultante teniendo en cuenta que:

Si el inventario resultante se encuentra por debajo de determinado nivel, se genera una orden de compra (figura 2). El nivel de inventario corresponde al número de días en que se tarda en ser repuesto las cantidades por parte del proveedor.

Si el inventario resultante se encuentra por encima de determinado nivel sigue su consumo y monitorización.

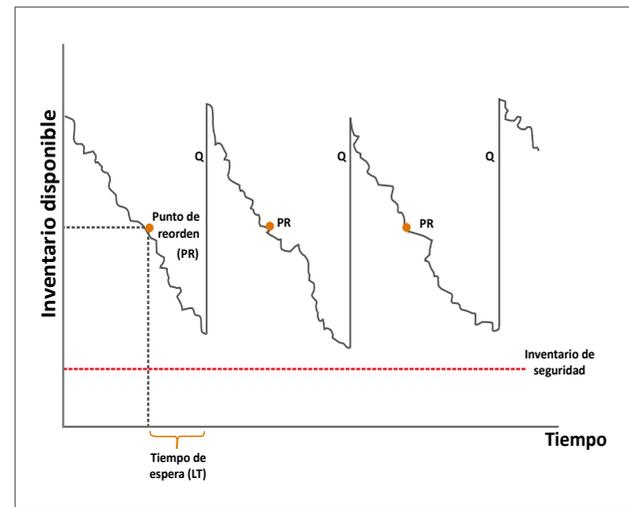


Figura 2. Determinación del punto de reorden.  
 Fuente: [8].

Si la cantidad de artículos llega a un nivel específico en el inventario, se debe generar una nueva orden de pedido Q, ese nivel en específico se conoce como punto de reorden. Este punto siempre será un valor fijo, sin embargo, el tiempo entre una y otra Q serán variables de no cumplirse, se estaría frente a un modelo determinístico que es cuando se tiene certeza del Lead time y la demanda [8].

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al hablar de logística para una organización, se hace referencia al importante papel que juega para que los productos se encuentren disponibles en calidad, cantidad y en el instante adecuado para suplir las necesidades de los clientes en cuanto a productos y servicios. Cuando se realiza el proceso de modo eficiente se obtiene una mejora de tiempo y costos, logrando una mejora en los niveles de competitividad en el mercado, así como el desempeño al desarrollo de su proceso [9].

Se realizó un trabajo de campo donde los autores de este documento se desplazaron para obtener el inventario de una obra civil, la cual estaba en avance, puesto que ya

estaban construyéndose los pisos superiores del edificio, además de la instalación de las acometidas eléctricas. Debido al alto número de referencias se vio en la necesidad de consolidar por medio de categorías generales.

Categoría	Unidades	Valorización
Material eléctrico	188 796	\$ 781 999 310
tuberías y accesorios	18 783	\$ 171 874 917
Equipos y alquileres	37	\$ 61 593 699
Enchapes y pisos	14 445	\$ 60 744 496
Aparatos sanitarios y griferías	813	\$ 44 112 565
Productos químicos	3814	\$ 34 474 594
Red de incendio	352	\$ 24 013 099
Carpintería metálica	129	\$ 23 932 558
Herramienta	3914	\$ 23 635 305
Dotación y seguridad industrial	1431	\$ 20 986 860
Materiales varios	69 798	\$ 19 481 471
Carpintería de madera	44	\$ 18 887 499
Aceros	2195	\$ 13 937 869
Contratos a todo costo	57	\$ 10 587 719
Ladrillos, bloques y adoquín	4180	\$ 9 876 824
Equipos especiales	857	\$ 2 872 255
Vidrios y espejos	113	\$ 2 689 400
Rejillas	332	\$ 2 016 376

Categoría	Unidades	Valorización
Cementos, morteros y concretos	1660	\$ 1 917 576
Pinturas	52	\$ 1 112 990
Mano de obra	72	\$ 1 028 160
Aseo y jardinería	16	\$ 198 429
Administración	1	\$ 117 144
<b>Total general</b>	<b>315 163</b>	<b>\$ 1 333 845 736</b>

**Tabla 1.** Inventario de obra civil valorizado en pesos colombianos (COP) por categorías

Fuente: elaboración propia.

Al momento de la recolección de los datos se tiene que los grupos más sobresalientes del inventario son el material eléctrico junto con la tubería y accesorios encontrándose en la primera inspección que la categoría más relevante es la que actualmente está con un mayor valor en el inventario: el material eléctrico. Igualmente, se encuentra que, los productos con mayor valor son de fácil sustracción de la zona de custodia, productos como los alambres de distintos calibres y aislamientos son presa fácil de una actividad ilícita.

Al extraer de su aislamiento para obtener su cobre, se convierte en un lucro para el delincuente y un riesgo en la seguridad de la cadena de abastecimiento interna para el desempeño dentro de los plazos establecidos en la obra.

Descripción	Cantidad	Promedio	Valorización	Porcentaje	Categoría
Cable aluminio 4/0	9000	\$ 11 395	\$ 102 555 852	13 %	Material eléctrico
Alambre Aislado Thhn/Thwn # 12	45 800	\$ 1662	\$ 76 108 509	10 %	Material eléctrico
Cable de aluminio 185 mm <sup>2</sup> (350 MCM)	3000	\$ 24 157	\$ 72 470 143	9 %	Material eléctrico
Armario Medidor 24 Cuentas Monofásico	7	\$ 6 777 712	\$ 47 443 980	6 %	Material eléctrico
Cable Al. Aislado #250 -Bajo Halógenos	3900	\$ 10 414	\$ 40 613 391	5 %	Material eléctrico
Alambre Desnudo #12	23 272	\$ 1615	\$ 37 583 090	5 %	Material eléctrico
Cable aluminio aislado serie 8000 #4	12 000	\$ 2208	\$ 26 491 174	3 %	Material eléctrico
Cable Cu Aislado #12 -Bajo Halógenos	10 408	\$ 2405	\$ 25 030 464	3 %	Material eléctrico
Cable de aluminio #2 AWG	4238	\$ 5365	\$ 22 736 701	3 %	Material eléctrico
Cable de Cobre Aislado 500 MCM	120	\$ 165 866	\$ 19 903 943	3 %	Material eléctrico
Cable Aluminio Aislado 70 mm <sup>2</sup> (#2/0)	3000	\$ 6039	\$ 18 117 750	2 %	Material eléctrico

**Tabla 2.** Detalle de productos en categoría Material eléctrico

Fuente: elaboración propia.

El 56 % del inventario del material eléctrico corresponde a cables (tabla 2). Con esta información se cumple uno de los objetivos presentes para este análisis.

## E. Estrategias de almacenamiento

Una vez identificado los productos con más valor se puede proponer sugerencia por parte de los autores en busca de los objetivos perseguidos y plasmados en esta investigación.

### 1) Radiofrecuencia RFID

La tecnología de RFID es una de las más novedosas, la cual está compuesta por:

- Etiquetas o microchips con antenas integradas.
- Uno o varios dispositivos de lectura / escritura.
- Un programa informático especializado para su funcionamiento y un servidor principal.

El intercambio de datos entre el dispositivo de lectura y el RFID se realiza mediante ondas de radio frecuencia bajo el mismo espectro de frecuencia de señal de estos. El lector emite una señal que es captada por todos los *tags* (figura 3) que se encuentren bajo la misma frecuencia, estos dispositivos pueden almacenar consigo distintos tipos de datos sobre el producto. Existen variables críticas en un sistema RFID que abarcan el rango de frecuencia de comunicación, el tamaño de la información almacenada en el *tag*, la velocidad de comunicación con el *tag*, la forma física del *tag*, la capacidad del sistema para comunicarse de manera “simultánea” con múltiples *tags* y la resistencia de la comunicación a las interferencias causadas por los materiales entre el lector y el *tag*. Existen distintos factores que influyen en el nivel de rendimiento que se puede obtener. Factores como las regulaciones sobre la emisión permitida en el país de uso, la presencia o ausencia de batería en el *tag* para hacer más óptima la comunicación con el receptor y la frecuencia portadora de la RF utilizada para transmitir información entre el *tag* y el lector [10]. Existen también diferentes características que influyen en el comportamiento de un *tag* RFID, algunas de las cuales son compartidas por todos los *tags*, mientras que otras varían según el tipo específico del *tag* empleado.

- Todos los tipos de *tags* deben contar con mecanismos que les permitan ser fijado a un objeto, ya sea de tipo adhesivo o mecánico.
- Es esencial que cada *tag* tenga la capacidad de transmitir información empleando la radiofrecuencia.

- En todos los *tags* se registra la información de fabricación de modo predeterminado, y en algunos de ellos, estos datos solo pueden ser grabados una vez.
- Otros *tags* tienen la capacidad de escribir y reescribir el campo de datos del identificador tantas veces como sea necesario.

Los *tags* poseen la característica de ser anticollisión, lo que les permite determinar cuándo deben transmitir sus datos y evitar interferir en otras lecturas.

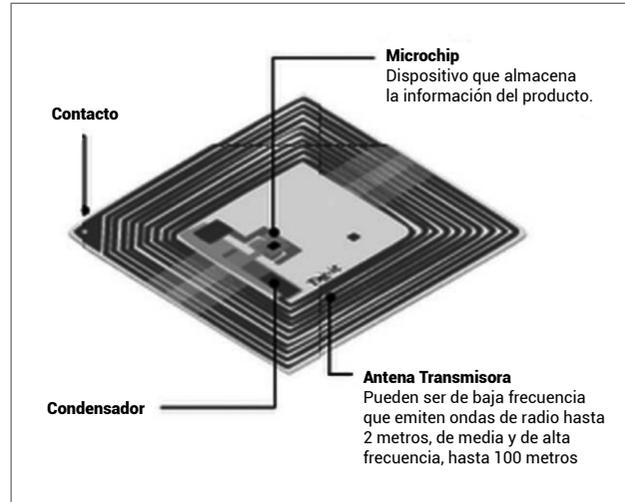


Figura 3. Partes de un tag.  
Fuente: [10, p. 46].

Estos dispositivos facilitan la localización de los productos dentro de la bodega, permiten el control de inventario asegurando de este modo la seguridad, debido a que se actualiza en tiempo real al recibir los paquetes de datos que reportan las salidas y los ingresos.

### 2. Slotting

El proceso de *Slotting* o también conocido como disposición estratégica de materiales es una actividad en el campo de la logística que implica la distribución de artículos dentro de almacenes, ya sea en uno o en múltiples almacenes. Su principal objetivo es organizar los SKU (*Stock keeping units*) en espacios designados o *slots* de modo que se reduzcan los tiempos de desplazamiento y se optimice el uso del espacio [11].

- I. Almacenamiento aleatorio: consiste en asignar ubicaciones de manera aleatoria a cada SKU al ingresar al almacén, considerando el espacio disponible.
- II. Almacenamiento dedicado: se centra en asignar ubicaciones específicas a los SKU, proporcionando una ubicación definida.

- III. Almacenamiento basado en clases: implica clasificar cada SKU en diversas categorías, según criterios como la popularidad, la rotación, entre otros.
- IV. Almacenamiento correlacionado: se basa en agrupar los SKU en clústeres, es decir, agrupar cantidades y piezas en función de las necesidades conjuntas de dos o más SKU. Este enfoque se analiza teniendo en cuenta las ordenes de preparación de pedidos y otros criterios.

## F. Análisis de propuestas

El empleo de la radiofrecuencia es una herramienta que facilita el control de los productos dentro del almacenamiento de una obra civil. Los autores proponen que sea utilizada la tecnología a la mano que permite controlar los ingresos y salidas de productos; sin embargo, debido a que estas herramientas dependiendo del país o región a utilizar pueden variar su costo de adquisición, para eso se propone el uso de técnicas de *Slotting*, como el almacenamiento correlacionado. El cual se adapta a las necesidades de la obra civil dependiendo del estado en el que se encuentra, esto debido a que al momento de la publicación de este artículo los autores identificaron que la construcción estaba en la fase de instalación eléctrica, lo cual los productos de esta fase son de una alta vulnerabilidad y se convierten en elementos de fácil pérdida de valor y sustracción, afectando los periodos de entrega y costos para el presupuesto de la construcción.

Por lo que el empleo de técnicas de almacenamiento favorece el control de la bodega asegurando productos de alta rotación, bajo una custodia más controlada, pues técnicas como esta no afectan de manera directa la implementación de herramientas tecnológicas como la radiofrecuencia.

Existen más técnicas para el almacenamiento en la literatura consultada e investigativa, la cual proponen diferentes técnicas a las presentadas que pueden ser implementadas, dependiendo de las necesidades del centro de distribución para las organizaciones.

## IV. CONCLUSIONES

La incidencia de los procesos logísticos para mejorar el almacenamiento en una construcción de vivienda sin duda alguna está basada en los costos, estos incurren y afecta el presupuesto de una obra, una adecuada gestión de un almacén es directamente proporcional a un buen direccionamiento por parte de los directores de obra, y en todos los actores que componen la red de suministros.

El almacenamiento no solo es responsabilidad el almacenista o jefe de almacén, sino de todos los que se involucran en este proceso, tanto residentes como directores, ya que su labor de amparar, auditar y mostrar intereses por la logística y buen manejo de los insumos, herramientas y equipos que tienen a su disposición, es de vital importancia con el fin ejecutar las actividades programadas sin interferencias.

Un buen almacenamiento empieza desde la planificación en la adquisición de los materiales para poder tener un sitio idóneo donde resguardarlos. En ciertos casos, el costo de oportunidad resulta un costo de reprocesos si no se tiene una buena planificación de almacenaje. Una buena comunicación, colaboración, compenetración entre los proveedores y la logística interna de los procesos constructivos, desde el departamento de compras y abastecimiento hasta el área de almacén, tiene como resultante el cumplimiento de las metas establecidas.

El campamento de la obra para los materiales de patio que son voluminosos y con escasez de espacios debe estar resguardado bajo techo y sobre nivel del terreno para evitar inundaciones y pérdida o daños de estos elementos. Debe tener circuito de vigilancia permanente, monitoreados por cámaras y guardas de seguridad, en especial, los insumos de mayor incidencia en el inventario.

La inversión de radiofrecuencia RFID u otro tipo de tecnología que ayude al mejoramiento de la eficiencia del almacenamiento e inventario son vitales para la comunicación de los diferentes datos, en tiempo real, y para todos los actores de interés que requieran dichos insumos. Las tecnologías de la información para el sector de la construcción en el área del almacenamiento en Colombia debe fortalecerse y la implementación de estas tecnologías aportan para la buena gestión de los almacenes en el sector de la construcción.

Una buena gestión de la logística aportará al mejoramiento del almacenamiento, el cual permitirá identificar fallas a corto plazo y así poder tomar decisiones asertivas, lo que permitirá disminuir costos por pérdidas, daños o lo que comúnmente se padece en las obras de construcción civiles que es el robo, ya que la rotación de la mercancía será mucho más rápida. Todo lo anterior, con la clara intención de ofrecer un nivel de confiabilidad a los clientes. Pero esto no es trabajo de una sola persona, se debe planificar, organizar, proyectar en conjunto la parte de compras, gerencia y la parte operativa.

Tecnologías innovadoras como el sistema RFID sin duda alguna facilitarían la gestión de almacenamiento, pero también es cierto que es un trabajo fuerte para convencer a la alta gerencia que se debe trabajar de la mano con las últimas tendencias tecnológicas, ya que los resultados son a corto plazo.

## V. REFERENCIAS

- [1] A. Urrego, “Los precios del acero, el hierro y el alambre subieron 75 % por el comercio mundial”, *La República*, 2021, 6 de julio. Disponible en: <https://www.larepublica.co/economia/los-precios-del-acero-el-hierro-y-el-alambre-subieron-75-por-la-dinamica-mundial-3196141>.
- [2] Termiser, “Cómo evitar el robo de material de construcción en una obra”, *Termiser*, 2018, 22 de agosto. Disponible en: <https://www.termiser.com/evitar-robo-material-de-construccion-en-obra/>.
- [3] C. Rodríguez, “Optimización del uso de los recursos disponibles en obras de construcción” tesis de pregrado, Universidad Andrés Bello, Caracas, 2005. Disponible en: <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/13674>.
- [4] A. Garzón y Y. Osorio, “Reutilización de contenedores para sistema de almacenamiento de materiales en obra”, Universidad la Gran Colombia, s.f. Disponible en: <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5732/PANEL%20%20SISTEMA%20DE%20ALMACENAMIENTO%20PARA%20MATERIALES%20EN%20OBRA.pdf>.
- [5] A. Contreras, C. Atzyr, J. Martínez y D. Sanchez, “Gestión de políticas de inventario en el almacenamiento de materiales de acero para la construcción”, *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 17, no. 1, pp. 5-22, 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7047360>
- [6] G. Aliaga, “Juan Peña Llopis. Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. Alicante: Editorial Club Universitario, 2006, 310 p. [reseña]”, *Revista Geografía Norte Grande*, no. 36, 2006. Disponible en: <https://n9.cl/cg2tl>
- [7] EAE Business School, “Retos en supply chain”, *EAE Bussines School*”, 2021, 21 de abril. Disponible en: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/modelo-eoq-el-control-mas-sencillo-para-los-inventarios/>.
- [8] D. Betancourt, “Sistema de revisión continua de inventarios: definición, métodos y ejemplos”, *Ingenio Empresa*, 2018, 16 de mayo. Disponible en: <https://www.ingenioempresa.com/sistema-de-revision-continua/>.
- [9] Quad Minds, “5 problemas logísticos comunes y cómo resolverlos”, *Quad Minds*, 2022, 4 de enero. Disponible en: <https://www.quadminds.com/blog/problemas-logisticos>.
- [10] G. Montenegro y A. Marchesin, “Sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID)”, *Nuevas Tecnologías*, no. 2, 2007. Disponible en: [https://www.enacom.gob.ar/multimedia/bibliotecas/archivos/biblioteca\\_16395.pdf](https://www.enacom.gob.ar/multimedia/bibliotecas/archivos/biblioteca_16395.pdf).
- [11] J. Duque, M. Cuellar y J. Cogollo, “Slotting y picking: una revisión de metodologías y tendencias”, *Ingeniare Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 28, no. 3, pp. 514-527, 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7646402>