

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Integración de sistema WMS en montacarga unilateral para la  
implementación en bodegas de Cementos Rocafuerte**

Protocolo de trabajo de graduación presentado por Juan Pablo Gomes  
Villela, estudiante de Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2021

## Resumen

Este proyecto tiene como objetivo principal la integración del sistema WMS utilizado en Cementos Rocafuerte a la maquina montacargas diseñada por el equipo de trabajo.

Con el fin de poder unir el sistema WMS con la máquina para poder comunicarse entre sí con el fin de despachar el inventario, se implementará un algoritmo

Al tener un modelo

## Antecedentes

Actualmente en Guatemala,

## Justificación

En la industria desde hace muchos años, existen almacenes (bodegas) en las cuales su principal función es la de acumulación de mercancías durante un período de tiempo. Por su parte, el manejo de las mercancías comprende todas las actividades de carga y descarga, el traslado de los productos a las diferentes zonas del almacén y la preparación de los pedidos[1]. El inventario de todo un almacén se encuentra comprendido dentro de una base de datos, la cual cada minuto es actualizada por cada pedido nuevo que se realiza, por cada entrega realizada y por cada entrada nueva de mercadería. Pero en la actualidad, los tiempos de entrega con un montacarga convencional se han vuelto muy largos y tediosos para el cliente final, que llega a ser un punto de dolor para las empresas que lo utilizan.

Por lo cual a través del proyecto se plantea darle una solución a estos tiempos de entrega y así poder aliviar este punto de dolor de las empresas que en cierto punto llega a representarles pérdida de tiempo y clientes potenciales. Esto se hará posible con la implementación de un algoritmo capaz de procesar y tomar toda la data de inventario almacenada en WMS, para poder ser analizada y luego de ser analizarla pasar esta información a la interfaz de la máquina (Montacargas) para que posteriormente esta realiza la entrega del producto en un tiempo menor a la que se tomaría un montacargas convencional. Esto con el fin de automatizar la bodega para lograr tiempos de entrega más eficientes.

## Objetivos

### Objetivo General

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Praesent eu lectus tincidunt, malesuada lorem nec, accumsan ligula.

## Objetivos Específicos

- Nulla ut ex ut mauris pretium elementum.
- Suspendisse malesuada lectus nec nisi iaculis, in luctus turpis laoreet.
- In efficitur nisl vitae justo interdum, vitae condimentum lectus maximus.
- Morbi quis libero sit amet velit commodo tristique eu sed nisl.

## Marco teórico

### Gestión de almacenamiento

Primero que todo, es importante definir que es un almacén o una bodega de almacenamiento, según [1] el almacén es un espacio delimitado que puede ser abierto, al aire libre (una campa), o cubierto, sin paredes, con alguna pared o totalmente cerrado con el fin de recibir, almacenar, custodiar, proteger, controlar, manipular, reacondicionar y expedir productos, ya sean materias primas, productos semielaborados o terminados.

Dicho lo anterior, el almacenaje de materia prima es una necesidad primordial que las empresas industriales, comerciales o de servicio es de suma importancia. Es una actividad, que estas organizaciones necesitan compensar los desequilibrios entre la oferta y la demanda de productos. Normalmente, estas no coinciden en cantidad y tiempo, ya sea por la demora en su despacho, producción o entrega para el cliente final. De esta manera, el almacenamiento constituye un recurso primordial para las empresas y para equilibrar las compras y las ventas mediante la regulación de los flujos de adquisiciones de materias primas y las entregas de dicha materia a los clientes finales en el menor tiempo posible.

En la actualidad, las empresas para poder competir entre ellas y así sobrevivir intentan que los costos de almacenamiento sean menores que el gasto que habría que repercutir en el precio del material o producto si la bodega no existiera. También buscan que el cliente este satisfecho con el producto y con la forma de entrega del producto, por lo que las empresas buscan que los tiempos de entregan sean los menores posibles. Por último, para conseguir costos reducidos en un producto se suele buscar la mejor relación calidad-precio en los suministros. Pero para alcanzar un equilibrio positivo, también hay que tener siempre presente el costo del almacenaje [1]. En la imagen siguiente se muestra un ejemplo de una bodega utilizada para almacenaje y logística de distribución de materia prima para el cliente final.



Figura 1: Ejemplo de bodega en la industria

## **Principio del almacenaje**

En el almacenamiento de materias primas, se deben de seguir unos principios básicos que han de estar alineados con los objetivos globales de la empresa y especialmente, con sus procesos logísticos. Algunos principios son los siguientes:

### **Maximizar el espacio**

El precio de mantener almacenado la materia prima regularmente es elevado, por lo que las empresas buscan aprovechar al máximo el espacio con el que cuentan. Por lo cual el objetivo principal es almacenar la mayor cantidad de mercancía en el mínimo espacio posible, buscando el equilibrio entre las necesidades del mercado, el tiempo de entrega y la calidad del servicio.

### **Fácil acceso a las existencias**

El principal objetivo es poder acceder a la materia prima almacenada de una manera directa y eficiente, de modo que, al momento de entregar el producto final al cliente, esto se haga en el menor tiempo posible. También facilitar el acceso a las existencias reduce los tiempos de entrada y salida, así como los de preparación de pedidos, y evita accidentes que puedan afectar a los operarios y clientes. Como resultado de ello, aumenta la productividad global en la empresa y con esto aumentar las ganancias.

## **Minimizar la manutenzione del producto**

El principal objetivo es poder garantizar la accesibilidad de la materia prima. Al limitar los movimientos al mínimo se reduce la posibilidad de accidentes y el deterioro del producto.

## **Fácil control de las existencias**

El principal objetivo es evitar errores en el servicio, pérdidas de tiempo en la entrega del producto y llevar un mejor control de productos caducados, faltantes o con exceso dentro de la bodega. Esto con el fin de disminuir lo máximo posible el costo de almacenaje.

La siguiente imagen engloba y muestra los principios básicos antes mencionados



Figura 2: Principios básicos en la industria

Cabe recalcar que es indispensable recordar que el objetivo de la logística empresarial es suministrar al cliente lo que demanda, cuando lo necesita y donde lo requiere, añadiendo valor a la entrega y optimizando de manera global el nivel de costos e inversiones.

## **Tipos de almacenes**

Dependiendo de la naturaleza de la materia prima, así es el tipo de bodega a implementar. Algunos tipos de bodega son los siguientes:



### Según las necesidades de la empresa

- **Materias primas:** este tipo de bodegas están enfocadas en las necesidades y características de los productos base que se utiliza para producir otros artículos diferentes. Son implementados en empresas productoras o fabricantes.
- **Materiales consumibles:** este tipo de bodegas están enfocadas para productos auxiliares del producto final o para materiales de uso diario. Todas las empresas y organizaciones como de embalaje.
- **Productos finales:** este tipo de bodegas están enfocadas para productos preparados para su entrega al cliente final. Son utilizadas para empresas productoras, distribuidoras, de operación y de comercio.



Figura 3: Ejemplo de bodega para producto finales

### En función de la organización de la empresa

- **De servicio:** este tipo de bodega están dedicadas a albergar el producto mínimo necesario para un espacio corto de tiempo. Por ejemplo, las bodegas de los restaurantes y de los productos semielaborados.
- **De depósito:** este tipo de bodega están dedicadas a albergar mercancías de empresas que no cuentan con el espacio necesario para albergar su propio producto.
- **Reguladores y de distribución:** este tipo de bodega están dedicadas a albergar productos para el consumidor final, que su tasa de rotación es elevada.
- **Logístico:** este tipo de bodegas están dedicadas a albergar productos con una tasa alta de rotación de diferentes tipos. Este tipo de bodega tiene que ser capaz de disponer varias funciones de almacenaje.

### En función de las características del almacén

- Convncional: este tipo de bodega tiene la característica de tener una altura de 6-7 m, donde se utilizan monta cargas para el almacenaje, carga y descarga del producto en estanterías.
- De alta densidad: este tipo de bodega tiene la característica de tener una altura de 10-15 m, donde se utilizan monta cargas, sistemas semiautomáticos para el almacenaje, carga y descarga del producto en las estanterías.
- Automático: este tipo de bodega tiene la característica de tener una altura de 20 m, donde se utilizan transelevadores y sistemas automatizados para el almacenaje, carga y descarga del producto en las estanterías



Figura 4: Ejemplo de bodega de alta densidad

### Almacenes Automatizados

Primero que todo es importante definir que es un almacén o una bodega automatizada, según [1] Un almacén automático es una instalación logística donde máquinas y sistemas automáticos se encargan de llevar a cabo operaciones como la recepción de mercancías, el almacenaje, la preparación de pedidos o las expediciones con agilidad y seguridad.

Las características de estas bodegas automatizadas es que se componen de racks donde se almacenan los productos y equipos de mantenimiento automáticos: principalmente, transele-

vadores, encargados de ubicar y extraer las unidades de carga de los racks, y transportadores, que comunican las entradas y salidas con cada pasillo de los racks. Además, en cualquier tipo de almacén automático, ya sea de tarimas o de cajas, es indispensable contar con un sistema de gestión de almacenes que gestione y dirija todas las operativas. Este software tiene la función de planificar los movimientos y organizar la mercancía de una forma lógica buscando un mayor rendimiento.

## **Tipos de bodegas automatizadas**

Cuando se tiene que abastecer continuamente áreas de producción o de picking, automatizar estos procesos es un factor decisivo para muchas empresas, sobre todo en aquellas donde se mueven un gran volumen de productos. Por lo mismo, actualmente existen varios tipos de bodegas automatizadas en el mercado tomando en cuenta unos criterios.

- Según su edificación: este criterio nos dice que una bodega automatizada se puede emplear o instalar en el interior de una bodega ya hecha solo haciéndole unas modificaciones o construir la misma bodega para que cumpla con los requisitos de instalación de la máquina.
  - Bodega existente: este tipo de bodegas es un edificio que suele medir entre 13 y 15 m de altura. En su interior se instalan racks, calculadas específicamente para soportar los esfuerzos de los transelevadores. En la parte superior de los pasillos, se colocan estructuras adicionales para sujetar el carril superior de los transelevadores.
  - Bodega construida: este tipo de bodegas están formadas e implementado sus propios racks, sobre las que se apoyan la cubierta y los cerramientos laterales. A la hora de construirlos, se debe tener en cuenta factores como esfuerzo de las cargas a colocar, los esfuerzos de los equipos de manutención, la fuerza del viento etc. Las dimensiones de este tipo de bodega son distintas a las demás, ya que su altura puede superar los 40 metros.
- Por tipo de mercancía: se sabe que en este tipo de bodegas se puede almacenar cualquier tipo de producto, desde un tornillo hasta perfiles. Pero comúnmente se almacenan tarimas y cajas.
  - Tarimas: este tipo de carga son las más usuales en el sector industrial, pues se emplean para mover todo tipo de artículos. Por lo cual existe una bodega automatizada para este tipo de cargas, dicha bodega está formada por racks dimensionados para dar espacio a los productos paletizados.
  - Cajas: este tipo de carga posee características similares a los de tarimas, por lo cual existen una bodega automatizada para moverlas. Las características de esta bodega es que los racks tienen una altura variable, desde los 3 m hasta alcanzar una máxima de 15 m. Los pasillos de este tipo de bodega son relativamente estrechos y la separación entre niveles es la mínima. Como resultado, se consigue una gran capacidad de almacenaje en un espacio reducido.
- Según el nivel de compactación: las bodegas de sistemas por compactación o de acceso directo se implementa según la cantidad de productos que se deben almacenar, el número de referencia y el espacio disponible. Estas bodegas tienen racks de acceso



directo que suelen implementarse en compañías que gestionan múltiples referencias con pocas tarimas. Algunos ejemplos de estas tarimas son:

- Simple profundidad: este tipo de opción es cuando el transelevador accede directamente a todos y cada uno de las tarimas en el pasillo donde opere.

- Doble profundidad: este tipo de opción se colocan las tarimas en cada ubicación. Esto para poder alcanzar a los que estén ubicados en segundo término, se han de reubicar las tarimas de la primera posición. Gracias a esto, la capacidad de almacenaje es mayor respecto a los racks de simple profundidad. Como se leyó anteriormente, la ventaja que predomina en implementar este tipo de bodega es el echo que son capaces de alojar tarimas en canales de hasta 40 metros de profundidad, aumentando la capacidad de almacenaje.

- Por tipo de Pallet Shuttle: este tipo de bodega se encuentra en los tipos de compactación, donde es que aporta mayor volumen y aprovechamiento del espacio. Este tipo de bodega es común que se instale en un lugar con una alta rotación de productos y donde sea imprescindible aprovechar el espacio disponible. Los lugares donde puede implementarse son de dos formas:

- Con transelevadores: es el encargado de mover las tarimas hasta cualquier canal de almacenaje y, una vez allí, un carro motorizado los traslada por el interior del canal.

- Con lanzaderas: este tipo es cuando se instala una estructura a modo de pasarela para que una lanzadora se desplace por cada nivel.

- Por nivel de automatización: esto depende de cada una de las empresas que desean implementar, ya que va desde una bodega manual con bajo nivel de automatización hasta otros con operativas completamente automáticas. Algunos ejemplos de estas son:

- Bodegas semiautomático: esta opción su característica es tener un carro motorizado que realiza los movimientos de la mercancía dentro de los canales de almacenaje con total autonomía, aunque requiere que un operario deposite o extraiga la mercancía en cada ubicación y tenga la capacidad de moverse entre canales cuando se precise.

- :Bodegas de automatización de la toma de decisiones este tipo de bodegas son las que se implementa algún WMS que ayuda a dirigir y optimizar los procesos indicando a los operarios los pasos que den de seguir. Se emplea dispositivos como voice picking para potenciar la preparación de pedidos.

- Por número de transelevador por pasillo: este tipo de bodega, no importa si los racks sean de simple o doble profundidad, su objetivo es poder alcanzar un mayo número de ciclos y al mismo tiempo exija una inversión inicial.

- Puente de transbordo: cuando el transelevador se coloca sobre una plataforma que desplaza el transelevador de un pasillo a otro.

- Giro en curva: cuando el accionamiento mecánico que realiza la maniobra de un pasillo a otro.

Estos dos tipos depende de cuando la rotación sea muy elevada o no y al volumen de almacenaje.

## Sistema de gestión de almacenes (WMS)

Un software de Gestión de almacenamiento (WMS por sus siglas en inglés) es una herramienta que se utiliza para controlar, coordinar y optimizar los movimientos, procesos y operativas propios de un almacén [1]. Este tipo de gestión de almacenamiento depende de cada una de las empresas, del software que utilizaran y la utilidad que se le dará, lo que condicionará el ajuste y parametrización específica del WMS. Pero aún así, hay funciones básicas que es imprescindible que realice cualquier WMS.

- Gestión de entradas
- Gestión de la ubicación de las unidades de carga
- Gestión de control de stock
- Gestión del control de las salidas

Dicho lo anterior, en la siguiente figura 5 se puede observar el diagrama de las funciones que tiene un WMS y de las operaciones básicas que debería de cubrir.

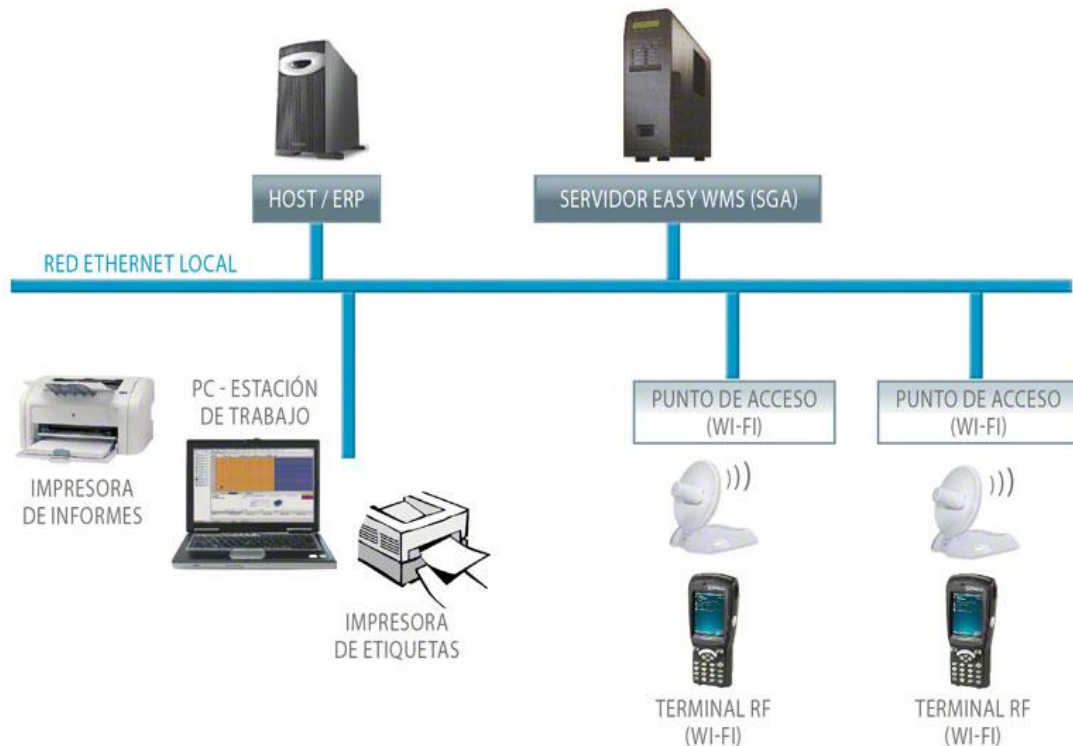


Figura 5: Diagrama de operaciones WMS [1]

Luego de observar la figura 5, se procede a detallar cada función que tiene WMS para la gestión y manejo de inventario dentro de la industria.

## Funciones de entrada

Dentro de la función de entrada, destacan tres operaciones gestionables a través del WMS que son las siguientes:

- **Recepciones:** Esta operación consiste que se reciben los productos sin paletizar y estos son consolidados en distintos contenedores, a la vez que se registran sus características y atributos logísticos para, posteriormente, ser ubicados dentro del almacén.

Otra forma de recibir la mercancía es mediante contenedores en los que la mercancía llega paletizada al almacén, con lo que no se requiere su consolidación y solo es necesario realizar la validación de los atributos logísticos y las cantidades de la mercancía recibida para, después, proceder a su ubicación.

La última forma de recibir se puede dar en un almacén donde se devuelven artículos. Si bien es similar a cualquiera de las anteriores recepciones comentadas, presenta características particulares como puede ser la aplicación de estados y bloqueos de mercancía en el proceso de entrada a la instalación. Estos estados y bloqueos pueden indicar, por ejemplo, la necesidad de pasar por el control de calidad, quedar pendiente de revisión, etc. Posteriormente habrá que realizar la ubicación dentro del almacén en zonas específicas o determinadas para este tipo de mercancía.

- **Captura de datos logísticos:** Los datos tomados al momento que ingresa un nuevo cargamento van desde el lote al que pertenece la carga, su caducidad, su peso, su temperatura, el número de serie, etc. La captura de estos datos en el momento de realizar el proceso de recepción proporciona al stock una trazabilidad. Los atributos logísticos, como la identificación del lote o el número de serie, permiten conocer a posteriori qué mercancía se ha servido exactamente a cada cliente en concreto.
- **Etiqueta de contenedores y mercancía:** Esta función tiene la tarea que el WMS implementado en la empresa debe poder generar etiquetas de código de barras para todos los contenedores y mercancías que se almacenen. Gracias a ello, todos los procesos y operativas que se lleven a cabo dentro del almacén se validarán, con exactitud, mediante la lectura de estos códigos, lo que elimina los posibles errores y confusiones que se puedan generar en la manipulación de la mercancía.



Figura 6: Lectura del código de barras[1]

Otra manera es mediante el etiquetado por códigos de cada uno de los artículos que se recepciona de manera que, más tarde, se realicen los procesos de salida con una mayor agilidad y eficiencia. Todo esto mediante un código de barras. La documentación de las recepciones permite, además, obtener informes en los que quedan reflejadas las diferencias entre la mercancía prevista y la que realmente se ha recibido, así como otras cuestiones, como pueden ser el cumplimiento de las franjas horarias de recepción.

### **Función de ubicación**

Dentro de la función de ubicación, destacan tres operaciones gestionables a través del WMS que son las siguientes:

- La gestión de la ubicación mediante reglas y estrategias: Esta operación es la encargada de localización idónea en el almacén para una mercancía concreta. Para ello, el software tiene en cuenta parámetros como la rotación de artículos, los tipos de pallets empleados para la consolidación de la mercancía, las familias o tipos de productos que se manejan, la peligrosidad o incompatibilidad de unos productos u otros a fin de que no queden juntos o cercanos, las presentaciones de los artículos, el volumen de estos, etc.
- 'Cross-docking': Esta operación se encarga de ahorrar movimientos con la carga. Si llega al almacén una mercancía de la que se debe extraer producto que formará parte de un pedido que está activo y en el que falta stock, se procede a alojarla en la zona de preparación de pedidos, directamente desde el área de recepción. Una vez que la

mercancía necesaria se ha preparado para salida, se procede a la ubicación libre dentro del almacén.

- La gestión de la reposición y la consolidación: Esta operación es la encargada de ahorrar movimientos de la mercancía dentro de la instalación. Se aplica, al igual que en el cross-docking, antes de proceder a la ubicación definitiva de la carga. Esta función se lleva a cabo en centros en los que se han establecido posiciones de picking; si en éstas queda poco producto, se ha de reponer con la mercancía que acaba de llegar, de manera que haya stock suficiente para la realización de los pedidos. Posteriormente, se procede a la ubicación de la carga que sobre de esta operación.

## **Funciones de control del stock**

En la gestión de la mercancía almacenada, el WMS debe ser capaz de proporcionar información completa y útil sobre el stock. Para ello, están las siguientes operaciones:

- Visualización del mapa del almacén: Esta operación es la encargada de acceder mediante una pantalla, a una representación gráfica de la instalación en la que se detallan cada una de las ubicaciones y su composición, tanto en lo que respecta al contenedor, como a la propia mercancía.
- Gestión de ubicaciones: Esta operación es la encargada de obtener y editar la información sobre las posiciones como el tipo de ubicación, los bloqueos que tenga aplicados, sus dimensiones, sus características, las zonas de almacenaje a las que pertenece, etc. También debe poder realizar la gestión de estados del stock con el fin de consultar y modificar los datos relativos a las cuarentenas, roturas, pérdidas, bloqueos, reservas, etc.
- WMS: Puede ser capaz de realizar, por sí mismo, operaciones que ayuden en la gestión del stock. Una de ellas es el cálculo de rotación de los artículos. En función de los movimientos realizados durante un periodo de tiempo que se le indique, el sistema puede determinar e informar de cuál debe ser la rotación ideal de un artículo y compararla con la que este tiene asociada en el maestro de artículos.
- Recuento e inventario. Esta operación es la encargada de llevar a cabo desde un inventario global de todo el almacén, a un inventario específico de un artículo, una ubicación o una zona en concreto. En el caso de que se encuentren diferencias de stock se informa de ellas automáticamente al ERP.

## **Funciones de salida**

Dentro de la función de salida, destacan operaciones gestionables a través del WMS que son las siguientes:

- Gestión de la preparación de la carga: Esta operación es la encargada de gestionar la salida del producto de las instalaciones. Esta operación cubre las agrupaciones de



pedidos y las asignaciones de los mismos, entre otras cuestiones. Esto permite el control sobre cómo se ejecutan los pedidos y quién se encarga de ello: la asignación de los muelles de expedición, los operarios que realizan la preparación, la manera de realizar el agrupamiento de los pedidos y la franja horaria en que se produce, etc.

- **WMS:** Puede gestionar a un nivel muy detallado las operaciones que se tienen que llevar a cabo, como es el caso de los procesos de picking. El sistema se encargará de definir y guiar los recorridos del personal asignado a esta tarea, así como la presentación de los artículos. Una de las ventajas más importantes derivadas de la gestión del picking por parte del WMS es que el sistema es capaz de optimizar el proceso a fin de que éste se ejecute en el más breve tiempo posible y con el menor número de movimientos a la vez que se respetan los parámetros especificados para el pedido que han sido enviados por el ERP [1].
- **Etiquetado de despachos:** Esta operación es la encargada de revisar la salida del producto, mediante la identificación de los bultos de pedido.
- **Documentación de los despachos:** Esta operación facilita la generación de documentos tales como el packing list (listado de los artículos que componen el pedido) [1], la documentación para el transportista y los informes que reflejan las discrepancias que hayan encontrado.
- **Carga de los despachos en los vehículos:** Esta operación es la encargada de controlar la calidad del envío, de tal forma que se evitan errores tales como, por ejemplo, el despacho de un material a un cliente que no lo ha solicitado.
- **Comunicación al ERP del cierre de despacho:** Esta función es la encargada de realizar una comunicación mediante una interfaz entre los dos sistemas. Con esta función, se informa al gestor de recursos de la empresa de cuántas unidades y de qué referencias ha constado la expedición, así como qué bultos se han despachado en cada una de las órdenes de salida que se han ejecutado. Con estos datos, el ERP puede gestionar los procesos administrativos con los clientes.

## Otras funciones

Dentro de estas funciones, destacan algunas operaciones dependiendo del tipo de bodega y empresa. Pero son tres funciones que destacan que se pueden implementar en el resto de la empresa y son las siguientes:

- **Gestión de los flujos de mercancía (entradas y salidas) a las líneas de producción:** Gracias a esta función, se puede obtener un flujo óptimo (tanto en salidas como en entradas) a las líneas de producción o fabricación, lo que agiliza los procesos internos.
- **Gestión de multi almacenes:** Es la encargada de administrar varios almacenes. Gracias a esta función, una misma empresa puede gestionar todos sus almacenes de manera única y global y así se optimizan los recursos (así como los sistemas informáticos) y se facilitan los procesos de trasposos de mercancía entre las instalaciones.
- **Gestión multi organización:** Esta función como su nombre indica, distintas organizaciones pueden ser administradas por el mismo WMS.

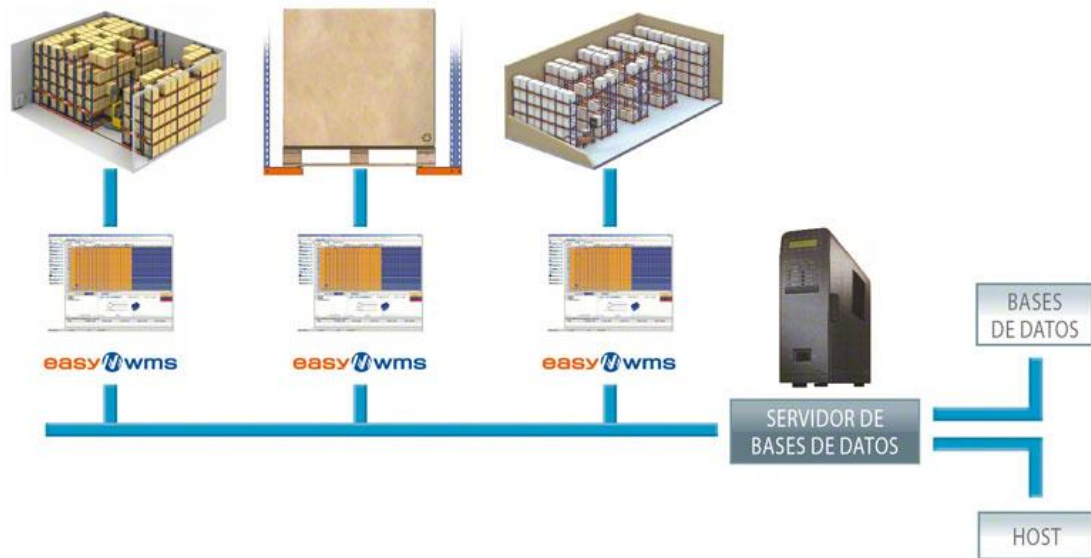


Figura 7: Ejemplo de implementación de u WMS [1]

## Microsoft Dynamic

Microsoft Dynamics es una línea de software ERP y CRM de propiedad y desarrollado por Microsoft. Dynamics sirve para llevar control del inventario dentro de la empresa donde este implementado. Para ello, tiene varios componentes que lo caracteriza de los demás WMS.



Figura 8: Logo Microsoft Dynamics [1]

**Metodología**

**Cronograma de actividades**

**Índice preliminar**

**Referencias**

- [1] A. M. Hoover, S. Burden, X.-Y. Fu, S. S. Sastry y R. S. Fearing, “Bio-inspired design and dynamic maneuverability of a minimally actuated six-legged robot,” en *Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob), 2010 3rd IEEE RAS and EMBS International Conference on*, IEEE, 2010, págs. 869-876.