

## **Proyecto Final de Carrera**

*Sistema de almacén y dispensación  
robotizada de productos farmacéuticos.*

Josep Garriga Jiménez

## **MEMORIA**

**Ingeniería en Organización Industrial**

Dirección: Sr. Juli Ordeix

Vic, Junio 2008

**INDICE**

1	RESUMEN.....	5
2	SUMMARY .....	6
3	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS. ....	7
3.1	Objetivos.....	7
3.2	Alcance del proyecto .....	7
3.3	Interés del autor.....	8
4	SITUACIÓN ACTUAL.....	9
4.1	Entorno .....	9
4.2	Características gestión farmacia.....	9
4.3	Rentabilidad.....	10
4.4	Stocks.....	10
4.4.1	Tipos de stock.....	11
4.4.2	Rotación .....	12
4.5	Estudio continuo .....	12
5	SISTEMA DISPENSADOR AUTOMATICO .....	14
5.1	Concepto básico.....	14
5.2	Ventajas e inconvenientes de su utilización .....	14
5.3	Tipos de dispensadores.....	16
5.3.1	Sistemas para alta rotación y pocas referencias. ....	17
5.3.2	Sistemas caóticos para gran cantidad de referencias. ....	18
5.3.3	Sistemas híbridos. ....	19
6	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ROBOTIZADO.....	20
6.1	Descripción General .....	20
6.2	Funcionamiento .....	21
6.2.1	Entrada de producto .....	21
6.2.2	Dimensionamiento de productos. ....	22
6.2.3	Cinta de alimentación .....	24
6.2.4	Cálculo huecos disponibles. ....	25
6.2.5	Criterio cálculo ubicación de destino. ....	29
6.2.6	Pinzado del producto.....	30
6.2.7	Transporte .....	31
6.2.8	Colocación en estantería. ....	32
6.2.9	Salida de productos .....	33
6.2.10	Sistema FIFO .....	34
6.2.11	Descarga. ....	36
6.2.12	Optimización de almacén .....	36
6.2.13	Gestión de caducidades .....	37
7	COMPONENTES DEL SISTEMA.....	38
7.1	Estructura mecánica .....	38
7.2	Estructura robot.....	39
7.3	Sistema eléctrico / electrónico .....	41
7.4	Detectores y actuadores.....	42
7.4.1	Lector código de barras .....	44
7.4.2	Sensores de ultrasonidos .....	45
7.4.3	Fotocélula de barrera.....	45
7.4.4	Sensores inductivos.....	46
7.4.5	Encoder .....	47
7.4.6	Interruptores finales de carrera.....	48
7.4.7	Motor AC .....	48

---

7.4.8	Servomotores .....	48
7.4.9	Motores paso a paso .....	49
7.4.10	Fotocélulas de reflexión.....	50
7.5	Sistema de control .....	51
7.5.1	Control por PC .....	51
7.5.2	PC Industrial .....	52
7.5.3	Software TWINCAT .....	53
7.5.4	Bus de campo. Módulos I/O. ....	54
7.5.5	Ethernet. ....	55
7.5.6	Esquema control.....	55
8	ALGORITMOS PROGRAMACIÓN .....	57
8.1	Introducción nuevo estuche en stock.....	58
8.2	Posicionado estuche en hueco total .....	59
8.3	Posicionado estuche en hueco parcial .....	59
8.4	Reducción de hueco parcial .....	60
8.5	Definición nuevos huecos total y parcial.....	61
8.6	Descarga de un producto .....	62
8.7	Optimización del almacén.....	66
9	BASE DE DATOS.....	67
9.1	Modelo relacional.....	69
9.2	Sentencias SQL.....	69
9.2.1	Creación de tablas.....	70
9.2.2	Creación de tablas de seguridad .....	71
9.2.3	Definición de estantería .....	71
9.2.4	Alta de un medicamento .....	73
9.2.5	Baja de un medicamento .....	73
9.2.6	Entrada de un producto. ....	73
9.2.7	Asignación posición estuche en almacén.....	74
9.2.8	Descarga de un producto .....	74
9.2.9	Consulta y descarga de productos caducados .....	75
9.2.10	Optimización de almacén .....	75
10	METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN .....	76
10.1	Redes de Petri.....	76
10.2	Procesos del sistema dispensador .....	77
10.2.1	Condiciones iniciales .....	77
10.2.2	Paro – Marcha .....	79
10.2.3	Cinta de entrada .....	80
10.2.4	Carga de producto .....	81
10.2.5	Descarga de producto .....	83
10.2.6	Vaciar pinza .....	84
10.2.7	Optimización almacén .....	86
10.2.8	Gestión de errores.....	87
11	ESTUDIO ECONOMICO .....	88
11.1	Presupuesto del proyecto.....	88
11.2	Inversión. VAN y TIR. ....	90
12	TENDENCIAS.....	92
13	CONCLUSIONES .....	93
14	GLOSARIO .....	94
15	AGRADECIMIENTOS.....	95
16	BIBLIOGRAFIA.....	96

---

## **B. ANEXOS**

PLANOS.

INFORMACIÓN ROBOTIZACIÓN DE FARMACIAS.

COMPONENTES DEL SISTEMA.

INFORMACION FABRICANTES DISPENSADORES.

## 1 RESUMEN

Actualmente, las necesidades de mejora en gestión de stocks y la mayor disponibilidad de sistemas automáticos, están haciendo que muchas empresas inviertan en técnicas modernas para almacenamiento y manipulación de productos. Esta inquietud también ha llegado a las farmacias, que de forma lenta pero firme se van apuntando a su robotización.

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan las farmacias es la pérdida de tiempo en la gestión y búsqueda de medicamentos, provocando situaciones negativas como las esperas, la falta de tiempo para una atención más personalizada y como consecuencia, la pérdida de clientes.

Este inconveniente y la necesidad de mejora en la gestión de los stocks han hecho que aparezcan los **Sistemas de dispensación automática de productos farmacéuticos**.

El dispensador automático facilita el trabajo del farmacéutico al automatizar la búsqueda de la medicina requerida, aumentando la dedicación al cliente y reduciendo los tiempos no productivos y las colas.

El presente estudio desarrolla un sistema de dispensación automático de fármacos aplicado a farmacias con una rotación de medicamentos media/ baja, valorando tanto su viabilidad técnica como económica.

El almacén propuesto es de tipo caótico con sistema de carga, almacenamiento y descarga completamente automáticos.

La mayoría de diseños y conceptos expuestos en este trabajo son de desarrollo propio del autor con el único objetivo de la búsqueda de nuevas soluciones para conseguir un sistema de almacenamiento efectivo y de máximo rendimiento.

## **2 SUMMARY**

Nowadays, the needs for improvement the stocks management and the ability of automatic systems, are making that a lot of companies invest in modern techniques for storage and products handling. These matters have aroused concern among chemists, which in a low but steady way are being automated.

One of the biggest problems that the chemist's has to face up is the waste of time in the management and search for medicines. All this creates negative situations such as the waits, the lack of time for an attention more personalized and in consequence, the loss of customers.

These inconveniences and the need for improvement in the stocks management are making to appear the Automatic dispenser systems of pharmaceutical products.

The automatic dispenser makes work easier to the pharmacist because it automates the search for required medicine, increases the customer service and reduces the waste of time and the queues.

This project develops a system of automatic dispenser of medicines used in chemists with a medium/low turnover of medicines and considering the technical and economical viability.

The proposed store is a random type with loading, storage and unloading automatic system.

The majority of designs and concepts that appear in this project have been carried out by the author with the aim of searching new solutions to achieve an effective and maximum performance of storage system.

### **3 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.**

Las nuevas técnicas de almacenamiento y gestión de stocks que actualmente ya son habituales en algunos sectores, empiezan a ser aplicados de forma lenta pero firme a las farmacias.

La necesidad de mejorar de su gestión, de reducir los tiempos de espera de los clientes y facilitar las tareas de la botica ha propiciado la aparición de los ***Sistemas de dispensación automática de productos farmacéuticos.***

#### **3.1 Objetivos**

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de un sistema de dispensación automático de fármacos de bajo coste, aplicado a oficinas de farmacia con volumen de rotación de stocks medio/bajo, comprobando tanto su viabilidad técnica como económica.

Para ello, se realizan las siguientes tareas:

- Detección de las necesidades actuales a cubrir, las tendencias en gestión de farmacias, y el análisis comparativo de las diferentes opciones de almacenamiento que se hallan en el mercado.
- Búsqueda de nuevas soluciones propias a las ya existentes para conseguir un sistema de almacenamiento eficaz y de máximo rendimiento.
- Determinar los procesos y componentes mínimos que serían necesarios, para llevar a cabo todas las tareas de almacenamiento automático con la máxima fiabilidad, seguridad y rendimiento.
- Analizar la viabilidad técnica del control por PC con componentes standard, sus características y su aplicabilidad.
- Comprobar que la solución propuesta tiene unos costes acordes a las características y ventajas que presenta.

#### **3.2 Alcance del proyecto**

Dada la amplitud y variedad de especialidades y técnicas que intervienen en este proyecto, se ha considerado conveniente acotarlo en contenidos y

extensión a los aspectos centrales más propios de una Ingeniería de Organización Industrial, y que en este caso son:

- Estudio de la situación actual de las farmacias.
- Análisis de los beneficios de la automatización.
- Definición del sistema y sus componentes.
- Desarrollo de algoritmos de cálculo.
- Desarrollo de sentencias en SQL para las Bases de Datos.
- Modelado de la programación. Redes de Petri.
- Estudio económico.

Por tanto este estudio se centra en el análisis de los conceptos generales previos, los algoritmos de cálculo, de funcionalidad y no desarrolla los programas de la aplicación informática ni de la automatización, considerándose estos más indicados para otras especialidades. No se incluye:

- Diseño y desarrollo del sistema de control.
- Diseño de la aplicación informática.

### **3.3 Interés del autor.**

La voluntad de aplicar conocimientos adquiridos durante los estudios de esta especialidad, así como el interés en profundizar en conceptos emergentes de automatización industrial como son: el control por PC, el almacenamiento automático y sus relaciones con BBDD han sido los puntos clave para que el autor optara por este proyecto.



## 4 SITUACIÓN ACTUAL.

En este apartado se explicitan los aspectos que caracterizan la gestión de una oficina de farmacia, los factores externos e internos a los que se halla condicionada y las necesidades que debe cubrir.

### 4.1 Entorno

Incierto. Así se vislumbra el futuro inmediato del sector farmacéutico, que vive pendiente de **normativas liberalizadoras** provenientes de Europa, de los cambios legislativos, de la **bajada constante de márgenes** y de desencuentros entre industria y distribución.

La política de contención de gasto farmacéutico del Ministerio de Sanidad basada en la reducción de precios de venta de los fármacos, pone en jaque la viabilidad del actual modelo de farmacias en España: La entrada en vigor de la orden de precios de referencia puede acarrear un agravamiento de los **problemas de abastecimiento** ya que al ser poco atractivo el mercado español para la industria farmacéutica, esta enfoca su interés hacia países del entorno con precios más elevados.

Otra de las principales amenazas para la oficina de farmacia es el nuevo modelo de dispensación que algunos laboratorios están intentando impulsar y que permite la venta de medicamentos a través de **canales distintos** a la oficina de farmacia: Internet, grandes superficies, venta por teléfono, etc.

Además, actualmente el sistema de farmacia español no está preparado para el proceso de **trazabilidad**, cuya misión es asegurar el abastecimiento y reforzar la seguridad, reaccionando con rapidez en caso de detectar alguna anomalía.

Todas estas incertidumbres y dificultades provocarán a buen seguro una disminución de la capacidad adquisitiva de las oficinas de farmacia, lo que afectará muy negativamente los proyectos de inversión en nuevas tecnologías.

### 4.2 Características gestión farmacia

El sector de la farmacia por si algo se caracteriza es por ofrecer al usuario un alto nivel de servicio que en muchas ocasiones raya la falta de rentabilidad.

La reducción de márgenes y precios que vive el sector y las altas inversiones en stock son puntos clave que condicionan la gestión de la farmacia. Además el espacio comercial es un recurso escaso y los tipos de interés tienen una tendencia alcista, factores que aconsejan minimizar el inmovilizado. Por otro lado, cuando no hay productos, el cliente busca una alternativa y ésta es la otra parte de la balanza.

El precio final del producto no es un aspecto diferenciador con respecto a la competencia ya que este es similar en todas las farmacias y por lo tanto la mejora de gestión debe centrarse en aspectos relacionados con los recursos inmovilizados necesarios, es decir los stocks y las compras.

### **4.3 Rentabilidad**

¿Qué es lo que hace que una farmacia sea más rentable que otra? Existen 2 factores fundamentales: el beneficio que se obtiene con cada venta y el número de ventas que se realizan. En la gestión de compras, se recomienda centrarse en el segundo aspecto, en los artículos con más salida, recordando que almacenar productos que se mueven poco conlleva gastos adicionales que no compensan su compra, por muy especial que sea la oferta que nos haga el proveedor correspondiente y muy alto el margen de beneficio asociado.

### **4.4 Stocks**

Se puede pensar que para hacer frente a posibles e imprevisibles demandas de productos se debe tener un poco de todo o más cantidad para conseguir mejores condiciones de compra. Estas supuestas mejores condiciones y esta intención de previsión enmascaran otros problemas como son costos de inmovilización, espacio inactivo y riesgo de no venta por falta de enfermedades.

Almacenar stock también tiene efectos negativos como la existencia de productos que se quedan inmovilizados secuestrando parte de la tesorería y distorsionando el balance de cuentas, teniendo en cuenta que también existen los imprevistos: robos, inundaciones, etc. que provocarán mayores pérdidas cuanto más grande sea el stock.

El valor final del stock no puede limitarse al precio de los productos que lo componen, sino que habrá que añadirse el coste de adquisición, posesión y agotamiento del almacenamiento.

Un nivel alto de existencia en el almacén y un stock de seguridad excesivo disparan los costes de almacenaje y provocan que:

- se encuentran paralizados artículos de escasa demanda: su conversión en dinero líquido se hace difícil.
- Disminuya el rendimiento económico: la falta de liquidez dificulta afrontar los pagos a corto plazo y aparte de las razones ya expuestas, se corre el riesgo de que los productos almacenados se desvaloricen por la aparición de otros similares pero con características mejoradas o simplemente caduquen.

#### **4.4.1 Tipos de stock**

Es de observar que dependiendo de su presencia en el punto de venta el farmacéutico tiene más posibilidades de deshacerse de productos almacenados. Para ello se distinguen tres tipos de stock:

- *Circulante*: son los pedidos preformulados en la programación de compras. Es la mercancía con la que hay que contar a efectos de espacio y gasto.
- *Ciego*: lo constituyen los productos en almacén, que no se encuentra a la vista de los clientes.
- *Vivo*: son los productos en la estantería, al alcance del público, que constituyen en sí una publicidad de sí mismos. Los fabricantes intentan dotar a sus artículos de envases atractivos para incentivar su venta, efecto que se pierde en el caso anterior y se aprovecha en éste.

Una adecuada clasificación ABC de los productos ha de permitir definir la colocación de los productos así como ayudar a una correcta gestión de las compras.

#### **4.4.2 Rotación**

Para encontrar ese equilibrio entre una inversión rentable en el stock y la ausencia de faltas es imprescindible tener en cuenta una serie de aspectos, entre ellos la rotación del stock:

Según J. María Ayala, farmacéutico experto en gestión de compras y stock en farmacia, una buena rotación media para medicamentos estaría entre quince y treinta días, es decir una rotación comprendida entre índices de 10 y 20, que indican el número de veces que rota el stock durante un año. También se recomienda intentar que en almacén no haya ningún stock para vender en un plazo superior a 60 días y dejar de tener en stock aquellos fármacos de los cuales en un año no se haya vendido unidad alguna.

Para la parafarmacia, en cambio, la rotación debe producirse una vez al mes o cada 2 meses, dado que muchos artículos son estacionales, es decir una rotación de entre 10 y 5.

De todos modos, debe contemplarse la existencia de stocks de seguridad que pueden variar en función del tipo de producto:

- Para los medicamentos de alta rotación: de 4 a 6 días.
- 6 u 8 días para los productos de rotación media.
- para los de baja rotación se quedaría entre 10 y 15 días.
- Los artículos menos demandados y por tanto con una rotación más baja podrían tener un stock de seguridad de hasta 30 días.

#### **4.5 Estudio continuo**

Además de la colaboración del personal de la farmacia, el apoyo de las nuevas tecnologías es otro elemento básico para mejorar la gestión del almacén.

Programar un sistema informático para que realice un estudio pormenorizado del stock una vez al día de forma automática y utilizar la vía on-line para los pedidos rutinarios (generados según se producen las ventas) con el distribuidor, han de permitir ahorrar tiempo y recursos en la gestión de los pedidos, así como de las caducidades.

Para poder realizar una buena gestión del inventario en la farmacia se debe estudiar y promediar lo dispensado en un año, lo dispensado 15 días atrás y lo

dispensado en las mismas fechas del año anterior. Estos intervalos son requeridos y debidos a la temporalidad de los medicamentos, a su estabilidad en el tiempo y a la baja incorporación de nuevos productos al mercado.

Todos los aspectos expuestos se resumen en uno: establecer un sistema de inventario permanente, revisando el stock 3 ó 4 veces al año, y realizar una regularización del mismo desde el sistema informático de la farmacia una vez al mes y como mínimo, una vez por estación.

## 5 SISTEMA DISPENSADOR AUTOMATICO

### 5.1 Concepto básico

Un dispensador automático de productos es un dispositivo cuya misión principal es la de mejorar la gestión de un almacén, facilitar y reducir las tareas del usuario y optimizar el aprovechamiento del espacio destinado a almacén.

Mediante combinación de elementos mecánico / electrónicos y un sistema de control, su utilización permite automatizar la carga del almacén con identificación de los productos, colocación automática, gestión del almacén (caducidades, históricos,..), la selección de un producto a través de un terminal informático y el transporte del producto seleccionado hasta el punto de llegada, tal y como se representa en la Fig. 5.1.1-1:

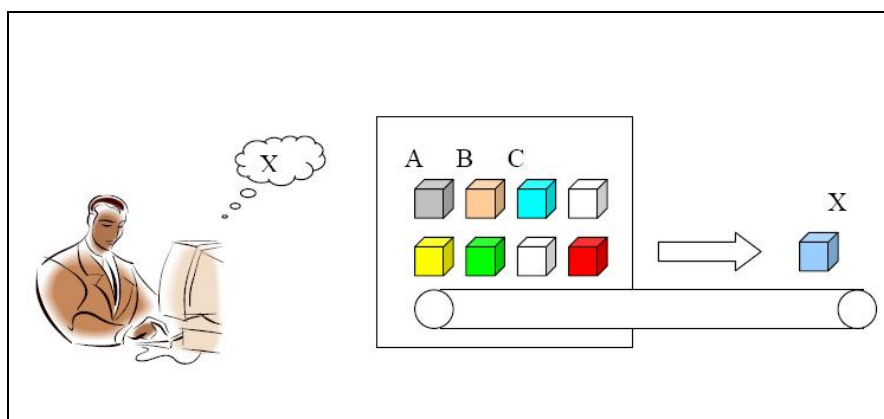


Figura 5.1-1

### 5.2 Ventajas e inconvenientes de su utilización

En el caso de aplicación a oficinas de farmacias, un dispensador – almacén automático ofrece:

**Optimización del tiempo**, reduciendo las labores burocráticas que no aportan ningún tipo de valor ni para el farmacéutico ni para el cliente como pueden ser el guardar, extraer y organizar los medicamentos. Este aspecto se agrava con la existencia de los genéricos en las que productos con marcas diferentes tienen la misma función y que por tanto es conveniente tener controlada su ubicación para considerarlos alternativos en caso de que de alguno de ellos no se disponga de stock.

**Aprovechamiento de espacio físico** de la farmacia, aportando una reducción física importante de la zona dedicada a almacén y utilizando aquellos espacios que serían inviables si el almacenamiento se realizará de forma manual como pueden ser altillos, sótanos o espacios de difícil accesibilidad. En la Fig. 5.2-1 se representa un ejemplo de nueva distribución de la oficina de farmacia, donde se observa una reducción importante del espacio dedicado al almacenamiento y un aumento notable de la superficie destinada a la atención al público.

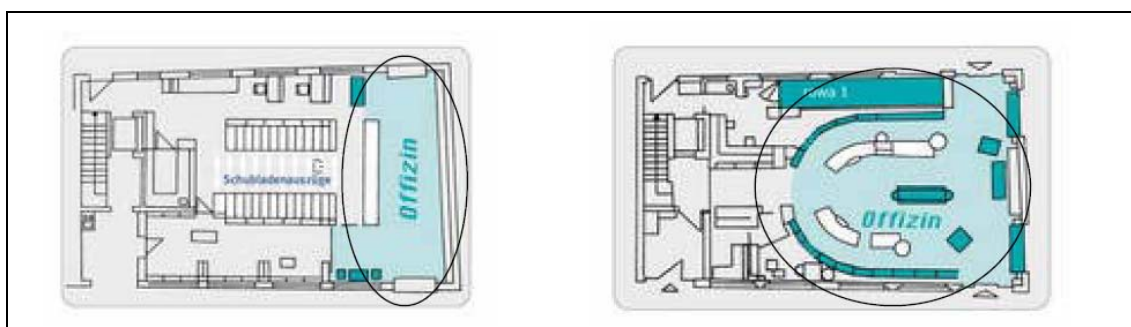


Figura 5.2-1

**Mayor disponibilidad para una atención personalizada al cliente**, con un mejor asesoramiento. Los licenciados de farmacia consultados han observado que aproximadamente un 60% del tiempo que dedican a la atención al cliente lo invierten en buscar y dispensar el medicamento.

**Control y gestión de stocks completamente automatizado** con posibilidad de realizar inventarios automáticos, han de permitir una reducción de stocks para un mismo nivel de servicio, mejorando la gestión de las caducidades y lotes y evitando los problemas derivados de la acumulación innecesaria de productos: roturas, pérdidas, y obsolescencia.

También supone una ventaja importante el **aumento de empleabilidad** de personas con algún tipo de **disminución física** donde el dispensador automático realiza las tareas que requeriría la intervención de una persona sin ningún tipo de minusvalía.

Su utilización también genera una **influencia sobre las ventas**. Jan Möller, farmacéutico y director de ARX España que distribuye los robots de farmacia ROWA, señala que según experiencias de otros países, como Alemania, las

farmacias equipadas con dispensadores automáticos pueden aumentar sus ventas entre un 10 y 20%, e incrementar las ventas adicionales porque los auxiliares y farmacéuticos pasan más tiempo con el cliente.

Como principales inconvenientes se podría hacer mención de su **importante inversión** y **limitada vida media** (unos 15 años) con **retornos de inversión largos** estimados en un período de 5 a 10 años (según Jan Möller) dependiendo de los casos. Los avances tecnológicos convertirán en obsoleta cualquier instalación actual, aunque técnicamente su vida pueda prolongarse más allá de este período.

También supone una inconveniencia la **no aceptación del 100% de los productos** para ser almacenados automáticamente. El excesivo tamaño, las formas complejas o no regulares de los envases y los envoltorios deteriorados generalmente no permiten su entrada en el sistema.

La utilización de máquinas dispensadoras automáticas para los productos de parafarmacia, puede provocar **perdida de imagen y calidad percibida de los productos** dispensados, al considerar los clientes que se trata de un producto con poco valor añadido, que no requiere de un asesoramiento personalizado del farmacéutico.

### **5.3 Tipos de dispensadores**

Existen varios tipos de dispensadores actualmente en el mercado, con características específicas para cada tipo y que tal y como se indica en la Fig. 5.3-1 vienen condicionadas por la cantidad de referencias diferentes a gestionar y el volumen de operaciones a realizar.

Se diferencian entre ellos por sus capacidades, velocidades de operación así como su coste, y la aplicación de cada tipo es función de las características de la oficina de farmacia o de la farmacia hospitalaria correspondiente.



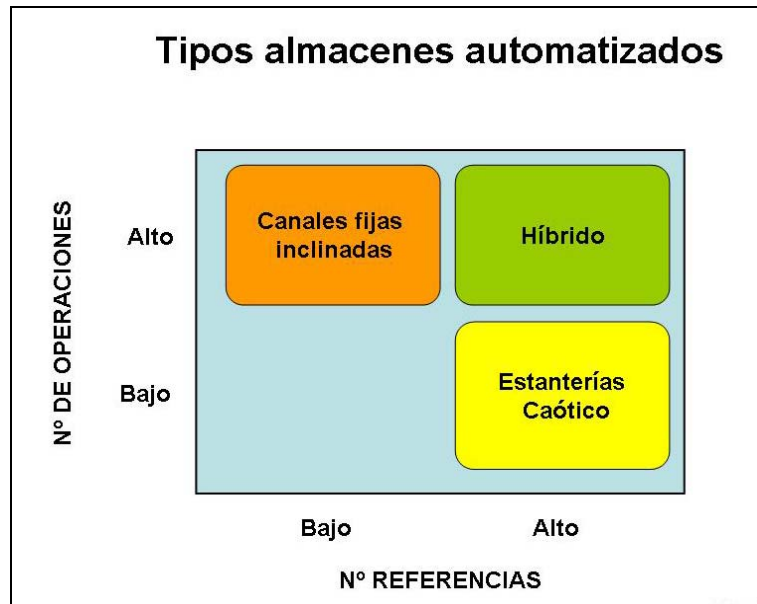


Figura 5.3-1

### 5.3.1 Sistemas para alta rotación y pocas referencias.

Se recomienda para farmacias con gran afluencia de clientes y con un volumen de referencias automatizadas baja (aprox. < 200 referencias). El principio de almacenamiento está basado en unos canales inclinados en donde se almacenan numerosas cajas del mismo artículo. La Fig. 5.3.1-1 muestra un almacén de canales inclinados equipado con cinta de salida con movimiento de elevación para recoger el producto a la altura correspondiente evitando caídas excesivas.



Figura 5.3.1-1

La carga del almacén puede ser realizada de forma semi-manual o automáticamente por la parte posterior. En la Fig. 5.3.1-2 se observa una carga semi-manual del producto con indicación con LEDS de la ubicación en donde se debe colocar el envase. Esta indicación es determinada por el ordenador.



**Figura 5.3.1-2**

La descarga se realiza por la parte frontal de la canal, consiguiendo de este modo un flujo FIFO adecuado: el primer producto que se extrae es el que más antiguo en el stock. Este sistema también se caracteriza por la asignación fija de un artículo a un canal o varios, la alta velocidad de descarga y una complejidad media del sistema. A diferencia de los sistemas que calculan la posición donde debe ser ubicado el estuche, estos sistemas se denominan *autómatas* dejando el término *robot* para los equipos más complejos.

Es el sistema de almacenamiento automático de menor coste comparado con los otros tipos, pero es excesivamente rígido a los cambios de referencias.

### **5.3.2 Sistemas caóticos para gran cantidad de referencias.**

Su principio de almacenamiento se basa en un puesto de almacenamiento individual en el que se deposita sólo un estuche de un artículo de poca demanda. La ubicación es gestionada por el sistema y se realiza de forma caótica sin asignaciones previas, ni limitaciones por número de referencias. El sistema más extendido está formado por estanterías planas, tal y como se muestra en la Fig. 5.3.2-1 en donde son depositados los estuches mediante pinzas. Al ser un sistema más exigente, tanto la carga como la descarga son

completamente automáticas y estas se realizan mediante un mecanismo de pinzas.



Figura 5.3.2-1

### 5.3.3 Sistemas híbridos.

Recientemente, y a partir de la experiencia adquirida en los primeros almacenes robotizados, han aparecido sistemas híbridos como el mostrado en la Fig. 5.3.3-1 que son una combinación de los 2 sistemas anteriores. El resultado es un producto que abarca todas las posibilidades: almacenamiento masivo de pocas referencias con gran rotación de stock y almacenamiento caótico para gran cantidad de referencias con poca rotación.



Figura 5.3.3-1

## 6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ROBOTIZADO

El funcionamiento general del sistema, las operaciones que se realizan y la metodología necesaria para llevarlas a cabo, son descritas en detalle en los próximos apartados.

### 6.1 Descripción General

Teniendo en cuenta que el proyecto va orientado a establecimientos con una rotación de stocks media/baja y múltiples referencias, se establece como más idóneo un almacén de tipo caótico con carga semiautomática y descarga automática.

El dispensador automatizado registra el producto entrante (de forma manual) mediante un lector de código de barras, dimensiona el estuche, comprueba los espacios disponibles, almacena el producto y cuando se solicita lo dispensa de forma completamente automática.

Tal como muestra la Fig. 6.1-1, el sistema está compuesto de un conjunto de estanterías con estantes planos, un cabezal con pinzas para el agarre de los estuches, un pórtico cartesiano que desplaza la pinza, un dispositivo de entrada de producto mediante cinta y una rampa de descarga.

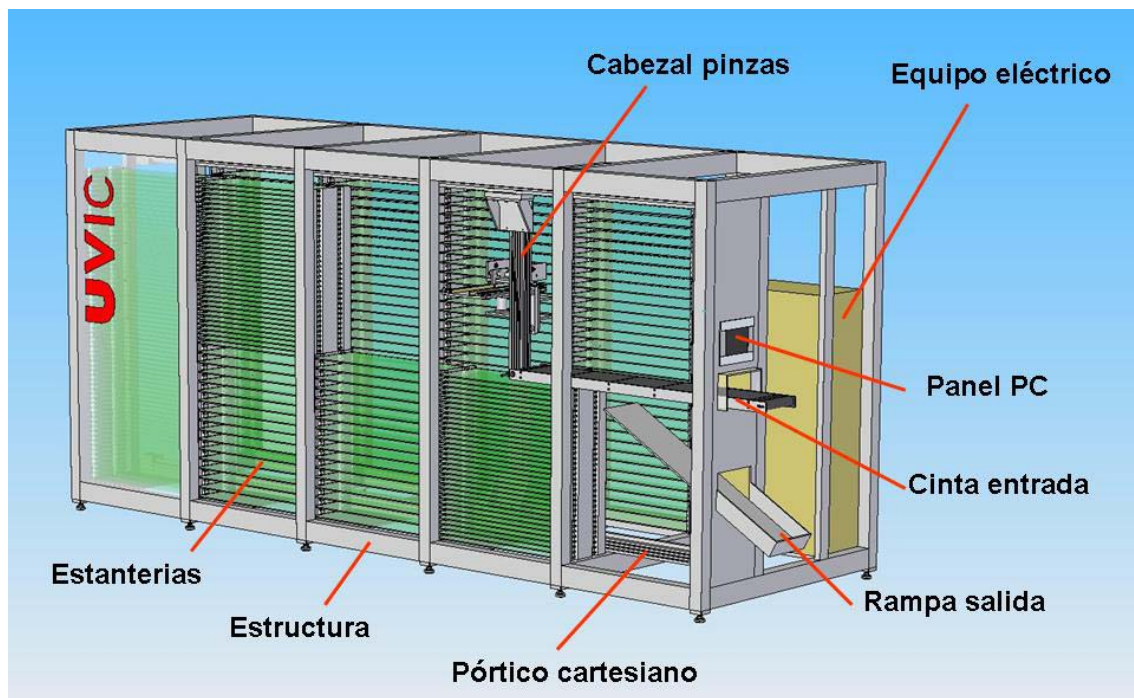


Figura 6.1-1

El control del dispositivo se realiza mediante un control por PC Industrial que proporciona capacidad de cálculo, accesibilidad a base de datos, robustez y fiabilidad industrial. Asimismo se facilita la interconexión con la red y el software de gestión existente en la farmacia.

## 6.2 Funcionamiento

Se prevé que el sistema de almacén pueda funcionar en un entorno apropiado como es una oficina de farmacia, con seguridad y fiabilidad acorde y que su operatividad no requiera conocimientos técnicos excesivos. Su funcionamiento se debe restringir a personal adiestrado, pero sin exigencias ni conocimientos técnicos que no sean propias de su especialidad: la farmacia.

### 6.2.1 Entrada de producto

Para una rotación de productos media/baja como es una de las condiciones de este estudio, se prevé una carga manual del producto ya que su automatización supondría un coste de difícil justificación.

Mediante un lector de código de barras se identifica el fármaco y opcionalmente se introduce manualmente la fecha de caducidad del mismo. En caso de omitir este valor, el sistema define por defecto un intervalo de caducidad de 18 meses (configurable) a partir de la fecha de entrada.

Una vez realizada la identificación, se introduce el estuche en la cinta de alimentación apoyado por el lado que ofrece mayor estabilidad, contactando con la barra tope para asegurar su correcta perpendicularidad y alineado en su cara posterior según como indica la figura 6.2.1-1:

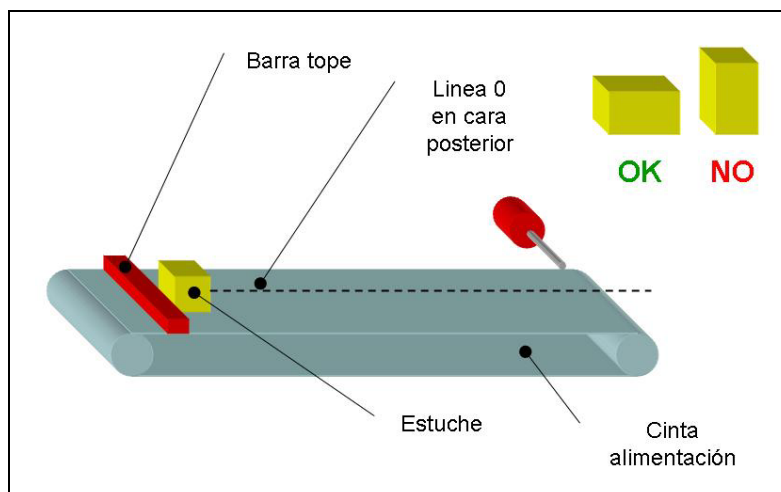


Figura 6.2.1-1

Colocado el estuche, se debe confirmar manualmente su presencia en la cinta pulsando el botón de inicio, provocando el avance de la cinta de alimentación para dimensionar el estuche.

### 6.2.2 Dimensionamiento de productos.

El dimensionado del estuche es realizado en cada operación de carga, evitando de este modo posibles errores que podrían surgir si las dimensiones vinieran definidas por la base de datos. Cambios de formato, colocación inadecuada en la cinta u otras alteraciones no serían contempladas y podrían provocar daños en los productos y/o en el sistema.

El dimensionado es realizado de forma dinámica durante la traslación del estuche. Para ello se ha provisto el sistema de 3 sensores (uno para cada dimensión).

La Figura 6.2.2-1 muestra gráficamente el método de medición de la anchura del estuche que es realizada de forma indirecta mediante una combinación de lecturas de sensores. Un sistema de fibra óptica de barrera y encoder determinan la cantidad de pulsos que ha avanzado la cinta cuando el estuche ha interrumpido la señal de la fotocélula. Transformando los pulsos a mm. se obtiene la anchura en mm. del estuche.

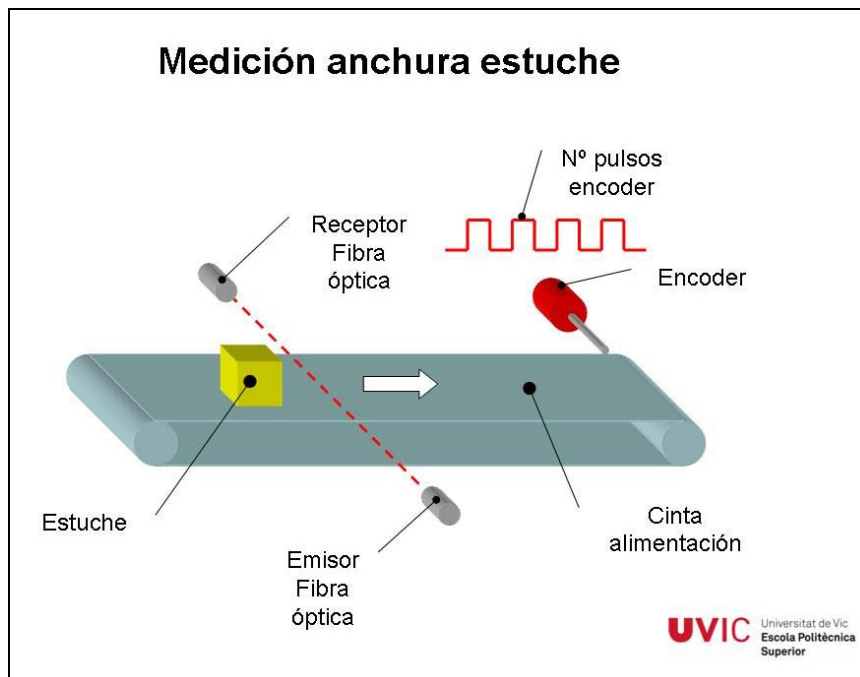
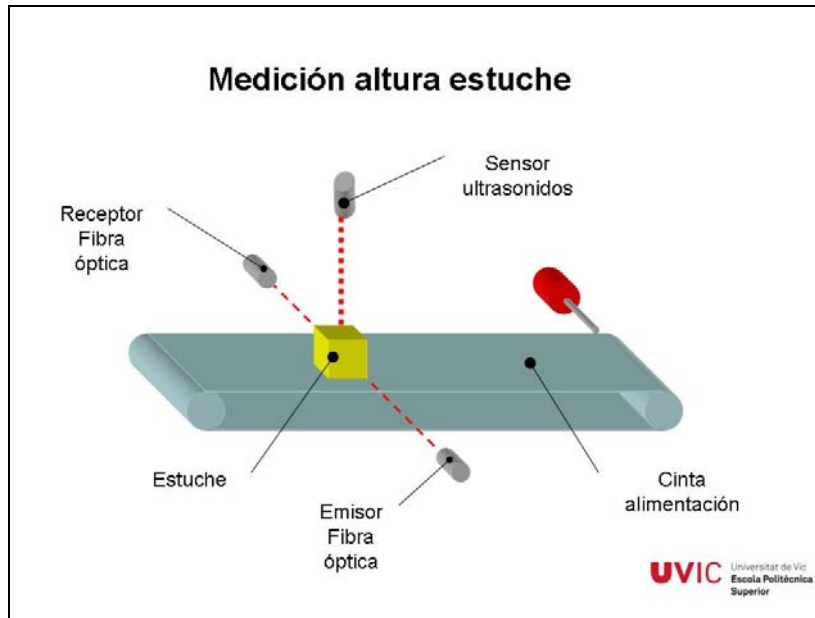


Figura 6.2.2-1



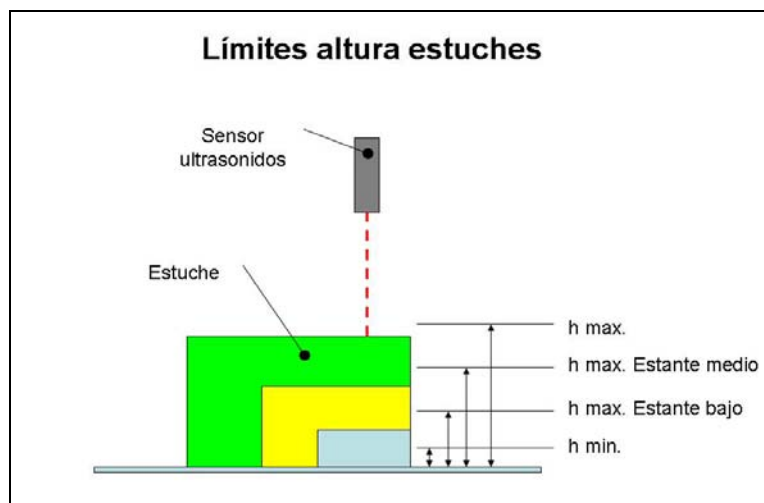
La altura del estuche se realiza de acuerdo con el esquema mostrado en la Fig. 6.2.2-2 y viene determinada por la lectura de un detector de distancias por ultrasonidos, que se realiza una vez el estuche ha avanzado 5 mm. después de haberse interrumpido la señal de la fibra óptica anterior.



**Figura 6.2.2-2**

Mediante la lectura del sensor se definen varios límites que se representan en la Fig. 6.2.2-3 y que se utilizarán para poder ubicar el estuche en el estante adecuado, así como para comprobar que sus dimensiones no exceden los límites permitidos por el sistema.

Los estantes están ubicados a 3 distancias diferentes para aprovechar al máximo el espacio, siendo sus alturas útiles:



**Figura 6.2.2-3**

- Estante bajo: 30 mm. Altura útil 22 mm.
- Estante medio: 60 mm. Altura útil 52 mm.
- Estante alto: 90 mm. Altura útil 82 mm.

La longitud del estuche es medido de acuerdo con la Fig. 6.2.2-4 de forma análoga a la altura mediante un sensor medidor de distancias por ultrasonidos. En este caso sólo es necesario definir un límite mín. y máx. del estuche y la lectura se realiza simultáneamente con la medición de altura.

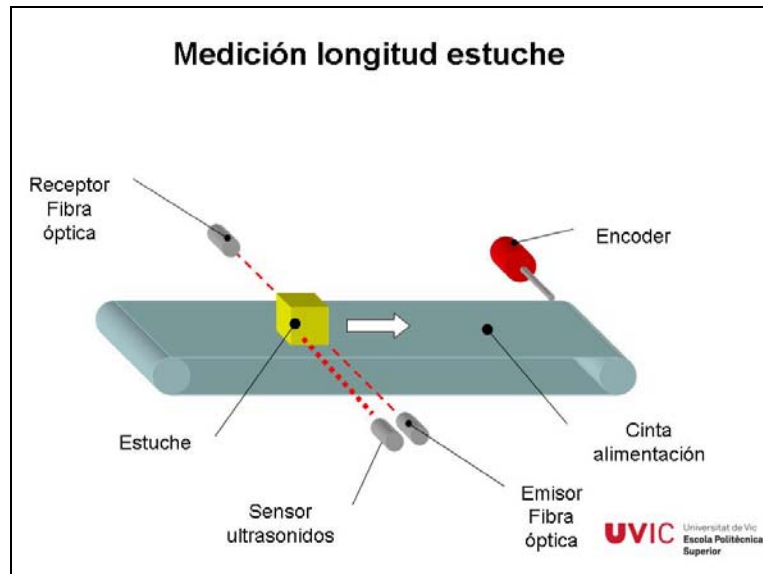


Figura 6.2.2-4

Una vez obtenidos los valores dimensionales, se transforman a mm. y se envían al ordenador para su proceso.

### 6.2.3 Cinta de alimentación

Cada vez que un estuche es introducido en el sistema, la cinta avanza una distancia predefinida formando una cola de entrada de modo completamente independiente a la disponibilidad del brazo-robot.

En la Fig. 6.2.3-1 se observa que al avance de cada paso, los estuches ubicados en la cinta avanzan una cantidad exacta que debe tenerse en cuenta para modificar los valores de destino del brazo-robot a la hora de recoger el estuche. Es decir, las pinzas no recogen los estuches en una posición fija, sino que esta es recalculada cada vez que un estuche es introducido.



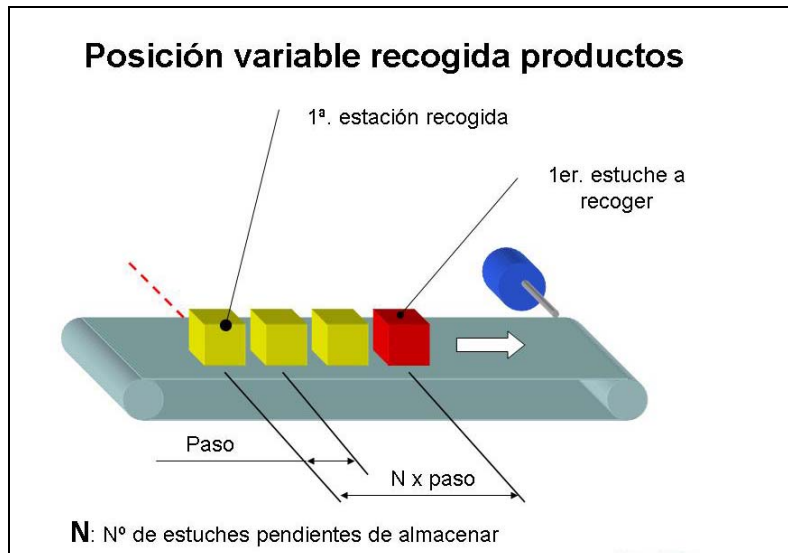


Figura 6.2.3-1

Evidentemente, si la entrada de estuches se realiza a una cadencia tal que el brazo-robot siempre se halla disponible, la posición de recogida siempre será la misma.

#### 6.2.4 Cálculo huecos disponibles.

El sistema de almacenamiento está concebido de manera que permita posicionar estuches en modo multicapas y con productos diferentes. De este modo convierte el almacén en un sistema muy flexible, de alto rendimiento y con amplias posibilidades, pero que requiere de algoritmos de cálculo más complejos que si se tratara de un almacén con filas del mismo producto. En la Fig. 6.2.4-1 se muestra la diferencia entre los 2 sistemas de almacenamiento:

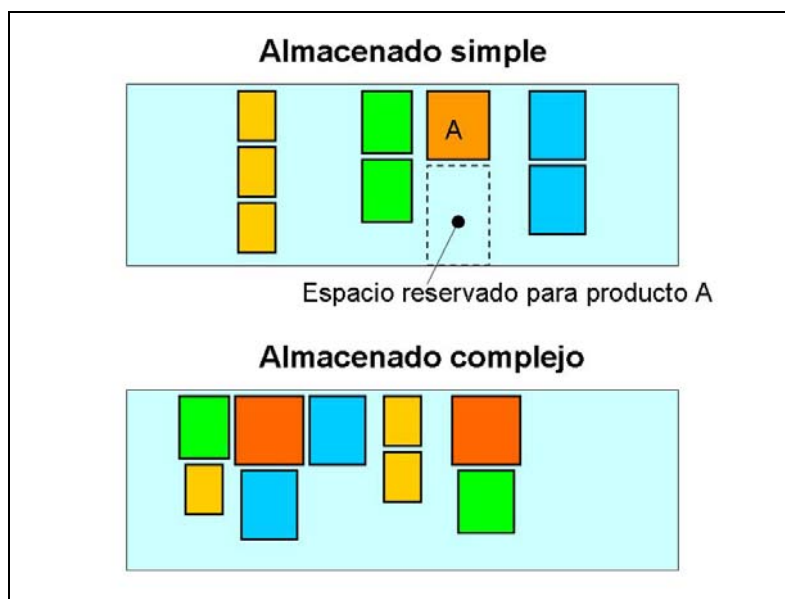


Figura 6.2.4-1

Antes de ubicar el estuche debe comprobarse que existe como mínimo un espacio con dimensiones suficientes para permitir alojarlo en las estanterías del almacén.

También debe tenerse en cuenta que el sistema de manipulación de los estuches es mediante pinza y que para ello deben reservarse unos espacios mínimos entre estuches para que esta pueda operar.

Se definen 2 distancias de trabajo indicadas en la Fig. 6.2.4-2 que limitarán los espacios disponibles:

**h**: Distancia de seguridad entre fondo de estantería y estuche, y entre fondos de estuches.

**e**: Distancia de trabajo y seguridad para permitir el acceso a las pinzas. Es la distancia entre los anchos de los estuches.

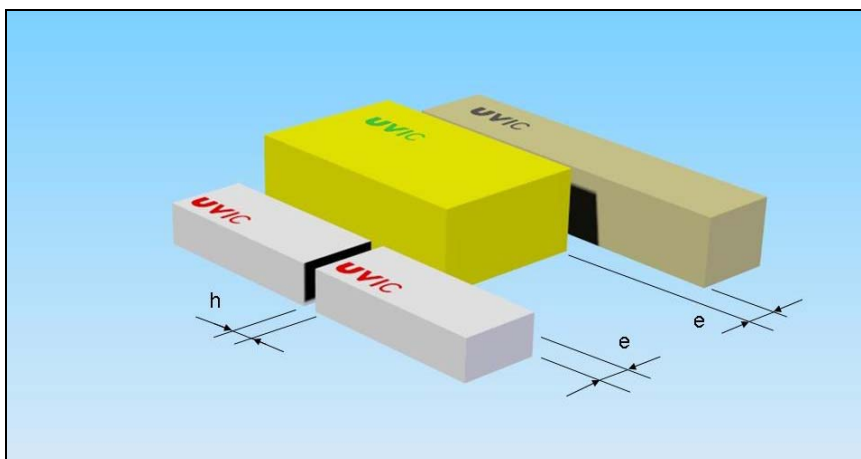


Figura 6.2.4-2

Estos valores son configurables, y en cualquier momento pueden ser modificados. Su valor dependerá de las pruebas de precisión que se realicen con el sistema, pero inicialmente ya se prevén unos valores de  $h = 5 \text{ mm}$ . y  $e = 10 \text{ mm}$ .

Para dimensionar los huecos disponibles en la Fig. 6.2.4-3 se definen 2 tipos de espacios diferentes: **huecos totales** y **huecos parciales**.

**Hueco total** es aquel comprendido entre 2 o más estuches y cuya profundidad es la de la estantería.

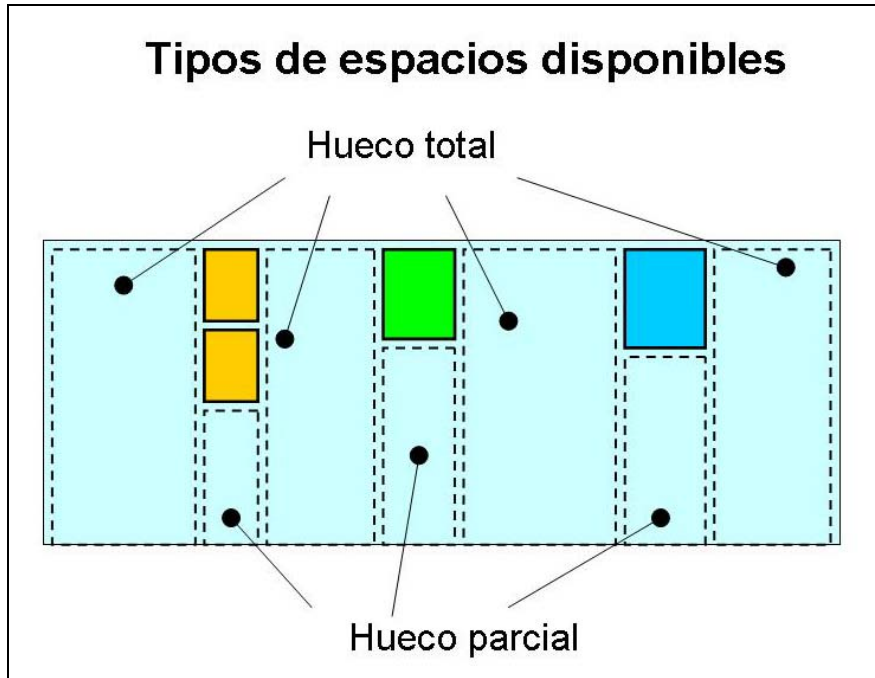


Figura 6.2.4-3

Del mismo modo, un **hueco parcial** se define como aquel que se halla disponible por delante de un estuche hasta el extremo frontal de la estantería.

Para realizar el cálculo de los espacios disponibles, la base de datos dispone de una tabla de huecos que inicialmente (con el almacén vacío) coinciden con las dimensiones de los estantes y en la cual se registran los siguientes datos:

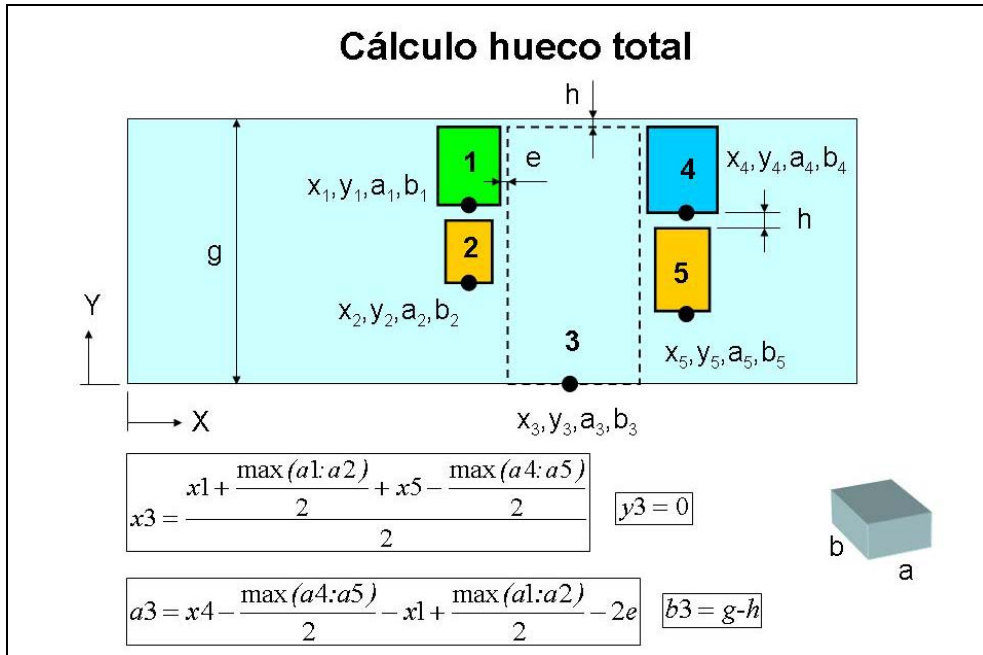
- Ancho total del hueco (del estante al inicio)
- Profundidad del hueco (del estante al inicio)
- Coordenadas X, Z del centro del hueco (del estante al inicio)

También deben conocerse las dimensiones de los estuches existentes y sus posiciones:

- Ancho, largo y coordenadas X, Y, Z del centro del estuche.

Para el cálculo de un hueco total se procederá a dimensionar el espacio disponible mediante las expresiones de la Fig. 6.2.4-4. El hueco vendrá definido por:

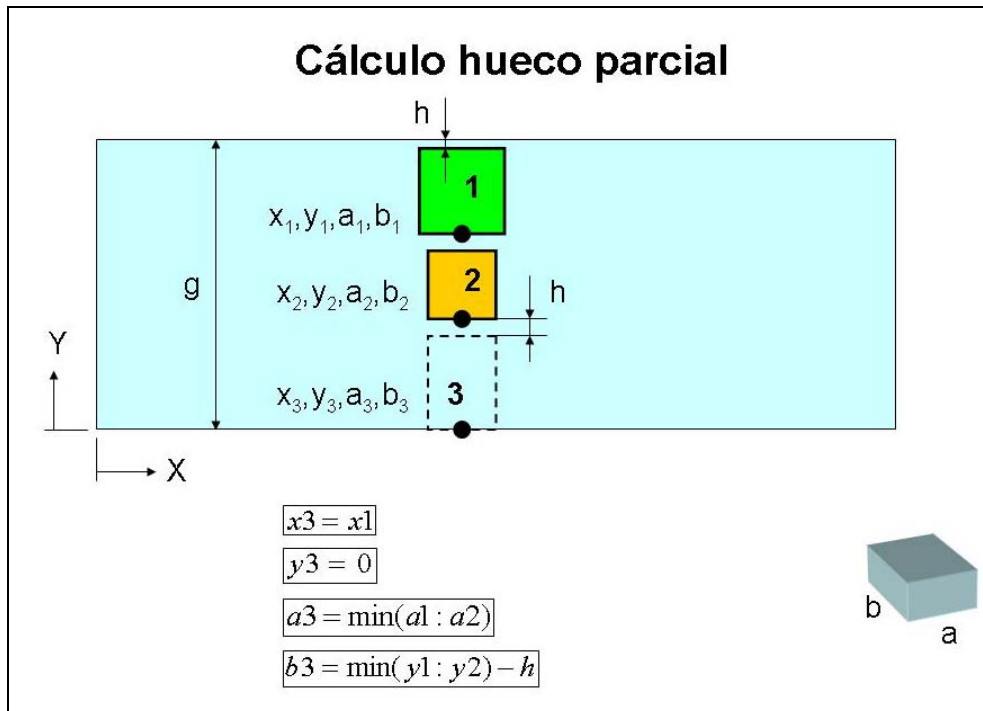
- Coordenadas del centro del hueco:  $x_3, y=0$  (mm), z
- Ancho del hueco:  $a_3$  (mm)
- Profundidad del hueco:  $b_3$  (mm) será el fondo de la estantería.



**Figura 6.2.4-4**

Como se verá más adelante, para permitir un correcto funcionamiento del sistema los huecos parciales quedan sujetos a una restricción: la anchura del mismo no puede ser más grande que el estuche inmediatamente posterior.

Las variables que definen un hueco parcial se exponen en la Fig. 6.2.4-5 y del mismo modo que en el caso del hueco total, vendrá definido por las coordenadas de su centro y de sus dimensiones, siendo:



**Figura 6.2.4-5**

$x_3$ = Coordenada X del centro del hueco.

$a_3, b_3$ = Ancho y largo del hueco parcial.

Los cálculos de huecos disponibles son realizados en cada operación de carga o modificación de stock. En la base de datos, una tabla de huecos tiene registrados los espacios disponibles, permitiendo un acceso más rápido a los datos cada vez que se modifica el almacén ya que no se requiere recalcular los espacios en función de los estuches ubicados.

### 6.2.5 Criterio cálculo ubicación de destino.

Una vez determinados los huecos disponibles, se definen las posiciones de los estuches a ubicar según el tipo de espacio disponible.

En caso de existir un hueco total, el nuevo estuche será ubicado a la izquierda del ancho disponible, de este modo si el estuche es más estrecho se deja todo el espacio a un lado optimizando de este modo el almacén. En la Fig. 6.2.5-1 se exponen los criterios de cálculo, donde

$x_3$  = Coordenada X del centro del hueco total disponible

$a_3, b_3$ = ancho y largo del hueco total disponible

$x_6, y_6$  = Coordenadas X, Y donde se ubicará el centro del estuche.

$a_6, b_6$  = Ancho y largo del estuche a ubicar

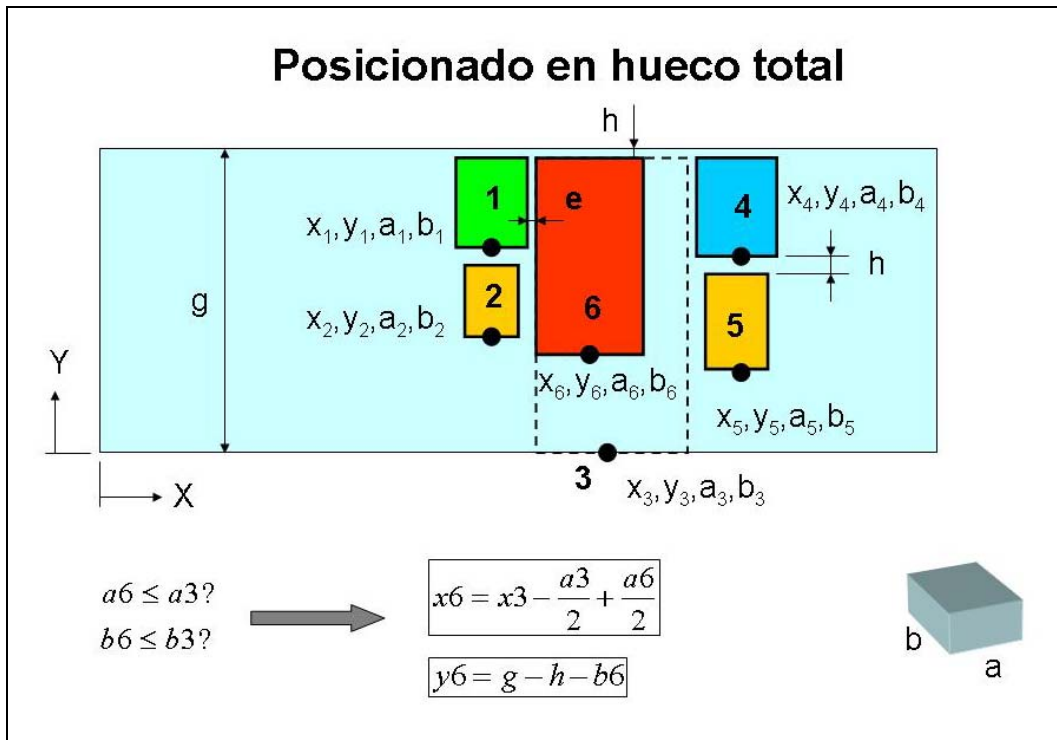


Figura 6.2.5-1

En caso de que el nuevo estuche deba ser ubicado en un hueco parcial, se situará de forma centrada a los estuches precedentes de su fila, facilitando de esta manera su posterior manipulación, tal y como muestra la Fig. 6.2.5-2. Esta disposición permite extraer los estuches más inaccesibles sin tener que retirar previamente los estuches ubicados por delante del mismo. Los valores de posicionado del nuevo estuche son:

$x_3$  = coordenada X del centro del hueco parcial disponible

$a_3$  = ancho del hueco parcial disponible

$b_3$  = longitud hueco parcial disponible

$x_4$  = coordenada X donde se ubicará el centro del estuche.

$y_4$  = coordenada Y donde se ubicará el centro del estuche.

$a_4$  = ancho del estuche a ubicar

$b_4$  = longitud del estuche a ubicar.

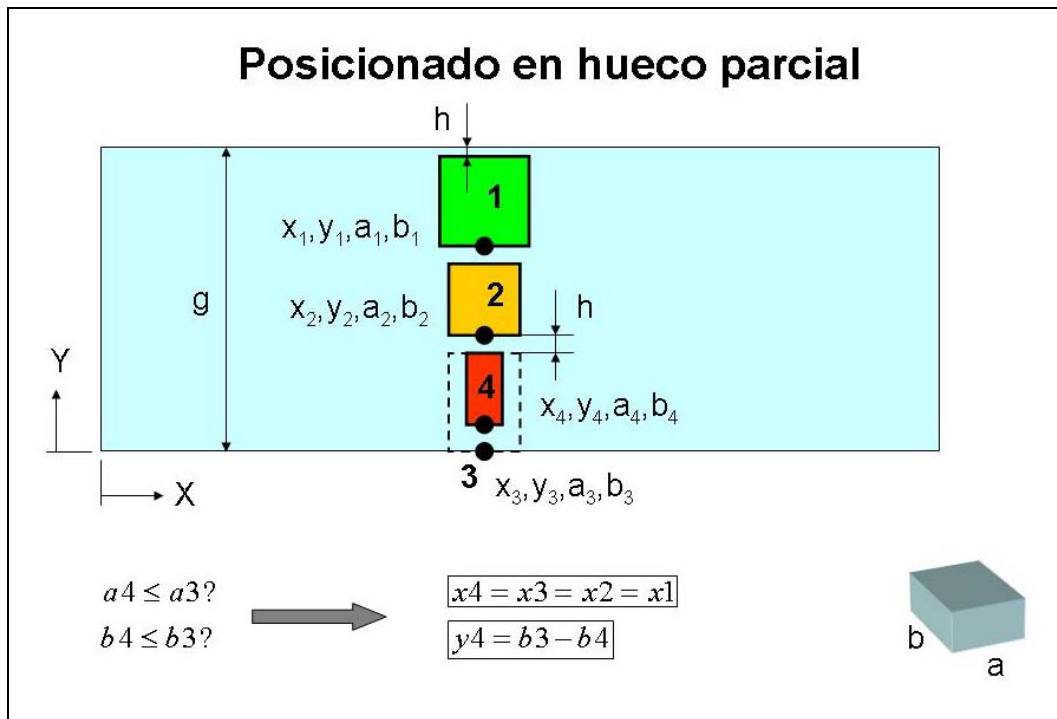


Figura 6.2.5-2

### 6.2.6 Pinzado del producto.

Una vez realizados los cálculos y definido el punto de destino del estuche, el cabezal con pinzas (Ver Fig. 6.2.6-1) sujeta el estuche situando este en la plataforma de transporte. Todo ello es realizado mediante el accionamiento de

motores paso a paso, de reducidas dimensiones y con precisión suficiente para evitar deterioros en los estuches. La abertura, el avance así como la presión de cierre se realizan teniendo en cuenta las dimensiones del estuche.

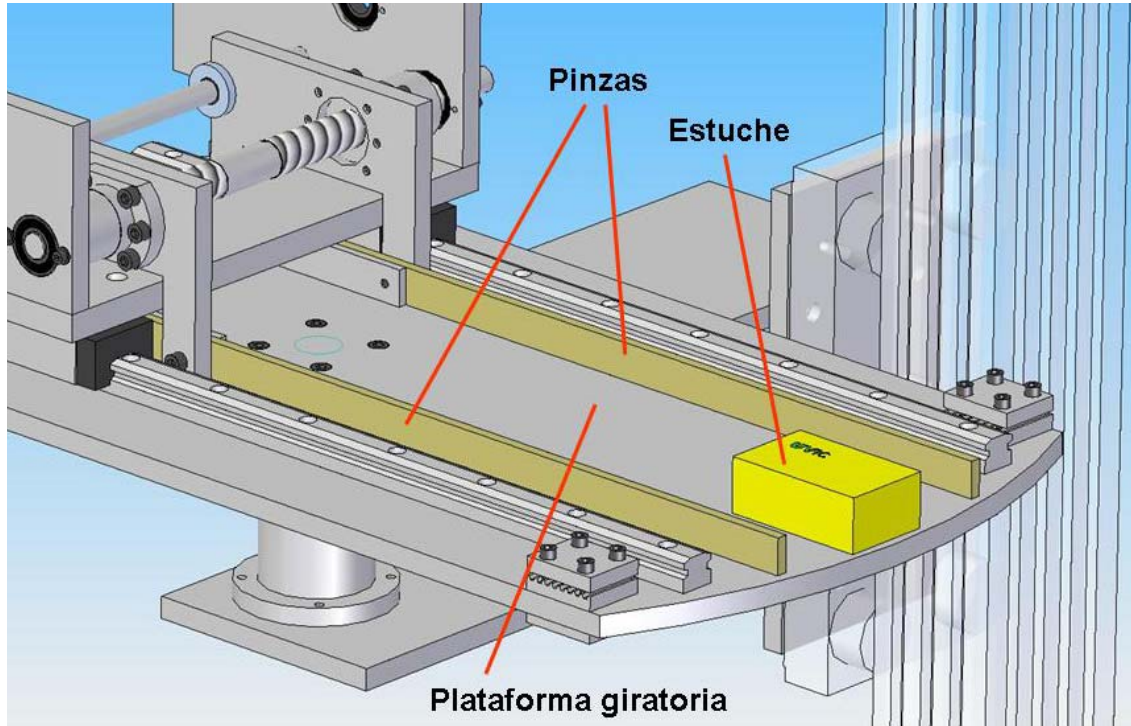


Figura 6.2.6-1

### 6.2.7 Transporte

Los ejes lineales accionados por servomotores transportan el cabezal hasta la ubicación X, Z calculada después de que el estuche haya sido pinzado.

Los accionamientos no requieren movimientos interpolados y actúan de forma independientemente, ya que sólo interesa el correcto posicionado sin importar la trayectoria seguida para llegar hasta el destino.

Antes de efectuar cualquier desplazamiento es verificada la posición de las pinzas de modo que estas se hallen en su posición retraída encima de la plataforma. Del mismo modo, una vez realizado el movimiento y verificada su correcta posición las pinzas pueden ejecutar sus movimientos correspondientes. La Fig. 6.2.7-1 muestra los 3 grados de libertad del transporte correspondientes a los ejes X, Y, Z.



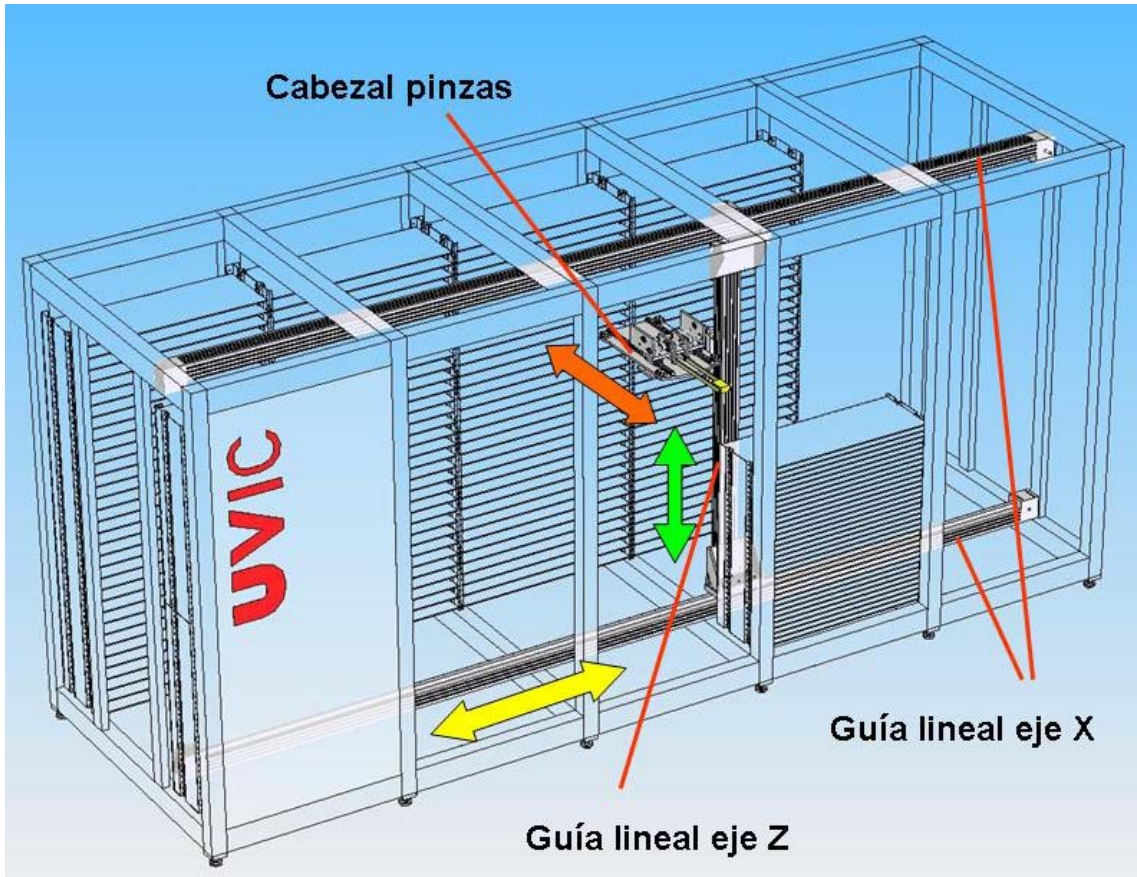


Figura 6.2.7-1

### 6.2.8 Colocación en estantería.

Antes de proceder a la colocación del estuche, 2 fotocélulas comprueban el correcto posicionado del cabezal detectando los estantes, y así evitar que un desfase accidental del mecanismo de transporte provoque cualquier deterioro tanto en la instalación como en los productos.

Verificada la correcta posición de la pinza, esta avanza hasta la coordenada Y establecida, deposita el estuche abriendo la pinza 5 mm. y retrocede de nuevo hasta la plataforma, dejando el sistema listo para una nueva carga o descarga. La fig. 6.2.8-1 muestra esquemáticamente el proceso. Es de observar que en la operación de carga la superficie de apoyo del estuche en la plataforma queda unos 2 mm. por encima del estante para evitar tropiezos tal y como se indica en la fig. 6.2.9-2.



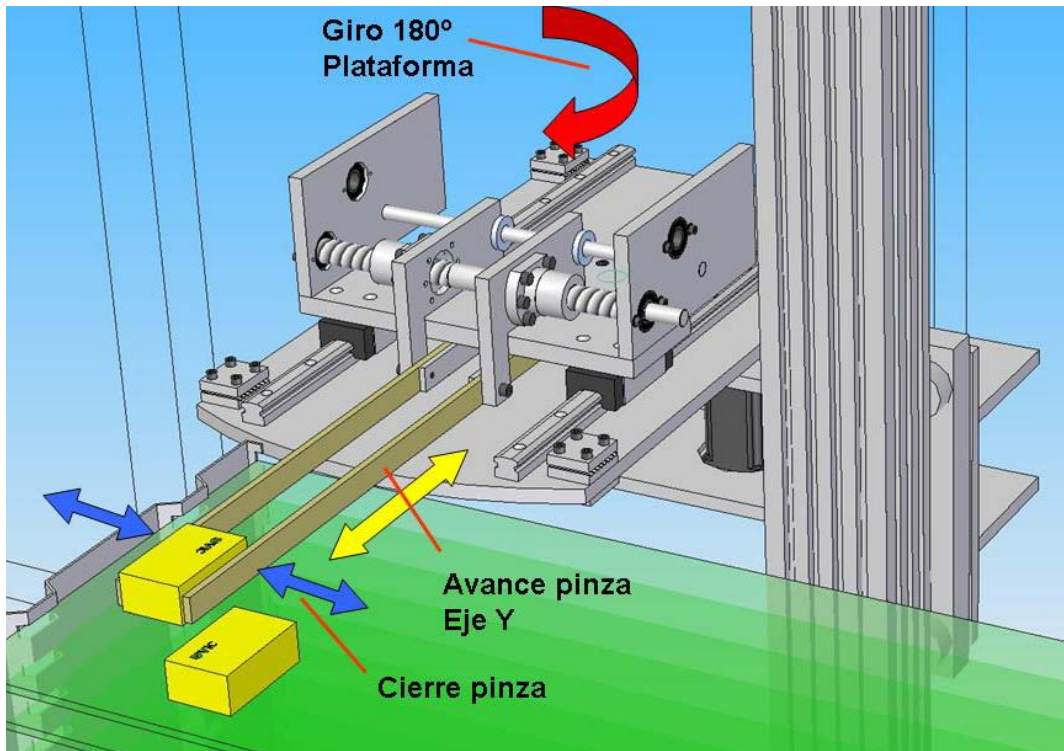


Figura 6.2.8-1

### 6.2.9 Salida de productos

La dispensación de productos se efectúa de forma análoga a través del cabezal con pinza, extrayendo los productos del almacén y depositándolos en la rampa de salida de la Fig. 6.2.9-1:

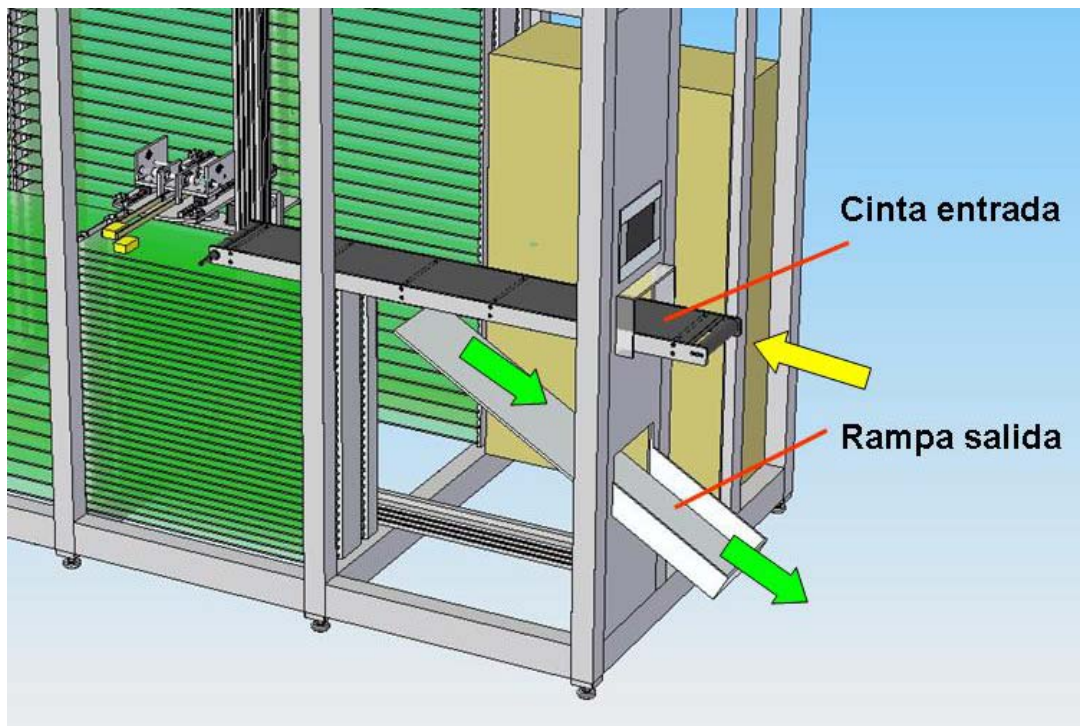


Figura 6.2.9-1

Del mismo modo que en la carga, en la Fig. 6.2.9-2 se indica la posición relativa de la plataforma respecto a la estantería para evitar cualquier impacto del estuche con el sistema.

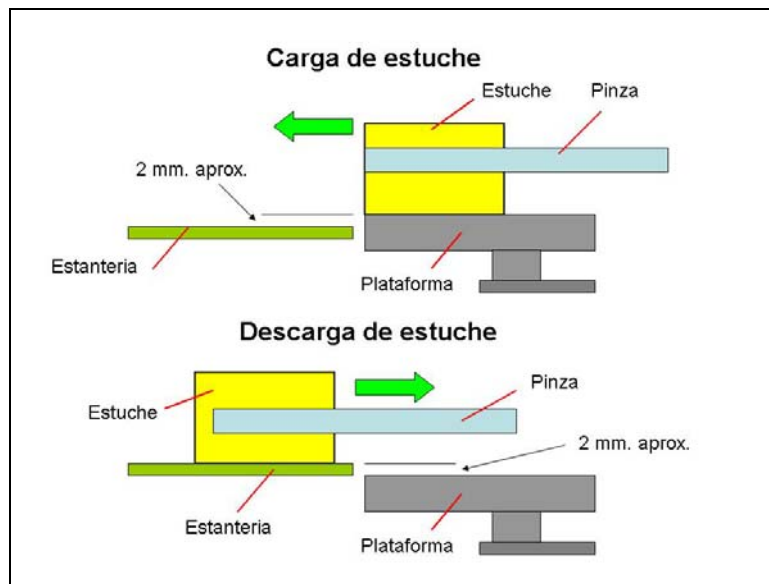


Figura 6.2.9-2

### 6.2.10 Sistema FIFO

El sistema de llenado y descarga por el mismo lado provoca el inconveniente de que los productos más accesibles son los últimos introducidos, y por tanto los más antiguos quedan en el fondo de la estantería.

Tal y como muestra la Fig. 6.2.10-1. Este problema no aparece en sistemas de almacenado por canales inclinadas ya que la carga se realiza por la parte posterior y el producto que se retira siempre es el más antiguo.

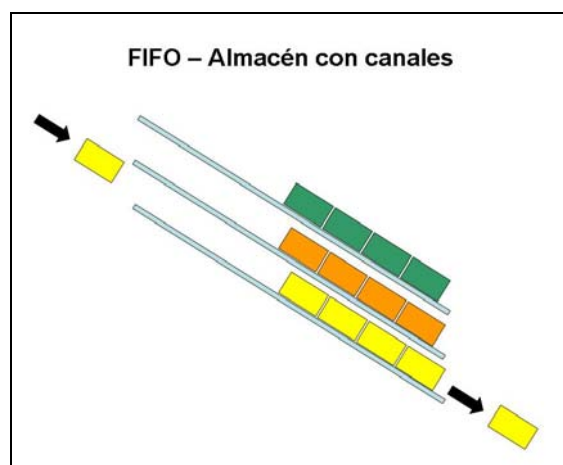


Figura 6.2.10-1

Para evitar este inconveniente, se colocan los estuches del modo expuesto en la Fig. 6.2.10-2, de tal manera que se puedan extraer los estuches del fondo, sin tener que extraer antes todos los estuches del frente. Para conseguir esta disposición los estuches que se coloquen por delante de otros existentes, deben tener una anchura igual o menor al inmediato posterior.



Figura 6.2.10-2

Una vez extraído el estuche seleccionado, la Fig. 6.2.10-3 muestra como los estuches frontales retirados por la pinza y que deben ser devueltos al almacén se ubicaran en la misma coordenada X, pero aprovechando al máx. el espacio dejado por el estuche seleccionado.

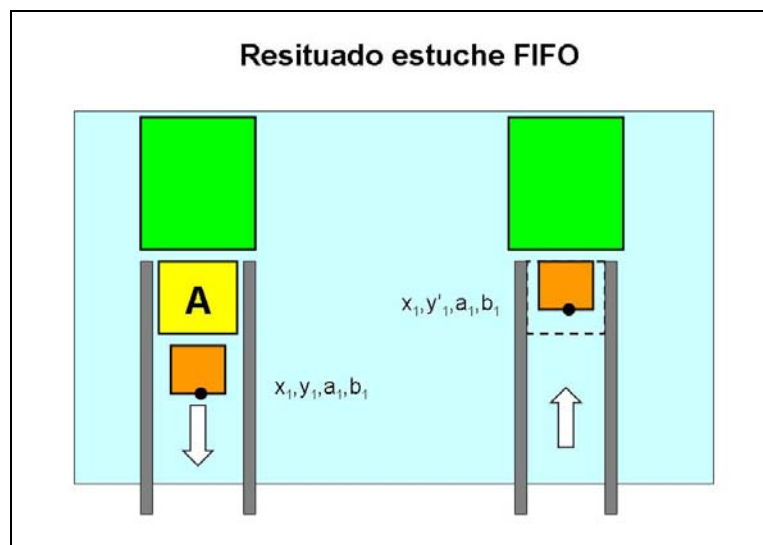


Figura 6.2.10-3

Esta operación debe actualizar la Base de Datos con las nuevas posiciones de los estuches que han sido reubicados.

### 6.2.11 Descarga.

Para este tipo de instalación no se prevé un gran tráfico de envases, por tanto se considera suficiente la descarga de los mismos a través de una rampa como la mostrada en la Fig. 6.2.11-1. En caso de ampliaciones o modificaciones de requerimientos, esta rampa siempre puede complementarse con sistemas de transporte aptos para mayores distancias como pueden ser cintas, toboganes o incluso transportes neumáticos.

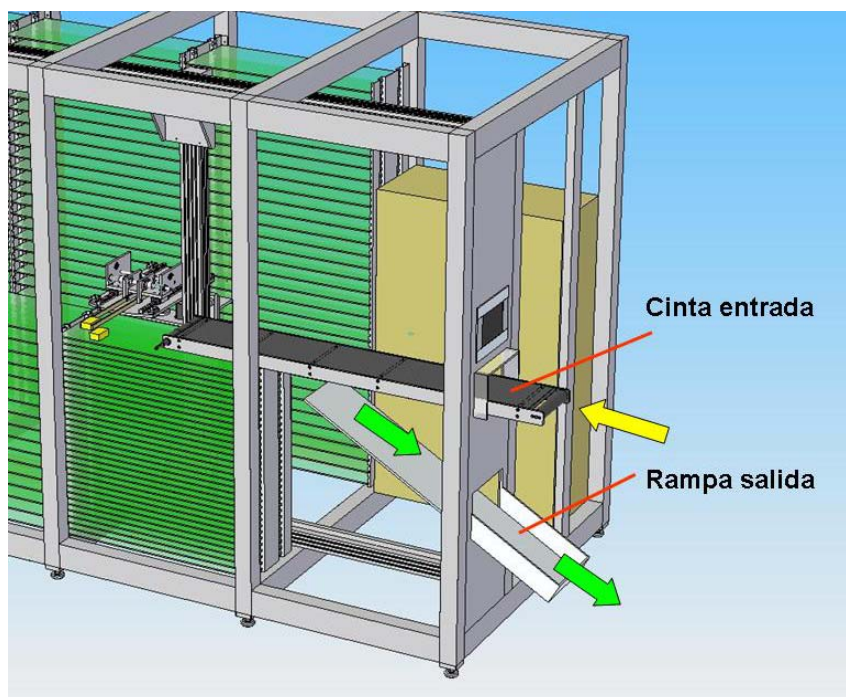


Figura 6.2.11-1

### 6.2.12 Optimización de almacén

Pasado cierto tiempo, la realización de múltiples operaciones de carga y descarga de forma caótica generará una serie de espacios vacíos entre estuches cuyas dimensiones no serán lo suficientemente grandes como para ser aprovechables.

A modo voluntario o de forma automática y regular se prevé que se puedan desplazar los estuches acercándolos entre ellos hasta el mínimo predefinido tal y como se indica en la Fig. 6.2.12-1, realizando la operación por estantes y para simplificar el proceso no se contempla el intercambio de estuches entre diferentes niveles. Previamente se analiza si existe espacio útil desaprovechado comprobando en la base de datos si la distancia entre estuches con diferentes coordenadas X es superior al mínimo preestablecido.

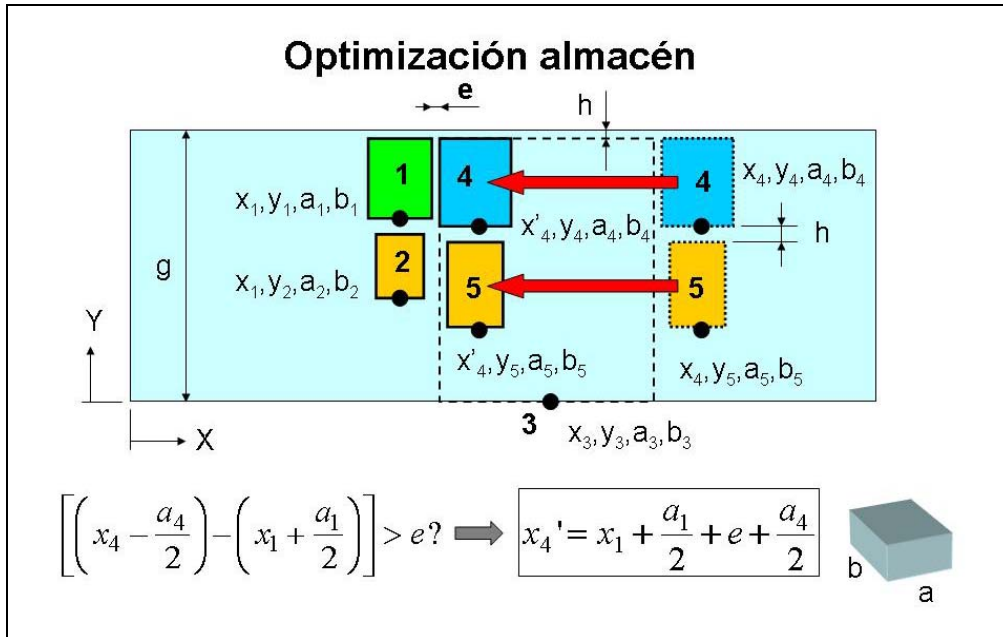


Figura 6.2.12-1

Para comprobar si existe posibilidad de optimización, se comprueban las dimensiones de los estuches implicados y las distancias entre ellos. Si esta es superior a la distancia de trabajo  $e$  existe posibilidad de mejora.

Si la ubicación de los estuches 4 y 5 con una coordenada  $x_4$  es susceptible de ser mejorada, estos serán desplazados hacia la izquierda hasta una  $x_4'$  calculada de acuerdo con la Fig. 6.2.12-1. En cada operación de optimizado la base de datos deberá ser recalculada y actualizada con los nuevos valores, antes de continuar con la siguiente iteración.

### 6.2.13 Gestión de caducidades

De manera regular o a petición del usuario, el sistema permite consultar los productos caducados o con fechas próximas de caducidad, ofreciendo una gestión adecuada a nivel de ofertas, previsión de reposición, etc.

Al principio de cada jornada, el sistema comprueba toda la base de datos en búsqueda de cualquier producto ya caducado, descargándolo en la rampa de salida. Mediante esta comprobación se asegura al 100% (siempre que los datos hayan sido introducidos correctamente) que nunca se podrá suministrar un medicamento no apto. El sistema también permitirá definir una plazo de caducidad, p. ejem. 1 mes, y de este modo poder retirar o consultar los productos cuya fecha de expiración esté próxima.



## 7 COMPONENTES DEL SISTEMA

### 7.1 Estructura mecánica

El almacén está construido sobre una estructura metálica de perfilera en aluminio con elementos modulares standard que le confieren alta adaptabilidad y personalización de los proyectos. Este tipo de material también brinda linealidad y regularidad en las dimensiones así como un montaje efectivo y de fácil ejecución.

Para evitar las oscilaciones debidas a las inercias del movimiento del brazo robot, se han previsto fijaciones para anclar todo el conjunto al suelo.

La disposición del almacén mostrada en la Fig. 7.1-1 se prevé en doble fila de estanterías a efectos de aprovechar el máximo espacio para un único sistema lineal robotizado. Esta disposición sólo requiere que el sistema de pinzas pueda operar a ambos lados ( $180^\circ$ ) y con ello se duplica la capacidad del almacén a coste de una pequeña superficie ocupada y de los estantes correspondientes. Es de observar que al tratarse de una construcción modular, esta disposición puede ser fácilmente personalizada en dimensiones y características en función de los espacios disponibles en el recinto.

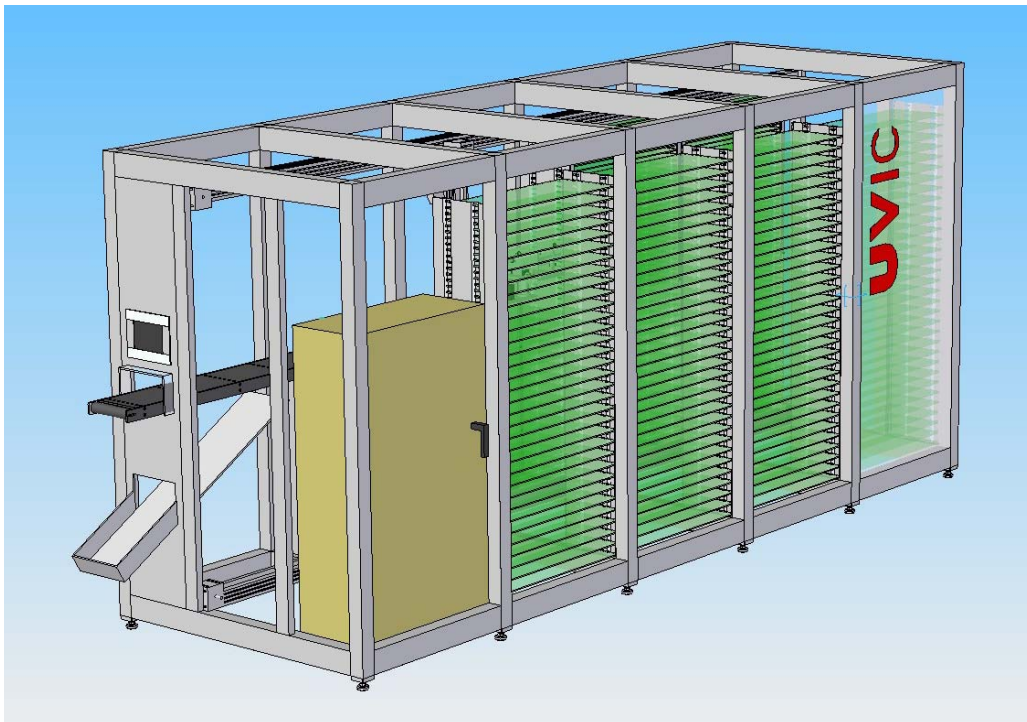


Figura 7.1-1

Los soportes de estantes deben proporcionar estabilidad mecánica y rigidez al sistema una vez montados. Se opta por un diseño de chapa con resaltes ranurados realizados en punzadora CNC que aportan precisión y gran repetibilidad dimensional entre piezas.

El estante debe soportar únicamente su peso propio más el peso de los medicamentos ubicados encima. Para ello se presupone un peso repartido de 5kg. y se selecciona el cristal de 6 mm. de espesor, que a pesar de no ofrecer mucha resistencia a la flexión, si permite la ubicación de medicamentos con peso moderado sin flechas apreciables.

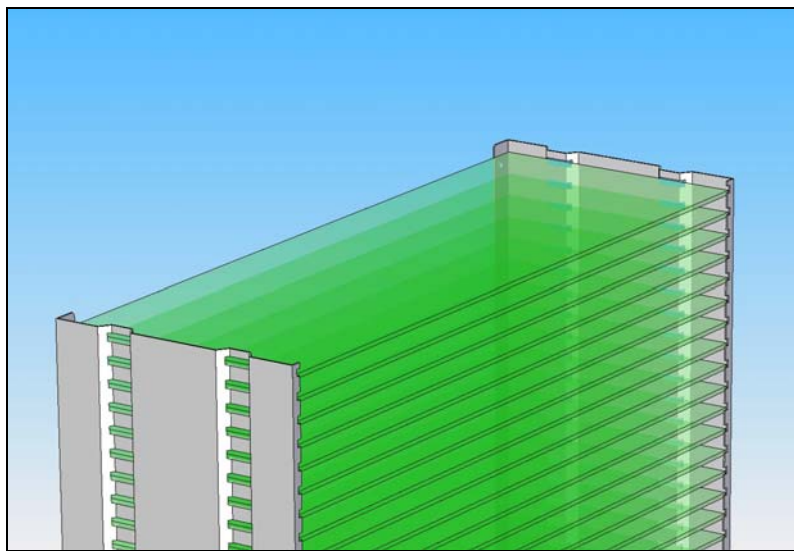


Figura 7.1-2

## 7.2 Estructura robot.

El sistema de pinzado de los estuches está formado por una estructura modular, cuya cadena cinemática posee 2 grados de libertad lineales (X, Z) para el transporte, 1 grado libertad para el posicionado en el estante (Y) y un 4º grado de libertad, este de tipo rotacional para el giro de la pinza.

Para los ejes lineales X, Z se han seleccionado guías Standard con transmisión por correa y poleas incorporadas. El accionamiento es encomendado a 2 respectivos servomotores.

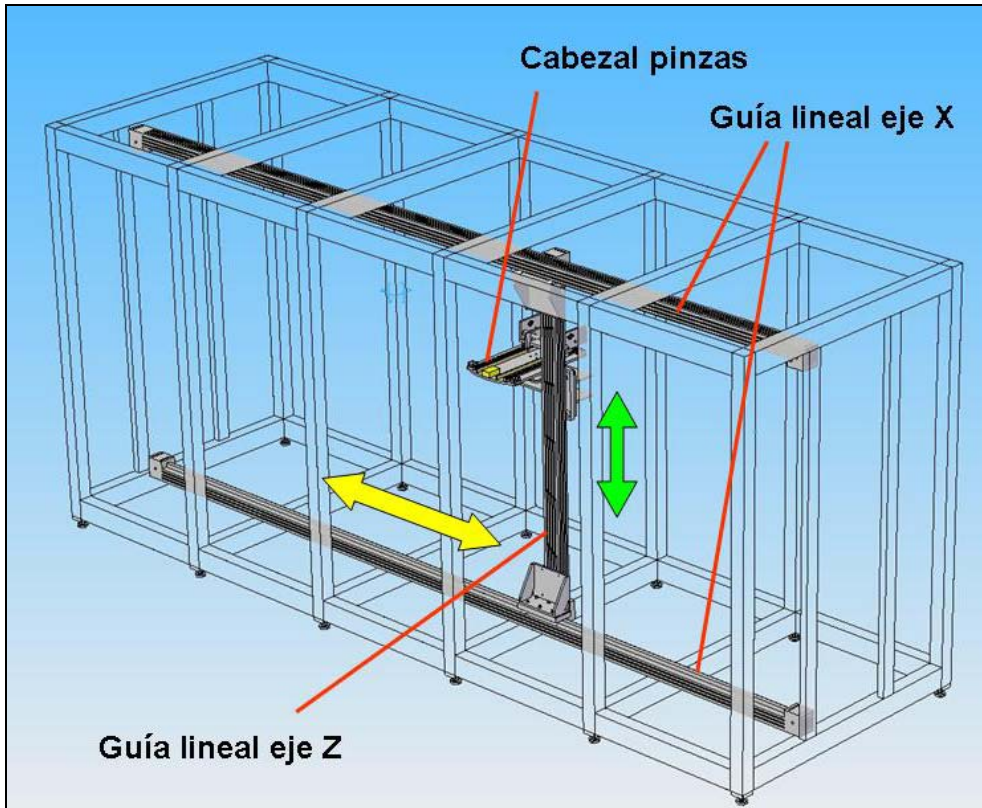


Figura 7.2-1

La plataforma de pinzado dispone de 3 grados de libertad que corresponden al avance, al cierre de la pinza, y al giro de 180° de la base para actuar sobre la 2ª fila de estanterías. Motores paso a paso son los responsables de dar movimiento a estos mecanismos.

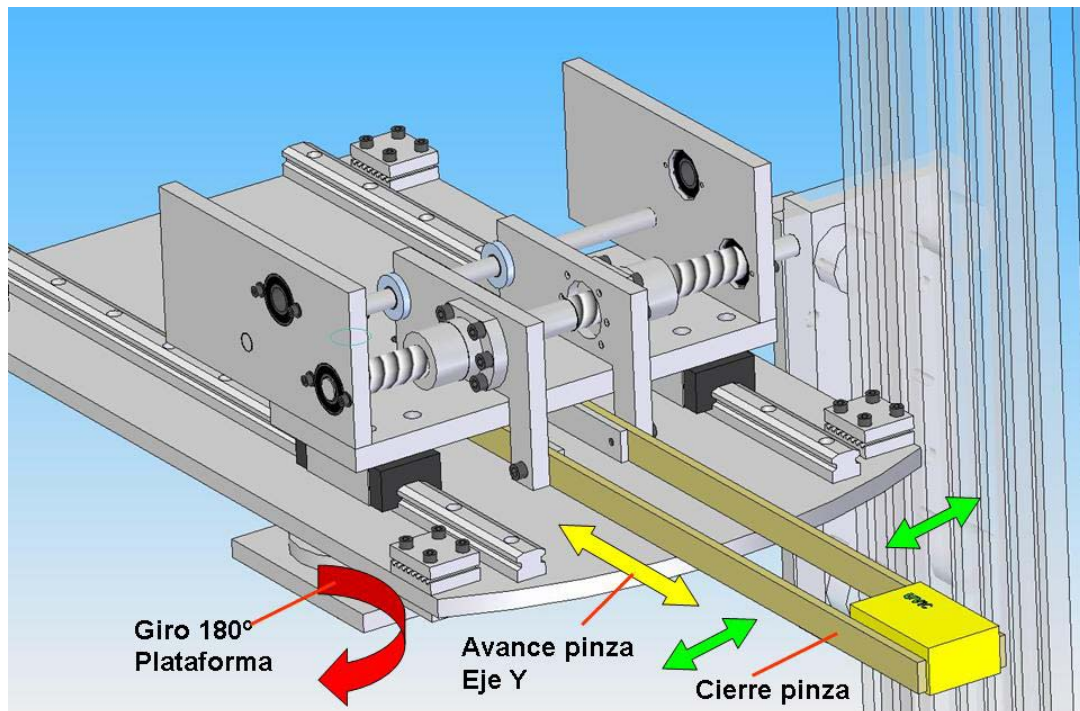


Figura 7.2-2



La cinemática del sistema se completa con una cinta de entrada de producto, en donde se realiza la medición de las dimensiones de los estuches:

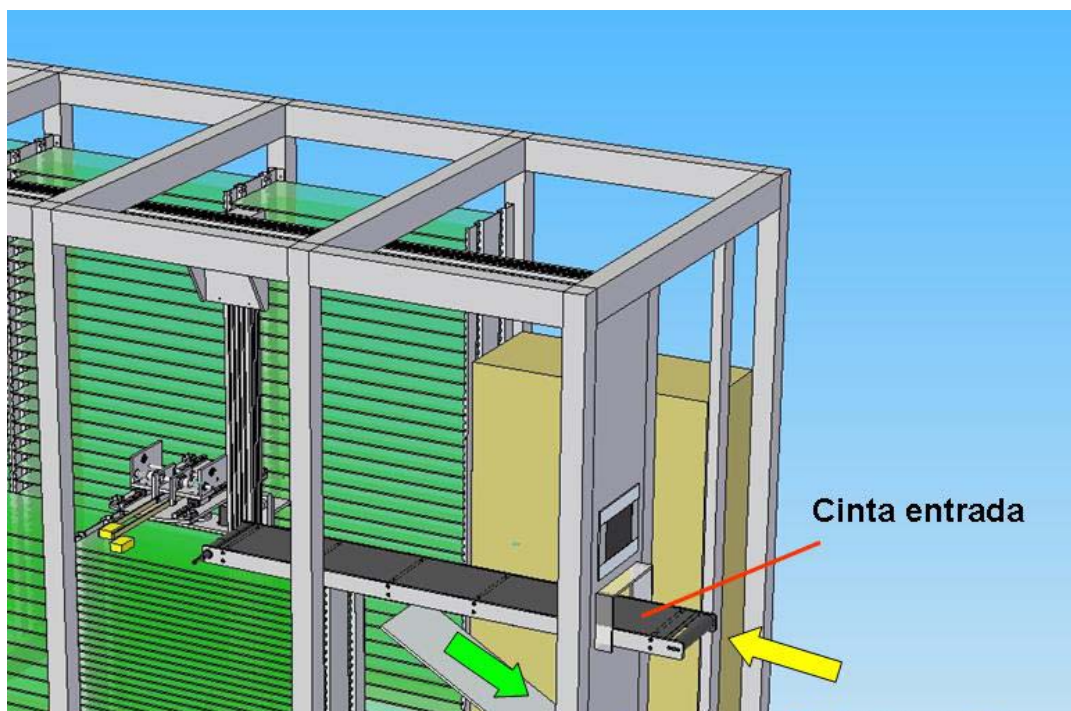


Figura 7.2-3

### 7.3 Sistema eléctrico / electrónico

El dispensador automático estará equipado eléctricamente con los sistemas necesarios para controlar todos los actuadores y detectores (ver apartado 7.4) que lo componen, para acceder a la base de datos, así como para asegurar un funcionamiento correcto, fiable y con seguridad hacia las personas.

Todo el proceso estará gobernado por un control por PC (ver apartado 7.5) con funciones de PLC donde residirá la base de datos relacional y los ficheros maestros de la aplicación.

En el tema de la seguridad, el sistema dispone de botón de emergencia, dispositivos de alarma, como comprobación de desalineamientos, detección de excesos de par en los servomotores, y en caso de falta de tensión eléctrica, un generador de energía con capacidad suficiente para poder generar las acciones necesarias restantes y evitar que el sistema se deteriore o desajuste.

#### 7.4 Detectores y actuadores

La interactividad del usuario, los sensores ópticos y de ultrasonidos y el lector del código de barras constituyen las entradas al sistema. Tienen como misión aportar información como puede ser la identificación del producto, los tamaños de los estuches y datos diversos como la caducidad y opcionalmente el lote.

Una vez procesados los datos, el sistema interactúa con los dispositivos de salida: cinta, motores de pinza y servomotores del pórtico.

En la Fig. 7.4-1 se muestra esquemáticamente las entradas y salidas del sistema

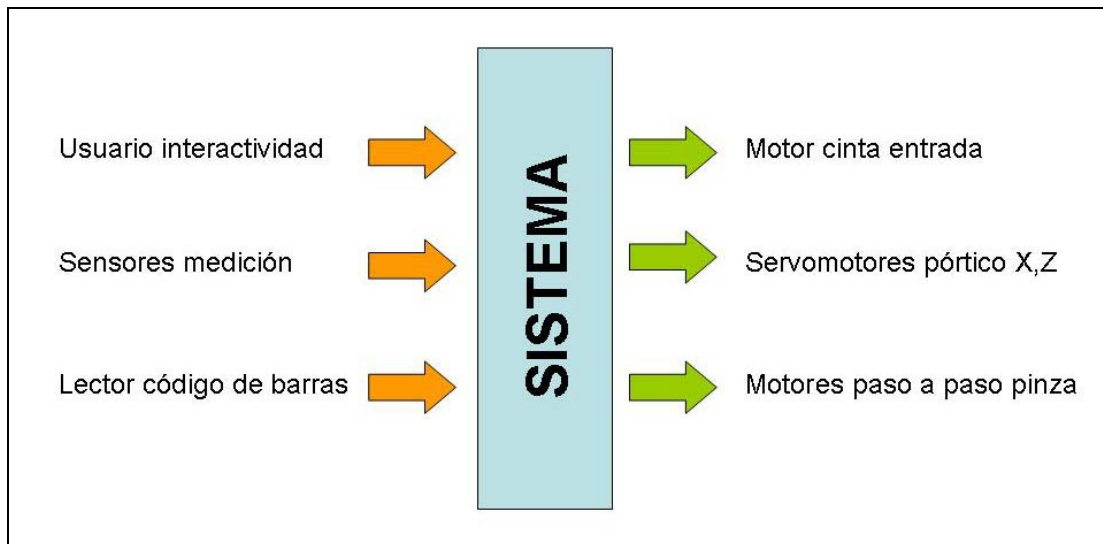


Figura 7.4-1

Tanto los detectores, actuadores así como los elementos de transmisión han sido seleccionados de modo que el sistema sea suficientemente robusto en un entorno industrial, de elevada confiabilidad, disponibilidad y seguridad.

En este apartado se describen los detectores y actuadores necesarios para el correcto funcionamiento del dispensador, su función y sus características principales.

En la Fig. 7.4-2 se exponen de forma esquemática, los detectores y actuadores previstos:

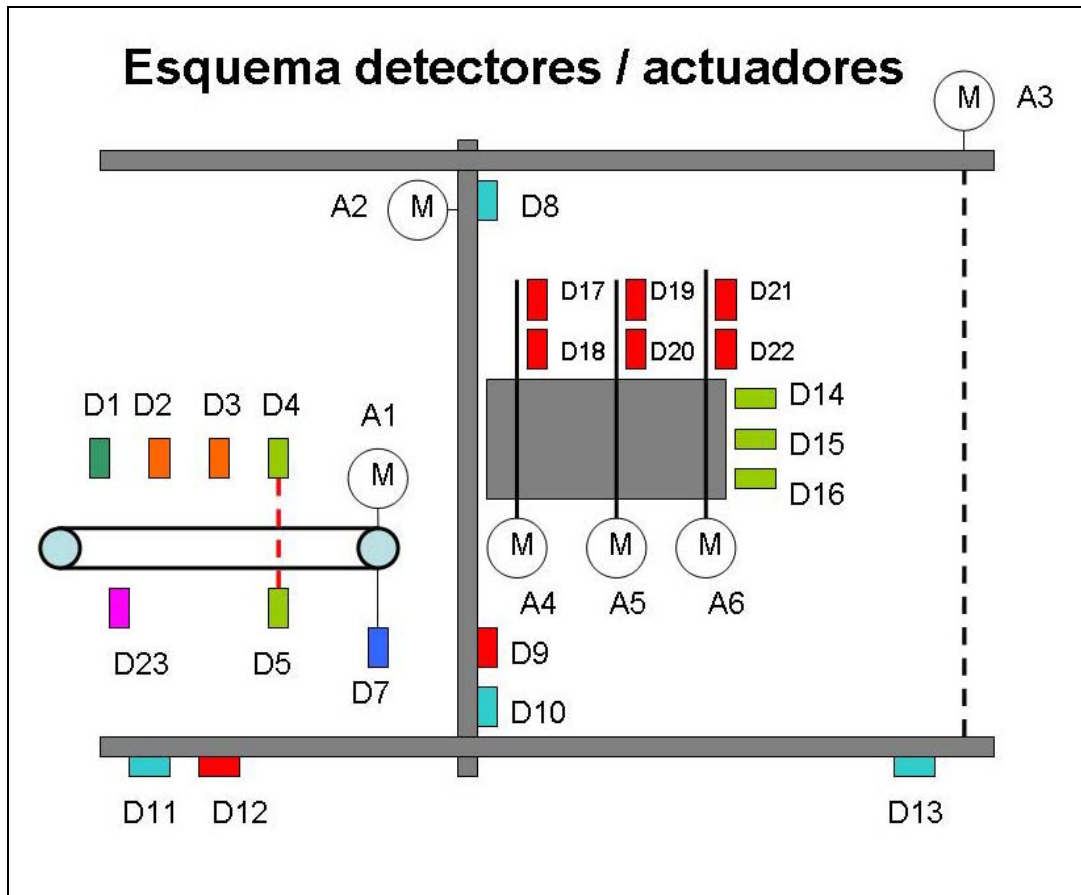


Figura 7.4-2

Siendo sus funciones:

Relación de detectores y actuadores		
Pos.	Tipo	Función
D1	Lector Láser	Lectura código de barras
D2	Medidor Ultrasonidos	Detección longitud estuche
D3	Medidor Ultrasonidos	Detección altura estuche
D4	Emisor Fotocélula	Posición + Lectura ancho estuche
D5	Receptor Fotocélula	
D7	Encoder	Contado pulsos avance cinta.
D8	Final carrera	Seguridad máx. eje Z
D9	Inductivo	Puesta a 0 eje Z
D10	Final carrera	Seguridad min. eje Z
D11	Final carrera	Seguridad min. eje X
D12	Inductivo	Puesta a 0 eje X
D13	Final carrera	Seguridad máx. eje X

D14	Fotocélula	Detección posición garra / estantería OK
D15	Fotocélula	Estuche posición final
D16	Fotocélula	Detección posición garra / estantería OK
D17	Inductivo	Tope seguridad cierre min.
D18	Inductivo	Tope seguridad cierre máx.
D19	Inductivo	Tope seguridad avance min.
D20	Inductivo	Tope seguridad avance máx.
D21	Inductivo	Giro pinza min.
D22	Inductivo	Giro pinza máx.
D23	Pulsador	Inicio carga estuche
A1	Motor AC	Avance cinta
A2	Servomotor	Eje Z
A3	Servomotor	Eje X
A4	Motor paso a paso	Cierre pinza
A5	Motor paso a paso	Giro pinza
A6	Motor paso a paso	Avance pinza

#### 7.4.1 Lector código de barras

La identificación de los estuches será realizada a través de un lector láser multi-código. Debido a la diversidad de códigos existentes y en previsión de que algunos de estos se implanten en productos farmacéuticos, se ha creído conveniente que este lector pueda identificar varios tipos de códigos.

Un lector como el de la Fig. 7.4.1-1 incorpora interfaces para comunicación RS-232 y Ethernet TCP/IP, y su parametrización se puede realizar desde botones pulsadores o a través de PC.



Figura 7.4.1-1

El alcance de trabajo es de 200 mm., la lectura es omnidireccional y se instala en la entrada del producto justo encima de la cinta de alimentación.

#### **7.4.2 Sensores de ultrasonidos**

La medición de las dimensiones de longitud y altura de los estuches serán realizadas por 2 sensores por ultrasonidos.

Los sensores de ultrasonidos se basan en la emisión de una radiación mecánica a frecuencia superior a la audible y disponen de un emisor y un receptor de la radiación ultrasónica. Al detectar un objeto ésta se refleja y la devuelve al receptor, donde el tiempo de desfase entre la emisión y la recepción permite medir la distancia entre el detector y el objeto.

Estos ofrecen una repetibilidad < del 0,2% y una resolución para un rango de mediciones de 60 a 500 mm. de 0,25 mm. La salida analógica puede ser de 0 a 10 VCC o 4 a 20 mA.

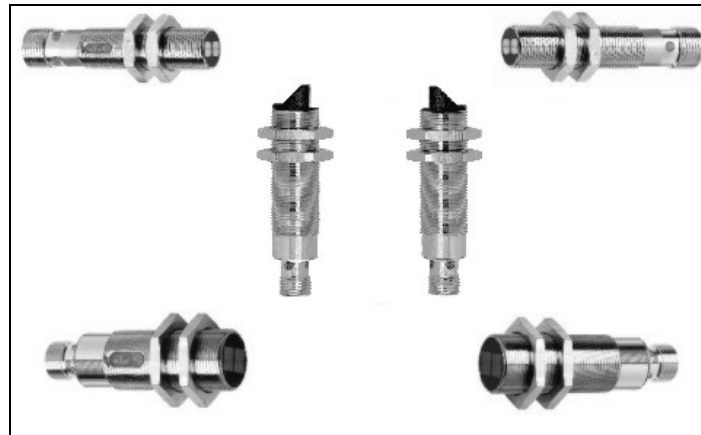
En la Fig. 7.4.2-1 se muestran algunos tipos de sensores de ultrasonidos:



**Figura 7.4.2-1**

#### **7.4.3 Fotocélula de barrera**

Una fotocélula de barrera es un dispositivo capaz de actuar según una radiación electromagnética que suministra el emisor y que recibe el receptor dando como salida una señal eléctrica. La Fig. 7.4.3-1 muestra algunos ejemplos de fotocélulas de barrera. En caso de detectar presencia, el receptor no recibe la radiación del emisor.

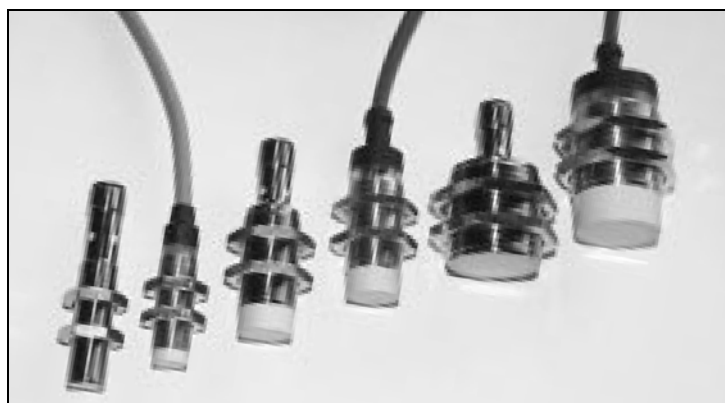


**Figura 7.4.3-1**

En la aplicación que nos ocupa, la fotocélula de barrera tiene como misión la de medir la anchura del estuche. Se instalan emisor y receptor en una configuración de barrera para obtener una mayor precisión en la medición y a su vez evitar lecturas erróneas debidas a reflejos o colores del estuche complejos de detectar.

#### **7.4.4 Sensores inductivos**

Los detectores de proximidad inductivos detectan la presencia de cualquier material conductor sin necesidad de contacto físico (Ver Fig. 7.4.4-1). En comparación con los detectores mecánicos, éstos ofrecen condiciones casi ideales: contacto libre de desgaste, alta frecuencia y precisión de detección. Consta de un oscilador, cuyos bobinados forman la cara sensible, y de una etapa de salida produciendo un campo magnético en la parte frontal del detector. Cuando un objeto conductor penetra en este campo provoca la variación de la amplitud de oscilación que a través de un circuito detector de amplitud permite obtener una señal de salida todo o nada.



**Figura 7.4.4-1**

En esta aplicación, los sensores inductivos son utilizados para detección de posición de elementos metálicos como son: las posiciones extremas de los mecanismos de las pinzas y las posiciones de reseteado de los ejes de coordenadas X Z.

#### **7.4.5 Encoder**

El encoder es un dispositivo electromecánico, que convierte la posición angular de su eje en una señal digital eléctrica. Su forma puede ser variada, pero los más comunes son similares a los de la Fig. 7.4.5-1 y conectado a la electrónica adecuada permite medir desplazamientos angulares, movimientos lineales, circulares, y velocidades. Se instala en la zona de carga del producto y tiene como misión contar el nº. de pulsos de avance de la cinta donde el estuche ciega la fotocélula de fibra óptica. Para ello se implanta un encoder de tipo incremental ya que no es necesario conocer el ángulo exacto de posición, sino valorar lo que la cinta ha avanzado.



**Figura 7.4.5-1**

El encoder dispone de una detección del paso por 0 e indica que ha realizado una revolución completa, cuya señal es aprovechada para determinar el avance de un paso de la cinta y la finalización del proceso de entrada.

Se selecciona con una resolución de 1000 pulsos/vuelta que aporta la precisión adecuada para la lectura de la anchura del estuche. La salida es de tipo HTL 50 mA.

#### **7.4.6 Interruptores finales de carrera**

Se trata de dispositivos electromecánicos compuestos de uno o varios contactos mecánicos de apertura y cierre que conectan o desconectan cuando se actúan sobre ellos. Su función es transmitir información al sistema de control sobre presencia, posicionamiento y fin de carrera. Se ha previsto aplicar interruptores similares a los de la Fig. 7.4.6-1 como elementos de seguridad en finales de carrera actuando sólo en casos esporádicos o en maniobra erróneas, ya que ofrecen una gran resistencia mecánica y una separación galvánica de los circuitos. En las guías lineales correspondientes a los ejes X y Z se han dispuesto finales de carrera máx. y min.



**Figura 7.4.6-1**

#### **7.4.7 Motor AC**

La cinta de alimentación de entrada va accionada por un Motor AC standard. La lenta velocidad de movimiento y el no requerimiento de un posicionado exacto permiten la utilización de un accionamiento de este tipo.

Controlado por variador de frecuencia permite definir velocidades y aceleraciones adecuadas para el transporte de los estuches en la cinta de alimentación, evitando inercias y desplazamientos inadecuados.

#### **7.4.8 Servomotores**

Los movimientos de los ejes lineales X y Z requieren una elevada precisión y velocidad de funcionamiento, donde para estos requerimientos los servomotores son los accionamientos más indicados.



Un servomotor es un dispositivo de accionamiento (ver Fig. 7.4.8-1) que trabaja en sistema cerrado y permite realimentar a su controlador con las variables de posición, velocidad y aceleración a las que realmente se halla. Esta característica proporciona seguridad y confirmación de que el motor desarrolla el movimiento adecuado y es muy importante para cuando el movimiento está correlacionado con otras acciones.



**Figura 7.4.8-1**

Los servomotores acostumbran a operar a altas revoluciones (6000 rpm. normalmente) y proporcionan pares y rendimientos elevados, siendo la solución más recomendable para aplicaciones con altas exigencias dinámicas.

#### **7.4.9 Motores paso a paso**

Un motor a pasos es un dispositivo que posiciona cargas operando a incrementos discretos o pasos a diferencia de los servomotores y otros dispositivos que operan a velocidades y aceleraciones controladas.

Son capaces de un posicionamiento muy preciso sin el uso de dispositivos de realimentación complejos y costosos, aunque se pueden incorporar.

En esta aplicación para los movimientos relacionados con el sistema de pinzado se han escogido este tipo de accionamientos (ver. Fig. 7.4.9-1) por su menor coste y su menor exigencia de precisión en velocidades y posicionados.

Para evitar la realimentación, todos los movimientos son reseteados a través de los sensores inductivos, y a partir del punto de partida son contabilizados los pulsos necesarios para llevar a cabo los desplazamientos.



**Figura 7.4.9-1**

Se instalan 3 motores paso a paso:

- *Avance de pinza:* Dispone de un sensor inductivo en la posición retraída y desde esta posición se contabiliza el avance necesario. El detector de la posición delantera sólo tiene función de seguridad.
- *Giro del cabezal:* Del mismo modo que el anterior, los pulsos de avance del motor son contabilizados desde la posición de giro de ángulo 0. Para esta aplicación sólo es necesario el correcto posicionado en los extremos del recorrido: 0° y 180°.
- *Pinzado del estuche:* De necesidades más exigentes, el estuche es pinzado y presionado en un valor configurable que es determinado en función de las dimensiones del estuche. No se ha previsto un sistema de realimentación medidor de la presión ejercida sobre el envase.

#### **7.4.10 Fococélulas de reflexión.**

Una fotocélula de reflexión es un dispositivo capaz de actuar según una radiación electromagnética que recibe y suministra una señal eléctrica, difiriendo de la fotocélula de barrera en que el detector lleva incorporado el emisor y el receptor: el emisor proyecta el haz de luz, y en caso de detectar presencia, el receptor recibe el reflejo del mismo haz.

Es utilizado en esta aplicación para comprobar la correcta posición de la plataforma con pinzas con respecto a los estantes, y para detectar el estuche en su posición final en la plataforma.

Por motivos de espacio se han previsto fotocélulas de reflexión con fibra óptica, y en este caso el emisor y receptor se halla a distancia del cabezal de entrada y salida del haz de luz, permitiendo su instalación en espacios reducidos tal y como muestra la Fig. 7.4.10-1



**Figura 7.4.10-1**

## **7.5 Sistema de control**

La exigencia de una elevada velocidad de cálculo, la comunicación bidireccional entre el sistema físico y la aplicación informática, así como el acceso a la base de datos, recomienda la utilización de un control basado en PC, en este caso industrial.

### **7.5.1 Control por PC**

Sería de esperar que al PC industrial se conectara un PLC para realizar las capturas y el control de los sensores y actuadores en el sistema, pero se ha optado por una solución que priori se presenta como más innovadora: la sustitución física del PLC por el soft TWINCAT de BECKHOFF que convierte un PC en 4 PLC.

Como muestra la Fig. 7.5.1.-1, este tipo de control está compuesto de 4 elementos:

- PC Industrial
- I/O de Bus de Campo
- SO Standard (DOS, Windows)
- Software TwinCAT para el control a tiempo-real.

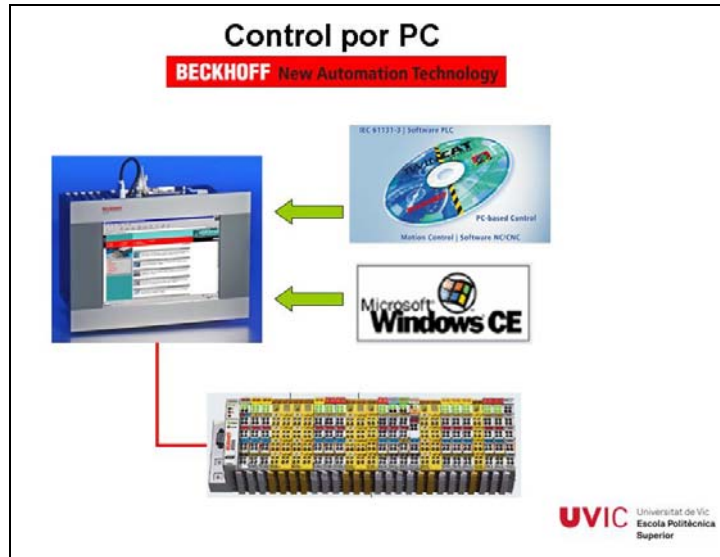


Figura 7.5.1-1

Además el control basado en PC ofrece un sistema de control abierto, usando componentes y software standard lo que proporciona facilidad de personalizar las aplicaciones.

### 7.5.2 PC Industrial

El PC seleccionado es del tipo Panel PC (ver Fig. 7.5.2-1) con características similares a cualquier PC doméstico pero adaptado al entorno industrial, presentando mayor inmunidad, robustez y un grado de protección superior.



Figura 7.5.2-1

Al ser el hardware PC standard e intercambiable permite disponer de independencia con el administrador del hardware.

La continuidad y la protección de la inversión a largo plazo quedan aseguradas mediante la utilización de procesadores de la familia Intel y los sistemas operativos de Microsoft.

En el PCI se almacena la aplicación y la base de datos del almacén, junto a todos los controles que permiten su funcionamiento.

Como características principales el control basado en PC ofrece PLC, NC, control a lazo cerrado, etc... aplicable a gran variedad de maquinaria y automatismos.

### 7.5.3 Software TWINCAT

Existen en el mercado PLC's que integran terminales HMI o aptos para conectar con HMI externos que ofrecen facilidades de visualización y control del proceso, pero con limitaciones con el almacenamiento y tratamiento masivo de datos. Para una aplicación del tipo que nos ocupa, sería más idóneo conectar el PLC convencional a un PC para aprovechar las capacidades de ambos. El software TWINCAT (Fig. 7.5.3-1) permite prescindir del PLC exterior, ya que los genera virtualmente (hasta 4) y puede ser ejecutado desde cualquier PC.



Figura 7.5.3-1

Aparte de ofrecer las mismas funciones que un PLC, TWINCAT dispone del entorno para configurar los módulos de Entrada / Salida y permite programar en todos los lenguajes IEC61131-3 (IL, ST, FDB, LD, SFC)

TWINCAT da prioridad a lo que interesa, no modifica Windows, y se puede configurar el porcentaje de tiempo real que la CPU dedica al control y el que dedica a Windows.

El control TWINCAT ADS-OCX permite comunicar cualquier aplicación que soporte controles ActiveX con la aplicación TWINCAT. Así desde la aplicación basada en Visual Basic se puede acceder a la BBDD, a las variables que afectan a TWINCAT y por extensión a los actuadores y detectores.

#### 7.5.4 Bus de campo. Módulos I/O.

Los módulos de I/O son los responsables de leer y amplificar las señales recibidas a un lenguaje interpretable por la aplicación, convirtiéndolas en señales eléctricas que controlaran los actuadores.

Para la conexión de sensores de muy diversas tipologías y ubicados en distintos puntos, algunos móviles, se aprovecha la versatilidad de los buses de campo y se instalan los terminales de bus de BECKHOFF como los mostrados en la Fig. 7.5.4-1. Estos permiten el cableado directo de sensores y actuadores evitando gran cantidad de conexiones y la comunicación con otros módulos y el PCI a través de un bus Ethernet.

La cabecera del terminal de Bus reconoce automáticamente los terminales conectados y relaciona los byte E/S al proceso de imagen.

Un terminal de bus está compuesto de una cabecera que permite la interconexión entre el Bus de campo a los terminales, y los terminales que se acoplan modularmente y con capacidad de combinar con cualquier tipo de señal requerida.

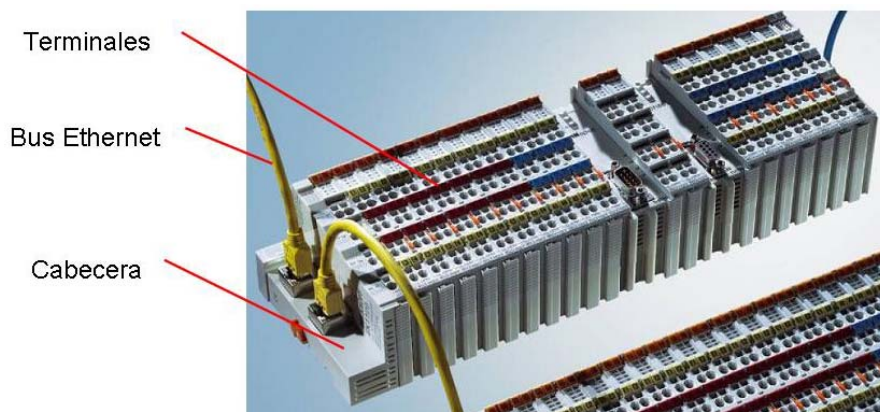


Figura 7.5.4-1

Una vez definidos los módulos necesarios, estos se acoplarán formando una unidad compacta, unida por un bus interno que comunica todos los módulos con el módulo de cabecera Ethernet. La unidad se completa con un módulo de terminación que permite que el bus interno trabaje correctamente

### 7.5.5 Ethernet.

El Bus de campo EtherCAT es el bus de campo Ethernet para entornos industriales y permite conectar E/S, sensores, drivers, equipos HMI todos en el mismo sistema en tiempo real. La Fig. 7.5.5-1 muestra de forma esquemática la conectividad del bus de campo.

Su utilización permite disponer de todas las tecnologías de Internet, con la posibilidad de conectar cualquier dispositivo Ethernet al sistema.

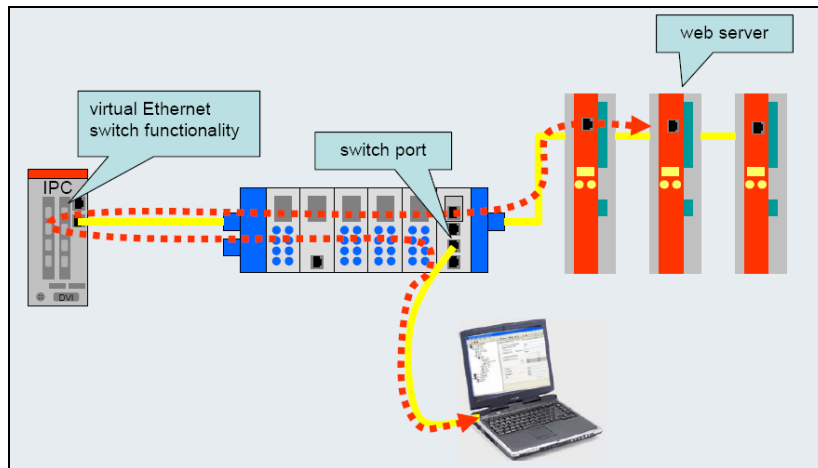


Figura 7.5.5-1

### 7.5.6 Esquema control

El control del sistema se muestra de forma esquemática en la Fig. 7.5.6-1.

Se ha dividido la instalación en 2 terminales de Bus, una para ubicar en la plataforma móvil y la otra para el resto de detectores y actuadores que se hallan en posición fija. El lector de scan se conecta directamente al Panel PC y tanto los terminales Bus como los drivers de los servomotores son conectados también por bus EtherCAT



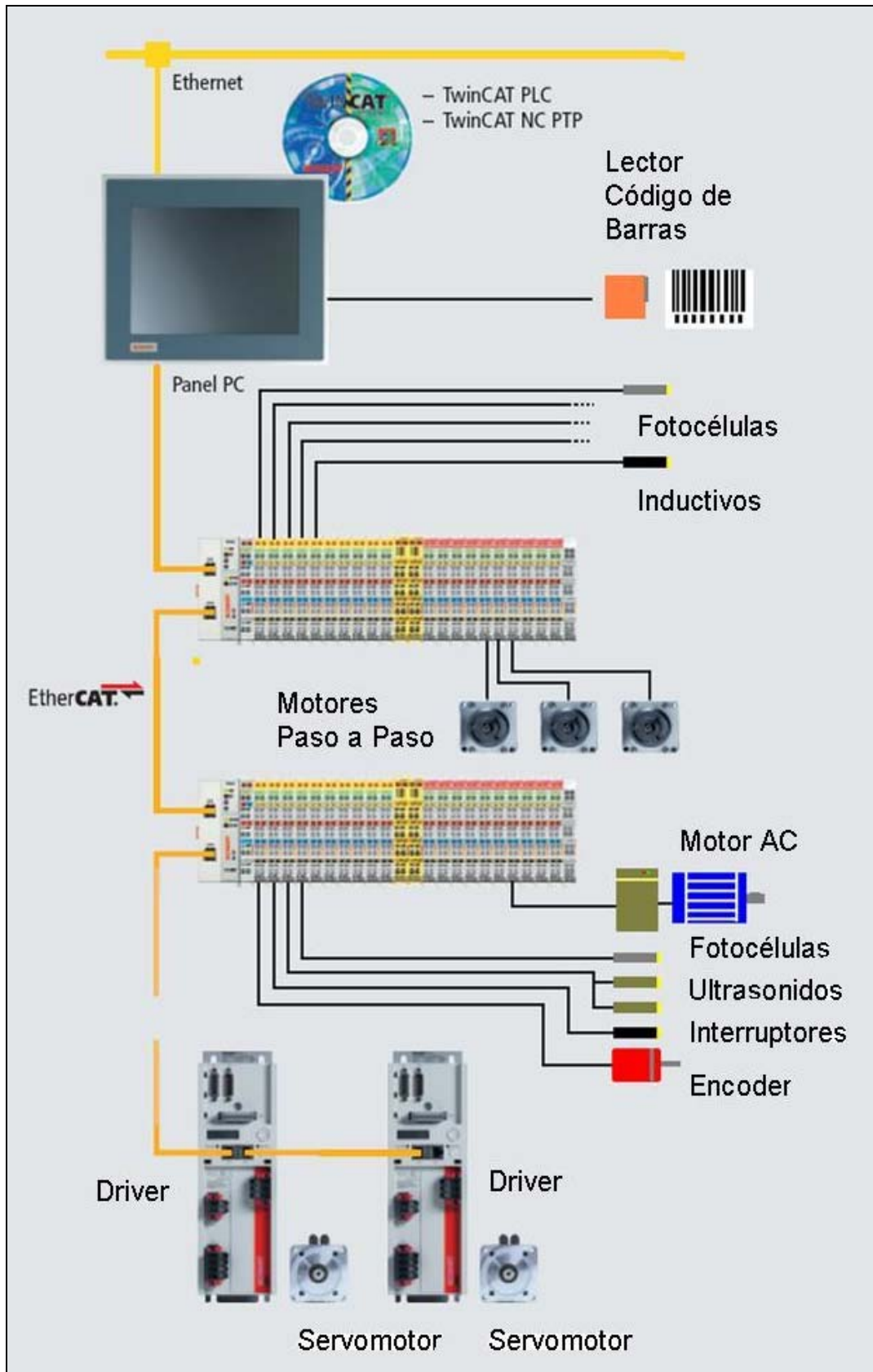


Figura 7.5.6-1

## 8 ALGORITMOS PROGRAMACIÓN

El sistema será gobernado por una aplicación informática (cuyo desarrollo no está contemplado en este proyecto) dividida en 3 grandes bloques operativos:

- **Gestión:** En este apartado se realizarán las operaciones de introducción y extracción de estuches, las altas y bajas de productos y la extracción de productos caducados, es decir la operativa común.
- **Mantenimiento:** Grupo de operaciones que tienen relación con la optimización del almacén, el recálculo y gestión de huecos, redefinición física de los estantes y todas aquellas operaciones no cotidianas.
- **Estadística e informes:** donde se engloban todas las operaciones que proporcionan información y datos estadísticos sobre el sistema de almacenamiento, los productos así como datos con valor comercial para ayuda a la toma de decisiones futuras, como son: el cálculo de las rotaciones de stock, análisis de productos, previsión de compra según productos y fechas, etc.

El esquema general es el siguiente:

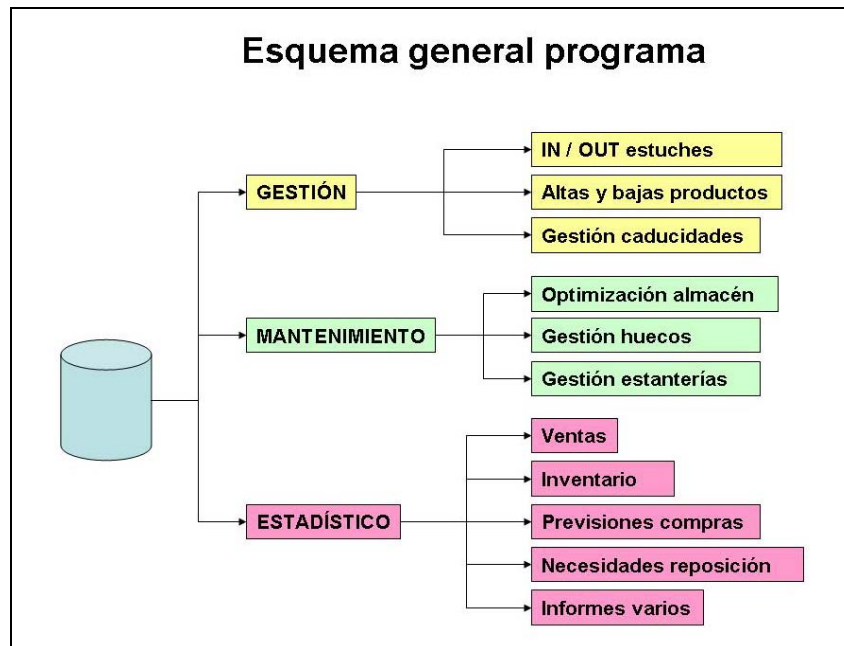


Figura 8-1

### 8.1 Introducción nuevo estuche en stock

Una vez realizada el alta del producto en el programa, ya se pueden realizar las entradas del mismo. Para ello se introducen los datos dimensionales, su identificación y se comparan con los huecos disponibles, escogiendo aquel hueco con volumen mínimo cuyas dimensiones pueda albergar el estuche.

Tal y como se indica en el algoritmo de la Fig. 8.1-1, para acelerar el proceso de selección del hueco, previamente a la comprobación de las dimensiones, se comprueba que los huecos seleccionados dispongan de volumen suficiente para albergar el estuche, descartando de este modo una gran cantidad de huecos cuyo volumen ya es inferior. Una vez comprobado que el hueco podría albergar por tamaño el estuche, se deben comprobar que todas las dimensiones del estuche son inferiores a las del espacio disponible. Finalmente se debe detectar que tipo de hueco (total o parcial) albergará el estuche ya que ello condicionará la ubicación del mismo.

En el caso de que no exista ningún espacio disponible, el sistema rechazará el producto, comunicando el colapso del almacén y devolviendo el estuche al usuario.

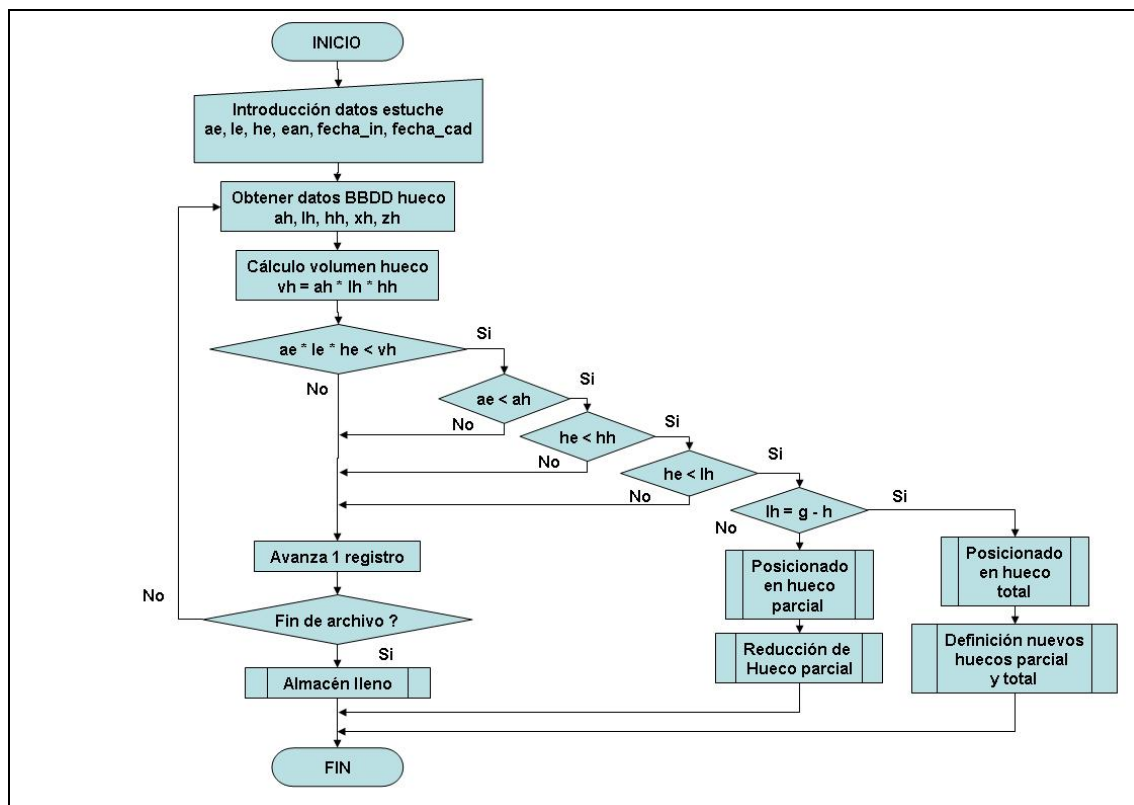


Figura 8.1-1

## 8.2 Posicionado estuche en hueco total

Tal y como se describió en apartados anteriores, el posicionado de un estuche en un hueco total se realiza ubicándolo en el extremo izquierdo para permitir una mejor distribución y posteriores aprovechamientos de los espacios.

Inicialmente se calculan las coordenadas de posición del estuche en función de sus dimensiones y de los datos del hueco, para posteriormente enviar los mismos al PLC (PCI virtual) y una vez haya sido confirmada la maniobra del brazo robot, se modifica la base de datos con los valores del nuevo estuche.

El algoritmo que calcula y reemplaza los datos en la BBDD es el indicado en la Fig. 8.2-1:

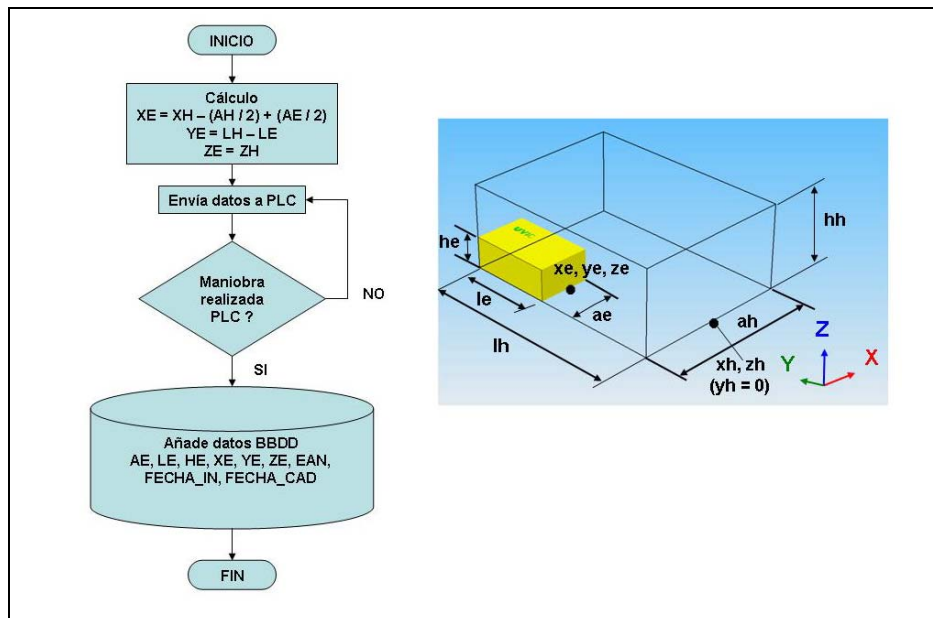


Figura 8.2-1

## 8.3 Posicionado estuche en hueco parcial

De forma análoga, pero teniendo en cuenta las particularidades del hueco parcial se calculan las coordenadas de la posición a colocar el nuevo estuche de acuerdo con el esquema de la Fig. 8.3-1.

En este caso éste se colocará en posición centrada con el hueco y lo más cerca posible al estuche existente, dejando todo el espacio disponible al frente de la estantería.

Una vez realizados los cálculos y confirmada la correcta maniobra del brazo robot, se modifica la base de datos insertando los nuevos valores.

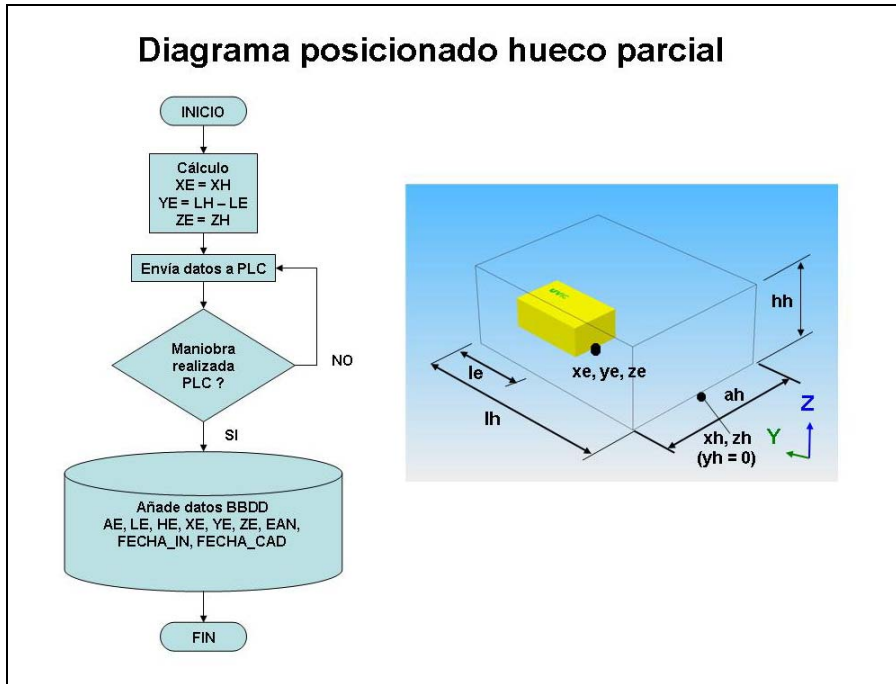


Figura 8.3-1

#### 8.4 Reducción de hueco parcial

El posicionado de un estuche en un hueco parcial comporta una modificación del espacio disponible apareciendo un nuevo hueco parcial pero con dimensiones reducidas. En la Fig. 8.4-1 se observa que los nuevos valores del hueco afectan únicamente al ancho  $ah$  y largo  $lh$  del mismo, las coordenadas  $xh$ ,  $zh$  y la altura del hueco permanecerán invariables.

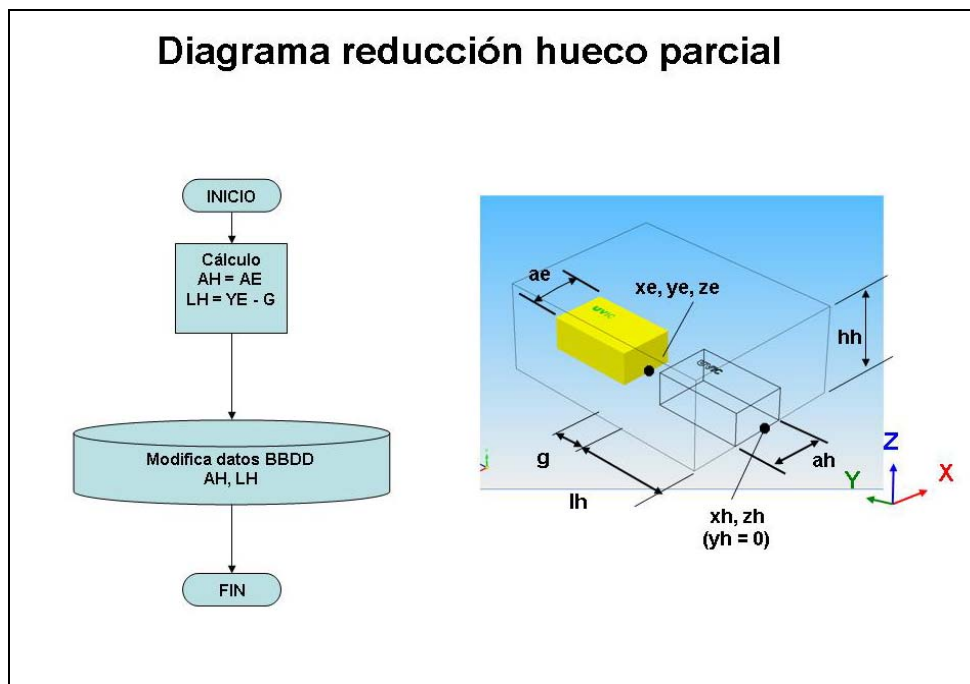
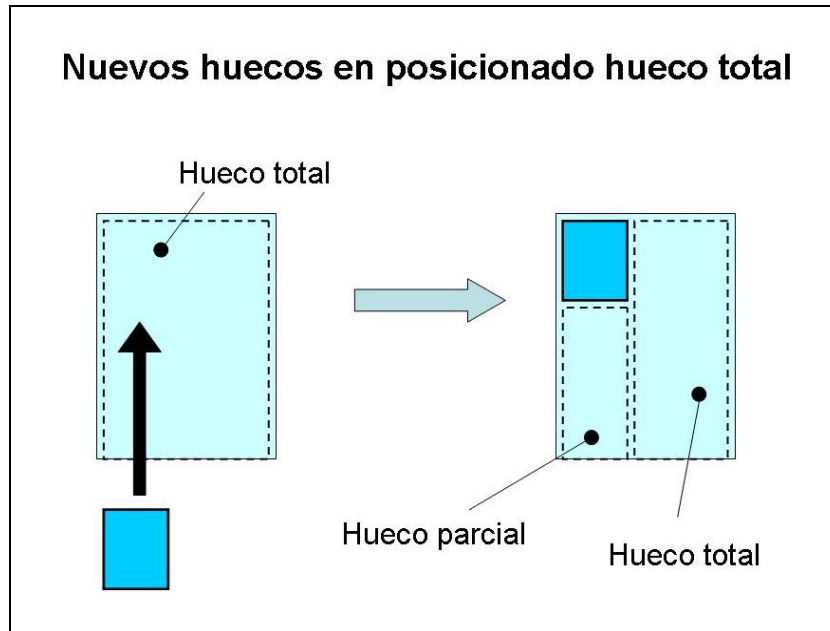


Figura 8.4-1

### 8.5 Definición nuevos huecos total y parcial

La incorporación de un estuche en un hueco total provoca la aparición de nuevos huecos: 1 total y 1 parcial. En la Fig. 8.5-1 se muestran los huecos obtenidos:



**Figura 8.5-1**

Una vez el estuche ha sido colocado en el almacén, deberá sustituirse el hueco total inicial por los 2 huecos nuevos aparecidos. Para ello deberán calcularse sus coordenadas de posición y su tamaño a partir del hueco inicial existente y del tamaño del estuche colocado:

El hueco total tienen  $x_0$  e  $y_0$  como coordenadas de su centro, y unas dimensiones de ancho  $a_0$  y longitud  $b_0$ .

De acuerdo con las expresiones de la Fig. 8.5-2 se obtienen las coordenadas y las dimensiones de los huecos obtenidos a partir de los datos del estuche introducido:

$x_2$  = Coordenada X del centro de hueco parcial.

$a_2, b_2$  = Dimensiones del hueco parcial (ancho x longitud)

$x_3$  = Coordenada X del centro de hueco total.

$a_3, b_3$  = Dimensiones del hueco total (ancho x longitud)

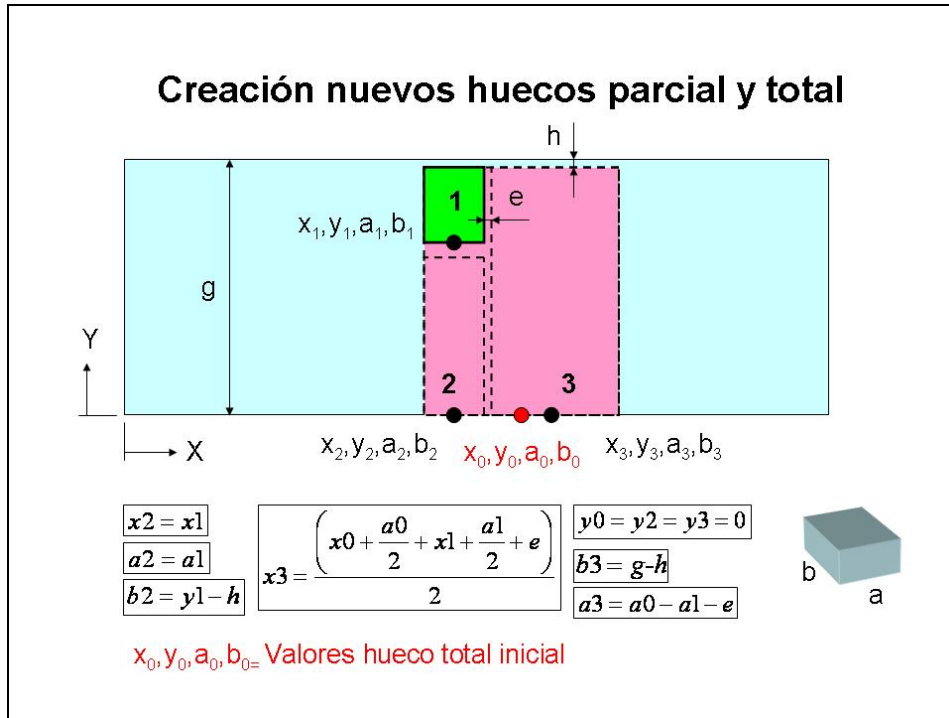


Figura 8.5-2

La creación de los nuevos huecos y eliminación del inicial viene definido por el algoritmo representado en la Fig. 8.5-3:

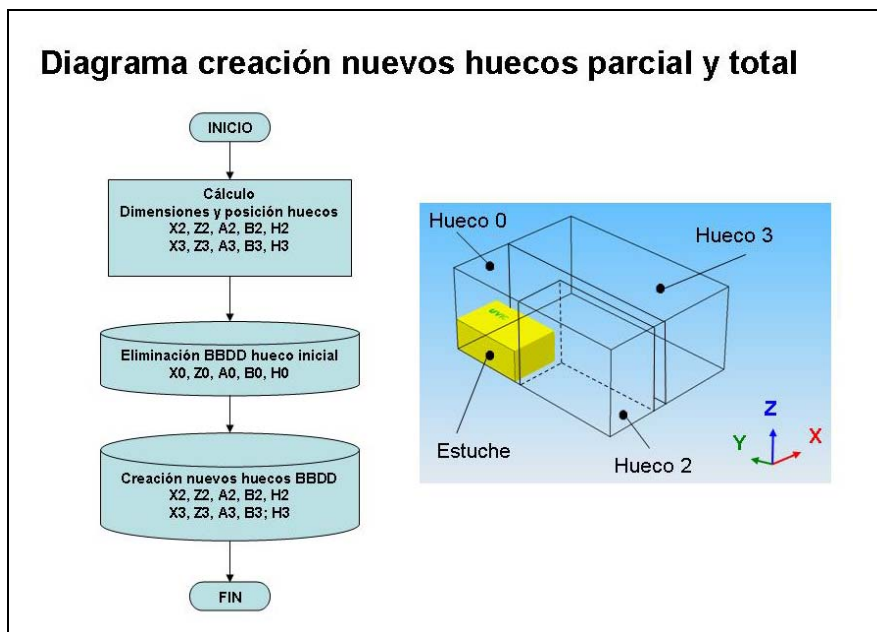


Figura 8.5-3

## 8.6 Descarga de un producto

Para extraer un producto del almacén debe comprobarse previamente si realmente existe stock del estuche solicitado, si existen estuches delante y



detrás de él y si el hueco que deja puede agruparse con huecos limítrofes existentes. La secuencia es la indicada en la Fig. 8.6-1:

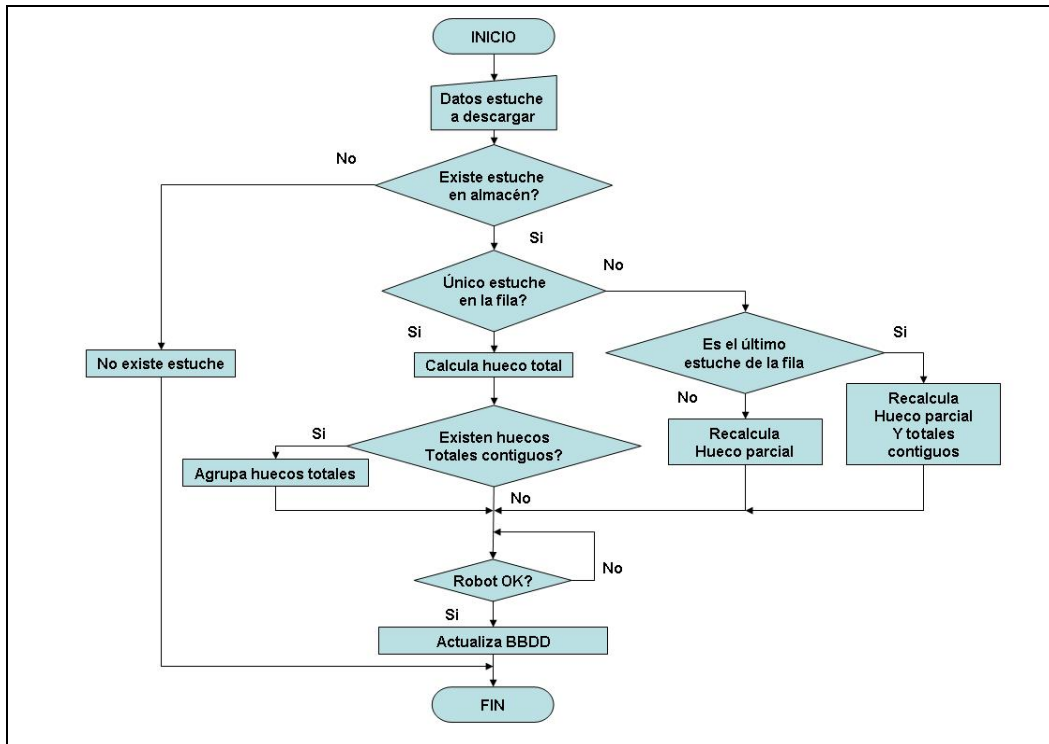


Figura 8.6-1

Finalmente, antes de actualizar la BBDD se debe verificar si el robot ha completado la maniobra completa asegurando de este modo que la información existente sobre los datos del almacén se corresponde con la realidad.

Existen 4 situaciones distintas que deben detectarse y aplicar las operaciones de cálculo correspondientes a cada una de ellas:

En el caso de que el estuche sea el único de su fila y no existan huecos totales contiguos, tal y como se muestra en la Fig. 8.6-2, al extraer el estuche no.6, aparecerá un nuevo hueco total con la anchura del estuche:

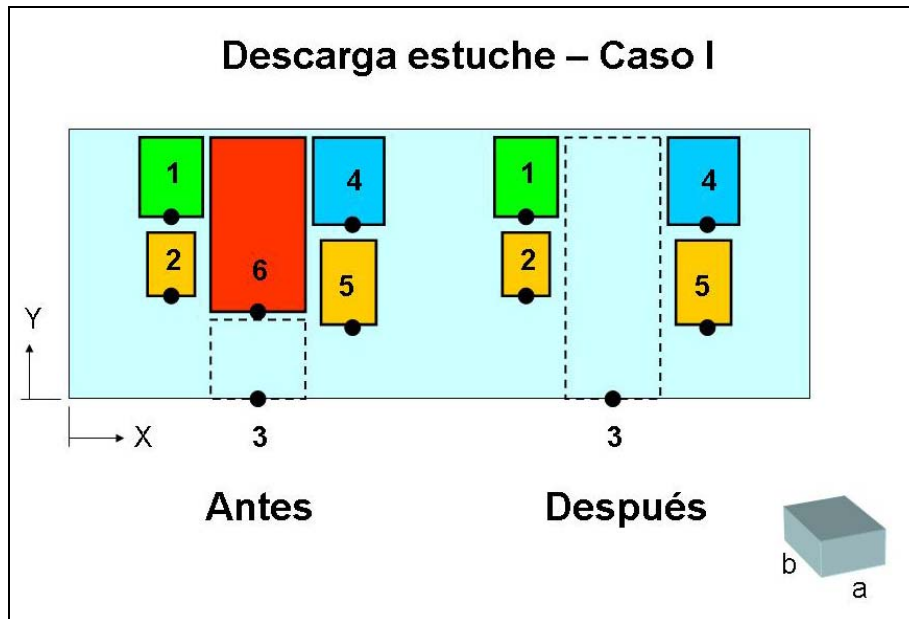


Figura 8.6-2

Otra posibilidad es la mostrada en la Fig. 8.6-3 y que requiere un nuevo algoritmo es cuando siendo único en la fila, el estuche dispone de un hueco total contiguo por lo cual, al extraer el envase aparecerían 2 huecos totales que deben ser agrupados.

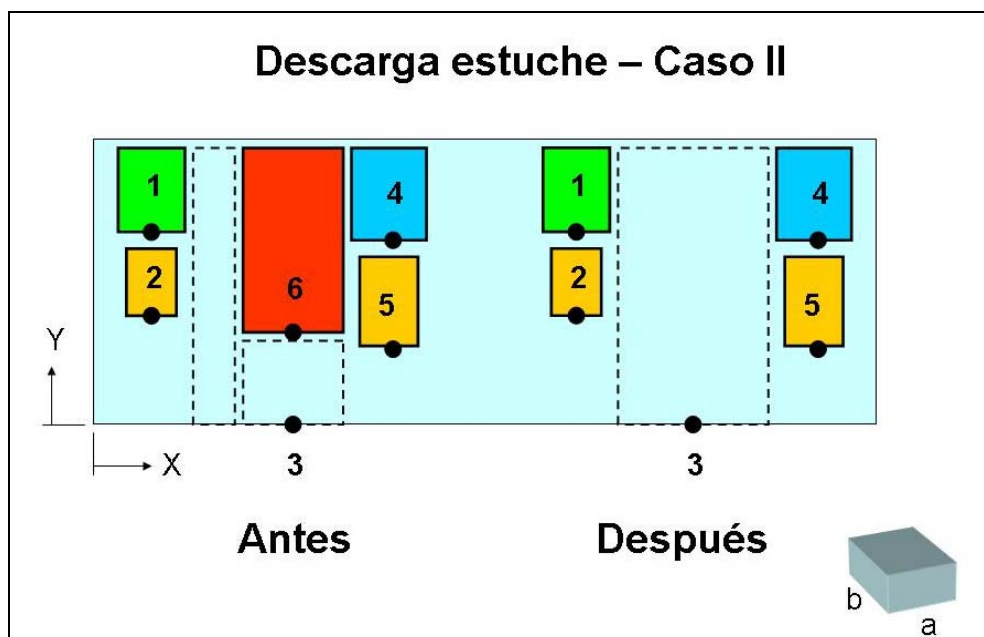


Figura 8.6-3

La tercera posibilidad es la indicada en la Fig. 8.6-4 y se presenta cuando en la fila del estuche a extraer existen otros productos y éste está ubicado en la última posición, el hueco parcial de la fila se modifica en profundidad y aparecen 2 huecos totales. Puede darse el caso que la aparición de 2 nuevos huecos totales obliguen a reagrupar huecos totales contiguos si existen.

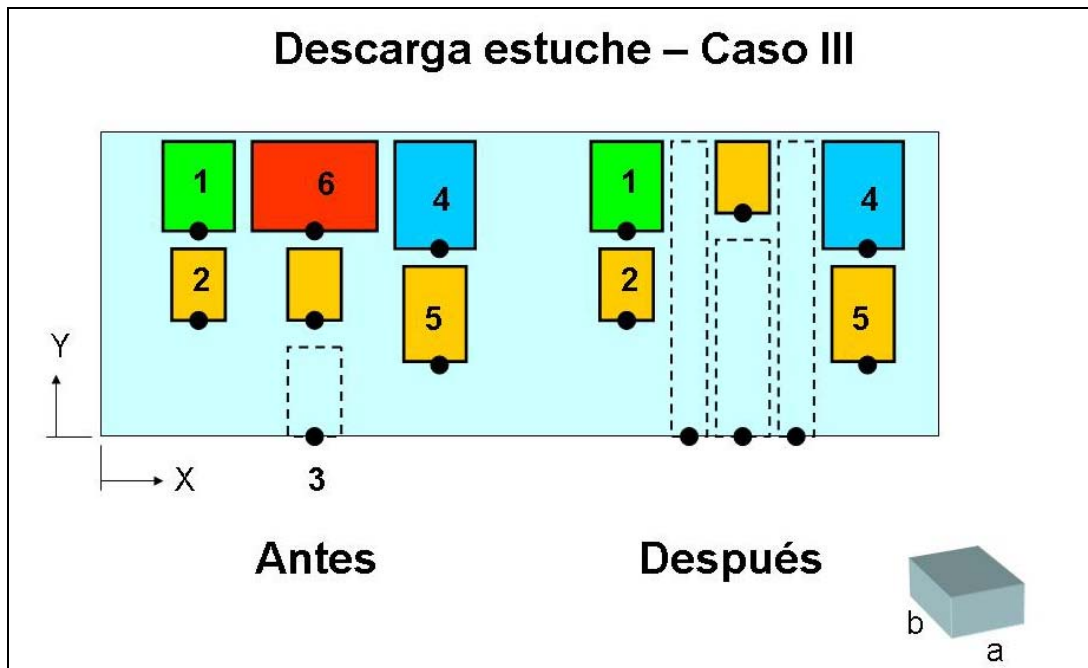


Figura 8.6-4

Finalmente, la Fig. 8.6-5 muestra el caso en el que el estuche no es único en la fila y además no está ubicado en la última posición, y por tanto sólo se modifica el hueco parcial de la fila:

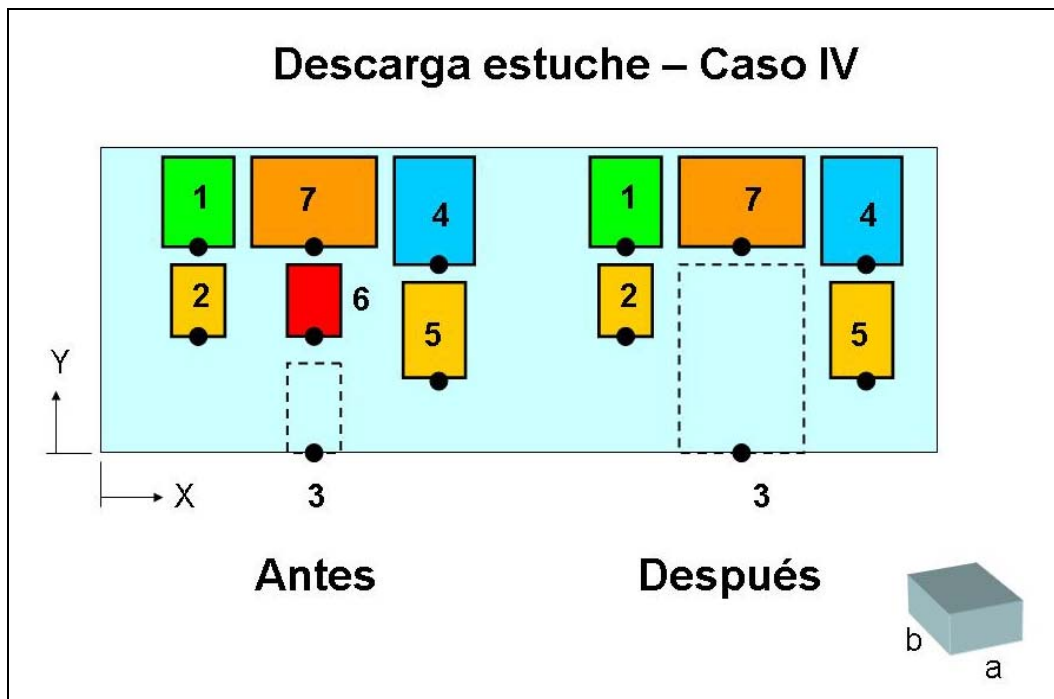


Figura 8.6-5

## 8.7 Optimización del almacén

Tal y como se ha descrito en el apartado 6.2.12, el proceso de optimización desplaza todos los estuches hacia la izquierda eliminando posibles huecos totales que por sus reducidas dimensiones en anchura no son útiles.

Para realizar la mejora del espacio, se procederá de la manera expuesta en la Fig. 8.7-1:

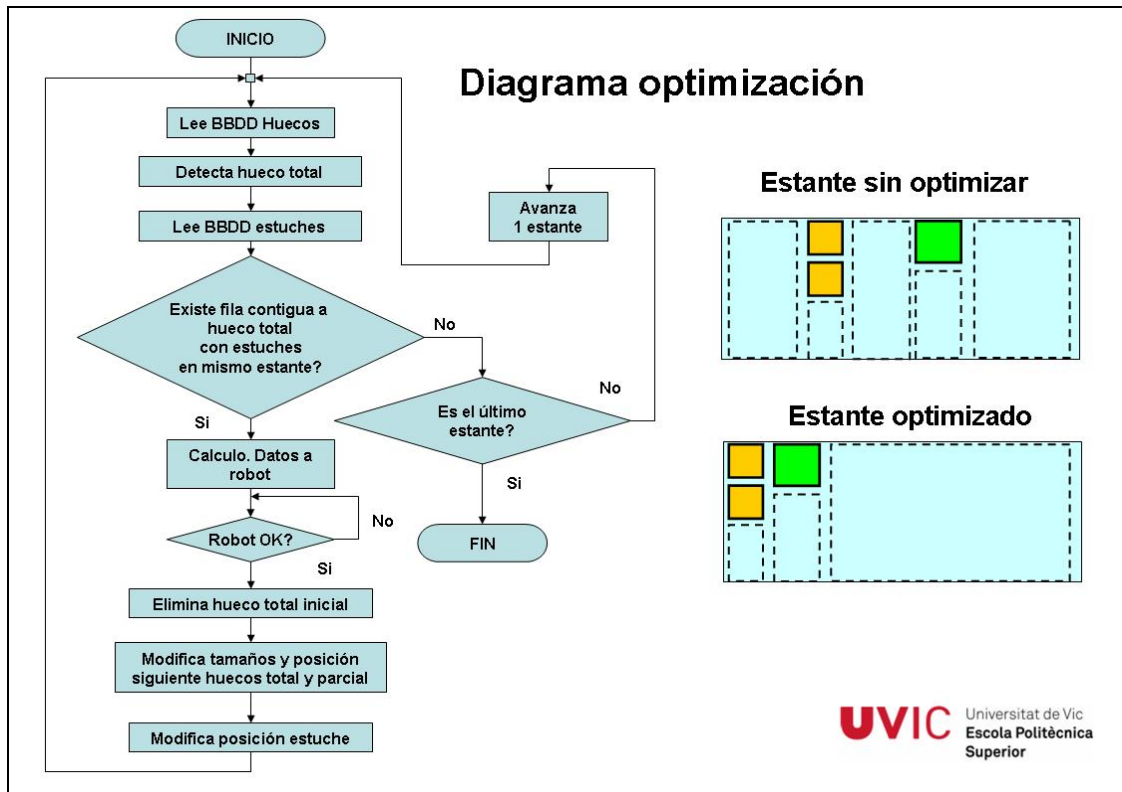


Figura 8.7-1

Se deberá de detectar un hueco total y una fila de estuches contiguos para empezar el proceso. Una vez comprobada la posibilidad de mejora, se calculará la posición de destino de los estuches en función de sus tamaños y de las dimensiones del hueco a eliminar: Se enviarán los datos al robot y completada la maniobra se modificarán las BBDD, eliminando el hueco total inicial, modificando el hueco total posterior y modificando la posición de los estuches. En la Fig. 8.7-1 se observa que los huecos parciales no cambian de tamaño, sólo de posición.

La maniobra descrita será realizada para cada hueco total, y recorriendo por completo todos los estantes del almacén.

## 9 BASE DE DATOS

La gestión del sistema deberá realizarse a través del programa informático con acceso a una base de datos.

Los datos referentes a las características de los productos almacenados deben ser procesados a través de un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) relacional de tipo servidor – cliente. La configuración esquematizada en la Fig. 9-1 permite poder operar con el dispensador desde varios terminales conectados en red.

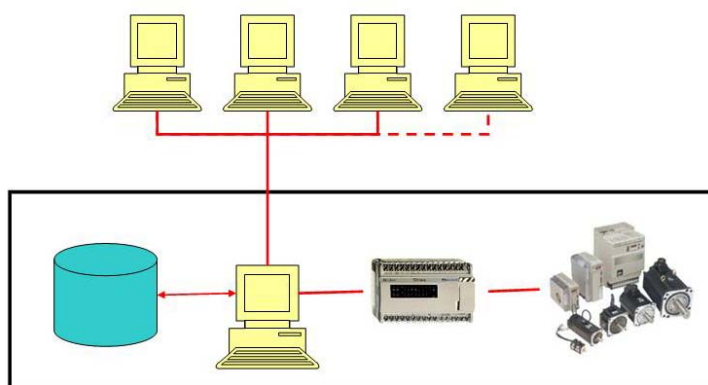


Figura 9-1

Se optaría por una base de datos MySQL que ofrece una buena combinación de rendimiento, precio y características, aunque sería válida cualquier base de datos de características similares. En este desarrollo se expresan algunas sentencias en lenguaje SQL para que puedan ser aplicadas a cualquier base de datos relacional que se desee.

En la BBDD se registrarán los datos referentes a:

- las características de los productos almacenados.
- las posiciones y dimensiones de los huecos disponibles.
- la posición que ocupan los estuches en el almacén.
- registro del historial de operaciones realizadas.

Para ello, se definen las siguientes tablas, con los campos, claves primarias y foráneas siguientes:

**producto** (id, ean, precio\_venta, precio\_compra, lote\_compra, stock\_min, denominación, nota)

**historial** (id, *ean*, fecha\_in, fecha\_out, precio\_coste, precio\_venta)

En la tabla historial se registran las fechas de entrada y salida del almacén, así como los precios de coste y venta en sus respectivas fechas.

**stock** (id, ean, ae, le, he, xe, ye, ze, fecha\_in, fecha\_cad, precio\_coste)

Donde los campo corresponden a los valores indicados en la Fig. 9-2

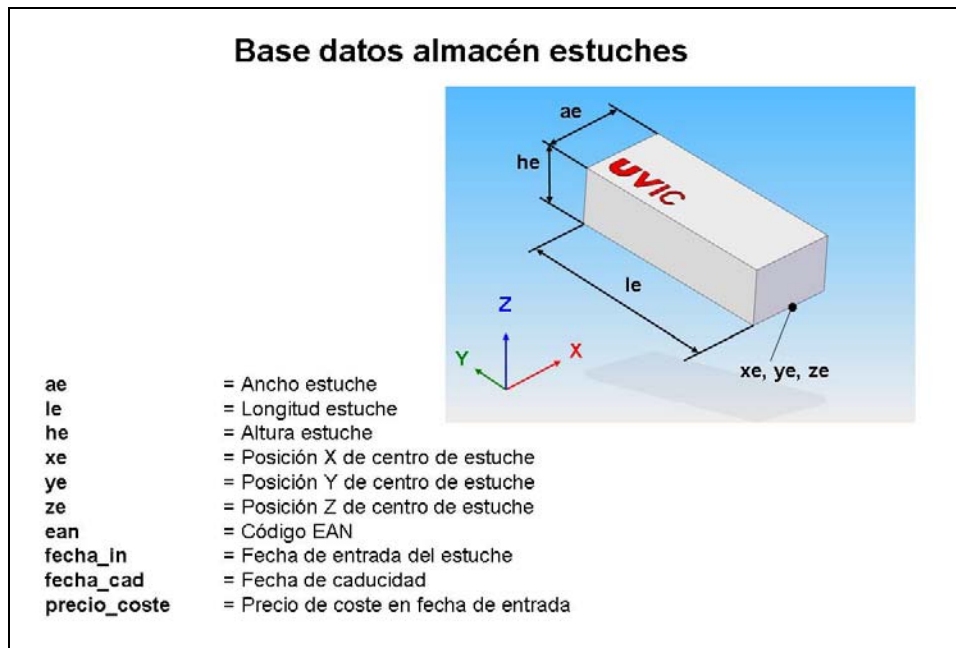


Figura 9-2

**huevo** (id, xh, zh, ah, lh, hh)

De forma análoga, los campos son los mostrados en la Fig. 9-3.

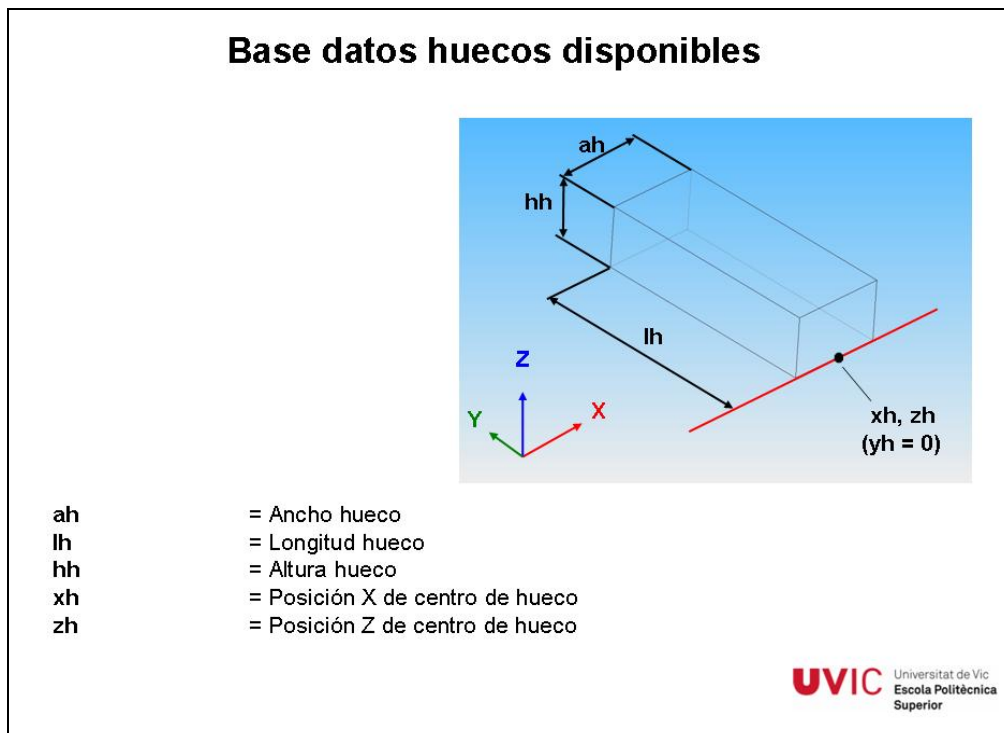


Figura 9-3

## 9.1 Modelo relacional

Las relaciones entre tablas vienen definidas en la Fig. 9.1-1:

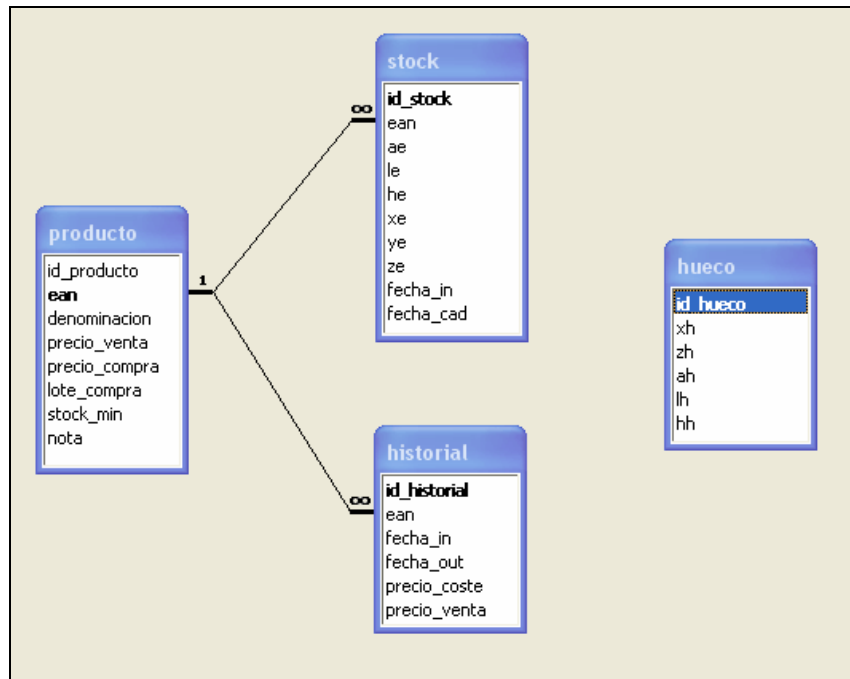


Figura 9.1-1

## 9.2 Sentencias SQL

En la base de datos se registran todas las operaciones que se realizan dentro del almacén y que pueden ser:

- Creación de las tablas
- Creación de tablas de seguridad.
- Definición de un estante
- Alta de un medicamento
- Baja de un medicamento
- Carga de un producto
- Descarga de un producto
- Descarga de productos caducados
- Optimización de almacén
- Creación de tabla con los huecos disponibles.

En los próximos apartados se describen algunas sentencias en lenguaje SQL necesarias para llevar a cabo estas operaciones.



### 9.2.1 Creación de tablas

Las sentencias en SQL necesarias para la creación de las tablas son las siguientes:

**producto** (id, ean, denominacion, precio\_venta, precio\_compra, lote\_compra, stock\_min, nota)

```
CREATE TABLE producto
  id_producto integer,
  ean integer,
  denominacion character(40),
  precio_venta real,
  precio_compra real,
  lote_compra int,
  stock_min int,
  nota character(40))
```

**historial** (id, ean, fecha\_in, fecha\_out, precio\_coste, precio\_venta)

```
CREATE TABLE historial
  (id_historial integer,
  ean integer,
  fecha_in date,
  fecha_out date,
  precio_coste real,
  precio_venta real)
```

**stock** (id, ean, ae, le, he, xe, ye, ze, fecha\_in, fecha\_cad, precio\_coste)

```
CREATE TABLE stock
  (id_stock integer,
  ean integer,
  ae integer,
  le integer,
  he integer,
  xe integer,
  ye integer,
  ze integer,
```

```
fecha_in date,  
fecha_cad date,  
precio_coste real)
```

**hueco** (id, xh, zh, ah, lh, hh)

```
CREATE TABLE hueco  
(id_hueco integer,  
xh integer,  
zh integer,  
ah integer,  
lh integer,  
hh integer)
```

### 9.2.2 Creación de tablas de seguridad

Antes de cualquier cambio debido a operaciones realizadas, se procederá a realizar una copia íntegra de las tablas. Mediante esta operación se asegura que ante cualquier eventualidad (corte de suministro eléctrico, avería, etc.), se pueda recuperar la información hasta un paso anterior al realizado. Esta copia podría ser realizada de varias maneras: a través de SQL, del sistema operativo (se supone que más rápida), etc... De cada método de copia deberán valorarse varios aspectos como son la velocidad, la seguridad y la facilidad de restauración.

### 9.2.3 Definición de estantería

El almacén dispone de estantes móviles cuya disposición puede ser modificada en función de las necesidades dimensionales de los estuches a ubicar.

Para ello, una vez situadas físicamente las estanterías, sus dimensiones y situaciones deben ser proporcionadas al sistema. Se deben definir las tuplas correspondiente a la tabla de huecos correspondientes a la anchura, profundidad y la altura de cada estante tal y como se indica en la Fig. 9.2.3-1:

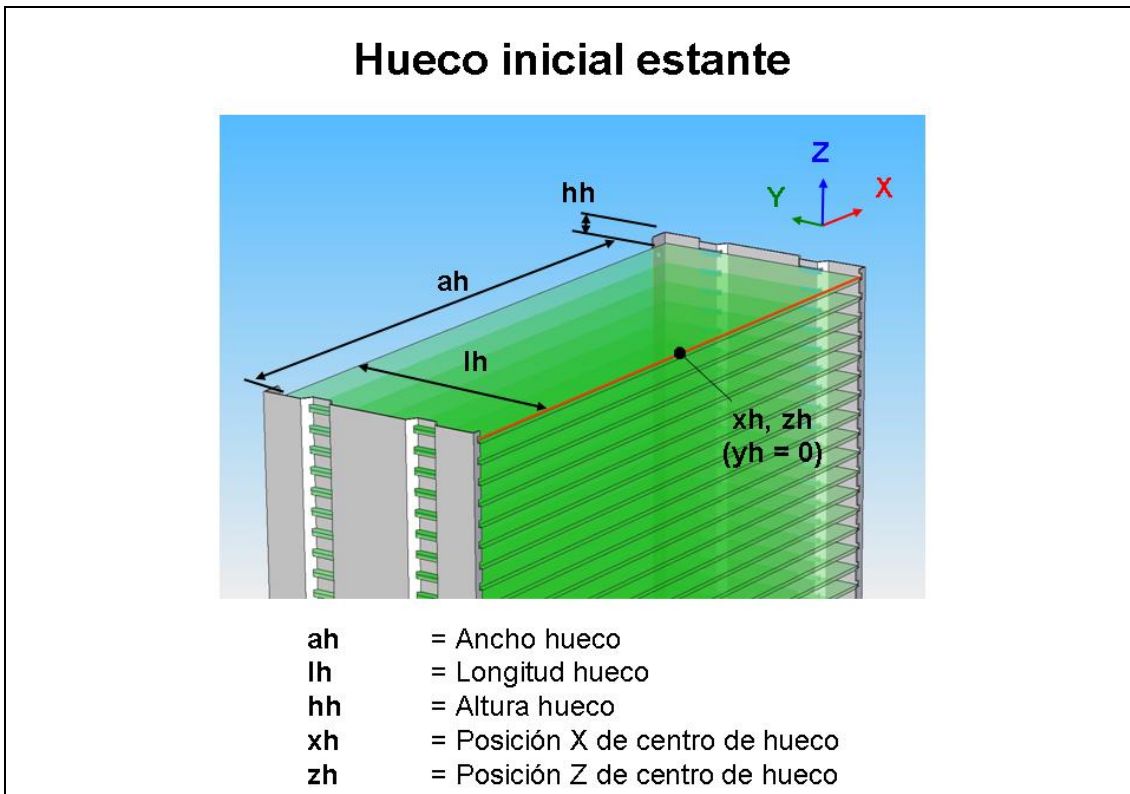


Figura 9.2.3-1

Mediante sentencia SQL:

*Ejemplo:*

Estantes de 1 m. con ancho útil de 950 mm., profundidad 350 mm. situados cada 30 mm. de altura, con altura útil de 22 mm. y pertenecientes a la primera columna de estantería.

```

INSERT INTO hueco VALUES ( 1, 500, 200, 950, 350, 22)
INSERT INTO hueco VALUES ( 1, 500, 230, 950, 350, 22)
INSERT INTO hueco VALUES ( 1, 500, 260, 950, 350, 22)
INSERT INTO hueco VALUES ( 1, 500, 290, 950, 350, 22)
INSERT INTO hueco VALUES ( 1, 500, 320, 950, 350, 22)
INSERT INTO hueco VALUES ( 1, 500, 350, 950, 350, 22)
INSERT INTO hueco VALUES ( 1, 500, 380, 950, 350, 22)

```

...

Una vez iniciada la colocación de estuches en el almacén todos estos valores serán automáticamente modificados contemplando los nuevos espacios disponibles.

#### 9.2.4 Alta de un medicamento

El alta de un medicamento se supone que podrá realizarse inicialmente de forma masiva mediante una actualización total de la base de datos.

Para altas esporádicas el sistema debe permitir añadir tuplas a la tabla **producto** utilizando una secuencia parecida a la siguiente.

*Ejemplo:* Alta de medicamento DIPROGENTA Crema 30 g. con EAN No. 8470007458517, PVP 9,95 €, precio compra 3 €, lote de compra de 5 und. y que con un stock min. de 2 und.

```
INSERT INTO producto
VALUES (1, 8470007458517, "Diprogenta Crema 30 g.",
9.95, 3, 5, 2, "")
```

#### 9.2.5 Baja de un medicamento

De forma análoga se elimina una referencia de la base de datos mediante la expresión:

```
DELETE FROM producto
WHERE denominacion = "Diprogenta Crema 30 g."
```

#### 9.2.6 Entrada de un producto.

Para poder realizar la entrada de un medicamento al almacén, éste debe haber sido dado de alta previamente y poder enlazar su código EAN a los datos de entrada como son sus dimensiones, sus precios y la localización asociada al almacén.

La sentencia en SQL sería aprox. como este ejemplo:

Entrada en almacén de 1 unidad de Diprogenta Crema 30 gr. Con dimensiones de 37x138x27 mm (AxLxH) con fecha de entrada el 02.04.08 y fecha de caducidad de 01.09.11 y precio de coste de 3 €

```
INSERT INTO stock
VALUES (1, 8470007458517, 37, 138, 27, "", "",
", "02.04.08", "01.09.11", 3)
```

Inicialmente sólo registramos los datos esenciales, en la siguiente fase se define la posición asignada por el sistema.

### 9.2.7 Asignación posición estuche en almacén.

Una vez introducido el producto, el sistema debe comprobar la existencia de huecos aptos para ubicar el estuche, escogiendo el de menor tamaño.

Previamente se calculará el volumen que ocupa el estuche y se comparará con el volumen de los huecos disponibles y con sus dimensiones.

*Ejemplo:* Determinación de la posición x, z del hueco más idóneo para albergar un estuche de dimensiones 150 x 30 x 25 mm.

```
SELECT xh, zh
FROM hueco
WHERE lh*ah*hh > 150*30*25
AND min(lh*ah*hh)
AND lh>150
AND ah>30
AND hh>25
```

### 9.2.8 Descarga de un producto

La solicitud de un producto debe realizarse mediante la definición de 2 campos: el código EAN y la cantidad a suministrar. Se seleccionaran los envases que coincidan con el código EAN, en la cantidad deseada y por orden de más pronta caducidad.

*Ejemplos:*

Comprobación de cantidad de estuches disponibles de producto con código EAN 8470007458517.

```
SELECT count (*)
FROM stock
WHERE ean = "8470007458517"
```

Posición donde se halla el estuche seleccionado con la fecha de caducidad más próxima.

```
SELECT EAN, xe, ye, ze, fecha_cad
FROM stock
WHERE ean = "8470007458517"
AND min(fecha_cad)
```

Una vez confirmada la descarga, se deberá actualizar la tabla stock, eliminando el registro del estuche extraído y añadiendo el hueco dejado por el estuche de forma análoga a como se han definido las estanterías.

### **9.2.9 Consulta y descarga de productos caducados**

Para poder gestionar correctamente las caducidades, estas deben ser comprobadas diariamente al inicio de la jornada teniendo en cuenta el tiempo mínimo restante hasta la caducidad. Este valor puede ser definido por el usuario en cada consulta, y en su defecto se considera como 1 mes.

Se consulta la base datos y se genera un pedido de descarga con los estuches seleccionados.

Para seleccionar los productos con fecha de caducidad vencida, determinando su código EAN y su posición X, Y, Z:

```
SELECT ean, xe, ye, ze
FROM stock
WHERE fecha_cad < current_date()
```

### **9.2.10 Optimización de almacén**

Tal y como se ha comentado en el apartado 6.2.12, la optimización de almacén puede ser realizada de forma manual o programada. En cada optimización se deben recalcular las posiciones de aquellos estuches que se hallen separados en una cantidad de coordenada X superior al mínimo predefinido, o explicitado de otra forma deben detectarse los huecos totales.

*Ejemplo:*

Comprobación de la existencia de un hueco total (posibilidad de mejora), describiendo su posición y su tamaño

```
SELECT xh, zh, ah, lh, hh
FROM hueco
WHERE lh = 350
```

## 10 METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN

Para diseñar, organizar y poder interpretar la automatización del proceso se ha recurrido a su representación en un modelo que permita definir un sistema de control reactivo (la mayoría de sistemas de control que utilizan PLC). Estos sistemas interactúan constantemente con el entorno exterior en tiempo real y los modelos basados en transiciones de estados son los más adecuados.

Existen varios tipos de modelos basados en transiciones, y se ha optado por utilizar el que ofrece mayor flexibilidad, facilidad de representación de procesos concurrentes y menor cantidad de reglas sintácticas: las redes de Petri.

### 10.1 Redes de Petri

Una red de Petri es un grafo con 2 tipos de nodos: *estados* y *transiciones*, conectados entre sí por arcos. Los estados se representan por círculos, y se utilizan para indicar las diferentes acciones asociadas (en la fig.10-1 existen dos estados: 1 y 2). Las redes de Petri utilizan un paso de testimonio (*token*) para indicar el estado activo.

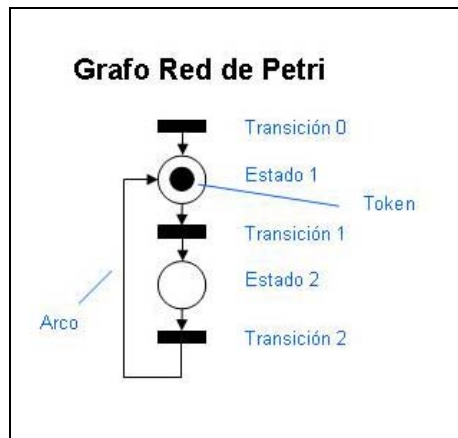


Figura 10.1-1

Las transiciones se representan gráficamente por rectángulos y modelan las condiciones que permiten al proceso pasar de un estado a otro. Estas pueden estar activadas o desactivadas dependiendo de si cada uno de los estados conectados a su entrada contiene un testimonio.



## 10.2 Procesos del sistema dispensador

La estructura general del almacén vendrá determinada por los procesos generales representados en la fig.10.2-1, y en donde se indican las relaciones entre ellos a través de la interactividad del usuario o de los errores detectados.

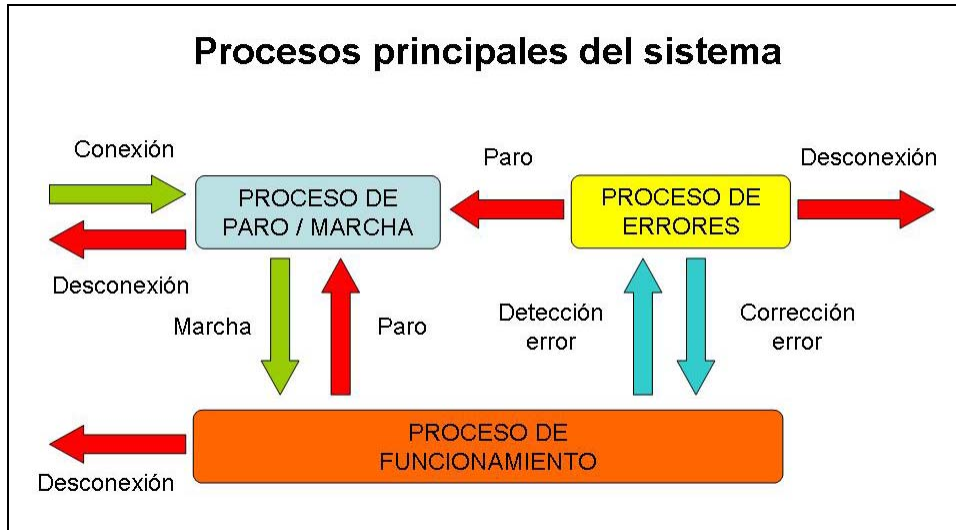


Figura 10.2-1

### 10.2.1 Condiciones iniciales

Antes de iniciar todos los procesos, el sistema comprueba que todos los dispositivos se hallan en su posición de reposo y que sus movimientos son correctos, con el objetivo de evitar posibles accidentes o daños en la instalación y/o productos.

Para ello se accionaran los actuadores de acuerdo con la Fig. 10.2.1-1 y en el orden siguiente:

- comprobación seguridades cerradas
- movimiento Y de las pinzas en posición retraída.
- Pinzas cerradas
- Giro de pinzas en ángulo 0°
- Eje X en posición de reset.
- Eje Z en posición de reset.

Una vez chequeada las posiciones iniciales se procederá a realizar los movimientos de cada actuador para verificar su correcto funcionamiento



### 10.2.2 Paro – Marcha

En la figura 10.2.2-1 se representa el control de marcha/paro del sistema, destacando que este será un proceso concurrente con los demás procesos y estará integrado dentro del proceso de paro.

Su función es interaccionar con el proceso de funcionamiento para controlar el modo de parada.

Una vez comprobadas y cumplidas las condiciones de entrada, el sistema se halla en el estado de Paro y disponible para poner en estado de Marcha a través de la condición de Pulsador de Marcha. A través del pulsador de paro se vuelve al estado inicial.

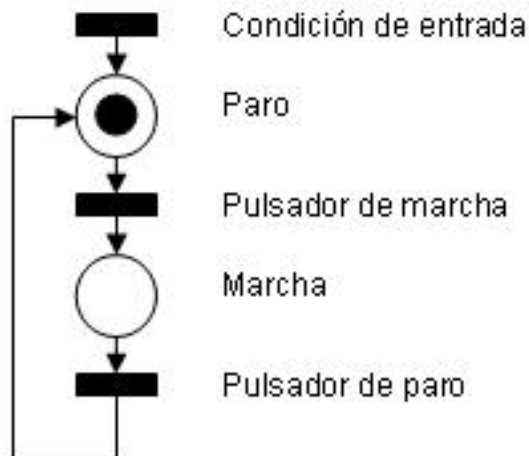


Figura 10.2.2-1

### 10.2.3 Cinta de entrada

La cinta de alimentación se halla en estado de entrada hasta que han sido comprobadas las condiciones iniciales. Tal y como representa la fig. 10.2.3-1, una vez ha sido puesto en marcha el sistema, se activa el lector de código de barras para poder realizar la lectura y realizar la carga manual del estuche en la cinta. Las mediciones del estuche son realizadas después de que la cinta se haya puesto en movimiento.

Después de comprobar que los datos han sido recibidos por el PC, se vuelve al estado de cinta parada.

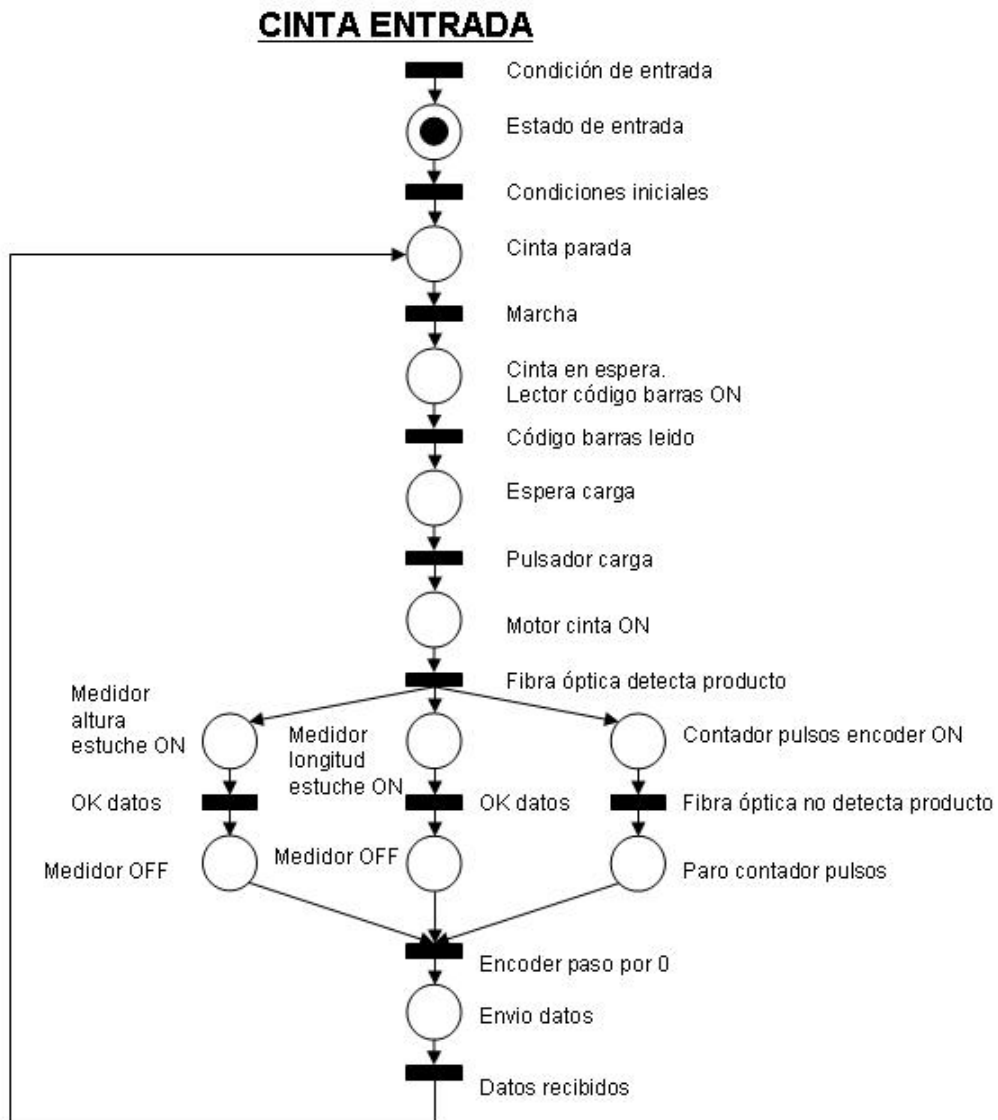


Figura 10.2.3-1

#### **10.2.4 Carga de producto**

El algoritmo de carga de producto de la Fig. 10.2.4-1 agrupa todas las operaciones a realizar desde la captura de un estuche de la cinta de entrada hasta su colocación en el estante. Estas operaciones son realizadas de forma independiente a las de entrada de producto a través de la cinta, y por tanto no provoca esperas de introducción de estuches debidas al funcionamiento del robot.

Una vez puesto en marcha el sistema y confirmado que se han recibido datos para ubicar el estuche, los actuadores avanzan hasta la posición de recogida en la cinta, pinzando el envase. El sistema de pinzas se recoge encima de la plataforma y una vez comprobado que estas ya se hallan en su posición retraída, empieza a realizarse el transporte hasta el estante seleccionado. Los servomotores comprueban que han llegado a su posición de destino y avanzan las pinzas hasta la posición Y establecida.

Situado el estuche, las pinzas se abren 5 mm. para permitir soltar el envase, retroceden hasta comprobar que se hallan encima de la plataforma sin interferir con los estantes, y deja el robot en su estado inicial pero sin moverse de la ubicación actual quedando a la espera de nuevas instrucciones.

Se opta por no mover el robot una vez finalizada la carga ya que este puede realizar tanto funciones de carga como de descarga y por tanto podría darse el caso de que realizara movimientos completamente improductivos.

### CARGA DE PRODUCTO

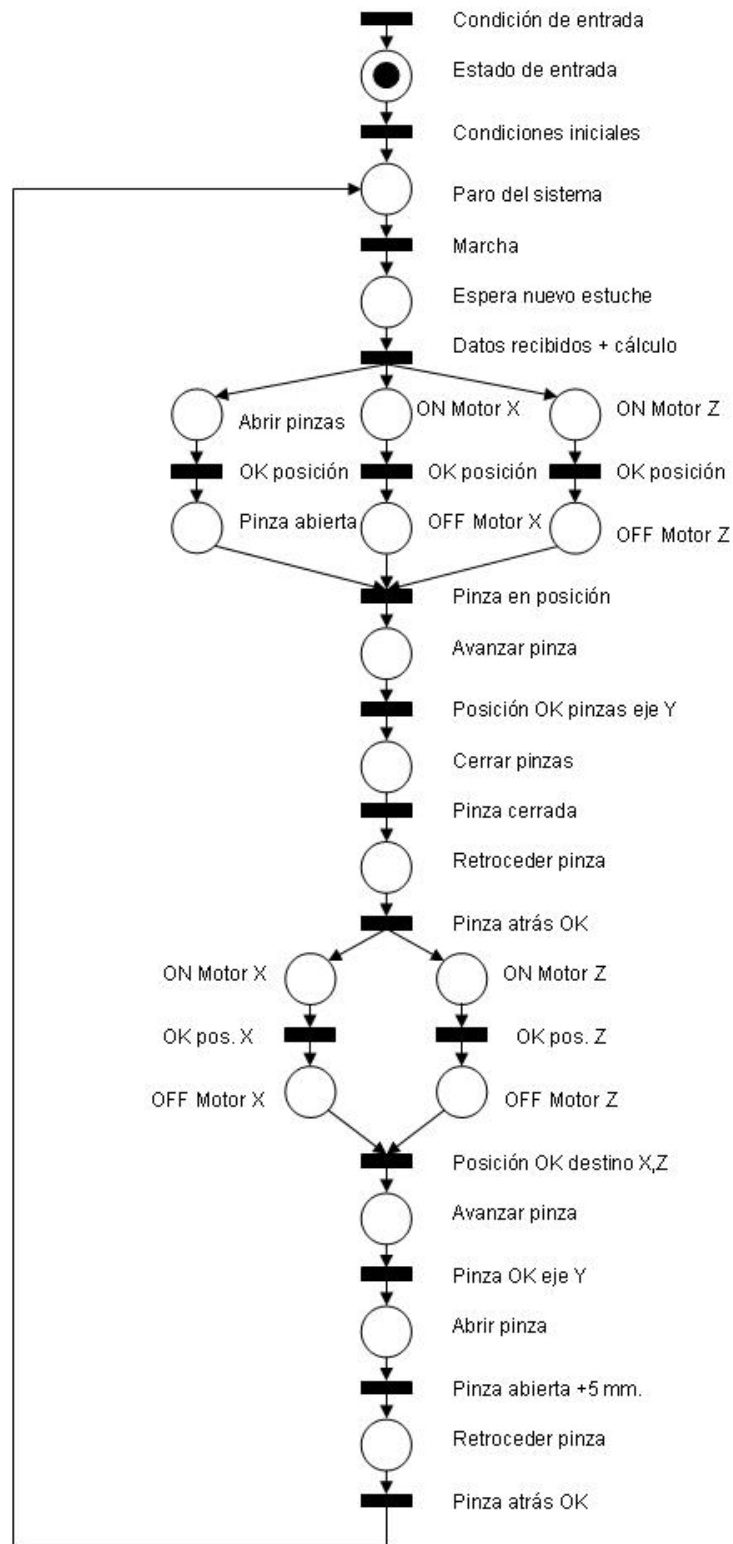


Figura 10.2.4-1



Para realizar la descarga del producto, el robot ha de hallarse inicialmente en estado de espera y una vez recibidos los datos de coordenadas, se accionarán los motores correspondientes hasta alcanzar el estante donde se halla el estuche.

Las pinzas se abrirán unos 5 mm. más que el ancho del estuche determinado por la BBDD y acto seguido avanzarán hasta alcanzar el estuche. El avance de las pinzas debe realizarse de manera que alcancen por completo el estuche, es decir, a la coordenada Y del centro del estuche se le debe añadir la longitud del mismo. Verificada la posición correcta de las pinzas, estas se cierran y retroceden hasta depositar el estuche encima de la plataforma, desplazándola posteriormente hasta la rampa de salida. De nuevo las pinzas avanzan y se abren unos 5 mm. para entregar el producto.

Debe tenerse en cuenta que la descarga de un estuche ubicado por detrás de otros requiere descargar por completo la plataforma antes de volver al estado inicial. El estuche seleccionado es descargado de inmediato, y una vez depositado se realiza el proceso concurrente de vaciar pinza (Ver apartado 10.2.6)

#### **10.2.6 Vaciar pinza**

La necesidad de captura de un estuche situado en la parte posterior del estante con estuches situados por delante mediante sistema FIFO, provoca la necesidad de capturar múltiples envases, descargando el estuche indicado y volviendo a situar los estuches anteriores en el estante. Para ello, y tal como se grafica en la Fig. 10.2.6-1, una vez descargado el estuche – objetivo, las pinzas se cierran y avanzan para colocar los estuches existentes en la posición correcta para permitir la colocación en el estante.

Una vez realizada la descarga del producto a la rampa de salida, el sistema comprueba si existen más estuches ubicados encima de la plataforma. En caso afirmativo, las pinzas se cierran y transportan el estuche hasta el extremo frontal de la plataforma verificando su correcta posición a través de una fotocélula. A continuación el proceso continua re-situando el estuche en las mismas coordenadas X,Z donde se hallaba pero ocupando el hueco dejado por el estuche previamente extraído. Este proceso se repite tantas veces como



estuches hayan sido depositados encima de la plataforma y una vez verificado que no existen más estuches el proceso queda en estado de espera.

Este proceso está incluido en la descarga de producto

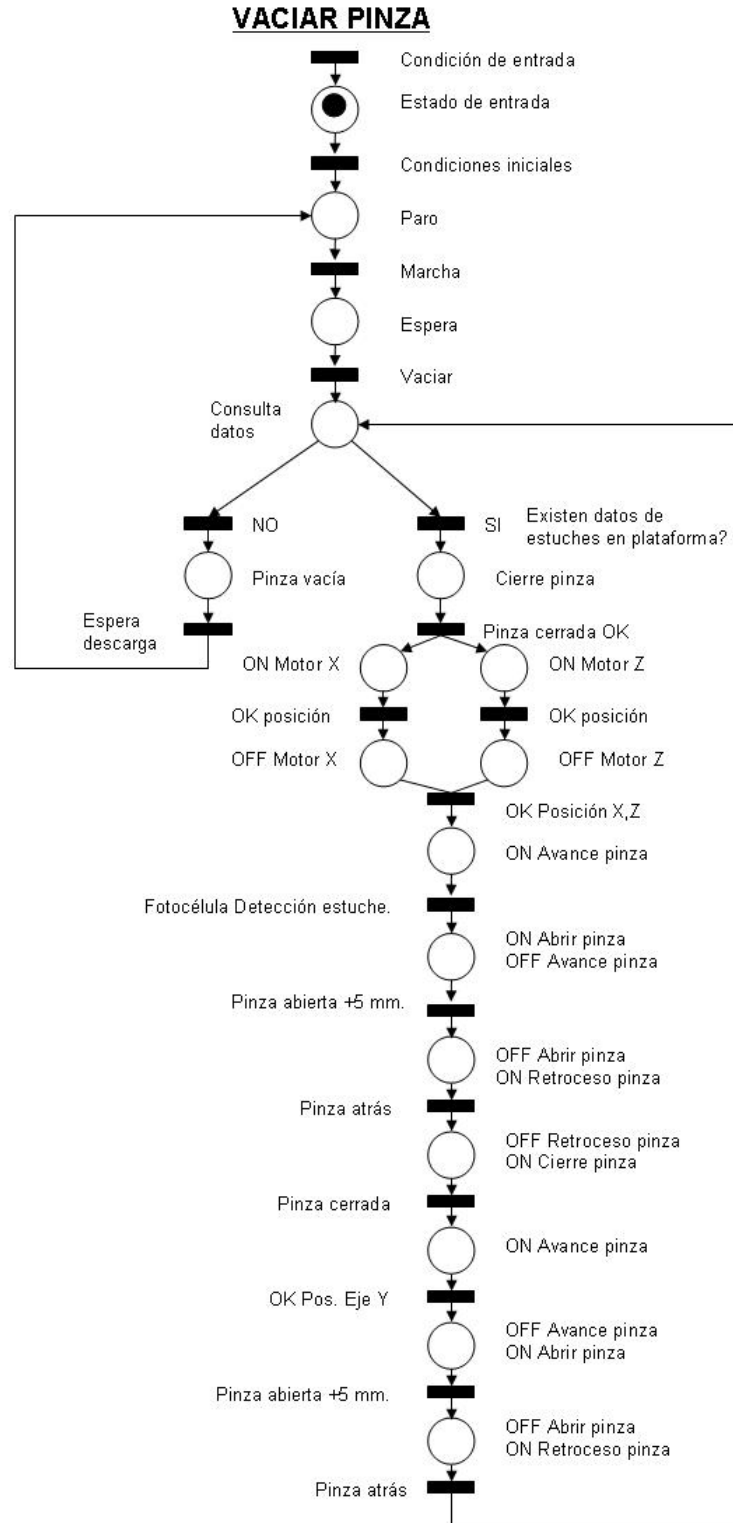


Figura 10.2.6-1

### 10.2.7 Optimización almacén

Para proceder a la optimización del almacén, los estuches deben ser desplazados hacia la izquierda hasta la distancia mínima al estuche contiguo.

Para ello se recurrirá al algoritmo de la Fig. 10.2.7-1 el cual aplica concurrentemente el de vaciado de pinza. Esta operación es realizada en cada estante y se recorre el almacén completo.

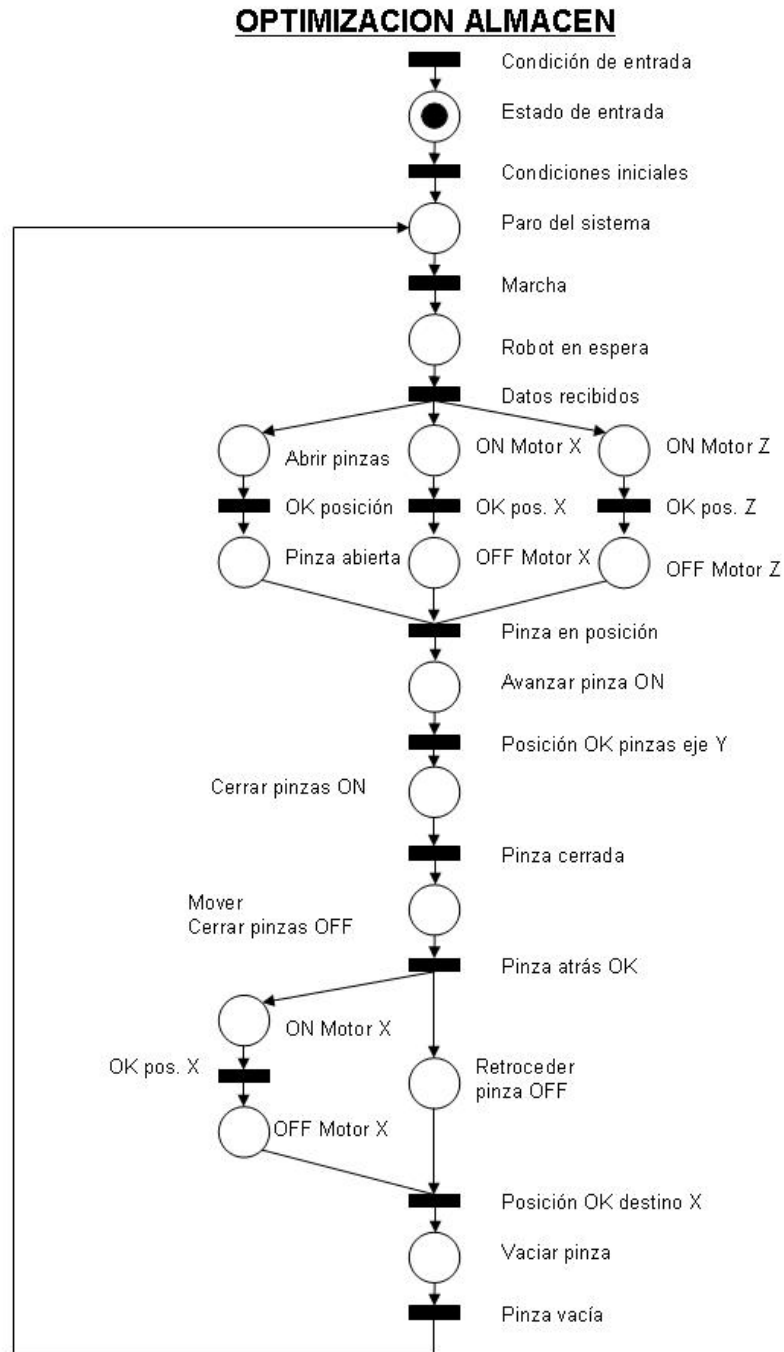


Figura 10.2.7-1

Debido a las características constructivas del mecanismo, se considera necesario extraer por completo los estuches, desplazar la plataforma y volver a colocar los mismos en la posición correcta tal y como se indica en la Fig. 10.2.7-2.

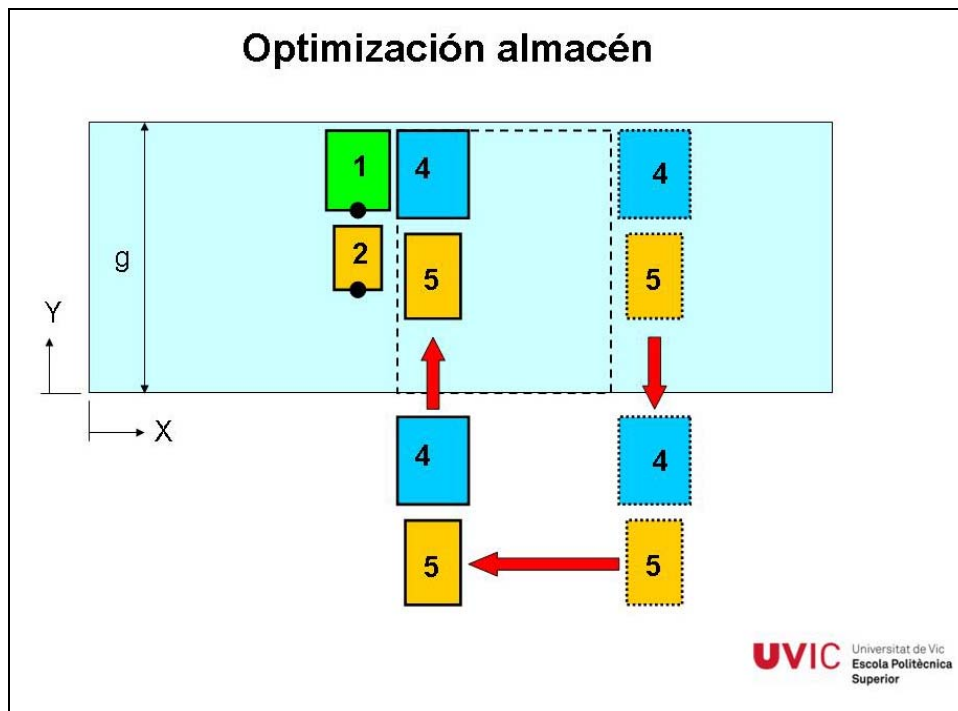


Figura 10.2.7-2

### 10.2.8 Gestión de errores

En el proceso de errores se incluirán todos los procesos que controlan los errores que pueden producirse en el proceso de producción en lo que se refiere al automatismo. Existen 2 tipos de errores, los recuperables y los no recuperables, es decir los que se solucionan ellos mismos y puede continuar el proceso y los requieren parar el proceso de funcionamiento y reiniciar.

En este proyecto se presuponen como errores, los de tipo falta de detección, no visualización de fotocélulas, motor no accionado, servomotores con mucha sollicitación, etc., por tanto todo errores no recuperables y que requerirán una intervención del usuario.

Cabe destacar que este control será un proceso concurrente con los demás procesos existentes.

## 11 ESTUDIO ECONOMICO

### 11.1 Presupuesto del proyecto.

A efectos de contabilización, se considera que el almacén dispensador no se trata de una instalación única, sino que se establece que se producirán unas 10 unidades, por lo que el coste del proyecto se repercutirá proporcionalmente en estas unidades.

Una repercusión total del proyecto en una sola unidad la convertiría en inviable económicamente teniendo en cuenta que ya existen productos similares implantados en el mercado y cuyas producciones semi-seriadas les permite ofrecer un precio competitivo.

Para una mejor visualización de los costes que intervienen se distinguen varios tipos:

- Costes de ingeniería: Incluye todos los costes de los recursos tanto humanos como materiales que intervienen en la concepción y desarrollo del sistema. En este apartado se incluyen el diseño mecánico, diseño eléctrico, la programación y los costes asociados de los recursos utilizados como pueden ser materiales, licencias de soft, desplazamientos etc. Al tratarse de un proyecto para fabricación de 10 unidades, su coste tiene una repercusión del 10% a aplicar al coste unitario del sistema.
- Costes de componentes: Incluye los costes directos de todos los componentes tanto standard como fabricados. T

El coste de mantenimiento y asistencia técnica anual se cifra en un 5% aprox. del coste total de la instalación. Incluye actualizaciones de software, mantenimiento de base de datos, chequeos y recambios de componentes sujetos a posibles desgastes.

En la tabla adjunta se contabilizan todos los conceptos con sus valoraciones, y su repercusión en una unidad de instalación.

Pos.	Grupo	Cant.	Descripción	% Repercusión / und.	Coste / Und.	Coste Total
1	MECANICA	1	Estructura	100	3000	3000
2		1	Soporte estantes	100	1000	1000
3		1	Conjunto estanterias	100	2000	2000
4		1	Protecciones	100	1500	1500
5		1	Cinta	100	2000	2000
6		2	Ejes lineales X,Y	100	1800	3600
7		1	Plataforma	100	1000	1000
8		1	Pinza	100	2000	2000
9		1	Varios	100	2000	2000
10						
11	ELECTRO	2	Servomotores + drivers	100	800	1600
12		1	Total Actuadores	100	2000	2000
13		1	Total Detectores	100	5000	5000
14		1	SAI	100	600	600
15		1	Material	100	6000	6000
16		1	Seguridades	100	2000	2000
17						
18	HARDWARE	1	PC Industrial	100	2000	2000
19		2	Terminales bus	100	1500	3000
20						
21	SOFTWARE	1	Twincat	100	600	600
22		1	MySQL	100	600	600
23		1	Windows	100	200	200
24						
25	PROYECTO MECANICO	400	hr. Ingeniero	10	50	2000
26		500	hr. Proyectista	10	40	2000
27		300	hr. Delineante	10	30	900
28				10		
29	PROYECTO ELECTRICO	200	hr. Diseño Eléctrico	10	40	800
30		200	hr. Programación PCI	10	40	800
31						
32	PROGRAMACIÓN SOFT	300	hr. Programación	10	40	1200
33						
34	MONTAJE / PRUEBAS	1	En casa cliente	100	6000	6000
35		1	En fábrica	100	3000	3000
36		1	Pruebas	100	2000	2000
37		1	Pruebas imputable a proyecto	10	6000	600
38						
Notas:		TOTAL COSTE				61000
IVA No incluido (16%)		25 % Beneficio Industrial				15250
Transporte no incluido		5 % Comisión representante				2287,5
		TOTAL PRECIO NETO € (SIN IVA)				<b>78538</b>

## 11.2 Inversión. VAN y TIR.

Para poder valorar el coste y retorno de la inversión deben ser contemplados varios aspectos relacionados con la utilización del dispensador, como son:

- Ahorro de tiempo obtenido.
- Ahorro costes en recursos humanos.
- Aumento de ventas.
- Mejora y ganancia de superficie dedicada a la venta.
- Tendencias en gestión electrónica.
- Reducción y optimización del stock.

La mayoría de estos aspectos tienen una característica común: la dificultad de su cuantificación.

Según Jans Möller-Holtkamp, director general de ARX: “La experiencia obtenida a partir de la instalación de equipos similares indica unos plazos de retorno de la inversión de 5 a 10 años dependiendo de los volúmenes de negocio y las características de la farmacia”.

No todas las farmacias son aptas para la implantación de un robot. Sólo tiene sentido instalarlos en farmacias con gran competencia donde un hecho diferencial como es la mejora de gestión y atención al cliente puede hacer aumentar sus ventas. Una farmacia única de un pueblo pequeño no conseguirá aumentar sus ventas por no existir nuevos clientes potenciales.

De todos modos, haciendo previsiones de aumentos de venta así como desembolsos iniciales, se puede estudiar la bondad de la inversión en un supuesto de oficina de farmacia:

En este cálculo se reflejan sólo los flujos correspondientes a la inversión y el aumento de ventas. No se contemplan otros conceptos derivados de la instalación del robot como reducciones de stock, aumentos superficie, posibilidad de reducción de personal, etc.

Se prevé la instalación de un sistema robotizado de coste 120.000 € en una farmacia cuyo volumen de ventas anual es de 500.000 €, con unos márgenes sobre ventas del 27% y con previsión de que su robotización puede comportar un aumento de ventas del 15%. El coste del capital se cifra en un 5%, un coste

de mantenimiento anual del robot del 5% sobre su precio de venta y un periodo de tiempo de la inversión de 10 años que se supone la vida del robot.

En un escenario conservador, se prevé que las ventas se mantengan en la misma proporción y sólo están afectadas por el incremento derivado del coste de capital.

Inversión: 120.000 €  
 Facturación anual actual: 500.000 €  
 Margen: 27%  
 Previsión aumento ventas con robot: 15%  
 Mantenimiento robot año: 5% coste robot  
 Coste capital: 5%.

Los flujos serán:

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Aumento ventas		75000	78750	82688	86822	91163	95721	100507	105533	110809	116350
Aumento flujo neto ventas		20.250	21.263	22.326	23.442	24.614	25.845	27.137	28.494	29.918	31.414
Mantenimiento robot		-6.000	-6.300	-6.615	-6.946	-7.293	-7.658	-8.041	-8.443	-8.865	-9.308
Inversión	-120.000										
Total flujos netos	-120.000	14.250	14.963	15.711	16.496	17.321	18.187	19.096	20.051	21.054	22.106

Con lo que el Valor Actual Neto obtenido es:

$$VAN = -A_0 + F_1(1+k)^{-1} + F_2(1+k)^{-2} + \dots + F_n(1+k)^{-n} = 15.714\text{€}$$

y la Tasa de Rendimiento Interno será aquella  $r$  tal que:

$$-a_0 + \frac{a_1}{(1+r)^1} + \frac{a_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{a_n}{(1+r)^n} = 0$$

Resultando:  $r = 7,42\%$

A pesar de la bondad mostrada por la inversión de ejemplo, debe tenerse en cuenta que: la cifra de ventas prevista es propia de una farmacia de tamaño medio y no se han contemplado costes de gestión del aumento de cifra de negocio.

Cualquier desviación en la previsión de ventas, coste del robot o incidencia en el coste de capital puede fácilmente convertir esta inversión en desaconsejable desde el punto de vista financiero.

## 12 TENDENCIAS.

Están apareciendo nuevas tecnologías y modelos de gestión que pueden propiciar una más rápida implantación de los sistemas robotizados para farmacias: el data Matrix, la trazabilidad y la receta electrónica, en un futuro próximo cobrarán gran importancia en la farmacia simplificando y proporcionando fiabilidad a su gestión. Todo ello ligado a las herramientas que ya proporciona Internet y que van desde plataformas de *e-commerce* para la comercialización de parafarmacia, plataformas para la compra conjunta de grupos, hasta sistemas CRM ligados a la atención farmacéutica, han de ser aspectos que puedan ser complementados con un sistema robotizado de dispensación.

La implantación de un código identificador con mayor cantidad de información ha de permitir registrar además de su código EAN, la fecha de caducidad y el lote, evitando así tareas manuales y posibles errores humanos. Esta mejora comportará la posibilidad de automatizar aún más todo el proceso, realizando la recepción del pedido sin la intervención manual.

La receta electrónica facilitará mucho la dispensación automática ya que servirá de nexo entre la informática, la comunicación y la robótica. Su implantación puede motivar en algunos casos, la aparición de nuevos métodos de dispensación y venta a través de máquinas expendedoras automáticas, sin la intervención del farmacéutico.

En la farmacia hospitalaria la robótica ya se está afianzando, y es de esperar que también lo haga en las oficinas de farmacia, pero no serán las únicas: cualquier actividad que requiera un control y alto volumen de manipulación de productos como pueden ser zapaterías, librerías, etc., en un futuro no muy lejano pueden requerir soluciones similares.



### **13 CONCLUSIONES**

Es la robotización de farmacias un proceso con muy buenas expectativas pero su rapidez de implantación dependerá de la estabilización del sector, de las soluciones técnicas que vayan apareciendo, de su interconexión con la cadena logística y de sus costes.

Por otra parte, la automatización también puede agravar la falta de rentabilidad de las oficinas de farmacia que no se apunten a las nuevas tecnologías y que por tanto no podrán optimizar sus procesos de forma adecuada.

Este proyecto pretende demostrar que el sistema dispensador automático expuesto puede ser técnica y económicamente viable. En él se han estudiado y desarrollado las posibles incidencias y posibilidades de funcionamiento, dándoles respuesta con algoritmos y componentes adecuados, obteniendo un producto novedoso acorde con las necesidades actuales y que cumple con las expectativas previstas.

Asimismo, toda la tecnología aplicada al almacén como Control por PC, comunicaciones vía Ethernet con Bases de Datos, detectores y actuadores son fundamentales para una instalación de este tipo y abren un amplio abanico de nuevas aplicaciones en la gestión de la farmacia.

Los próximos retos, pasan por hacer accesibles estos equipos a la mayoría de las farmacias, reduciendo costes pero manteniendo las mismas prestaciones.

Finalmente, el autor espera que este trabajo sirva de punto de partida para futuros proyectos finales de carrera de otras especialidades, cuyos conocimientos serán más indicados para profundizar en algunos apartados que en este trabajo han sido tratados sólo de forma conceptual.

## 14 GLOSARIO

**BBDD:** Bases de datos

**Código de barras lineal:** Tecnología utilizada para la identificación de un producto de forma única.

**DATAMATRIX o Código de datos 2D:** Sistema de codificación bidimensional que permite contener gran volumen de información con formato muy reducido.

**EAN:** European Article Number. Sistema de código de barras.

**EFP:** Especialidades Farmacéuticas Publicitarias.

**e-commerce:** Compra / venta de productos a través de Internet y otras redes.

**ERP:** Sistemas de planificación de recursos empresariales.

**FIFO:** First In – First Out. Primero en entrar, primero en salir.

**I/O:** Input / Output. Generalmente utilizado para definir un componente de entradas y salidas.

**PCI / IPC:** PC Industrial / Industrial Personal Computer

**PLC:** Programmable logic controler. Autómata programable.

**Receta electrónica:** Receta gestionada a través de la red. Funcionamiento: El centro de salud prescribe de forma informatizada la medicación, que se aloja en un servidor al que accede la farmacia para realizar la dispensación una vez que se confirma la identidad del paciente mediante una tarjeta sanitaria

**RFID (Radio Frequency IDentification):** Sistema de identificación automática por radiofrecuencia.

**Trazabilidad:** Procedimientos preestablecidos que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministro en cualquier momento.

**NC.** Control Numérico.

**SQL:** Structures Query Language. Lenguaje acceso Bases de datos

**HMI:** Interface Hombre Máquina

## **15 AGRADECIMIENTOS**

Este estudio desarrolla un producto emergente cuyos diseños y conceptos aún son celosamente guardados por las empresas fabricantes. De antemano ya se preveía una colaboración escasa o nula a las demandas de información necesarias para llevar a cabo un estudio de esta índole, pero de todos modos, el autor espera que esta inconveniencia haya permitido generar alguna solución innovadora no prevista en los equipos existentes.

Agradecimientos a los licenciados de la farmacia Gimeno de Esplugues de Llobregat por su atención y sus valiosísimas informaciones y comentarios sobre el robot dispensador de su propiedad.

Agradecimientos a la empresa BECKHOFF, y en particular al Sr. Luis Moreno por las informaciones ofrecidas sobre sus productos de control industrial por PC.

Finalmente sólo me queda hacer mención al apoyo y a la inmensa paciencia que me ha brindado mi familia durante estos años de estudio, virtudes sin las cuales probablemente no hubiéramos tenido ocasión de conocernos.

## 16 BIBLIOGRAFIA

### Libros

RODRIGUEZ, Ant. (2000). *Desarrollo de Sistemas Secuenciales*. Madrid: Paraninfo.

PÉREZ, César (2007). *MySQL. Para Windows y Linux*. Madrid: Ra-Ma.

CEMBRANOS, Florencio (2002). *Sistemas de Control Secuencial*. Madrid: Paraninfo.

### Direcciones de Internet:

***Tema: Control y automatización.***

BECKHOFF

[www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com)

ETHERCAT

[www.ethercat.org](http://www.ethercat.org)

***Tema: Farmacia***

Correo Farmacéutico

[www.correofarmaceutico.com](http://www.correofarmaceutico.com)

El Global

[www.elglobal.net](http://www.elglobal.net)

Organización Farmacéutica Colegial

[www.portalfarma.com](http://www.portalfarma.com)

***Tema: Fabricantes de sistemas dispensadores robotizados.***

Apoforma – Alemania

[www.apoforma-tecnilab.de](http://www.apoforma-tecnilab.de)

Apostore GmbH – Alemania

[www.apostore.de](http://www.apostore.de)

Apotéka – Francia

[www.apoteka.fr](http://www.apoteka.fr)

Autopharma – Holanda

[www.autopharma.nl](http://www.autopharma.nl)

Rowa Automatisierungssysteme GmbH & Co. KG – Alemania

[www.rowa.de](http://www.rowa.de)

Willach GmbH. – Alemania

[www.willach.com](http://www.willach.com)

RoboPharma – Holanda

[www.robopharma.com](http://www.robopharma.com)

Tecny-Farma S.A. – España

[www.tecnofarma.com](http://www.tecnofarma.com)

PYSSA - España

[www.3ar.com](http://www.3ar.com)