

103
2es.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA
DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N:

**ROLANDO LOZANO DOMINGUEZ
PABLO EDUARDO MARTINEZ CORRAL
CARLOS HUMBERTO SALMON LOPEZ**

DIRECTOR DE TESIS
M. I. VICTOR J. GONZALEZ VILLELA



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO 1998

260365



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

A mis Papás, por haberme dado una educación completa y por querer siempre lo mejor para mí.

A mis abuelos Rafael, Tomás y Mercedes que en paz descansan, y a mi abuela Luz.

A mis hermanos Héctor y Rafael, a mi novia Claudia, a todos mis tíos, primos y amigos, que siempre han estado conmigo.

Rolando

A MIS PADRES

YOLANDA CORRAL BECKER
EDUARDO MARTINEZ RODRIGUEZ

A MI HERMANA

ALEJANDRA MARTINEZ CORRAL

A MI ABUELA

LAURA OFELIA BECKER

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

Pablo

A mis papás.

Gracias por el ejemplo de lucha y el apoyo incondicional que siempre me han dado. Este trabajo es mi forma de agradecer todo su esfuerzo.

A Lourdes y Claudia.

Por su cariño y su compañía, por estar siempre a mi lado.

A mis abuelitos.

Por su cariño y la confianza que siempre me han dado.

A mis primos y mis tíos.

Por la excelente familia que me han dado.

A todos mis amigos.

Humberto

Agradecimientos

Al M. I. Víctor J. González Villela.

Gracias por su orientación y su apoyo en este proyecto.

A los sinodales.

Dr. Marcelo López Parra, M.I. Leopoldo González González,
Ing. Adrián Espinoza Bautista, Ing. Antonio Zepeda Sánchez,.

A la Facultad de Ingeniería.

A todos los profesores y personas que laboran en esta institución, y que de alguna manera participaron en nuestra formación universitaria.

A Fundación UNAM.

Por su apoyo económico mediante el programa *Fundación UNAM de iniciación temprana a la investigación y la docencia.*

A los profesores.

Jaqueline Guadarrama, Javier Cervantes, Armando Ortíz, Francisco Zárate.

Al Departamento de Mecatrónica.

Neto, Hugo, Cesar, Luis, Carlos, Carolina, Miguel y Gerardo.

Al personal del taller del CDM.

Indice.

| | |
|--|-----------|
| Introducción..... | I |
| CAPITULO I. Antecedentes..... | 1 |
| CAPITULO II. AGVS (Automatic Guided Vehicle Systems)..... | 10 |
| 2.1.0 FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE GUIA..... | 12 |
| 2.2.0 TIPOS Y APLICACIONES..... | 18 |
| 2.3.0 ASPECTOS GENERALES DE UN AGVS..... | 24 |
| CAPITULO III. Diseño y construcción del RMA-1..... | 26 |
| 3.1.0 PLATAFORMA..... | 26 |
| 3.1.1 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO..... | 27 |
| 3.1.2 SISTEMA DE TRACCION..... | 28 |
| 3.1.3 SISTEMA DE DIRECCION..... | 39 |
| 3.1.4 LA BASE..... | 41 |
| 3.1.5 LA CARROCERIA..... | 43 |
| 3.2.0 LA TORRETA..... | 44 |
| 3.2.1 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO..... | 44 |
| 3.2.2 SISTEMA DE ELEVACION..... | 48 |
| 3.2.3 SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO LATERAL..... | 53 |
| 3.2.4 SISTEMA DE ROTACION..... | 54 |

| | |
|--|-----|
| CAPITULO IV. <i>Diseño y construcción del almacén</i> | 55 |
| 4.1.0 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO | 55 |
| 4.2.0 LOS ESTANTES | 57 |
| 4.3.0 LA SUPERFICIE | 59 |
| | |
| CAPITULO V. <i>Componentes Electrónicos</i> | 61 |
| 5.1.0 ELECTRONICA DE POTENCIA | 64 |
| 5.2.0 SISTEMA DE VISION PARA LA GUIA AUTOMATICA | 66 |
| 5.3.0 CONTADOR OPTICO | 70 |
| 5.4.0 ELECTRONICA DEL ALMACEN | 71 |
| 5.5.0 SISTEMA DE COMUNICACION SERIAL | 73 |
| | |
| CAPITULO VI. <i>Programación</i> | 74 |
| 6.1.0 PROGRAMACION DEL ALMACEN | 75 |
| 6.2.0 PROGRAMACION DEL HC11 | 81 |
| | |
| CAPITULO VII. <i>Resultados y Conclusiones</i> | 86 |
| | |
| APENDICE A. <i>Planos</i> | 90 |
| | |
| APENDICE B. <i>Listados de los programas</i> | 102 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 121 |



INTRODUCCION.

Introducción.

Actualmente, en cualquier industria manufacturera es necesario reservar un espacio destinado al almacenamiento temporal de los insumos, para lograr así tener el material y las cantidades adecuadas en el momento en que lo requiera el proceso. Lo mismo sucede en el caso de los productos terminados, para poder surtir a los clientes en cualquier momento. Esto es considerado el punto inicial de las ganancias sobre el esfuerzo completo de un correcto control de materiales.

El manejo de materiales dentro de los almacenes es frecuentemente más costoso que su manejo dentro del proceso, ya que por lo general, se requiere de espacios muy grandes, de una gran cantidad de equipo, mano de obra y, además, de su asistencia por computadora para lograr un control adecuado. Es por ésto que la tendencia actual va encaminada a eliminar completamente los inventarios, lo que se hace posible al llevar un buen sistema de logística en el que tanto la fábrica como sus proveedores y sus clientes están tan bien coordinados, que se elimina por completo la necesidad de un almacenaje intermedio.



INTRODUCCION.

No obstante, por las diferencias entre las políticas de las distintas empresas, y muchas veces por las grandes distancias físicas entre las mismas, todavía nos encontramos lejos de poder lograr una coordinación semejante, por lo que en un principio, es adecuado tratar de reducir los tiempos y los costos derivados de un sistema de almacenaje como los que se tienen hoy en día.

Es por estas razones que hemos diseñado y construido el prototipo de un sistema de almacenamiento automático, con el que se logra reducir hasta en un 50% el tamaño del almacén, además de que se elimina la necesidad de tener operadores humanos.

El objetivo de este trabajo es diseñar y ensamblar un sistema de almacenamiento automático a escala, con el fin de proporcionar un ejemplo útil para la investigación y la docencia, referente a la automatización y a la aplicación de los sistemas mecatrónicos.

Este proyecto es el resultado de la combinación de tres áreas diferentes, que son la mecánica, la electrónica y la computación, con las cuales se logró desarrollar el sistema de almacenamiento automático, que consiste en un almacén inteligente y un robot montacargas.



INTRODUCCION.

El almacén inteligente está constituido por un estante fijo y dos estantes móviles, que cuentan con un motorreductor de corriente directa, con el que se logra un movimiento lateral sobre un par de rieles, que están empotrados en una superficie con la finalidad de no obstruir el paso al robot.

El robot, denominado robot montacargas automático (RMA-1), permite la manipulación de la carga dentro del almacén.

La tesis consta de siete capítulos y dos apéndices que contienen los planos referentes al sistema y los listados de los programas utilizados para su control.

En el capítulo I "Antecedentes", se da una explicación general del funcionamiento de un almacén, de los sistemas más comunes para el manejo de materiales, y una pequeña introducción a los sistemas de almacenamiento automático con sus principales ventajas y desventajas.

En el capítulo II "AGVS (Automatic Guided Vehicle Systems)", se explican los principales sistemas utilizados para la guía automática de vehículos multipropósito, y el campo de aplicación de cada uno de éstos; así como las ventajas y desventajas que tienen.



INTRODUCCION.

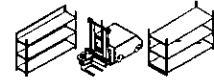
En el capítulo III “Diseño y Construcción del RMA-1”, se divide al robot montacargas en sus diferentes partes funcionales, y se explica el proceso seguido para su diseño y construcción, incluyendo los cálculos necesarios para tal fin.

En el capítulo IV “Diseño y Construcción del Almacén”, se detallan las diferentes partes que componen al almacén, que son los estantes, la superficie y la pista óptica.

En el capítulo V “Componentes Electrónicos”, se describen a detalle los circuitos electrónicos utilizados para el control del sistema y el esquema general de su funcionamiento.

En el capítulo VI “Programación”, se explica la lógica de los programas, y se da un panorama general del ICC11 y del Visual Basic.

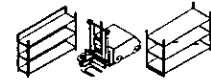
En el capítulo VII se abordan los resultados que se obtuvieron, así como las conclusiones a las que se llegaron, además de que se proporcionan algunas recomendaciones para la eventual construcción de un sistema semejante.



CAPITULO I. Antecedentes.

Se puede decir que existen varios puntos que determinan el correcto funcionamiento de un almacén:

- El buen control del almacén mejora la eficiencia de la producción, surtiendo las cantidades adecuadas de material y con la localización correcta para los operarios de producción.
- El mal control del almacén puede fácilmente detener la descarga, obstruyendo el movimiento dentro del mismo.
- La apariencia completa de la planta será juzgada de acuerdo a la labor que se efectúa en la bodega de almacenamiento.
- Nada hace ver tan mal al área de manejo de materiales como el hecho de que haya material y no se pueda encontrar.
- Un mal control del almacén acarrea ineficiencia de los contadores cíclicos, lo que da por resultado inexactitud de los registros, lo cual trae como consecuencia la necesidad de hacer cambios y liberaciones a fin de balancear con los proveedores.



En cualquier sistema de almacenamiento es esencial la identificación rápida y correcta de los materiales o productos a manejar, lo cual se puede hacer mediante métodos puramente humanos, semiautomatizados, o bien completamente automatizados.

El material se debe de retener, apilar o transportar en equipos sencillos, como estanterías, casilleros, tolvas, cajas, canastas, bandejas para carga, tarimas y patines o en sistemas complejos controlados por computadora, tales como los sistemas automáticos para almacenamiento y manejo del material.

Dentro de la automatización, se puede comentar que los códigos de barras se han convertido en un sistema muy aceptado y confiable para identificar materiales y artículos, además de dar entrada de esos datos a un sistema de información y control, mediante el que se puede facilitar significativamente el inventario. Los códigos de barras son una forma eficaz y relativamente económica de identificar y controlar los materiales y productos que se encuentran dentro de los almacenes.

El movimiento del material desde el punto de origen hasta el de destino suele ser costoso y difícil, ya que puede sufrir daños durante su transporte. Por ésto, es importante transportarlo con los cuidados necesarios, con equipo adecuado y bajo un buen control.

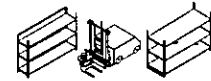


Los factores que se deben conocer cuando se diseña un sistema de manejo de materiales son:

- Forma del material.
- Tamaño y peso del material.
- Posición original del material.
- Posición final.
- Integración con otros sistemas y equipos.
- Grado de control que se requiere.
- Grado de mecanización deseado.
- Capital disponible.

Como el manejo de los materiales aumenta los gastos, pero no el valor de los productos, se necesita reducir el tiempo, la distancia, la frecuencia y el costo total que provoca. Al emplear equipo se deben considerar aspectos como maximizar la utilización, emplear el equipo correcto, darle un mantenimiento adecuado y vigilar todos los aspectos de seguridad.

Las funciones del equipo que se seleccione para el almacenamiento y manejo de materiales deben permitir:



- El aprovechamiento máximo del espacio disponible, con pilas altas, al utilizar el "cubicaje" y no solo la superficie del piso del local.
- El apilamiento de capas múltiples de artículos, sin que importen sus tamaños, configuraciones y fragilidad.
- "Cargas Unitarias", es decir el movimiento de muchos artículos de un mismo tipo cada vez que se mueve un recipiente o contenedor.
- La protección y control del material o producto.

Sistemas para el manejo de materiales.

El uso de montacargas suele ser conveniente para el movimiento de materiales en la industria, y para el almacenamiento cuando hay que mover lotes o unidades de materiales en cantidades variables, casi siempre con horarios y rutas también muy variados dentro de la fábrica. El montacargas de tipo más común tiene uñas en el frente, que se introducen debajo de la carga que se va a elevar.

Los montacargas permiten elevar cargas desde el suelo hasta alturas de 5.2m o más para apilarlas. Las capacidades usuales son de 450 Kg a 2700kg. En algunos tipos de montacargas, el operador camina al lado del vehículo y lo conduce por medio de controles localizados en una palanca saliente; otros tipos tienen una plataforma donde el operador va de pie;

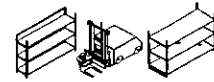


otros modelos cuentan con un asiento para el operador. Lo que si es común en todos los tipos de montacargas, son los radios de giro muy cortos, que les dan una mayor maniobrabilidad en pasillos estrechos.

Para facilitar el uso de los montacargas, la carga se apila en una tarima (por lo general de 0.91m a 1.07m) que consiste en una plataforma baja, que tiene suficiente separación desde el piso para poder colocar las uñas del montacargas y que sobresalgan de la tarima.

Transporte en vehículos guiados automáticamente.

Los tractores remolcadores sin conductor, guiados por alambres enclavados o sujetos en el piso, han sido utilizados desde principios de la década de los 50's. En la actualidad, con la adición de controles por computadora, sensores que vigilan condiciones a distancia, retroalimentación en tiempo real, capacidad para conmutar o cambiar de vía y una serie totalmente nueva de vehículos, han creado los sistemas de vehículos de conducción automática (AGVS, *Automatic Guided Vehicle Systems*), que actualmente compiten con camiones industriales y transportadores para el manejo de materiales.



La mayor parte de estos vehículos sólo cuentan con movimientos horizontales, ya que sus movimientos verticales están muy limitados, en cambio, los montacargas comunes tienen mayor capacidad para realizar movimientos verticales que los AGVS estándar.

Generalmente, los sistemas de almacenamiento y retiro automáticos (AS/RS) suelen tener la capacidad para elevaciones a alturas considerables, y el movimiento horizontal está limitado a llegar a los pasillos correspondientes y a lo largo de éstos. Por lo general, éstos equipos están alimentados por un acumulador y la conducción puede realizarse con la ayuda de aparatos eléctricos u ópticos.

Sistemas automatizados para almacenamiento y retiro (Almacenes automáticos).

Un sistema automatizado para almacenamiento y retiro (AS/RS) es un sistema de manejo de materiales de gran altura y gran densidad, para almacenar, transferir y controlar las existencias de materia prima, trabajo en proceso y producto terminado.



Un sistema de almacenamiento automático incluye:

1. Estructura.
2. Grúas apiladoras en los pasillos o máquinas para almacenamiento y retiro, además de sus transportadores correspondientes.
3. Controles

La estructura AS/RS es una red de elementos generalmente de acero, ensamblados para formar una serie de espacios para almacenamiento, dispuestos en naves, hileras y pasillos. La estructura puede incluir una grúa apiladora en un pasillo, que se mueve entre los pasillos, o bien tener una grúa para cada pasillo.

La función de la máquina con grúa es avanzar a lo largo del pasillo correspondiente hasta la nave relativa, elevarse hasta el espacio correspondiente y, luego con la mesa transportadora, moverse en sentido lateral hacia el espacio para colocar o retirar una carga de material.

Los controles para el sistema suelen ser a base de computadoras, y generalmente no se necesita dar una "dirección" determinada a los materiales que se van a almacenar, si no que la computadora puede seleccionar una ubicación conveniente y guardarla en memoria para



poder, posteriormente, manejar el material; sin embargo esto sólo se hace en casos específicos.

Ventajas de los almacenes automáticos.

- Mayor control sobre los inventarios.

Debido a que la computadora tiene un registro exacto de las entradas y salidas, se puede precisar la cantidad de piezas que hay dentro del almacén.

- Mayor seguridad.

Al no haber personas dentro del almacén, se eliminan las posibilidades de accidentes humanos, además de que se puede contar con sistemas electrónicos de protección.

- Ahorro de energía.

Como no hay trabajadores dentro del almacén, no se requiere iluminación.

- Mayor eficiencia.

Ubicación inteligente de los productos, control total del espacio.

- Facilidad para carga y descarga de materiales.

No es necesario conocer la ubicación exacta de cada producto en el almacén, ya que la computadora toma la decisión automáticamente.



- Reducción significativa en nómina.
- Comunicación automática con proveedores.
Toma automática de decisiones para hacer nuevos pedidos dependiendo de la existencia y frecuencia de manejo de los productos.
- Flexibilidad.
Se pueden realizar modificaciones rápidas, dependiendo de las necesidades de la empresa, sin tener que hacer cambios significativos en el sistema.
- Opción a automatizar sistemas convencionales.

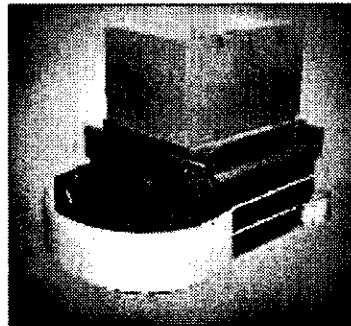
Desventajas de los almacenes automáticos.

- Costos de inversión más elevados.
Debido a que los componentes utilizados para la automatización son costosos, además de requerir mayor planeación.
- Mayor complejidad en los sistemas.
Hay una interacción entre los elementos convencionales y los de automatización.
- Mayor cantidad de elementos.
- Se requiere de mayor precisión en el manejo de la carga.



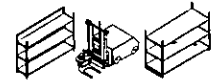
CAPITULO II. AGVS (Automatic Guided Vehicle Systems)

Actualmente, los vehículos de guía automática (AGVs) son considerados como los sistemas de manejo de materiales más flexibles que existen. Estos vehículos, que pueden variar desde simples repartidores de correo hasta transportadores de 125 toneladas, están equipados con una variedad de funciones tales como los sistemas de guía y de ruteo para administrar el tráfico y las transferencias de carga.

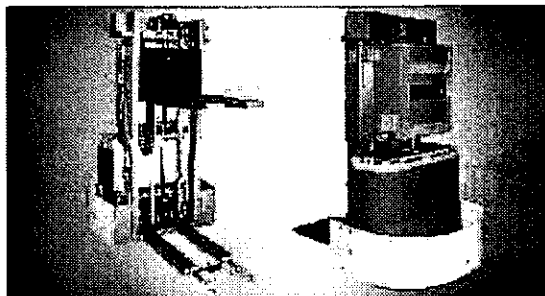


Vehículo para transporte de carga con equipo de guía automática.

Los AGVs permiten que los sistemas de manufactura puedan seguir el proceso de artículos individualmente. Mientras que trabajan dentro de un ambiente de manufactura o de servicios. Requieren de un control computarizado a bordo, que se encarga de coordinar sus movimientos respecto a otros dispositivos de manejo de materiales o a otros AGVs. Se

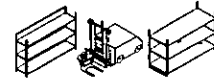


debe hacer una planeación exhaustiva y mantener un estricto apego a los puntos de carga y descarga, ya que los movimientos precisos y distancias que sigue el AGV requieren de esta disciplina del sistema. La transferencia de carga, ya sea manual o automática, debe ser lograda una vez que el AGV ha alcanzado su destino. Un operador puede abordar el AGV y posicionar el vehículo para que sea cargado o descargado, o de otra manera, el AGV puede efectuar las transferencias automáticamente, utilizando transportadores de rodillos, dispositivos de sujeción, elevadores, etc. dependiendo de los requerimientos del material.



AGVs especiales para manejo de carga a distintas alturas.

Se pueden implementar muchos métodos para la guía, lo que permite que el AGV siga, una ruta fija o una libre. La determinación de una ruta fija o una libre dependerá del costo, los requerimientos de flexibilidad y las futuras alternativas de expansión que se tengan. Mientras que un sistema de ruta fija puede ser menos costoso, su instalación puede interferir con el funcionamiento de la línea de



producción, causando los costos subsecuentes. La guía de ruta libre requiere de una ruta programable por software y es más flexible a las modificaciones y los requerimientos de capacidad que una ruta fija. Los sistemas de ruteo y de control de tráfico son otras ventajas de los sistemas de AGVs. El sistema de ruteo selecciona al vehículo con la ruta óptima para el destino requerido. Además, el AGV debe ser capaz de evitar colisiones con otros vehículos, equipo y operadores.

2.1.0 FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE GUIA.

Existen varios métodos para conducir a los vehículos de guía automática. Algunos de estos métodos son más flexibles que otros, pues permiten una ruta completamente libre, mientras que otros implican trayectorias más o menos fijas. A continuación se describen a detalle varios de estos sistemas de guía.

Sistemas montados sobre el suelo.

Los sistemas montados sobre el suelo, o de riel, pueden ser utilizados en un sistema de guía de ruta fija. Estos rieles son unidireccionales y confiables, sin embargo no son flexibles, aunque el



vehículo se puede mover por diferentes rutas utilizando cambios de vía automáticos.

Sistemas inductivos.

Los sistemas de guía inductiva, también conocidos como de guía por cable, se basan en el hecho de que si se hace circular una corriente alterna por un conductor eléctrico, éste creará un campo electromagnético a su alrededor. Este campo es muy fuerte cerca del conductor y se va reduciendo conforme aumenta la distancia a él.

Si el campo electromagnético pasa por una bobina, se induce un voltaje eléctrico entre los dos extremos de ésta. Este voltaje puede ser detectado y es proporcional a la fuerza del campo.

Una antena guía se compone de dos bobinas colocadas a ambos lados del cable que está bajo el suelo, la diferencia en los voltajes entre las dos bobinas es amplificada y se crea una señal que va hacia el motor de dirección del AGV. Cuando la antena está centrada sobre el cable, los voltajes en las bobinas son los mismos y la señal será igual a cero. Si la antena se encuentra a un lado del cable guía, el voltaje se incrementará en



una bobina y se reducirá en la otra. Esta diferencia en los voltajes generará la señal que controla el sentido de giro del motor de dirección.

El AGV debe tener como mínimo una antena para la guía y otra antena para detectar campos que se encuentren perpendiculares al de guía. Estos campos perpendiculares se usan para actualizar la posición exacta del AGV. Muchos AGVs pueden tener una serie de antenas guía para realizar movimientos de reversa, laterales, etc.

Los cables guía se acomodan en vueltas cerradas. Típicamente se utilizan canales de 6 a 10 mm de ancho incrustados entre 15 y 20 mm de profundidad en el suelo. Otras especificaciones son: frecuencias de 5 a 35 Khz, corrientes de 100 a 500 mA y voltajes de 20 a 50 V.

Existen dos tipos de redes, las activas y las pasivas. Una red activa envía una sola frecuencia que es encendida y apagada. Una red pasiva envía múltiples frecuencias en una combinación de armónicas, para dar instrucciones específicas al vehículo. Las redes pasivas aumentan la confiabilidad del sistema.

Las desventajas de los sistemas inductivos son que no hay flexibilidad y el costo de instalación del cable guía es alto. La interferencia electromagnética también puede ser un problema, y los metales ferrosos



pueden distorsionar el campo magnético. Otra desventaja grave es que los cables guía se pueden romper por causa de tensiones en el suelo.

Sistemas ópticos.

Los sistemas ópticos pueden inferir una ruta libre a primera instancia; sin embargo, actualmente el sistema incluye rutas muy fijas. La operación del sistema óptico es conducida por líneas trazadas en el suelo con pintura fosforescente. Se tienen dos fotosensores que, de manera semejante a las bobinas conductoras de los sistemas inductivos, se colocan bajo el AGV y detectan la intensidad de la fluorescencia. El vehículo se detiene y gira también de manera semejante a los sistemas inductivos guiados por cable. La comunicación con el vehículo es controlada por una computadora vía ondas de radio de frecuencia modulada.

La principal ventaja de los sistemas ópticos es que las líneas guía pueden ser modificadas fácilmente, y también es sencilla una futura expansión del sistema. La desventaja fundamental es que las líneas pueden obscurecerse o borrarse con el tiempo.



Sistemas de guía láser.

El sistema de guía por láser es un auténtico sistema de ruta libre, ya que no tiene que seguir una ruta preestablecida; ésto le da una mayor flexibilidad sobre otros sistemas. Utiliza un scanner láser que puede proporcionar las coordenadas X y Y del AGV respecto a un marco de referencia. El scanner láser se coloca en la parte más alta del AGV para tener la mayor visibilidad de los objetivos. Estos objetivos se hacen de un material plástico altamente reflejante. Se deben detectar un mínimo de tres objetivos a la vez durante el recorrido; estos objetivos pueden estar hasta a 30 metros del AGV.

El scanner láser mide la distancia y el ángulo con respecto a cada objetivo, proporcionando las coordenadas de su localización a la tarjeta controladora, que las utilizará para determinar la conducción del vehículo.

La desventaja de este sistema es su costo, que puede ser entre 15 y 30% mayor al de otros sistemas, además de que requiere de una programación más compleja.



Otros sistemas de ruta libre.

Los sistemas de ruta libre son guiados por medio de un software en el que se programa la ruta a seguir por el AGV. Existe un sistema supervisor que organiza las rutas y envía la información a los vehículos. El sistema tiene la responsabilidad de asegurarse de que el vehículo vaya al lugar correcto en el tiempo adecuado, y también debe ocuparse de la seguridad y la confiabilidad.

Un sistema que opera sin cable es el de cálculo exacto. El cálculo exacto está basado en odometría, y determinando la posición y velocidad relativa a una referencia preestablecida. Es posible caer en errores odométricos debido a cambios en el radio de las ruedas, patinaje de las ruedas sobre el suelo y pequeños obstáculos en el piso. Es por esta razón que necesitan un segundo sistema de guía. Estos vehículos utilizan una guía por detección de fases. El vehículo es configurado para estar a la izquierda o la derecha de la ruta guía basado en la fase de la señal emitida por ésta; después, el vehículo dará vuelta para igualar la fase de la señal.

Otro sistema es el de guía y navegación magneto - giroscópica, que consiste en pequeños imanes colocados en el suelo, y lo último en tecnología de giroscopios para mantener bajo control constante la dirección recta del AGV. Los imanes proporcionan información sobre las



desviaciones de posición y actualizan el odómetro del AGV. Generalmente, sólo son necesarios un par de imanes entre cada 5 y 10 metros de ruta guía. El costo de instalación de estos imanes es muy económico. La desventaja de este sistema es el costo del sistema de navegación.

2.2.0 TIPOS Y APLICACIONES.

Los vehículos de guía automática se pueden dividir en tres grupos principales:

1. *Tractores sin conductor.*

Son utilizados para remolcar una serie de carros para materiales sin motor (como una especie de locomotora). Se les puede enviar por una trayectoria, detenerlos, enganchar, desenganchar, etc. Esto se puede hacer a mano, con una secuencia programada o desde una computadora central de control. Principalmente, estos AGVs se usan para manejar cargas de bajo volumen, de forma irregular o muy pesadas que deben moverse a distancias más largas que las que serían económicas para un transportador común.



Es posible unir muchos remolques para formar un tren que se mueve como una cadena. Hay dos tipos de remolques que se pueden unir al tractor. Un tipo no se puede soltar de él, y el otro otros puede atarse y soltarse ya sea manual o automáticamente.

Los vehículos remolcadores pueden, ya sea eliminar, o ser una alternativa a los montacargas, los trenes manuales y hasta operadores. Tienen la capacidad de remolcar de 8000 a 50000 lbs.

2. Carros para tarimas guiados.

Estos vehículos están disponibles en cualquier gama de tamaños y configuraciones. A la hora de estar trabajando, generalmente se cargan con ayuda del control de una persona y después se les lleva hasta el alambre o guía de dirección, se programan con un destino deseado y se activan en función automática. Al llegar a su destino descargan en forma automática y regresan a la trayectoria principal. El empleo de estos equipos disminuye las necesidades de carros accionados manualmente y la cantidad de operarios.

El vehículo puede ser manejado por un operador para cargarlo, o puede moverse en reversa automáticamente bajo la carga, para lo que ésta debe ser posicionada con precisión. Esta capacidad le añade un costo considerable al camión.



Dentro de esta categoría se pueden incluir los montacargas de guía automática. Se debe cumplir con una alta disciplina del sistema antes de diseñar la intrincada ruta para un sistema de montacargas automáticos. Este es frecuentemente el AGV más costoso del mercado, sin embargo, no es necesaria ninguna persona para la operación diaria, ya que el montacargas es capaz de levantar y descargar la carga sin ninguna ayuda externa. Se utilizan en aplicaciones de automatización total, y tienen una mayor flexibilidad en la integración de otros subsistemas.

3. Transportadores de cargas unitarias y de plataformas.

Se diseñan para llevar la carga en forma directa sobre sus superficies de apoyo planas o de alguna configuración especial, en vez de tener que moverlos en montacargas o carros remolcados. Pueden llevar material o trabajo en proceso de una estación a otra, o ser estaciones de trabajo donde se procesa el material que conducen.

Las plataformas o estaciones de trabajo se utilizan básicamente en las líneas de ensamble. La plataforma de trabajo le permite al operador trabajar a su propio ritmo. También existe un beneficio ergonómico en este vehículo, ya que es posible diseñarlo de tal manera que se pueda ladear para que el operador tenga un mejor acceso al subensamble en el que está trabajando.



Los transportadores de cargas unitarias simples o múltiples se utilizan para aplicaciones en las que se requiere mover grandes volúmenes en distancias moderadas. Como un medio de transportación horizontal eficiente, estos vehículos se integran en almacenes y sistemas de distribución y almacenamiento/recuperación. Son capaces de interactuar con transportadores, estaciones de trabajo, máquinas herramienta y sistemas automatizados.

Un reducido radio de giro, capacidad bidireccional y/o omnidireccional, y una velocidad de 2mph, contribuyen a una alta maniobrabilidad en condiciones de manufactura apretadas. Su habilidad de operar independientemente, requiere de un posicionamiento preciso para la transportación y transferencia automáticos.

Por su tamaño y capacidad, los AGVs también se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. *Vehículos de carga ligera.*

Más pequeños que otros AGVs, los vehículos de carga ligera tienen una capacidad de hasta 500 lbs. Poseen una alta maniobrabilidad en áreas pequeñas y apretadas. Estos vehículos se usan frecuentemente para



transferir piezas pequeñas en bandejas o canastas del almacén a la estación de trabajo en el taller de manufactura. La fabricación de electrónicos, pequeños ensambles y equipos de piezas, son algunas de sus aplicaciones. Otra aplicación es dentro de un ambiente de oficina, generalmente para entregar correos u otros documentos.

2. *Vehículos de carga mediana.*

Estos vehículos pueden transportar desde 500 lbs hasta varias toneladas. Típicamente se usan para transportar tambos, tarimas y cajas.

3. *Vehículos de carga pesada.*

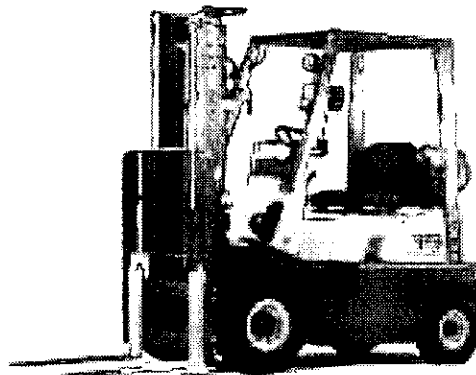
Estos vehículos se hacen personalizados en la mayoría de los casos. Son capaces de levantar y transportar cientos de toneladas. Sus aplicaciones generalmente envuelven rollos de acero y otros materiales que tradicionalmente se transportan por medio de grúas.

Muchos constructores de montacargas y desarrolladores de sistemas de control están haciendo grandes esfuerzos para encontrar buenos conceptos con qué producir AGVs, usando como base los típicos vehículos operados manualmente, en los que sólo se instalan kits con los controladores de guía automática. Sin embargo, la mayoría de los AGVs que se venden hoy en día son máquinas especiales diseñadas para



propósitos especiales. Actualmente, las diferentes partes de los AGVs, tales como controladores, motores, drivers, etc., han sido estandarizados en un alto grado, lo que permite disminuir los costos a un nivel competitivo para máquinas diseñadas para aplicaciones especiales. El problema al automatizar vehículos manuales es que los costos de reingeniería y reconstrucción son altos, y que las condiciones de operación pueden ser muy diferentes y tener diferentes requerimientos. Por ejemplo, un AGV podría operar a velocidades más bajas que las de vehículos manuales, lo que simplificaría la máquina con motores menos potentes y baterías más pequeñas.

La siguiente figura muestra un montacargas común al que se le han adaptado los controladores de un AGV.





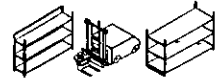
2.3.0 ASPECTOS GENERALES DE UN AGVS.

Control de tráfico.

Con el objetivo de manejar exitosamente la interacción de un AGV dentro de cualquier instalación, el vehículo debe tener la habilidad de evitar choques con otros vehículos. Además, el flujo de vehículos debe ser maximizado para mejorar el sistema de manejo de materiales. Las conexiones de tráfico pueden causar demoras innecesarias en la producción mientras el sistema puede estar esperando la llegada de un vehículo para seguir con su tarea. El sistema se puede subdividir en zonas, secciones y regiones para aliviar el problema del manejo de tráfico.

Transferencias de carga.

Recoger, dejar y transferir carga desde y hacia un AGV es un proceso que se puede lograr manual o automáticamente. Un operador puede acoplar y desacoplar manualmente un elemento de una cadena de vehículos, remover una tarima de un montacargas, o cargar un vehículo de cargas unitarias. Todas estas funciones también pueden hacerse automáticamente.



El acoplamiento manual de trenes de vehículos requiere que el operador conduzca al AGV a la estación de trabajo o de carga. Un montacargas controlado manualmente será manejado por el operador para posicionar la carga correctamente. Los montacargas también pueden usarse para cargar y descargar otros AGVs. Rodillos, bandas o cadenas conductoras pueden usarse en vehículos de carga unitaria para permitir que el operador empuje o jale la carga a la estación de trabajo.

Los vehículos remolcadores pueden ser controlados por una computadora central que dirigirá al AGV a las zonas de acoplamiento. Después el vehículo se dirigirá a la siguiente estación determinada por la computadora para ser desacoplado. Los vehículos remolcadores y de carga unitaria pueden ser equipados con transportadores automáticos que transferirán la carga usando cintas, cadenas o rodillos cuando el vehículo esté alineado con la estación de trabajo.



CAPITULO III. Diseño y Construcción del RMA-1.

El robot montacargas es el encargado de transportar y manipular los diferentes paquetes dentro del almacén, llevándolos desde y hacia la entrada de carga de éste, y colocándolos o retirándolos de los estantes.

Para hacer más fácil la descripción de las diferentes partes del robot montacargas, lo dividiremos en dos partes básicas, que a partir de este momento se conocerán como plataforma y torreta. Cada una de estas partes se dividirá a su vez, en diferentes sistemas, mismos que se describirán a detalle más adelante.

3.1.0 PLATAFORMA.

La plataforma es la parte del robot, que se encarga de hacer posible su desplazamiento por toda la superficie del almacén, por lo que contiene los sistemas de tracción y dirección, además de llevar sobre sí a los sistemas de control, de energía y a la propia torreta.



3.1.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

La plataforma debe ser capaz de albergar a la gran cantidad de sistemas y componentes que contiene, procurando que su tamaño sea lo más compacto posible, de tal forma que se tenga una mejor maniobrabilidad y, en consecuencia, no requiera de mucho espacio para moverse dentro del almacén.

Los sistemas mecánicos que hacen posible el movimiento de la plataforma son el de tracción y el de dirección.

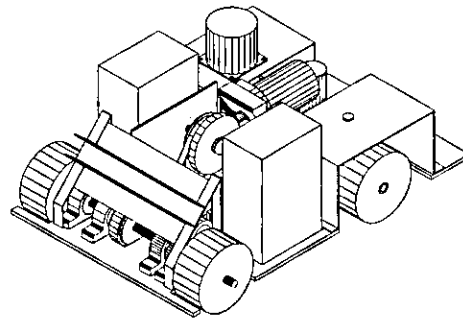
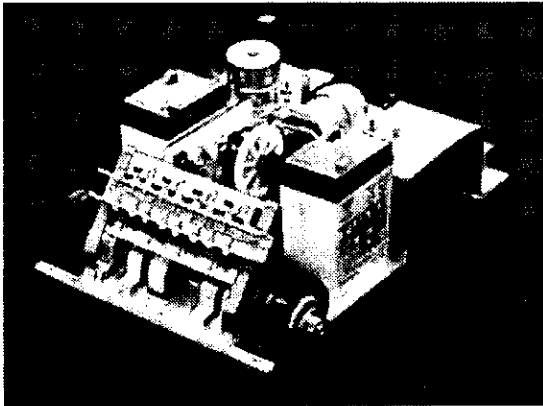
El sistema de tracción debe proporcionar una velocidad y un par adecuados para mover al prototipo, y debe estar bien apoyado para evitar excesivas pérdidas por fricción y una eventual fatiga en las flechas.

El sistema de dirección debe tener una buena velocidad, para responder adecuadamente a los cambios en la pista óptica, y también debe contar con el par suficiente para mover el peso de todo el robot sin problemas y con buena precisión.

La plataforma también debe contar con un lugar adecuado para acomodar a las baterías, la torreta y los diferentes componentes



electrónicos que albergará; además, deberá tener la rigidez suficiente para evitar cualquier pandeo en la estructura.



Vista general de la plataforma con todos sus elementos. Foto (izquierda), diseño por computadora (derecha).

3.1.2 SISTEMA DE TRACCION.

Se pensó en un diseño compacto de tracción trasera con dos ruedas motrices; al ser dos las ruedas motrices, se vuelve necesario el implementar un sistema que compense la velocidad de las dos ruedas al tomar éstas una curva, pues la rueda que queda del lado exterior a la curva necesita girar más rápido que la interior, ya que de lo contrario, la rueda exterior patinaría y sería fácil perder el control del movimiento.



Una forma de solucionar este problema es implementando un diferencial mecánico que se encargue de “distribuir” adecuadamente la velocidad entre las dos ruedas. Otra solución sería colocar un motor en cada rueda, y utilizar un controlador electrónico que se encargue de proporcionar la velocidad adecuada a cada motor. Esta última solución sería un problema bastante interesante de electrónica, sin embargo, la primera solución es más sencilla y económica, por lo que fue la alternativa que seleccionamos.

Para construir el sistema de tracción, se utilizó un motorreductor de antenna eléctrica para automóvil, que proporciona un par y velocidad semejantes a los que se requieren, sin ser de dimensiones muy grandes.

Se usó un diferencial para modelismo, que también contaba con dimensiones muy reducidas, y para evitar cualquier esfuerzo en éste, se decidió que las dos flechas que se acoplan con él, estuvieran doblemente apoyadas. (*Ver apéndice A, plano III*)

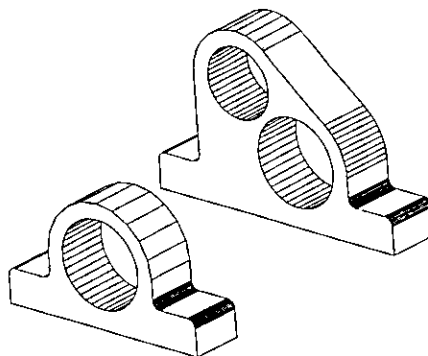
Debido a la configuración propia del motor y del diferencial, fue necesario fabricar un eje que transmitiera el movimiento desde uno hasta el otro. Para lograr el acoplamiento, también se hizo uso de un sistema de banda y poleas. Para evitar pérdidas, es necesario que la banda esté bien tensa, y se decidió utilizar una banda dentada con lo que se logró evitar



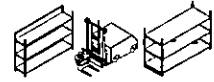
que patinara. El eje que fabricamos, que es movido por la banda, también debe estar doblemente apoyado para asegurar su correcto funcionamiento y reducir los esfuerzos en los apoyos. (*Ver apéndice A, plano III*)

Para apoyar todos los ejes se diseñaron unos soportes para rodamientos, con ayuda del software CAD KEY para dibujo mecánico, y posteriormente se obtuvo el código de control numérico de los dibujos utilizando el software SMART CAM. Finalmente los soportes fueron fabricados en aluminio por medio del centro de maquinado vertical VMC 300 que se encuentra en el laboratorio de manufactura avanzada del CDM.

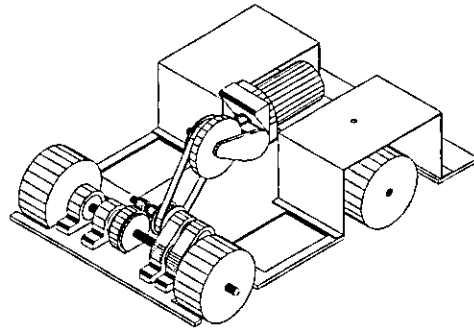
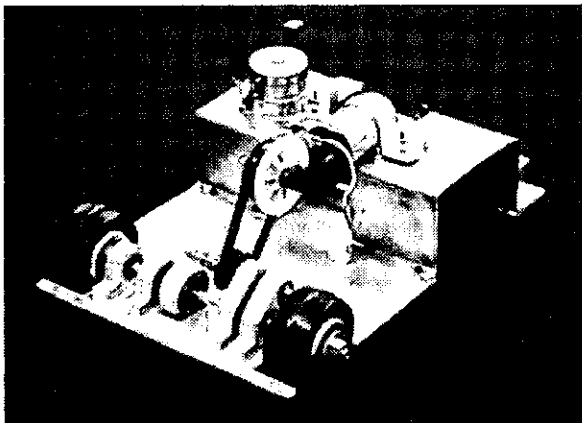
Se fabricaron dos tipos de soportes, ya que dos de éstos cargan únicamente a la flecha que va a la rueda, y los otros dos cargan a la flecha y al eje de la polea.



Isométrico de los soportes de la tracción maquinados en el centro de manufactura avanzada.



Para acomodar adecuadamente los ejes y evitar su deslizamiento axial, éstos se ranuraron en el torno y se colocaron seguros tipo 'e', también conocidos como seguros exteriores, en las ranuras. Estos seguros permiten el giro adecuado de la flecha sin que ésta se desplace axialmente.

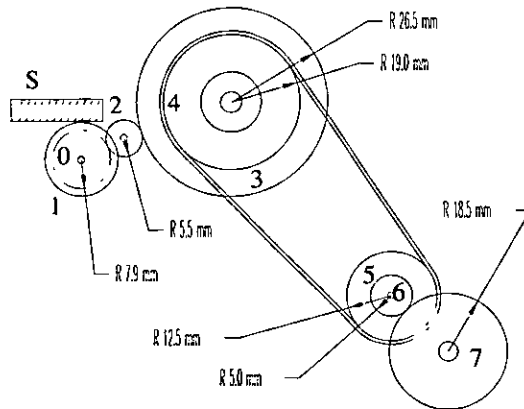


Vista general del sistema de tracción. Diseño por computadora (derecha), foto (izquierda).

La reducción total que se tiene en el sistema de tracción se calculó de la siguiente manera:



CAPITULO III. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RMA-1.



La relación de velocidades está dada por:

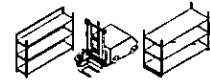
$$\frac{W_{salida}}{W_{entrada}} = \frac{r_{conductoras}}{r_{conducidas}} \quad \therefore \frac{W_1}{W_7} = \frac{r_7 r_5 r_3}{r_6 r_4 r_1} = \frac{r_7 r_5 r_3}{r_6 r_4 r_1}$$

de donde obtenemos que:

$$W_1 = W_7 \left(\frac{r_7 r_5 r_3}{r_6 r_4 r_1} \right)$$

substituyendo los valores de los radios:

$$W_1 = W_7 \left(\frac{18.5 \times 12.5 \times 26.5}{5 \times 19 \times 7.9} \right) \quad \therefore W_1 = 8.17 W_7$$



Para la reducción entre el sin fin y el engrane helicoidal que se acopla con él, utilizamos el número hilos y de dientes de cada uno respectivamente:

$$N_s = 2 \text{ hilos}$$

$$N_0 = 32 \text{ dientes}$$

La relación de velocidades es:

$$\frac{W_s}{W_0} = \frac{N_0}{N_s} \quad \therefore \frac{W_s}{W_0} = \frac{32}{2}$$

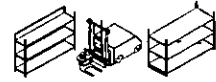
y obtenemos que:

$$W_s = 16 W_0$$

De esta forma, llegamos a que la reducción total que se tiene está dada por: $16 \times 8.17 = 130.72$

$$\therefore W_s = 130.72 W_7$$

Sabemos que la velocidad del motor es $W_s = 5000 \text{ rpm}$, por lo que la velocidad de las ruedas será:



$$W_7 = \frac{5000}{130.72} = 38.25 \text{ rpm} = 4 \text{ rad/s}$$

Sin embargo la transmisión no es perfecta, por lo que se necesita incluir una eficiencia de transmisión, misma que se calcula aproximadamente multiplicando un factor de 0.96 por cada etapa de reducción con engranes y un factor de 0.92 en transmisión por banda y por pérdidas en el diferencial.

$$\eta_t = 0.96^4 \times 0.92^2 \times 100 = 72 \%$$

Dado que el radio de las ruedas motrices es de 3.65 cm, tenemos que la velocidad del vehículo es:

$$v = w r$$

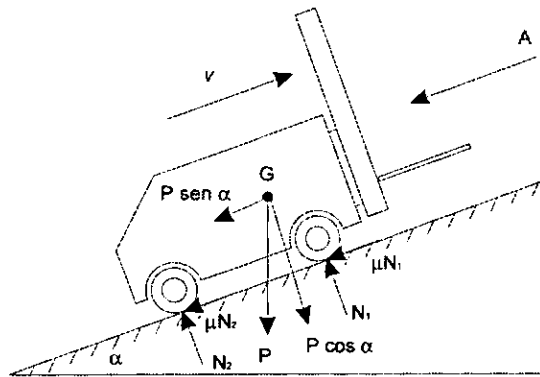
$$v = 4 \times 3.65 = 14.6 \text{ cm/s}$$

$$\therefore v = 0.146 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es adecuada para nuestros requerimientos, por lo que decidimos no hacer modificaciones a la reducción.



A continuación se calculará la potencia necesaria para mover al montacargas:



El vehículo de la figura está subiendo una pendiente de ángulo α respecto de la horizontal, a la máxima velocidad, v m/s, que le permite la máxima potencia de su motor W_1 en Watts, siendo m la masa del mismo en Kg, actúan las siguientes fuerzas:

F = Fuerza de tracción en las ruedas motrices. (N)

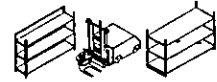
N_1, N_2 = Reacciones del suelo sobre las ruedas anteriores y posteriores, respectivamente, perpendiculares a éste. (N)

P = Peso. (N)

G = centro de gravedad.

μN_1 y μN_2 = Fuerzas de resistencia al avance, debidas al coeficiente de resistencia al rodamiento. (N)

A = Fuerza de resistencia debida al aire. (despreciable en nuestro caso)



De esta manera tenemos para una velocidad constante:

$$F = P \cdot \text{Sen} \alpha + \mu \cdot (N_1 + N_2)$$

$$P \cdot \text{Cos} \alpha = N_1 + N_2$$

De lo que se deduce:

$$F = P \cdot (\text{Sen} \alpha + \mu \cdot \text{Cos} \alpha)$$

$$F = m \cdot g \cdot (\text{Sen} \alpha + \mu \cdot \text{Cos} \alpha)$$

Si designamos con $\eta\%$ el rendimiento de la transmisión del vehículo, la potencia útil que se emplea en el movimiento está expresada por:

$$\frac{\eta}{100} \cdot W_1 \text{ [Watts]} = F \cdot v$$

\therefore

$$W_1 = \frac{m \cdot g \cdot (\text{Sen} \alpha + \mu \cdot \text{Cos} \alpha) \cdot (100)}{\eta}$$

Para el caso de una superficie plana tenemos:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$W_1 = \frac{m \cdot g \cdot \mu \cdot v \cdot 100}{\eta} \text{ [Watts]}$$



$$[Kg] \left[\frac{m}{s^2} \right] \left[\frac{m}{s} \right] = \left[N \frac{m}{s} \right] = [Watt]$$

Utilizando la eficiencia de transmisión del 72% calculada, y un coeficiente de resistencia al rodamiento de 0.017, substituyendo para diferentes valores de masa y velocidad, tenemos:

Masa [Kg]

| | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 10 | 12 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.050 | 0.023 | 0.046 | 0.069 | 0.093 | 0.104 | 0.116 | 0.139 |
| 0.070 | 0.032 | 0.065 | 0.097 | 0.130 | 0.146 | 0.162 | 0.195 |
| 0.085 | 0.039 | 0.079 | 0.118 | 0.158 | 0.177 | 0.197 | 0.236 |
| 0.100 | 0.046 | 0.093 | 0.139 | 0.185 | 0.208 | 0.232 | 0.278 |
| 0.146 | 0.068 | 0.135 | 0.203 | 0.271 | 0.304 | 0.338 | 0.406 |
| 0.150 | 0.069 | 0.139 | 0.208 | 0.278 | 0.313 | 0.347 | 0.417 |
| 0.200 | 0.093 | 0.185 | 0.278 | 0.371 | 0.417 | 0.463 | 0.556 |
| 0.250 | 0.116 | 0.232 | 0.347 | 0.463 | 0.521 | 0.579 | 0.695 |

Potencia [W]

El elemento sombreado de la tabla representa el valor de potencia correspondiente a las características de masa y velocidad que finalmente tuvo el RMA-1. Debido a que este valor es bastante menor a la potencia del motor propuesto para la tracción, podemos tener la certeza de que funcionará sin problemas y con un muy buen factor de seguridad.



También es importante calcular la potencia máxima que debe tener el motor, ya que si ésta fuera demasiado grande, las ruedas tractoras podrían patinarse o deslizarse. Para calcular esta potencia, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$W = \omega \cdot T \quad (1)$$

$$v = \omega \cdot r \quad (2)$$

Substituyendo el valor de ω de la ecuación 2 en la 1, tenemos:

$$W = \frac{v \cdot T}{r} \quad (3)$$

$$T = F \cdot r \quad (4)$$

$$F_f = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g \quad (5)$$

Debido a que la única fuerza que se tiene que vencer es la debida a la fricción tenemos que $F = F_f$.

Así que substituyendo la ecuación 5 en la 4 y considerando la restricción para que no exista el patinaje o deslizamiento en las ruedas, que es $F_f \leq \mu \cdot N$, se llega a lo siguiente:



$$T \leq \mu \cdot m \cdot g \cdot r \quad (6)$$

Considerando los siguientes datos:

$$m = 9 \text{ Kg.}$$

$$r = 0.0365 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\mu = 0.983$$

$$\omega = 4 \text{ rad/s}$$

tenemos que:

$$T = 3.168 \text{ Nm}$$

$$W_{\max} = 12.67 \text{ [W]}$$

De lo que podemos concluir que el motor propuesto va a funcionar perfectamente, pues su potencia es de 8.25 Watts.

3.1.3 SISTEMA DE DIRECCION.

En cuanto a la dirección, dado que ésta se encuentra al frente junto con la torreta, se optó por un sistema de dos ruedas para lograr un buen

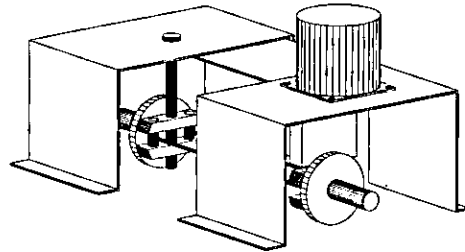
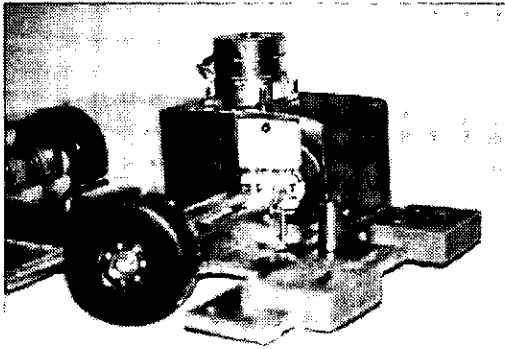


apoyo del robot en todas las condiciones de carga, pues si se hubiera seguido la otra alternativa, que sería utilizar una sola rueda de dirección colocada al centro de la plataforma, el vehículo se desequilibraría durante los movimientos de la torreta.

Con respecto al movimiento de las ruedas delanteras, se decidió utilizar un sólo motor de pasos, por lo que se hizo necesario diseñar un sistema de acoplamiento entre las dos ruedas, que garantizara que ambas giraran siempre con el mismo ángulo, pues aunque las dos ruedas no tendrían el mismo radio de giro, la solución satisfacía nuestras necesidades. (*Ver apéndice A, plano II*)

El sistema de dirección es movido por medio de un motor de pasos con reducción de 20:1, por lo que no tiene problemas con el peso del robot. Este motor va acoplado directamente sobre la rueda izquierda delantera de la plataforma.

Para poder acoplar adecuadamente las dos ruedas, se fabricaron dos ejes especiales de aluminio, que por un lado soportan a la rueda, y por el otro son atravesados por un eje vertical que permite el movimiento giratorio necesario para dar las vueltas.



Vista general del sistema de dirección. Foto (izquierda), diseño por computadora (derecha).

Estas piezas también cuentan con dos pernos verticales a los que se sujetan las barras que transmiten el giro de una rueda a la otra.

Los ejes verticales están sujetos por su parte inferior a la base de la plataforma, y por la superior a las salpicaderas, en una de las cuales también se apoya el motor de pasos.

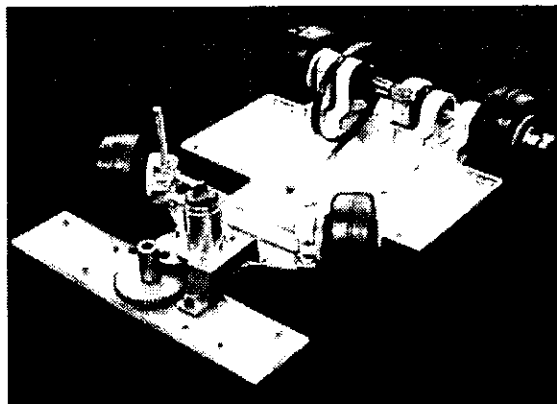
3.1.4 LA BASE.

En lo que respecta a la base de la plataforma, se optó por hacer una sola placa de un material suficientemente rígido, que soportara a todos los componentes. La base cuenta con un par de salpicaderas que funcionan como soporte para los motores de tracción y dirección.



La base de la plataforma se fabricó de una sola pieza, cortada a partir de una placa de aluminio de 3.5 mm de espesor. Al igual que los soportes para los rodamientos, la base fue diseñada en CAD KEY, posteriormente se obtuvo el código CNC en SMART CAM, y finalmente se maquinó en la VMC 300. *(Ver apéndice A, plano I)*

Para lograr que todas las partes que se deben colocar sobre la base quedaran en su posición exacta, se utilizó la cortadora láser para obtener una plantilla de acrílico que se unió a la base de aluminio, de tal forma que se pudieron colocar los soportes de los rodamientos en el lugar adecuado. Esto era importante para que los soportes quedaran bien alineados, y el diferencial no se cargara con esfuerzos innecesarios.



Fotografía del bastidor de aluminio de la base (fabricado en un centro de maquinado vertical) con algunos de sus elementos mecánicos.



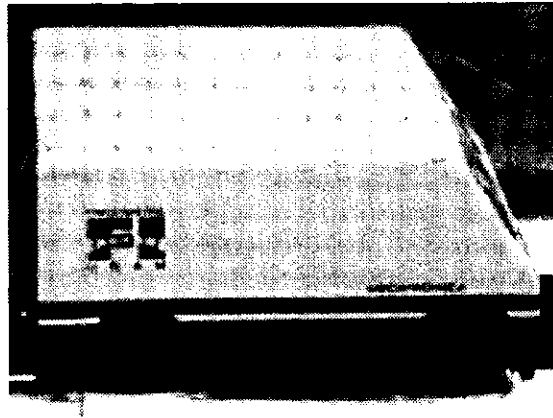
La base también cuenta con los barrenos y los ejes necesarios para acomodar adecuadamente los engranes que van al tornillo de la torreta.

Las salpicaderas de las ruedas delanteras se fabricaron de lámina negra calibre #18, y se atornillaron a la base.

3.1.5 LA CARROCERIA.

La carrocería del RMA-1 se construyó de estireno termoformado, utilizando para ésto un molde de madera con las dimensiones necesarias, y una máquina para termoformado que nos facilitaron en el laboratorio de plásticos de diseño industrial.

Se utilizó este material debido a su bajo peso y a su gran manejabilidad, que nos permitió fabricarla de una sola pieza, sin tener que hacer ninguna clase de ensamble, que al momento de manejarla durante las pruebas, pudiera fallar.



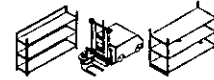
Vista de la carrocería, fabricada en estireno termoformado.

3.2.0 LA TORRETA.

La torreta es el sistema encargado de la manipulación de la carga para lograr su correcto posicionamiento en los estantes. Para ésto cuenta con tres grados de libertad, que permiten todos los movimientos necesarios.

3.2.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para lograr colocar la carga dentro de los estantes del almacén, se requiere de un control eficiente sobre varios tipos de movimiento, que nos permitan tener acceso a una determinada posición en los estantes.



Todo esto se debe realizar con materiales ligeros, pero a la vez resistentes, y además ser diseñada de tal forma que se ocupe el mínimo espacio posible al manipular la carga, lo cual es muy importante puesto que uno de los objetivos de la tesis es economizar el espacio para almacenaje.

Procurando optimar al máximo el espacio disponible dentro del almacén, es necesario hacer que los pasillos sean lo más estrechos posible, por lo que el robot no tendría espacio suficiente para maniobrar y ponerse en posición de colocar o retirar la carga. Basándonos en esta idea, decidimos que únicamente la torreta realice los movimientos necesarios para colocar la carga, de tal manera que la plataforma no requiera de movimientos adicionales.

Existen muchas formas de manipular la carga dentro del almacén, pudiendo utilizar para esto una gran cantidad de elementos, como cremalleras, cadenas, bandas, actuadores neumáticos, hidráulicos, etc. Sin embargo, debido a nuestros requerimientos y restricciones, no es posible utilizar algunos de estos elementos, por lo menos a nivel de prototipo. Por todo esto, para realizar los movimientos necesarios para el posicionamiento de la carga, se eligieron tres alternativas, con las cuales se hace posible:



- 1) Un movimiento de elevación.
- 2) Un movimiento lateral.
- 3) Un movimiento de rotación.

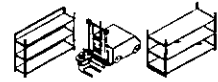
Como en cualquier proceso de diseño, inicialmente se hizo una lluvia de ideas para el diseño de la torreta, utilizando como base los tres tipos de movimiento mencionados, con lo cual se obtuvieron varios diseños, entre los cuales figuraban:

1) Para lograr el levantamiento:

- Cadenas.
- Arreglo de poleas.
- Tornillo único.
- Pistones.

2) Para lograr el movimiento lateral:

- Cremallera.
- Tornillo.
- Pistones.
- Ruedas.

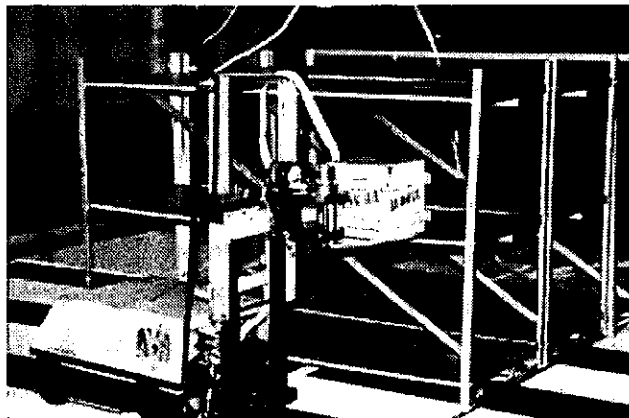


3) Para la rotación:

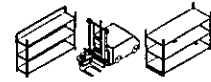
- Arreglo de engranes.
- Bandas dentadas.

Por criterios diversos como son económicos, eficiencia, seguridad, peso y tamaño, algunas de estas opciones se desecharon.

Después de muchas modificaciones y ajustes, el diseño final quedó constituido por elementos que son comunes o que se pueden fabricar en máquinas convencionales, y se llegó a lo siguiente:



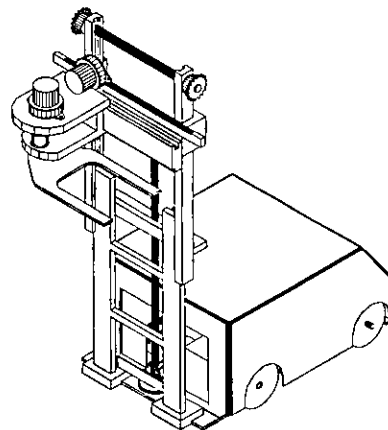
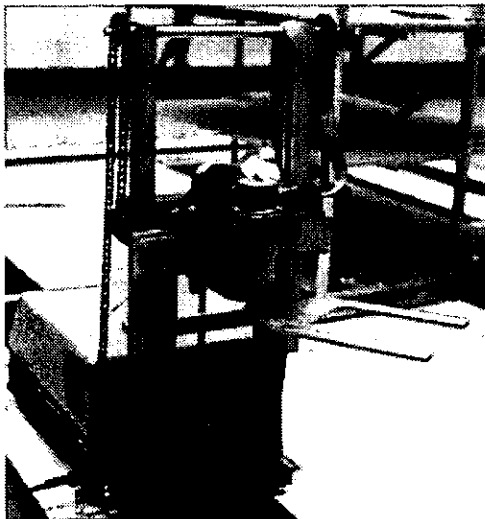
Vista del RMA-1 terminado, realizando tareas de movimiento de materiales.



3.2.2 SISTEMA DE ELEVACION

El sistema de elevación cuenta con varias partes, las cuales en su mayoría están fabricadas en Nylamid, ésto debido a su bajo peso y a su gran resistencia mecánica. El resto de las piezas están hechas de acero.

El sistema consiste en un par de guías que están fijas a la plataforma del robot montacargas. Sobre estas guías se deslizan un par de barras rectangulares acanaladas que están sujetas en su extremo inferior por un travesaño, que lleva la rosca por la que pasa el tornillo, y por el eje que sostiene las poleas en su extremo superior. (Ver apéndice A, plano VI)

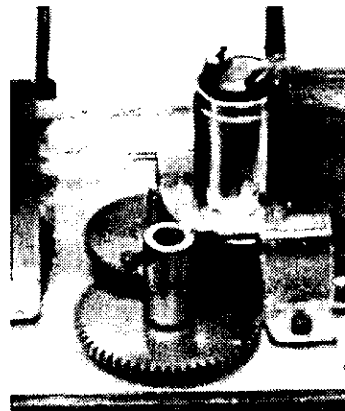


Vista de la torreta haciendo movimientos de elevación.



Sobre estas dos barras se desliza la pieza que sirve de corredera para el soporte que sujeta a la cuchilla y a los motores utilizados en los movimientos de rotación y lateral. Para lograr este deslizamiento se acoplaron un par de cadenas que van de los extremos de esta pieza, hasta las salpicaderas de la plataforma, pasando por las poleas de la parte superior de las barras acanaladas. (*Ver apéndice A, plano V*)

Por último, la elevación se logra con un motor acoplado a un arreglo de engranes que transmiten la potencia a un tornillo sin fin, que se encarga de subir y bajar las barras acanaladas.



Vista del sistema de elevación de la torreta. Se muestra el motor de CD con una caja reductora de engranes.

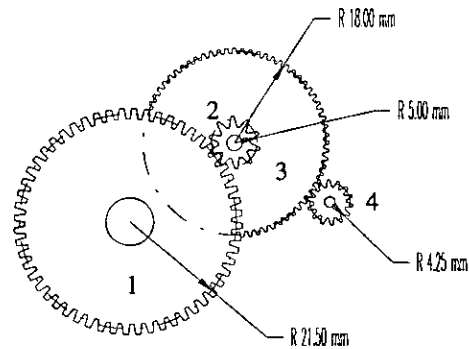
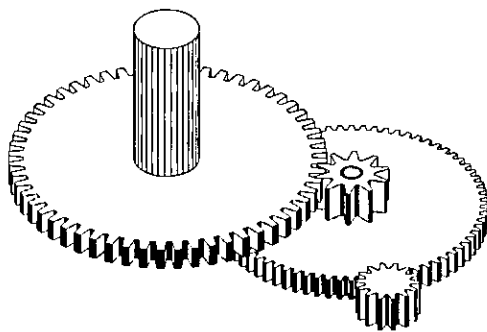
La unión de todos estos elementos permiten un movimiento telescópico que logra que la pieza corredera se eleve el doble de lo que lo



CAPITULO III. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RMA-1.

hacen las barras acanaladas, lo que también permite reducir las dimensiones del robot.

A continuación se muestran los cálculos realizados para la reducción que acopla al motor con el tornillo.



Tenemos que la relación de velocidades es la siguiente:

$$\frac{W_{salida}}{W_{entrada}} = \frac{r_{conductoras}}{r_{conducidas}}$$

que para nuestro caso se reduce a:

$$\frac{W_4}{W_1} = \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4} \quad \text{de donde se obtiene que} \quad W_4 = W_1 \left(\frac{r_1 r_3}{r_2 r_4} \right)$$



Sustituyendo los valores de los radios de los engranes:

$$W_4 = W_1 \left(\frac{21.5 \times 18}{5 \times 4.25} \right)$$

$$\therefore W_4 = 18.212 W_1$$

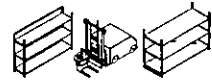
Como sabemos que la velocidad del motor es $W_4 = 3600 \text{ rpm}$, obtenemos que la velocidad angular del tornillo está dada por:

$$W_1 = \frac{3600}{18.212} = 197.7 \text{ rpm}$$

Experimentalmente, se determinó que el tornillo tiene un avance de 1 mm por cada $20/27$ de vuelta que gira, y considerando el arreglo de poleas que se tiene en la torreta, tenemos que la velocidad a la que la cuchilla sube es:

$$v_i = \frac{197.7}{20/27} \times 2 = 533.8 \text{ mmpm}$$

Por otro lado, el peso del soporte de la cuchilla y la carga, producen un momento flexionante en las barras y guías de la torreta. Este momento



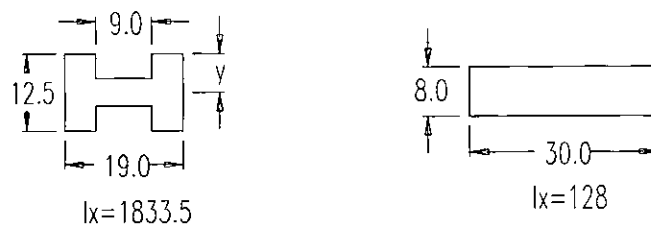
está determinado por $M = F \cdot d$, donde F es el peso del soporte y la carga, y d es la distancia del centro de masa del soporte al eje de la torreta.

El esfuerzo de flexión al que están sometidas las barras está dado por:

$$\sigma_x = \frac{M \cdot y}{I_x}$$

Donde M es el momento, y es la distancia del borde de la barra a su eje neutro, e I_x es el momento de inercia de la sección.

Se tienen dos distintas secciones:



Dibujo de las secciones transversales con medidas .

Con ayuda de CAD KEY, determinamos que d es de 95.4 mm, y que el peso del soporte es de 770 gr. Pretendiendo una carga de un kilogramo, tenemos:



$$\sigma_x = \frac{F \cdot d \cdot y}{I_x}$$

$$\sigma_{x1} = \frac{1.77 \times 95.4 \times 6.25}{1833.52} = 0.5756 \text{ Kg/mm}^2 = 57.56 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{x2} = \frac{1.77 \times 95.4 \times 4}{1280} = 0.5276 \text{ Kg/mm}^2 = 52.76 \text{ Kg/cm}^2$$

Los dos valores son muy inferiores al esfuerzo de flexión máximo que permite el Nylamid, que se de 770 kg/cm^2 , por lo que el material no presentará ningún problema.

3.2.3 SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO LATERAL.

El movimiento lateral consiste básicamente en un arreglo de motor y cremallera, que desliza sobre la pieza corredera mencionada.

El soporte de los motores de rotación y traslación desliza lateralmente por medio de la corredera, que pretende un acoplamiento rígido procurando la menor fricción posible. (Ver apéndice A, plano V)

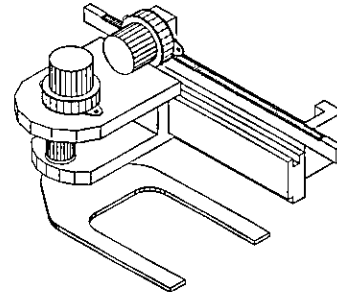
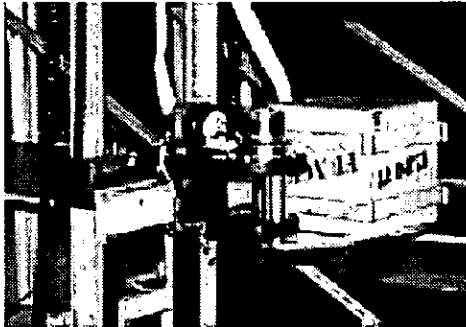


Foto (izquierda) e isométrico diseñado en computadora (derecha) de los sistemas de rotación y movimiento laterale con los que cuenta la torreta.

3.2.4 SISTEMA DE ROTACION.

Este sistema es muy sencillo, pues para lograr este movimiento únicamente se utilizó un motorreductor colocado en la misma base del motor utilizado para el movimiento lateral. Este motorreductor está acoplado directamente a un eje apoyado en un rodamiento, y que transmite el movimiento a la cuchilla.



Foto de las piezas principales que forman parte de los sistemas que hacen posible el movimiento lateral y de rotación de la torreta.



CAPITULO IV. Diseño y construcción del almacén.

El almacén es la parte del sistema que contiene a los estantes, el robot montacargas y la pista que sirve de guía para éste.

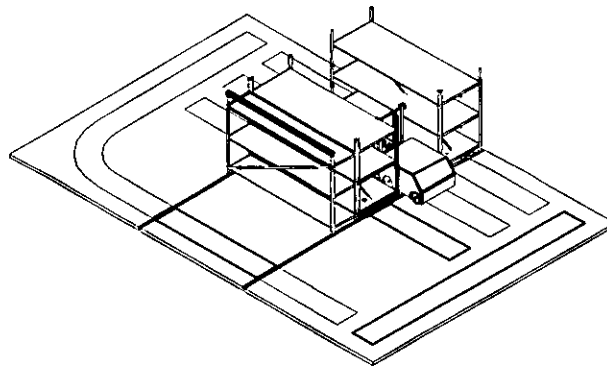
También el almacén es el encargado de suministrar la información necesaria para que el RMA-1 realice sus tareas, contando además con un centro de carga y descarga. En el caso de que se tuvieran varios robots trabajando, el almacén se encargaría del ruteo y el control de tráfico para optimar su funcionamiento y eficiencia, por lo que debe ser un almacén inteligente.

4.1.0 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.

Procurando un aprovechamiento óptimo del espacio disponible dentro del almacén, se propone la utilización de un sólo pasillo útil, para lo que es necesario un conjunto de estantes móviles que sean capaces de desplazarse a lo largo de rieles empotrados en la superficie del almacén. De esta forma, todos los estantes se encuentran juntos, a los lados del pasillo por el que cruza el RMA-1.

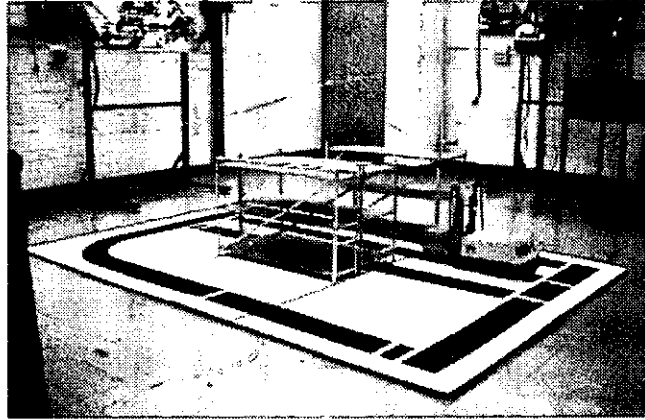


Cuando se requiera acceder a los espacios localizados en algún estante que no sea accesible desde el pasillo existente, el resto de los estantes deberá desplazarse sobre dicho pasillo para abrir uno nuevo en el lugar requerido. Este control también deberá ser llevado por la computadora del almacén. Los estantes móviles deberán ser ligeros para reducir las necesidades de potencia en sus motores. (*Ver apéndice A, plano XI*)



Diseño por computadora de la configuración real del almacén.

Cabe mencionar que con este sistema se logra aumentar en un 50 % la capacidad de un almacén con la misma superficie libre de uno común.



Vista general del almacén, así como los elementos que alberga.

El almacén también deberá contar con una superficie lo más plana posible para que el robot no tenga problemas al moverse sobre él, y sobre la cual se tracen las diferentes rutas que seguirá el robot.

4.2.0 LOS ESTANTES.

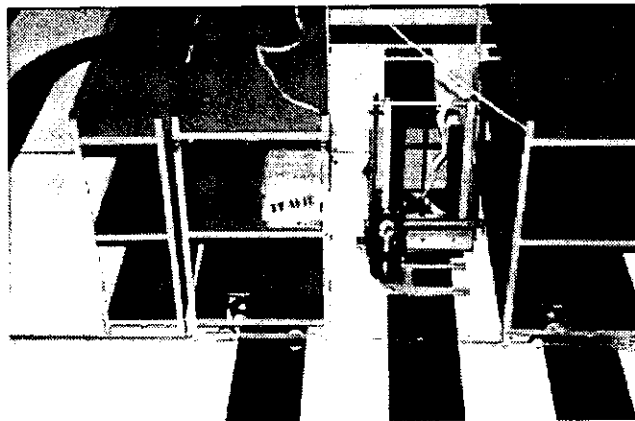
Los estantes se fabricaron con perfiles de aluminio, con lo que se facilitó su construcción, y se logró la condición de que tuvieran un bajo peso. Se diseñaron de tal manera que pudieran contener tres niveles y tres columnas para la colocación de la carga, además de que pueden contener carga de los dos lados. *(Ver apéndice A, plano X)*



Para los entrepaños de los estantes se utilizaron tiras de macopán de un calibre delgado, pues para sus fines demostrativos no se requería de una mayor resistencia y, en cambio, si nos ayudaba a conservar un bajo peso.

El almacén cuenta con un estante fijo y dos móviles, mismos que tienen dos pares de ruedas acanaladas, con el fin de que se desplacen sobre los rieles de una manera fácil y segura. Además, cada uno de los estantes móviles tiene un motorreductor de corriente directa acoplado a una rueda de caucho que se encarga de impulsar a todo el estante.

Los estantes también cuentan con los sensores necesarios para determinar su posición dentro del almacén, y permitir un buen control de su movimiento.



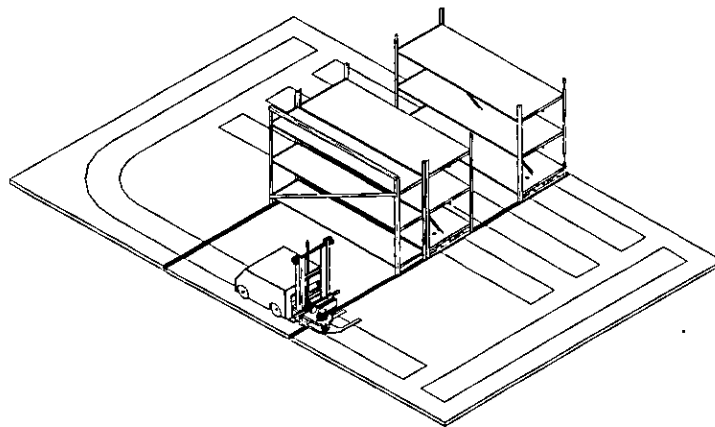
Vista de los estantes, así como su configuración dentro del almacén.



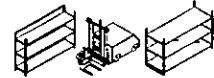
4.3.0 LA SUPERFICIE.

Para garantizar la planicidad de la superficie sobre la que se mueve el robot, se utilizaron 4 hojas de aglomerado de 19 mm de 1.20 por .80 m., para facilitar su manejo.

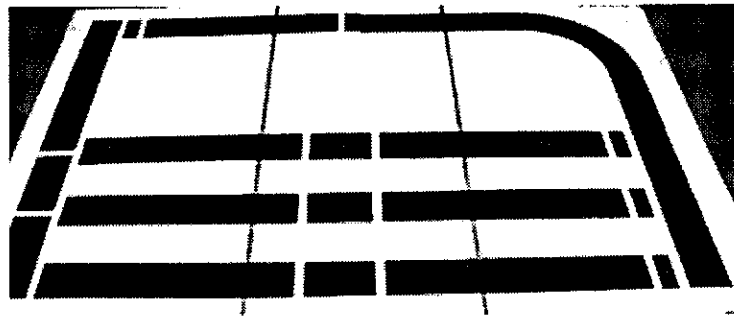
Los rieles sobre los que corren los estantes, fueron empotradas en estas hojas de madera, de tal forma que no interfirieran con el paso del montacargas. Posteriormente, las hojas fueron pintadas de color blanco brillante, y se trazó la pista óptica con papel *contact* negro, lo que facilitó su modificación durante las pruebas.



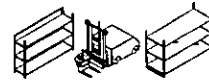
Diseño de las posiciones y tamaños de pistas y rieles dentro del almacén.



La pista óptica se diseñó de colores blanco y negro, que eran los requeridos por el sistema de visión del robot, además de que cuenta con una serie de interrupciones que proporcionan información al robot, indicándole su posición dentro del almacén, y las tareas que corresponden a ésta.



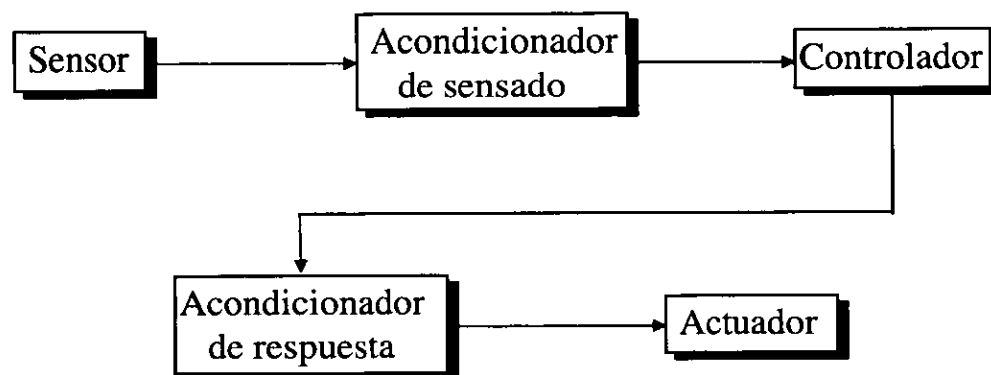
Fotografía de la superficie del almacén, donde se observan los rieles y las pistas guía.



CAPITULO V. Componentes Electrónicos.

El sistema de almacenamiento automático consta de una gran diversidad de componentes electrónicos que permiten su control y correcto funcionamiento. Estos componentes incluyen los circuitos de potencia para el control de motores, los controladores de los diferentes sensores que utilizamos, y los circuitos que nos permiten dividir todas las señales que se manejan.

En general, todas las partes del sistema electrónico que manejamos, trabajan en conjunto bajo un mismo esquema, que es el siguiente:





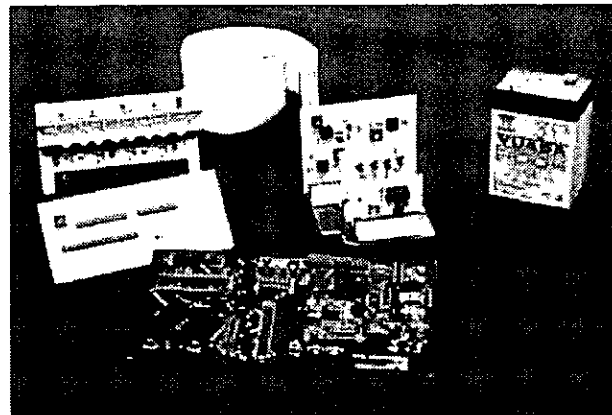
Donde el sensor es el elemento que está en contacto directo con la variable que se quiere medir o controlar. El acondicionador de sensado es la etapa que se encarga de darle forma a la señal emitida por el sensor. El controlador realiza las operaciones necesarias con la señal y emite una respuesta. El acondicionamiento de la respuesta se emplea para adecuarla a las necesidades de los actuadores. Finalmente, el actuador puede ser cualquier dispositivo que haga una tarea física con la respuesta del controlador.

Todos los componentes electrónicos del sistema se diseñaron de tal forma que fueran independientes unos de otros. El objetivo de esto es lograr una mejor detección de fallas y facilitar su corrección, además de ser más fácil su mantenimiento y colocación. Para interconectar un componente con otro, se utilizaron conectores que permitieran un fácil manejo de las diferentes tarjetas, manteniendo su independencia entre sí, para que éstas pudieran ser conectadas y desconectadas de una manera segura, todas las veces que fuera necesario.

Por otra parte, todos los circuitos están impresos en tarjetas de cobre, lo cual permite disminuir el número de cables y reducir el espacio que éstos ocupan, que debe ser el mínimo pues el espacio dentro del montacargas es muy reducido. Esto también evita los problemas que pudieran surgir si algún cable llegara a desconectarse.



Para facilitar y tener un orden en las conexiones existentes entre todos los elementos que se tienen dentro del RMA-1, como son los motores, los circuitos y los sensores, se diseñó una tarjeta de entradas y salidas, que tiene por objeto acomodar dichas conexiones por medio de puentes, y así poder conectar todos los elementos a través de cables con terminales especiales. Además, esta tarjeta cuenta con un sistema de regulación de voltaje que permite manejar niveles de 5 y 12 volts, los cuales son suministrados por un par de baterías de plomo de 6 volts y 4 amperes / hora cada una, conectadas en serie.



Principales elementos electrónicos con los que cuenta el RMA- 1.

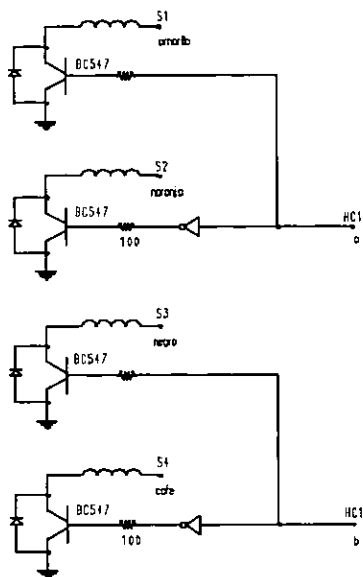


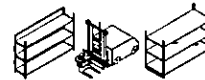
5.1.0 ELECTRONICA DE POTENCIA.

La electrónica de potencia es una parte sumamente importante en el sistema, debido a que la corriente que demandan los actuadores es por mucho, más alta que la que podría entregar la tarjeta controladora, que sin los circuitos de potencia apropiados, se dañaría. Estos circuitos son los acondicionadores de respuesta que se encuentran entre la tarjeta y los actuadores.

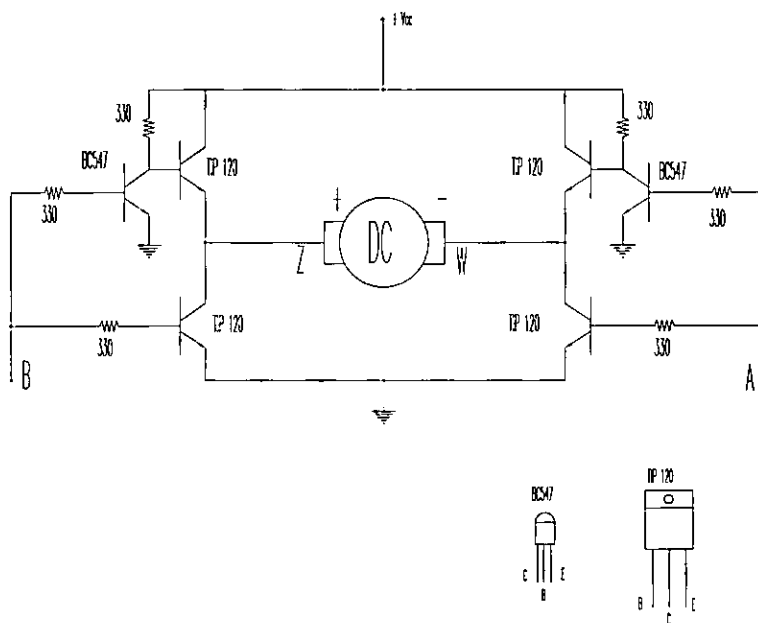
Según la aplicación para la que se requerían, se utilizaron dos circuitos de potencia diferentes:

1.- Para el motor de pasos.





2.- Para los motores de corriente directa.



Los dos circuitos son semejantes, ya que su función radica básicamente en "aislar" al motor del sistema electrónico del HC11, por lo que las salidas del controlador en vez de llegar directamente al motor, llegan al circuito de potencia, el cual se encarga de alimentar al motor con la corriente apropiada.

En el caso de los circuitos de potencia para los motores de corriente directa, su función no es únicamente la de suministrar al motor la energía necesaria, sino que además pueden controlar su sentido de giro. Todo esto

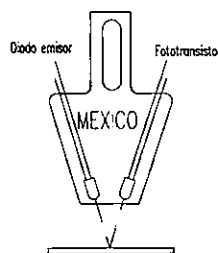


se logra utilizando una serie de Transistores Darlington TIP120 y unos BC547, además de algunas resistencias.

5.2.0 SISTEMA DE VISIÓN PARA LA GUÍA AUTOMÁTICA.

El sistema de guía automática que usa el RMA-1 consta de dos sensores ópticos, dos circuitos de reloj, dos de decodificación, el controlador HC11, el sistema de potencia y el motorreductor de pasos.

El sensor óptico contiene un diodo emisor de infrarrojos y un fototransistor que se encuentran dispuestos en ángulos encontrados, y aislados mediante un encapsulado que en la parte inferior contiene una mica de color rojo que funciona como filtro para evitar el ruido causado por la luz visible.

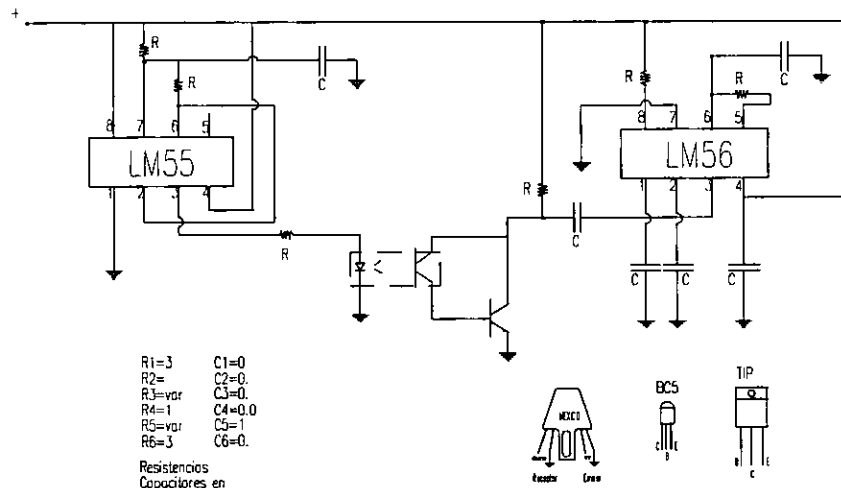


El circuito de reloj, que se compone por un chip TL555, y otros componentes como son resistencias y capacitores, tiene como función

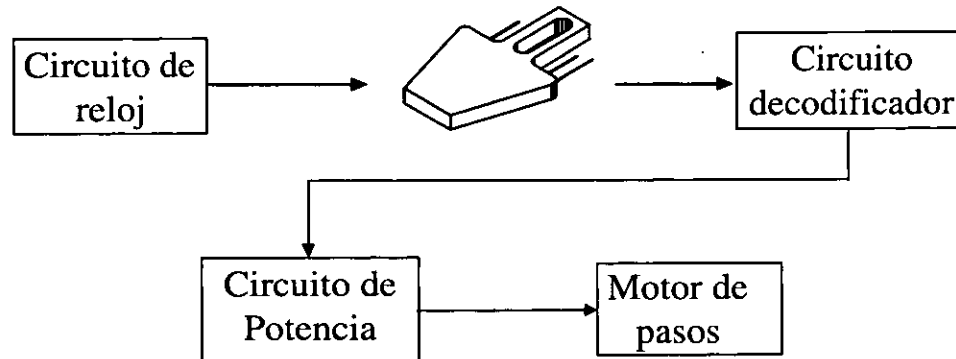
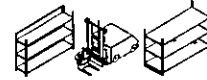


enviar una señal de salida que oscila con una frecuencia determinada. Esta frecuencia depende del arreglo de resistencias y capacitores que se tenga en el circuito, y es la que llega al diodo emisor del sensor óptico.

El circuito decodificador es similar al de reloj, aunque éste utiliza un chip detector de tono TL567, y tiene como objetivo captar la señal que recibe el fototransistor del sensor óptico y generar una respuesta dependiendo de la frecuencia que se reciba.



La forma de funcionamiento del sistema de visión del RMA-1 se ve ejemplificada en el siguiente diagrama:



El circuito de reloj envía una señal a determinada frecuencia al diodo del sensor, que simplemente la emite sobre alguna superficie. Es aquí donde radica la base del sistema de visión, ya que dependiendo de la reflectividad que tenga el material de la superficie, el fototransistor del sensor podrá o no percibir esa misma frecuencia. El fototransistor envía la señal que recibe al circuito decodificador, y si esa señal tiene la misma frecuencia para la que el decodificador está configurado, éste emitirá su propia salida. La salida del circuito será simplemente un uno o un cero dependiendo de la frecuencia que reciba. Si la frecuencia es la adecuada, lo que sucede si la señal del fotodiodo es reflejada, a la salida del circuito se tendrá un cero lógico. En el caso contrario se obtendrá un uno.

Así pues, las señales de salida de los circuitos decodificadores se mandan directamente al HC11 donde, dependiendo del estado lógico que tengan y comparando la señal de cada uno de los dos decodificadores, se



tomará la decisión pertinente, y se mandará al circuito de potencia del motor de pasos, que hará que las ruedas de dirección giren un paso hacia el lado necesario para corregir la trayectoria.

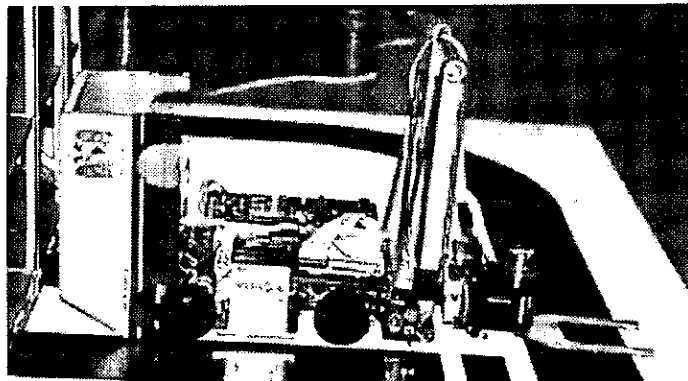
Todas estas operaciones mencionadas se repiten a razón de varias veces por segundo, por lo que se puede tener una rápida respuesta en la corrección de la ruta.

Los sensores de visión se encuentran colocados detrás de cada una de las ruedas de la dirección. La separación entre estos sensores define el ancho de la pista, que en nuestro caso es de 13 cm. Particularmente, decidimos que la pista fuera trazada en color negro para que no reflejara, y el resto de la superficie del almacén fuera blanca y reflejara, aunque se pueden invertir los colores.

Debido a que la precisión de los circuitos utilizados es muy grande y que para evitar la interferencia de otros tipos de luz, fueron ajustados para percibir rangos de frecuencia muy estrechos, es necesario calibrarlos cuando cambia el tipo de superficie sobre la que funcionan y cuando se modifica la altura de los sensores. Esto se hace cambiando el valor de las resistencias variables de los circuitos decodificadores, lo cual es muy sencillo debido a la forma en que están dispuestas las tarjetas en el



montacargas, pues solamente se tiene que quitar una batería y con un desarmador ajustar la resistencia que se requiera.

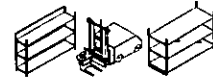


Vista de los componentes electrónicos que se encuentran dentro del RMA-1.

5.3.0 CONTADOR OPTICO.

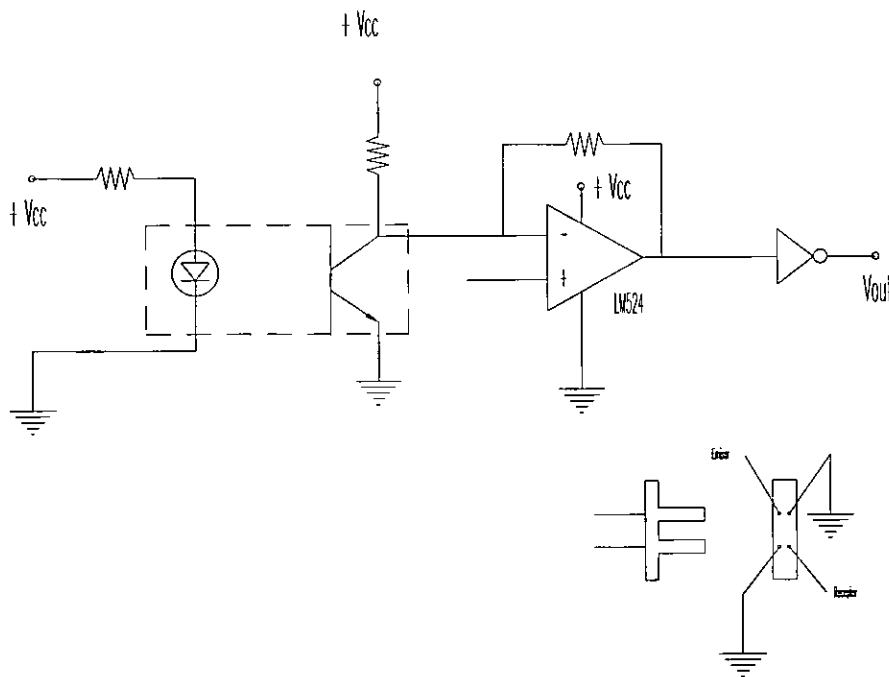
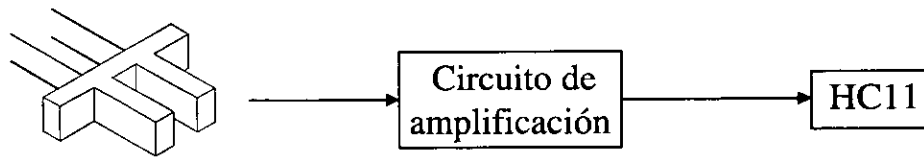
El contador óptico es un sistema que cuenta con un sensor óptico, un circuito de acondicionamiento de señal y el HC11.

El sensor óptico que se usó, es parecido a los utilizados en el sistema de visión, excepto por que en este caso, la disposición del diodo emisor y del fototransistor hace que se encuentran a 180° entre sí, y separados a una pequeña distancia. Es por medio de esta separación que se puede interrumpir la señal para que sea contada por el HC11, después de haber pasado ésta por una etapa de acondicionamiento, donde lo que se hace es



CAPITULO V. COMPONENTES ELECTRONICOS.

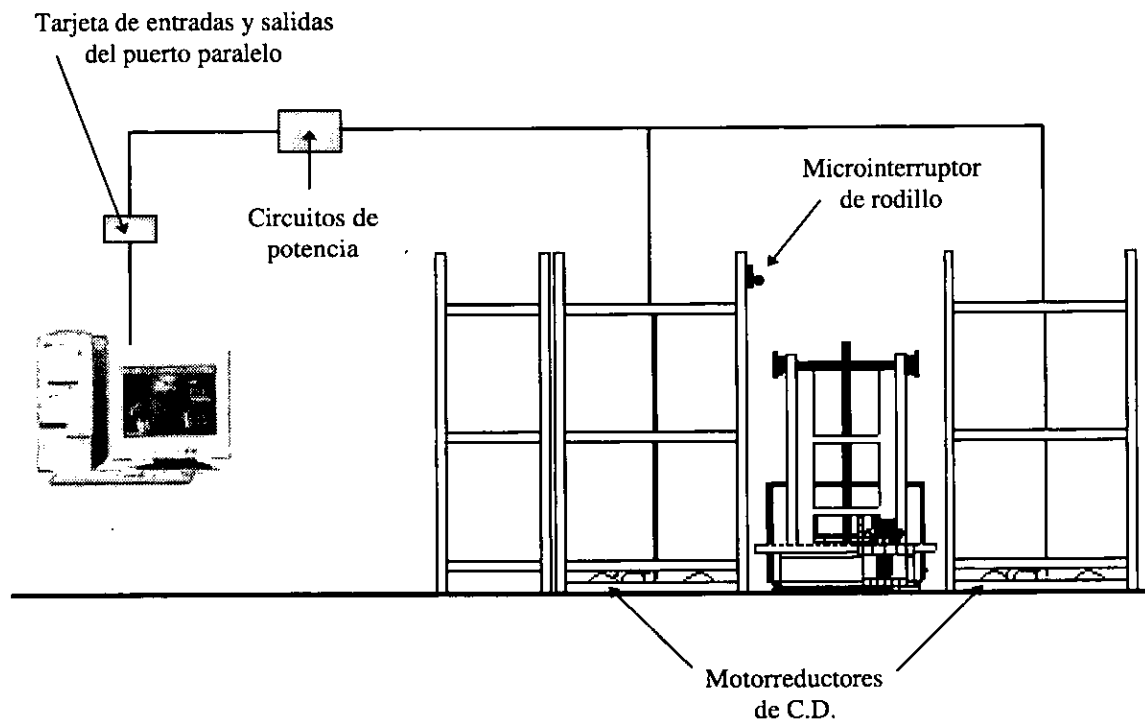
amplificar la señal de salida del fototransistor por medio de un amplificador operacional LM524.





5.4.0 ELECTRONICA DEL ALMACEN.

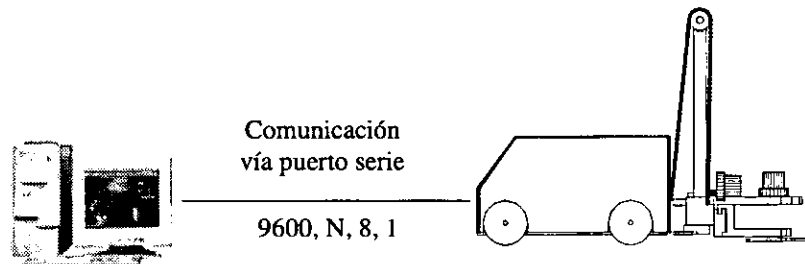
La electrónica del almacén se reduce únicamente al control de dos motorreductores de corriente directa, para lo que se utilizan circuitos de potencia, microinterruptores de rodillo, una tarjeta de entradas y salidas por puerto paralelo y una computadora.





5.5.0 SISTEMA DE COMUNICACION SERIAL.

Para poder tener una comunicación entre el robot montacargas y la computadora del almacén, se utiliza un protocolo de comunicación serial, lo que es factible gracias a que tanto la computadora como el HC11 tienen el puerto adecuado para este fin.



El cable que se requiere para la comunicación serial, en su configuración más básica, necesita solamente de tres hilos, uno de los cuales es para transmisión de datos, otro para recepción de datos, y el restante es la señal de tierra; además de que los parámetros de comunicación deben de ser los mismos para ambos lados de la conexión. Estos parámetros son la velocidad de transmisión, la paridad, el tamaño del carácter y los bits de parada, y en algunos casos el control de flujo. En nuestro caso utilizamos la velocidad de transmisión a 9600 bps (baudios por segundo), sin paridad, 8 bits por carácter y 1 bit de paro.



CAPITULO VI. Programación.

El sistema de almacenamiento automático requiere de una programación adecuada que le permita tomar las decisiones correctas en una diferente gama de situaciones, y evitando cualquier mal funcionamiento.

Debido a que el sistema cuenta con dos partes independientes físicamente, que son el almacén y el robot montacargas, se vuelve necesario hacer dos programas diferentes, uno para cada una de las dos partes.

El primero de estos programas es el que ejecuta la computadora del almacén. Este programa se encarga de controlar a los estantes móviles, y de dictar las tareas que deberá ejecutar el RMA-1.

El segundo programa, es el que controla todos los movimientos del montacargas y permite la guía automática. Este programa requiere que la computadora del almacén le envíe una serie de datos que le indicarán el lugar a donde debe ir, y la operación que debe realizar.



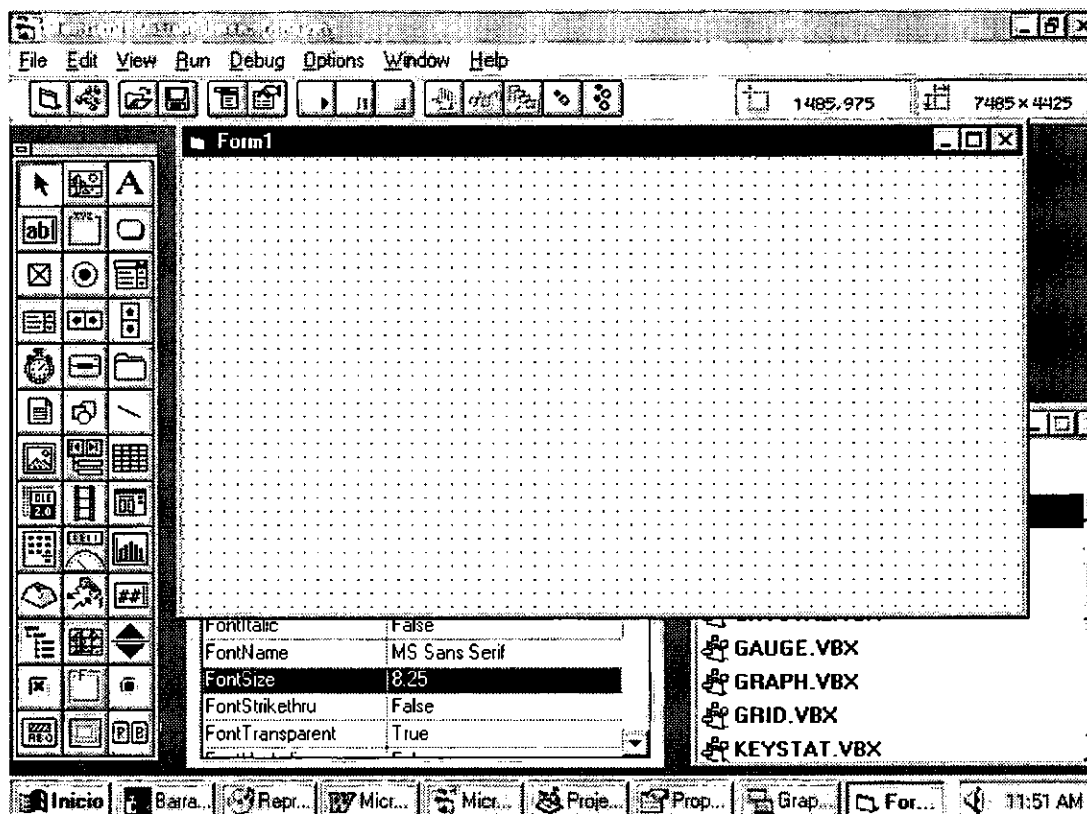
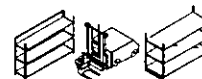
A continuación se describe más a detalle el proceso que se sigue para obtener cada uno de los programas, y su funcionamiento.

6.1.0 PROGRAMACION DEL ALMACEN.

Debido a que se tiene un sólo pasillo activo en el almacén y para lograr ésto, se requiere que los estantes se puedan desplazar en un movimiento lineal, se requiere de un programa que controle dos motorreductores de corriente directa basándose en el estado lógico de 3 microinterruptores.

Al mismo tiempo, el programa deberá transmitir al RMA-1, la información que éste necesita para realizar su tarea. Esta información será introducida al programa directamente por el usuario.

Para lograr ésto se utilizó el paquete de programación en ambiente gráfico Visual Basic 3.0, ya que cumple con todas las características que se requieren para el control de los estantes, pudiendo utilizar instrucciones para trabajar con los puertos paralelo y serial, además de que permite darle un aspecto agradable y moderno a la interface entre la computadora y el operador.



El Visual Basic es un paquete que funciona en ambiente Windows, por lo que se tienen todas las ventajas típicas de trabajar con cualquier software de este mismo ambiente. Algunas de estas ventajas son, por ejemplo, el poder presentar fácilmente la información en el tamaño y lugar que uno quiera de la pantalla y el poder compartir recursos con otras aplicaciones. También es posible interactuar de una forma muy sencilla con el programa, eliminando en buena medida la necesidad de usar el teclado para proporcionar información, utilizándose para ésto el mouse, con el que se activan respuestas que ya están presentadas en pantalla.

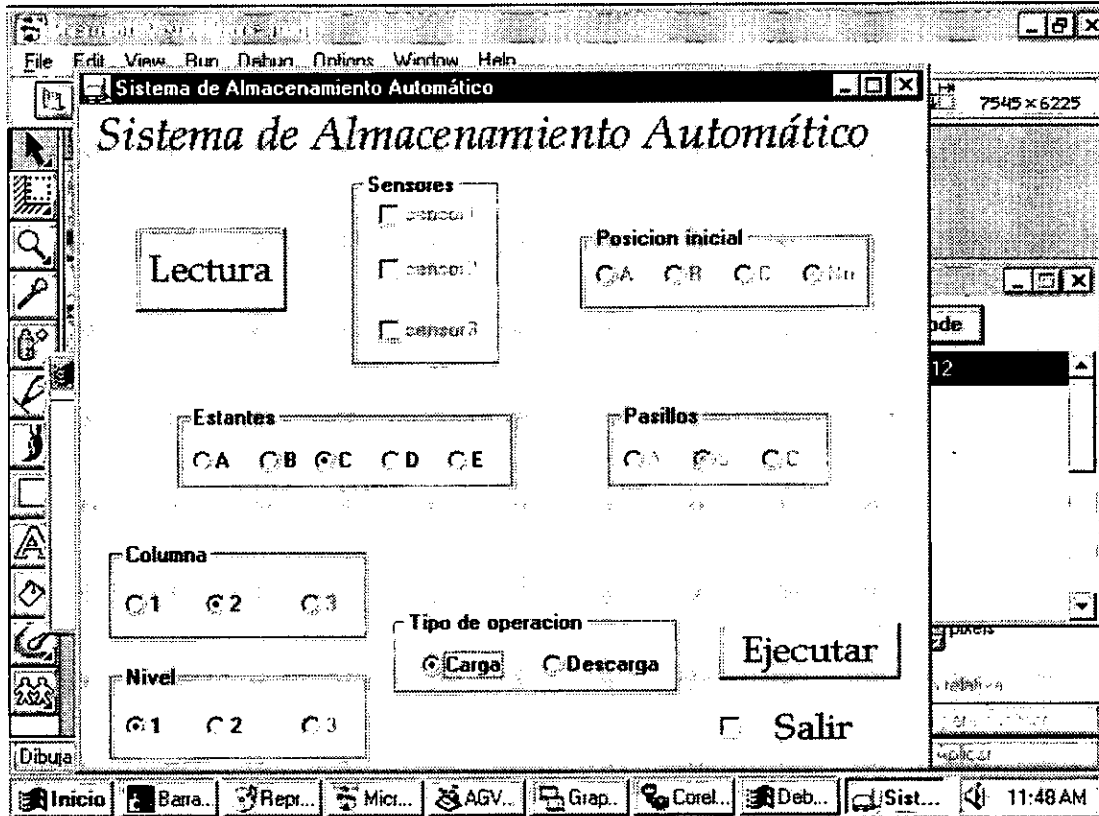
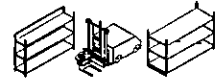


También se tienen las ventajas de poder trabajar con imágenes, y sobretodo el ahorro en código de programación para el control del programa.

La forma en que se trabaja con Visual Basic es muy diferente a la manera tradicional de programación utilizada en lenguajes como Basic, Pascal, Cobol, etc., ya que éste paquete funciona con objetos, los cuales ante un cierto evento que puede ser un *Click*, un *Enter* o cualquier otro, generan un suceso, que se programa con una lógica muy parecida a la convencional, aunque con ciertas modificaciones.

Un programa en Visual Basic está constituido en esencia por un proyecto, una o varias formas y objetos dentro de cada forma. Cada objeto tiene sus propiedades y su código de programación, es decir el suceso.

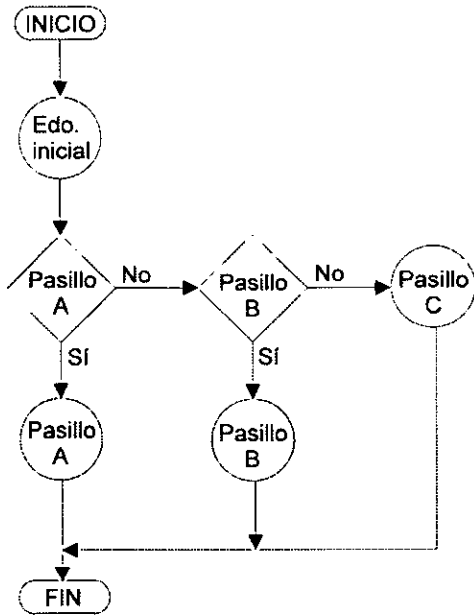
La siguiente figura muestra la pantalla desde la que se controla el almacén y se envía la información al RMA-1.



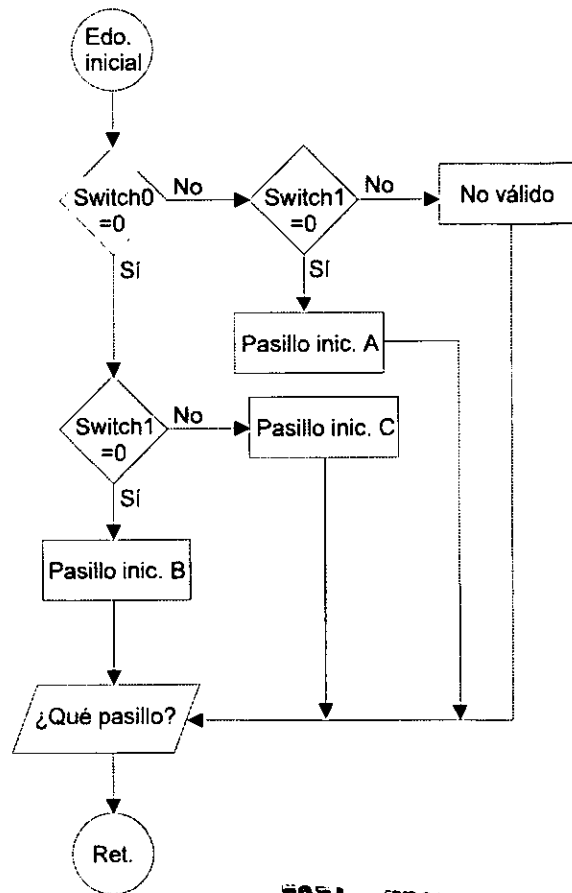
A continuación se muestra el diagrama de flujo de las principales rutinas que integran el programa de control del almacén.



Rutina principal:



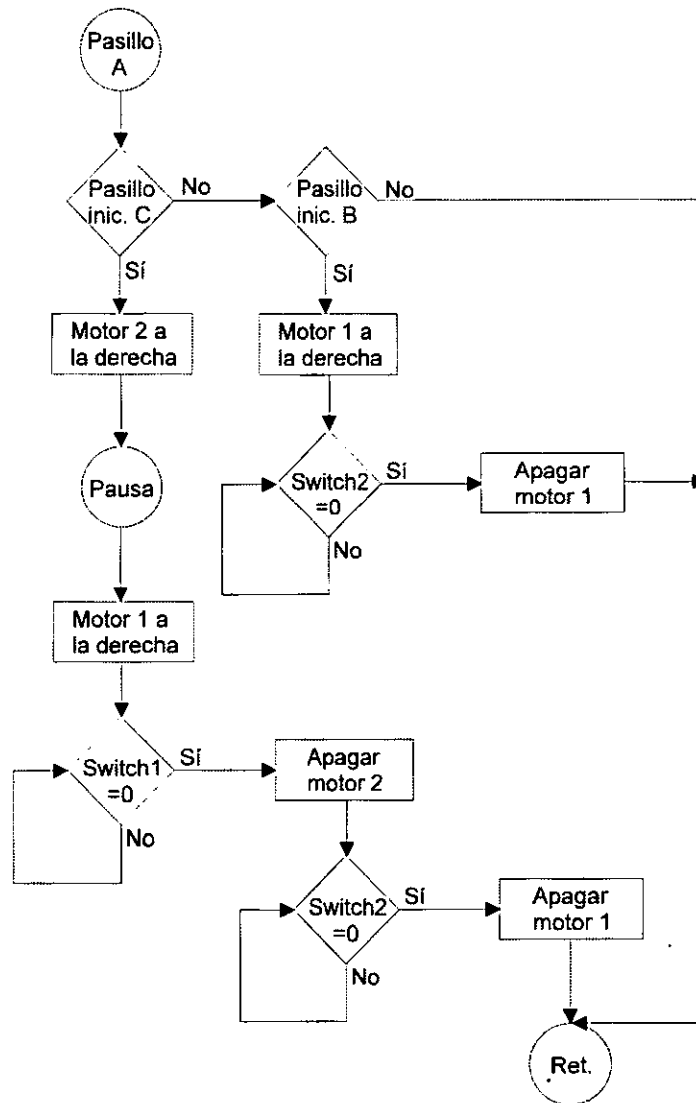
Rutina de detección de estado inicial:



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA



Rutina para el acomodo de estantes:





6.2.0 PROGRAMACION DEL HC11.

Como ya se mencionó, el RMA-1 es controlado por un microcontrolador HC11 de Motorola. La programación de este microcontrolador podía hacerse de dos maneras; la primera de ellas por medio de lenguaje ensamblador, y la otra, haciendo el programa en lenguaje 'C', y utilizando un compilador para el HC11.

Por su mayor facilidad de uso, se decidió utilizar la segunda opción, en la que además, es más sencillo detectar y corregir errores.

Para la programación del microcontrolador, se usó el compilador ICC11, en el que la estructura de programación es igual a la utilizada al programar 'C'. El procedimiento para obtener el código del HC11 es el siguiente:

- 1.- El primer paso es obtener un archivo con extensión '.c', en el que se encuentra el programa en lenguaje 'C'. Este archivo se obtiene directamente al grabar el programa recién escrito.
- 2.- Después se debe compilar el programa con la opción *Compile - To Object*. Este proceso genera una serie de archivos secundarios.



3.- Se obtiene el código del HC11 mediante la opción *Compile - To Executable*. Con esta opción se genera un archivo del tipo '*.s19', que es el que se puede grabar directamente en la memoria de la tarjeta controladora.

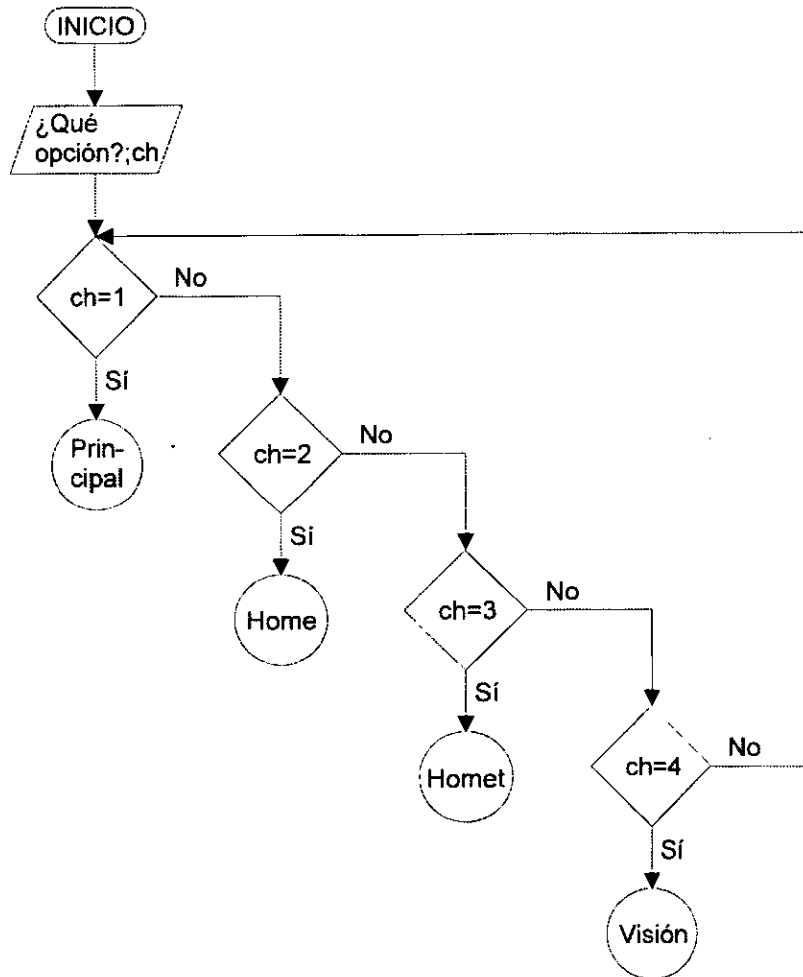
Para hacer las pruebas, se hizo uso de una memoria del tipo EEPROM, y para grabar el código '*.s19' en ella, es necesario un grabador de memorias que, en nuestro caso, se maneja con el programa EMP20. Con este dispositivo es posible grabar también una gran cantidad de dispositivos diferentes.

Dentro del EMP20, lo único que se tiene que hacer es, una vez seleccionado el dispositivo y sus características, cargar en memoria al archivo '*.s19', colocar la memoria en el programador, y transferir el programa a ésta. La memoria queda lista para instalarse en la tarjeta controladora y ejecutar el nuevo programa.

Los diagramas de flujo de las principales rutinas del programa se muestran a continuación.

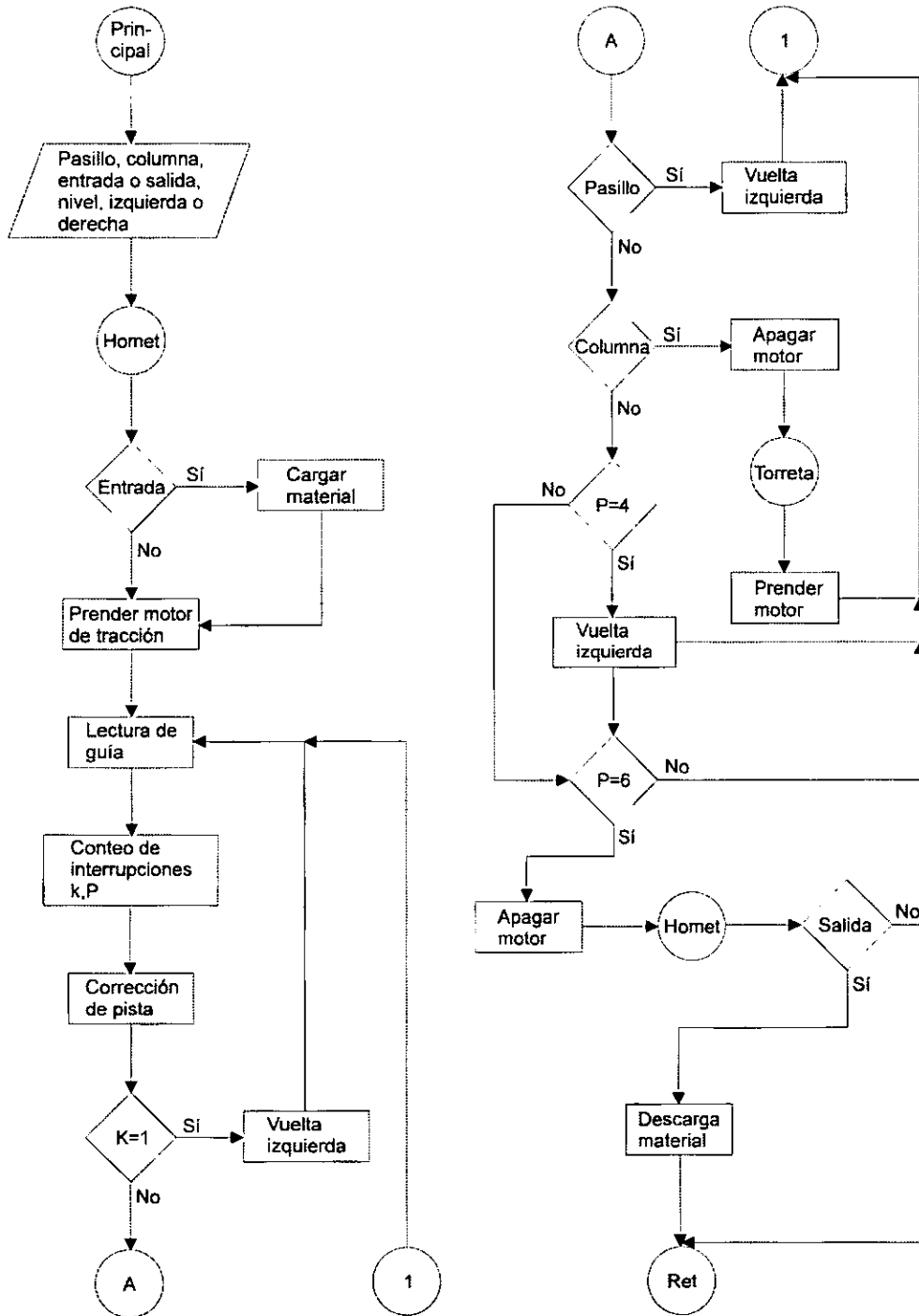


Rutina principal de selección de menú:





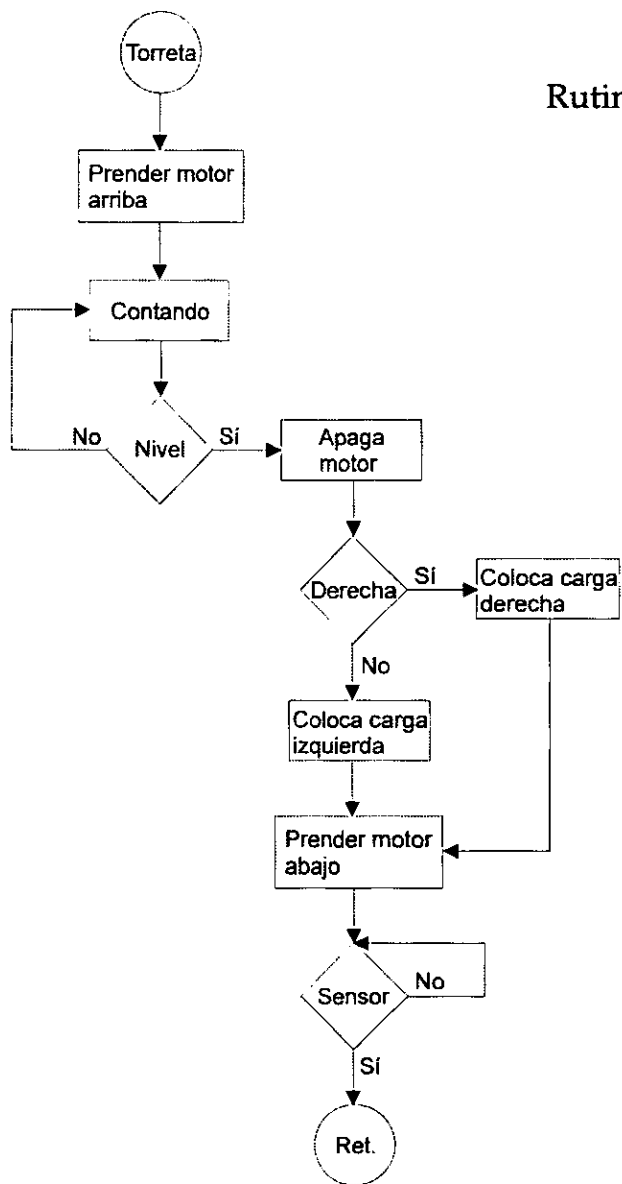
CAPITULO VI. PROGRAMACION.



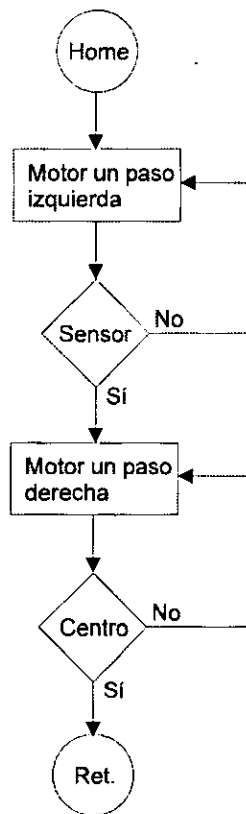


CAPITULO VI. PROGRAMACION.

Rutina para movimientos de la torreta:



Rutina para el home de la dirección:





CAPITULO VII. Resultados y Conclusiones .

Podemos decir que los resultados obtenidos a través de las pruebas que se le hicieron al sistema fueron satisfactorios, ya que el sistema funcionó conforme a lo que se pretendía. Esto se logró en buena medida debido a que nos basamos en el modelado por computadora, ya que todo el sistema fue diseñado bajo esta metodología, con lo que se puede saber con certeza la colocación, la geometría y algunas propiedades de las piezas mecánicas, además de que se hizo posible el aprovechamiento óptimo del espacio. El resultado más tangible de esto, es que no hay un sólo lugar dentro del RMA-1 que esté desaprovechado.

Por otra parte, muchas de las piezas no fueron solamente dibujadas por computadora, sino que también se utilizó la tecnología de maquinado por computadora, usando para esto las máquinas de control numérico que se encuentran en el CDM y los paquetes de CAM (Computer aided manufacturing), como el ProCAD-CAM, Smart-CAM, etc. Los beneficios de utilizar estos sistemas se ven reflejados claramente en el sistema de tracción y en la plataforma del RMA-1.



Sin embargo, también hubo desperfectos debido al maquinado, principalmente en algunas piezas de la torreta que se fabricaron en máquinas manuales, y que por su funcionamiento requerían de un muy buen acabado dimensional. La razón por la que estas piezas no se maquinaron en la VMC 300, es que estuvo en mantenimiento por mucho tiempo.

También tuvimos algunos problemas debidos a la falta de un sistema de suspensión, pues como el montacargas se apoya sobre cuatro ruedas, es necesario un mecanismo que compense las variaciones en el nivel del suelo.

En lo que respecta a los estantes, no se tuvo ningún problema, ya que éstos se pudieron controlar perfectamente con la computadora.

Como ya se mencionó, el sistema tuvo un buen funcionamiento, sin embargo para el eventual desarrollo de un sistema semejante, haríamos las siguientes recomendaciones:

- Implementación de un sistema de suspensión. Con ésto se evitaría cualquier problema de contacto entre las ruedas y el suelo.



- Utilización de un motorreductor por cada rueda de dirección. De esta manera se tendría una mayor potencia para la respuesta, y se lograría controlar el movimiento de cada rueda independientemente; con ésto se haría posible dar el radio de giro adecuado a cada rueda, y cumplir con las condiciones de máxima eficiencia en las vueltas.
- Conservar el uso del diferencial. Gracias al diferencial, ya sea mecánico o electrónico, se logra mejorar los radios de giro, y conservar el control del vehículo durante las curvas, pues se evita el deslizamiento de las ruedas.
- Utilizar un sistema de pistones para la elevación de la torreta. Esto permitiría una mayor capacidad de carga y mejores velocidades de respuesta.

El sistema de almacenamiento automático es el resultado de una necesidad que se ha presentado en los últimos años. Como conclusión se puede decir que gracias al sistema de estantes móviles, se permite la reducción del espacio de almacenamiento hasta en un 50%. Lo que representa menores costos por unidad de área de almacenamiento.

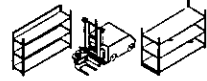


Por otro lado, el sistema nos brinda la posibilidad de tener un grado de confiabilidad alto para manejo de inventarios, ya que al haber un robot manejando los artículos el error humano desaparece.

Gracias al desarrollo de este proyecto nos podemos dar cuenta que se pueden adaptar diferentes controladores a los equipos convencionales, lo que podría ser bastante atractivo dentro del mercado nacional, ya que el precio sería menor al de un equipo nuevo. Esto puede variar ampliamente dependiendo de las necesidades que se tengan.

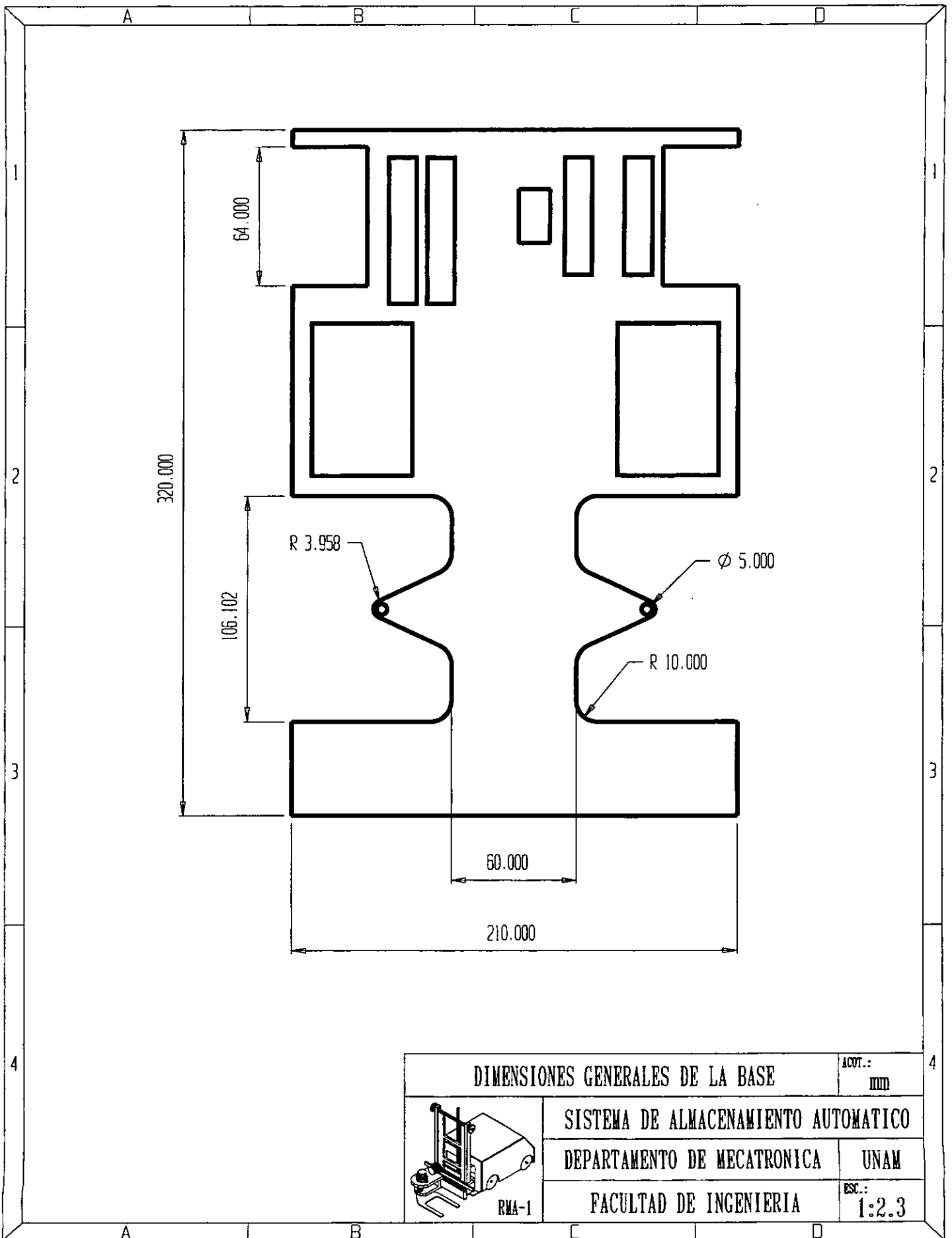
Como podemos ver, la automatización se ha convertido en una forma eficiente de resolver las necesidades de la industria moderna, ya que permite mayor control dentro del proceso, además de hacer tareas que podrían ser peligrosas para los humanos. Este sistema podría trabajar con productos que requieren un cuidado especial, como químicos, farmacéuticos, etc., lo que podría evitar accidentes por un mal manejo.

Finalmente, se puede decir que aunque las tendencias en la industria van encaminadas a eliminar los almacenes, siempre habrá la necesidad de tener producto en inventario, ya sea en espera de continuar con su proceso, o como un factor de seguridad para prevenir cualquier problema con los proveedores, o bien, para el almacenamiento de refacciones y equipo diverso, que se hace necesario en cualquier industria.



APENDICE A. Planos.

- I. DIMENSIONES DE LA BASE.***
- II. SISTEMA DE DIRECCION.***
- III. COMPONENTES MECANICOS DE LA PLATAFORMA.***
- IV. COMPONENTES ELECTRONICOS DE LA PLATAFORMA.***
- V. COMPONENTES DE LA TORRETA.***
- VI. COMPONENTES DE LA TORRETA.***
- VII. DIMENSIONES DE LA TORRETA.***
- VIII. DIMENSIONES DEL RMA-1.***
- IX. DIMENSIONES DEL RMA-1.***
- X. LOS ESTANTES.***
- XI. COMPONENTES DEL ALMACEN.***



POSTES VERTICALES

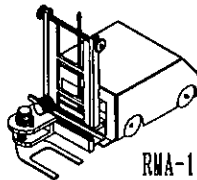
BARRAS PARA TRANSMISION
DE MOVIMIENTO

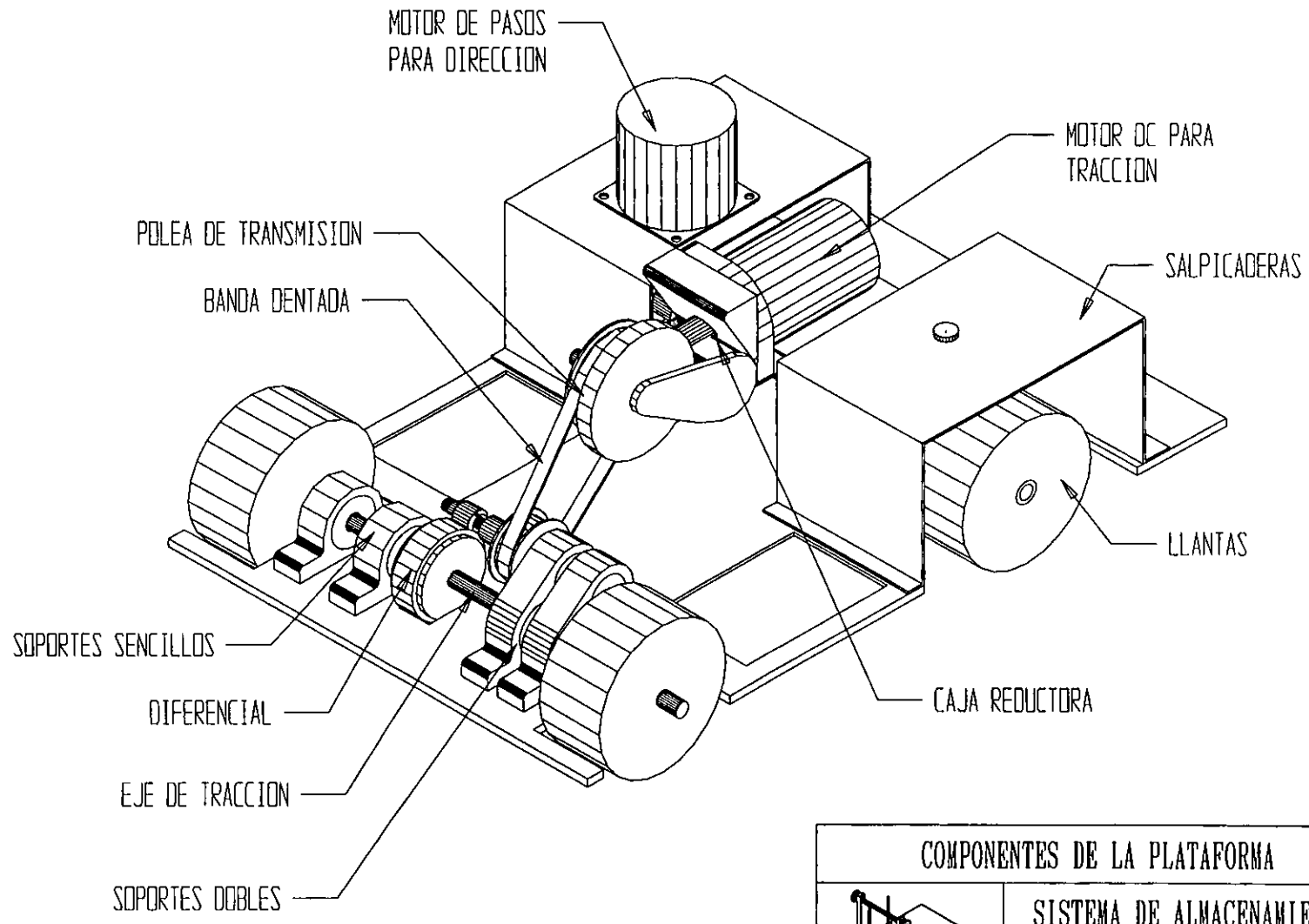
MOTOR DE PASOS

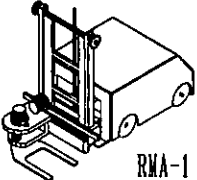
COUPLE

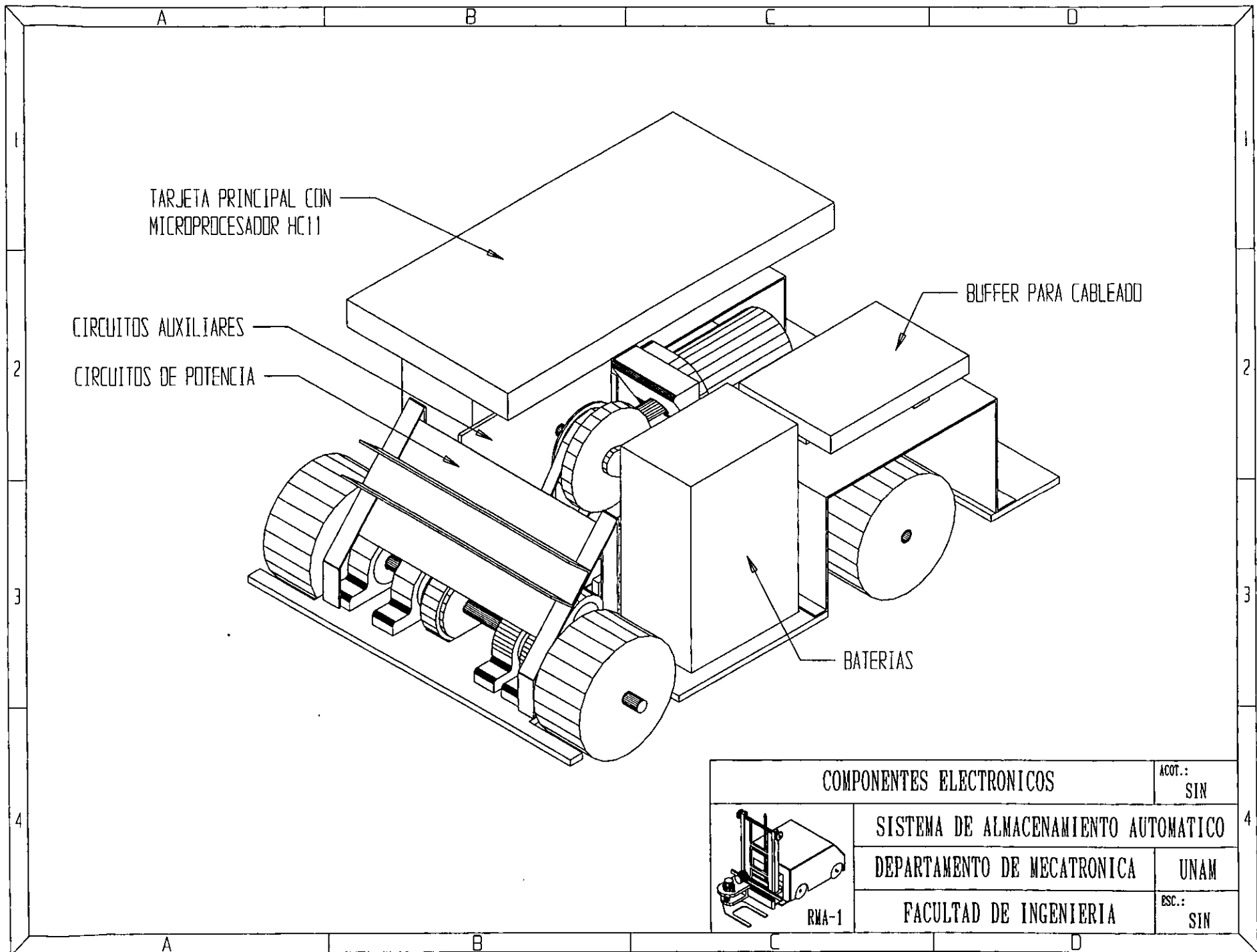
SENSORES DE PISTA

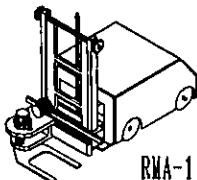
SOPORTES DE DIRECCION

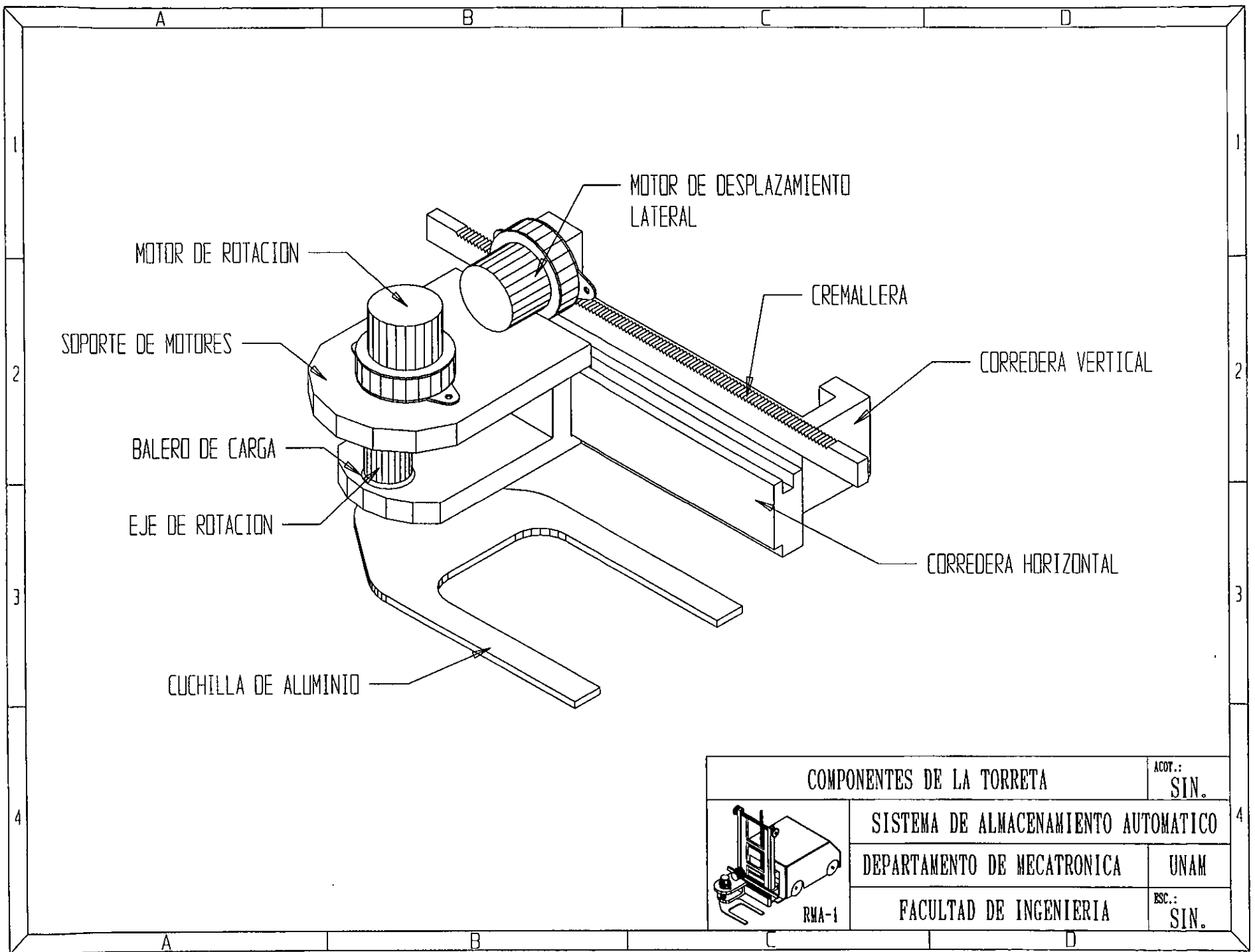
| | | |
|--|--------------------------------------|---------------|
| COMPONENTES DEL SISTEMA DE DIRECCION | | ACOT.: SIN |
|  RMA-1 | SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | |
| | DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | UNAM |
| | FACULTAD DE INGENIERIA | ESC.: SIN |

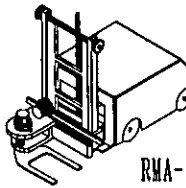


| | | |
|--|--------------------------------------|------------|
| COMPONENTES DE LA PLATAFORMA | | ACOT.: SIN |
|  RMA-1 | SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | |
| | DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | |
| | FACULTAD DE INGENIERIA | ESC.: SIN |



| | | |
|--|--------------------------------------|------------|
| COMPONENTES ELECTRONICOS | | ACOT.: SIN |
|  RMA-1 | SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | |
| | DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | UNAM |
| | FACULTAD DE INGENIERIA | ESC.: SIN |



| | | |
|--|--------------------------------------|----------------|
| COMPONENTES DE LA TORRETA | | ACOT.: SIN. |
|  RMA-1 | SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | |
| | DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | UNAM |
| | FACULTAD DE INGENIERIA | ESC.: SIN. |

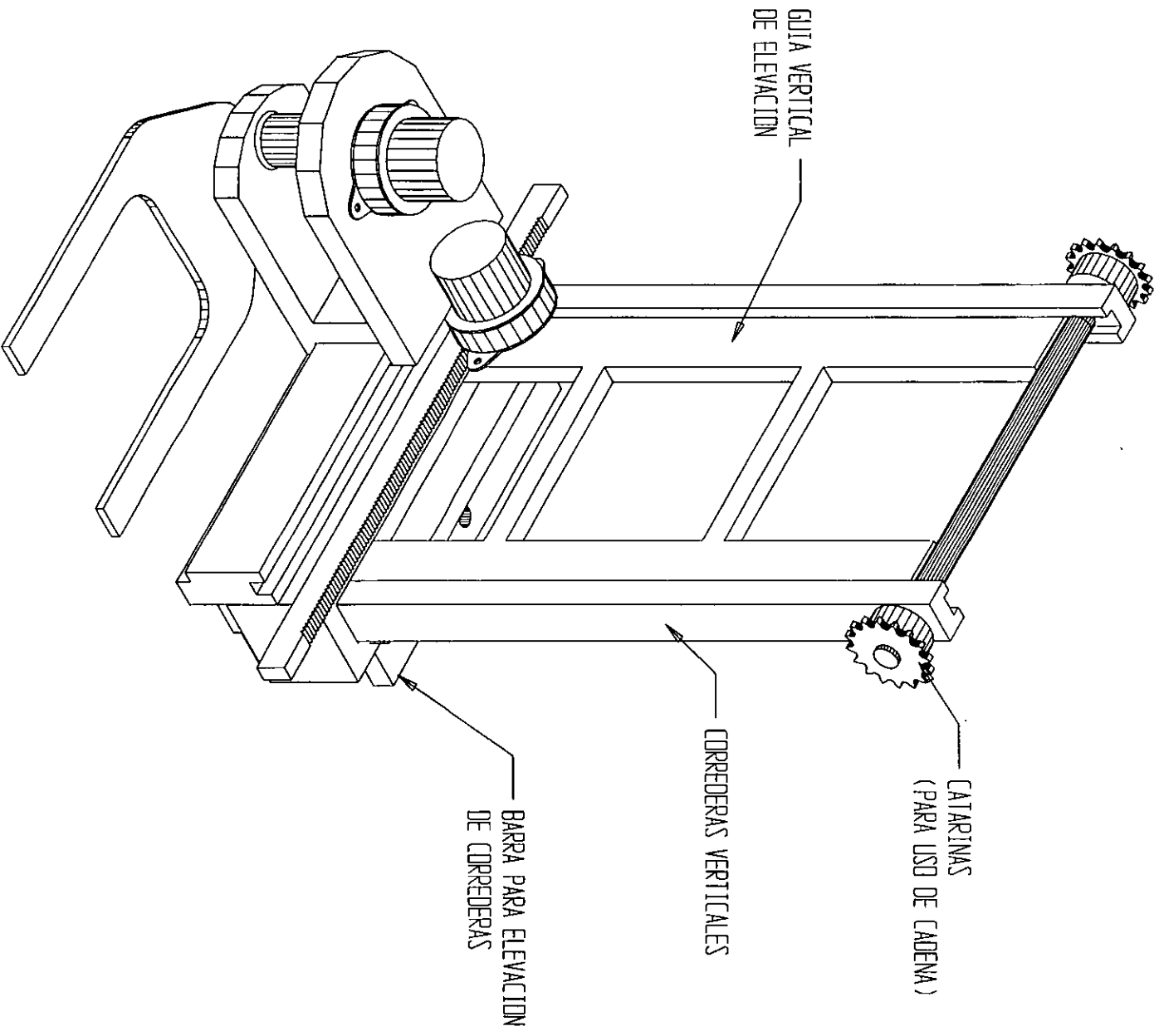


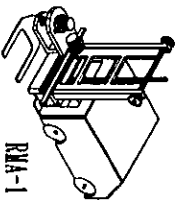
DIAGRAMA DE ALGUNOS COMPONENTES DE LA TORRETA

ACT.: SIN

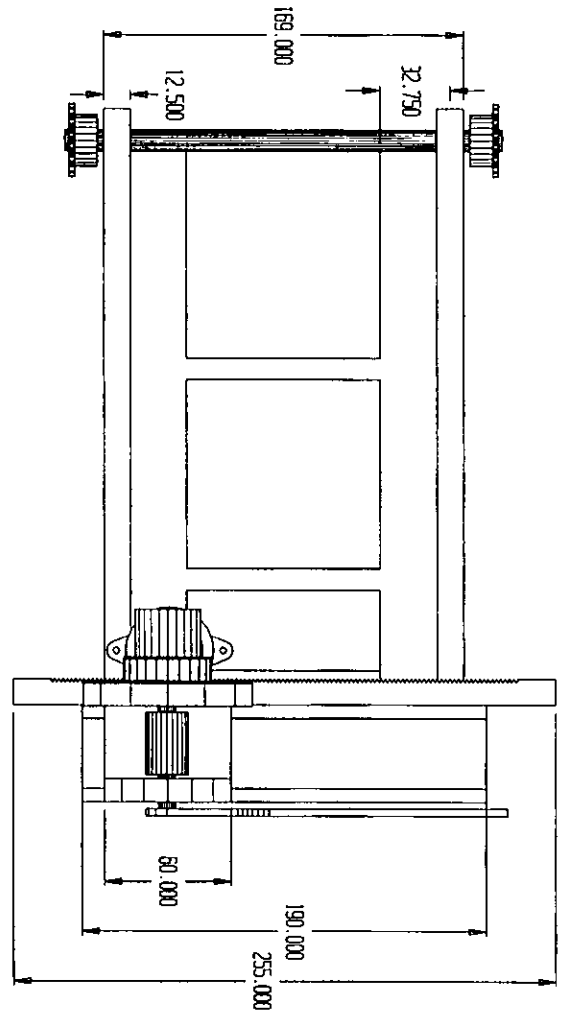
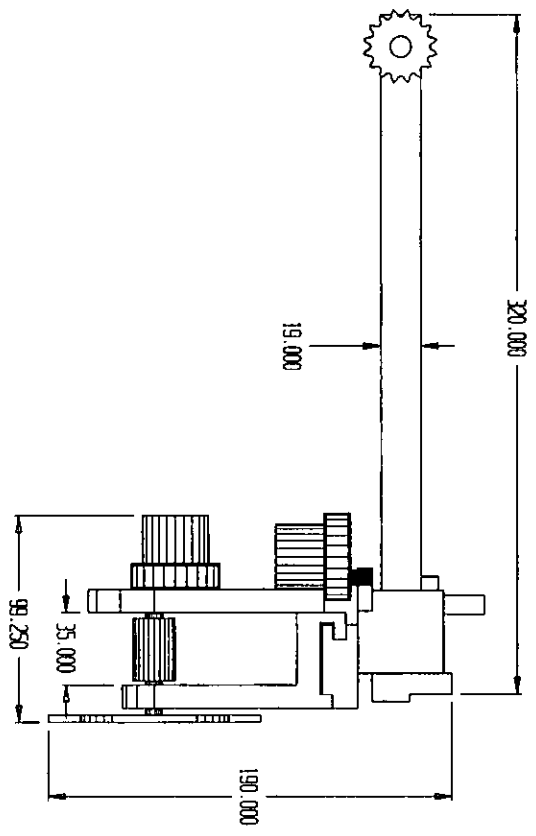
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO

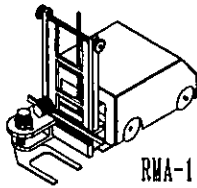
DEPARTAMENTO DE MECATRONICA UNAM

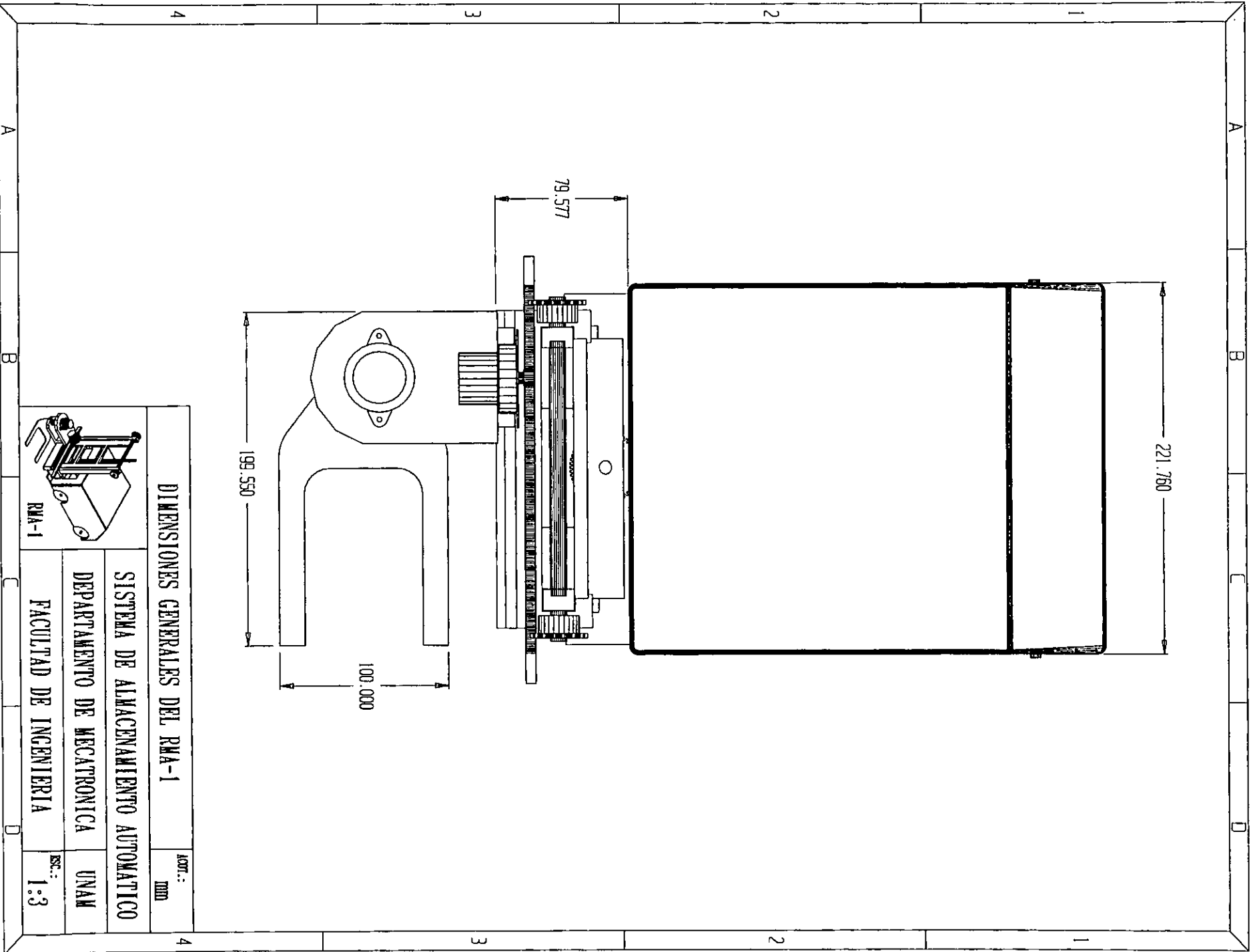
FACULTAD DE INGENIERIA ESC.: SIN



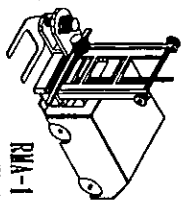
RMA-1



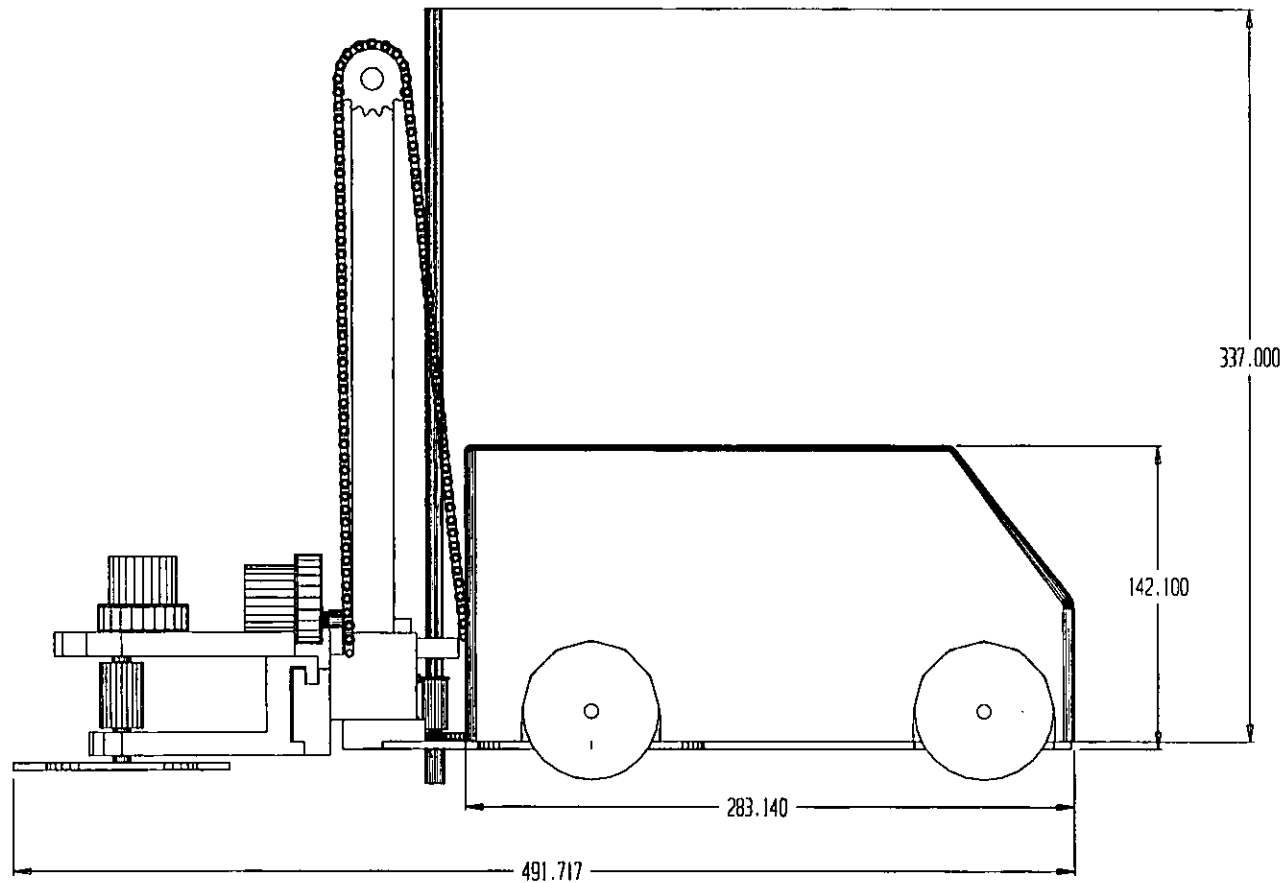
| | | |
|--|--------------------------------------|----------------|
| DIMENSIONES GENERALES DE LA TORRETA | | ACOT.: mm |
|  RMA-1 | SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | |
| | DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | UNAM |
| | FACULTAD DE INGENIERIA | ESC.: 1:3.5 |

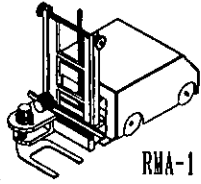


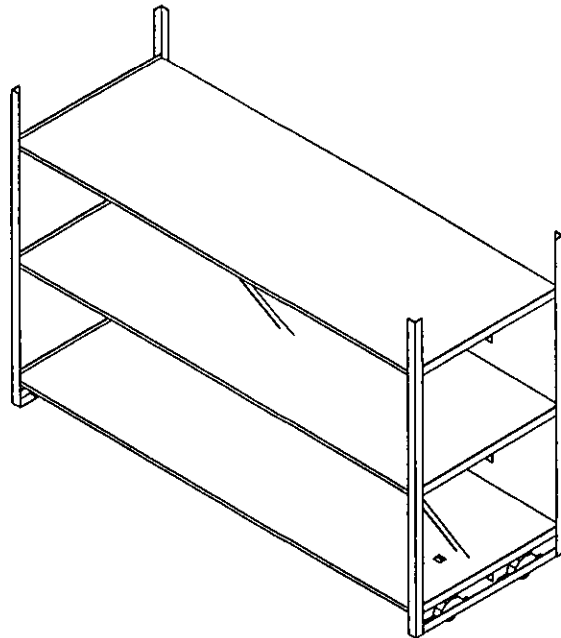
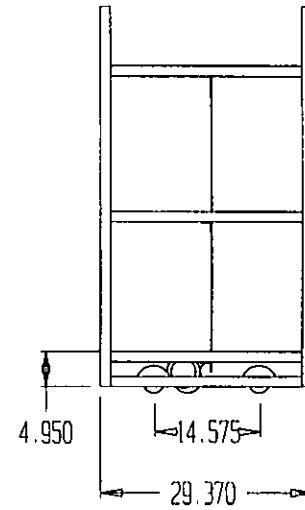
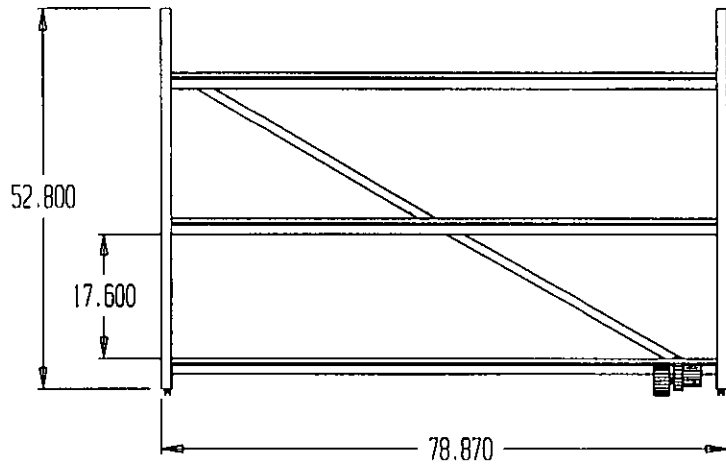
| | | |
|--------------------------------------|--|--------------|
| DIMENSIONES GENERALES DEL RMA-1 | | ADOT.: mm |
| SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | | |
| DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | | |
| UNAM | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA | | |
| EST.: 1-3 | | |



RMA-1

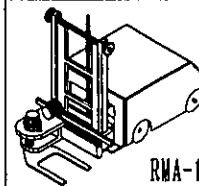


| | | |
|--|--------------------------------------|----------------|
| DIMENSIONES GENERALES DEL RMA-1 | | ACOT.: mm |
|  RMA-1 | SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | |
| | DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | |
| | FACULTAD DE INGENIERIA | |
| | | ESC.: 1:3.4 |



VISTAS GENERALES DE ESTANTES MOVILES

ACOT.:
cm



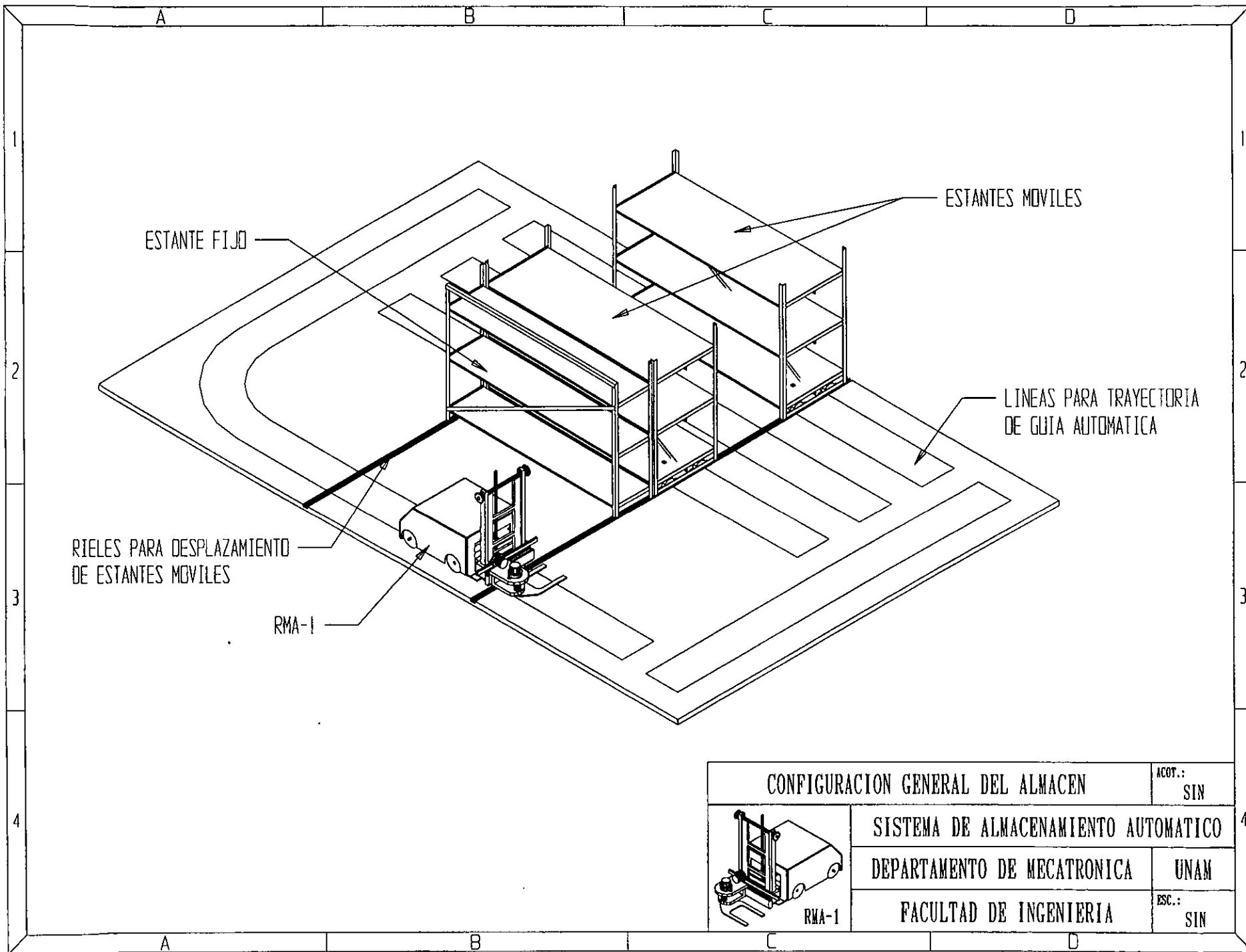
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO

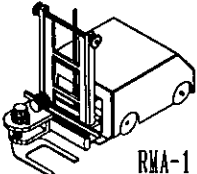
DEPARTAMENTO DE MECATRONICA

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

ESC.:
1:10



| | | |
|--|--------------------------------------|---------------|
| CONFIGURACION GENERAL DEL ALMACEN | | ACOT.: SIN |
|  RMA-1 | SISTEMA DE ALMACENAMIENTO AUTOMATICO | |
| | DEPARTAMENTO DE MECATRONICA | UNAM |
| | FACULTAD DE INGENIERIA | ESC.: SIN |



APENDICE B. Listados de programas.

PROGRAMA DE CONTROL DEL RMA-1.

```
/** Software de control del RMA-1 **/
```

```
#include <hc11.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
```

```
void principal(void);
void torreta(void);
void home(void);
void homet(void);
void vision(void);
void derecha(void);
void izquierda(void);
void vuelta(void);
int gray(int c);
int i,li,ls,o,f,cta;
```

```
main(void)
{
char ch;
i=0;
li=-115;
ls=115;
CNTRLX=0x98;
BAUD=0x30;
SCCR2=0x0C;
```

```
/** Menu de opciones: **/
```

```
for(;;)
{
puts("\nOpcion:(\n1. Rutina principal,\n2. Inicializar direccion,\n3. Inicializar torreta,
\n4. Verificar sensores de vision).\n");
ch=getchar();
```



APENDICE B.
LISTADOS DE PROGRAMAS.

```

        default: puts("no hay seleccion");
    }
    puts("\nEntrada o salida (e,s).\n");
    ch=getchar();
    switch(ch)
    {
        case'e': o=0;
                break;
        case's': o=1;
                break;
        default: puts("no hay seleccion");
    }
    if (o==1)
    {
        puts("\nSalida de material.\n");
        puts("\nQue nivel(1,2,3).\n");
        ch=getchar();
        switch(ch)
        {
            case'1': cta=10;
                    break;
            case'2': cta=290;
                    break;
            case'3': cta=585;
                    break;
            default: puts("no hay seleccion");
        }
    }
    else
    {
        puts("\nEntrada de material.\n");
        puts("\nQue nivel(1,2,3).\n");
        ch=getchar();
        switch(ch)
        {
            case'1': cta=30;
                    break;
            case'2': cta=314;
                    break;
            case'3': cta=600;
                    break;
            default: puts("no hay seleccion");
        }
    }
    puts("\nIZQ,DER(i,d).\n");
    ch=getchar();
    switch(ch)
    {

```


APENDICE B.
LISTADOS DE PROGRAMAS.

```

    case'i': f=1;
                break;
    case'd': f=0;
                break;
    default: puts("no hay seleccion");
    }
puts("\nListo para iniciar.\n");
for (;;)
    {
    e=PORTCX;
    if((e&0x40)==(e&0x00))
        break;
    }
    homet();
    if (o==0)
        {
        a=cta;
        b=f;
        puts("\nCargando material.\n");
        cta=0;
        f=0;
        o=1;
        torreta();
        o=0;
        f=b;
        cta=a;
        }
    for(x=1;x<10000;x++);
    if (f==1)
        {
        for(;;)
            {
            j=PORTAX;
            if(j&0x01)
                {
                puts("\n Sensor Rotacion Detectado");
                t=0;
                PORTBX=t;
                break;
                }
            else
                {
                t=0x40;
                puts("\n Busca Sensor Rotacion");
                PORTBX=t;
                }
            }
        derecha();

```


APENDICE B.
LISTADOS DE PROGRAMAS.

```

    }
for(;;)
{
puts("\nMotor de traccion.\n");
t=0x02;
PORTBX=t;
for(x=1;x<8;x++)
{
for(y=1;y<10000;y++);
}

puts("\nLectura de guia.\n");
for(;;)
{
v=PORTAX;
if(!(v&0x40)&&!(v&0x80)&&(v2==1))
{
v2=0;
k++;
printf("\n%d",k);
puts("\n Estoy Contando");
if(c2==1)
p++;
}
if(((v&0x40)&&(v&0x80))&&(v2==0))
{
v2=1;
puts("\n ya conte");
}
if((v&0x80)&&(i<ls))
{
i++;
puts("\nizquierda");
}
if((v&0x40)&&(i>li))
{
i--;
puts("\nderecha");
}
if(i==ls||i==li)
puts("\ntope electrico");
if(k==1)
{
puts("\nvuelta izquierda");
vuelta();
k++;
}
if(k==cuenta+2)

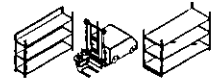
```



```

        {
        for(;i>li;i--)
            {
            puts("\nvuelta izquierda");
            printf("\n%d",i);
            c=gray(i&0x03);
            PORTCX=c;
            puts("\n LISTO PASILLO");
            k++;
            c2=1;
            }
        }
    if(p==cuenta2)
        {
        puts("\nlista columna");
        puts("\napaga motor");
        t=0;
        PORTBX=t;
        torreta();
        t=0x02;
        PORTBX=t;
        p++;
        }
    if(p==4)
        {
        vuelta();
        p++;
        }
    if(p==6)
        {
        puts("\nRutina concluida");
        t=0;
        PORTBX=t;
        homet();
        if (o==1)
            {
            puts("\nDescargando material.\n");
            cta=20;
            f=0;
            o=0;
            torreta();
            }
        for(x=1;x<200;x++)
            {
            for(y=1;y<10000;y++);
            }
        break;
        }

```


APENDICE B.
LISTADOS DE PROGRAMAS.

```

                c=gray(i&0x03);
                PORTCX=c;
            }
        }
}

/** Rutina de colocacion de carga: ***/

void torreta(void)
{
char ch;
short int j,k2,k,t,x;
t=0x00;
k=PORTAX&0x20;
k2=0x00;
PORTBX=t;
j=0;
    for(;;)
    {
        k=PORTAX;
        k=k&0x20;
        if (j==0)
            t=0x08;
        if(k!=k2)
        {
            k2=k;
            j++;
            printf("\n%d", j);
            for(x=1;x<1000;x++);
        }
        if (j==cta)
        {
            t=0x00;
            break;
        }
        PORTBX=t;
    }
if(f==1)
    izquierda();
if(f==0)
    derecha();
j=0;
for(;;)
{
    k=PORTAX;
    k=k&0x20;
    if (j==0)
        if (o==1)

```



```

                t=0x08;
            else
                t=0x10;
        if(k!=k2)
        {
            k2=k;
            j++;
            printf("\n%d", j);
            for(x=1;x<1000;x++);
        }
        if (j==20)
        {
            t=0x00;
            break;
        }
        PORTBX=t;
    }
    if(f==1)
        derecha();
    if(f==0)
        izquierda();
    for(;;)
    {
        j=PORTAX;
        if(j&0x08)
        {
            puts("\n Sensor Elevacion Detectado");
            t=0;
            PORTBX=t;
            break;
        }
        else
        {
            t=0x10;
            puts("\n Busca Sensor Elevacion");
            PORTBX=t;
        }
    }
}

void derecha(void)
{
    int t,j;
    t=0;
    j=PORTAX;
    for(;;)
    {
        j=PORTAX;

```

**APENDICE B.****LISTADOS DE PROGRAMAS.**

```

        if(j&0x10)
        {
            puts("\n Sensor Detectado");
            t=0;
            PORTBX=t;
            break;
        }
    else
    {
        t=0x01;
        puts("\n Busca Sensor Lateral");
        PORTBX=t;
    }
}

void izquierda(void)
{
    int t,j;
    t=0;
    j=PORTAX;
    for(;;)
    {
        j=PORTAX;
        if(j&0x02)
        {
            puts("\n Sensor Detectado");
            t=0;
            PORTBX=t;
            break;
        }
    else
    {
        t=0x80;
        puts("\n Busca Sensor Lateral");
        PORTBX=t;
    }
}
}

/**/ Rutina de vueltas forzadas: ***/

void vuelta(void)
{
    int c,x,y;
    li=-115;
    for(;i>li;i--)
    {

```

**APENDICE B.****LISTADOS DE PROGRAMAS.**

```

        puts("\nvuelta");
        printf("\n%d",i);
        c=gray(i&0x03);
        PORTCX=c;
    }
    for (x=0;x<100;x++)
        for (y=0;y<1000;y++)
    }

    /** Rutina de inicializacion de la direccion: ***/

    void home(void)
    {
    int c,j;
    i=0;
    for(;;)
        {
        j=PORTCX&0x10;
        if(j&0x10)
            {
            puts("\n sensor detectado");
            break;
            }
        else
            {
            i--;
            puts("\n busca sensor");
            }
        c=gray(i&0x03);
        PORTCX=c;
        }
    i=0;
    for(;;)
        {
        if(i<=125)
            {
            i++;
            puts("\n buscando centro");
            }
        else
            {
            i=0;
            break;
            }
        c=gray(i&0x03);
        PORTCX=c;
        }
    }

```

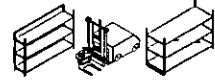

APENDICE B.
LISTADOS DE PROGRAMAS.

```

/** Rutina de inicializacion de la torreta: **/

void homet(void)
{
int t,j;
t=0;
j=PORTAX;
for(;;)
    {
    j=PORTAX;
    if(j&0x08)
        {
        puts("\n Sensor Elevacion Detectado");
        t=0;
        PORTBX=t;
        break;
        }
    else
        {
        t=0x10;
        puts("\n Busca Sensor Elevacion");
        PORTBX=t;
        }
    }
for(;;)
    {
    j=PORTAX;
    if(j&0x02)
        {
        puts("\n Sensor Lateral Detectado");
        t=0;
        PORTBX=t;
        break;
        }
    else
        {
        t=0x80;
        puts("\n Busca Sensor Lateral");
        PORTBX=t;
        }
    }
for(;;)
    {
    j=PORTAX;
    if(j&0x04)
        {
        puts("\n Sensor Rotacion Detectado");
        t=0;
        }
    }

```

**APENDICE B.****LISTADOS DE PROGRAMAS.**

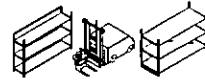
```
        PORTBX=t;
        break;
    }
    else
    {
        t=0x20;
        puts("\n Busca Sensor Rotacion");
        PORTBX=t;
    }
}
puts("\n Torreta Inicializada");
}

/** Rutina de verificacion de los sensores de vision: **/

void vision(void)
{
    char ch;
    short int v;
    v=0x00;
    puts("\nLectura de vision.\n");
    for(;;)
    {
        v=PORTAX;
        if(v&0x80)puts("\nizquierda");
        if(v&0x40)puts("\nderecha");
    }
}

/** Cuenta Gray para el control del motor de pasos: **/

int gray(int c)
{
    int a;
    a=0xFF;
    switch(c)
    {
        case 0x00:a=0x00;
            break;
        case 0x01:a=0x01;
            break;
        case 0x02:a=0x03;
            break;
        case 0x03:a=0x02;
            break;
    }
    return a;
}
```



PROGRAMA DE CONTROL DEL ALMACEN.

Sub eje_Click ()

Rem comandos para configuración del puerto serie

```
comm1.CommPort = 1  
comm1.Settings = "9600,N,8,1"  
comm1.InputLen = 0  
comm1.PortOpen = True
```

Rem Extracción de los datos que se mandan por puerto serie

```
If esta.Value Then  
pasillo = 1  
lado = "i"  
End If
```

```
If estb.Value Then  
pasillo = 1  
lado = "d"  
End If
```

```
If estc.Value Then  
pasillo = 2  
lado = "i"  
End If
```

```
If estd.Value Then  
pasillo = 2  
lado = "d"  
End If
```

```
If este.Value Then  
pasillo = 3  
lado = "i"  
End If
```

```
If col1.Value Then  
columna = 1  
End If
```

```
If col2.Value Then
```



```
columna = 2
End If
```

```
If col3.Value Then
columna = 3
End If
```

```
If carga.Value Then
operacion = "e"
End If
```

```
If descarga.Value Then
operacion = "s"
End If
```

```
If niv1.Value Then
nivel = 1
End If
```

```
If niv2.Value Then
nivel = 2
End If
```

```
If niv3.Value Then
nivel = 3
End If
```

Rem Envío de datos por puerto serie

```
comm1.Output = 1
comm1.PortOpen = False
comm1.PortOpen = True
comm1.Output = pasillo
comm1.PortOpen = False
comm1.PortOpen = True
comm1.Output = columna
comm1.PortOpen = False
comm1.PortOpen = True
comm1.Output = operacion
comm1.PortOpen = False
comm1.PortOpen = True
comm1.Output = nivel
comm1.PortOpen = False
comm1.PortOpen = True
comm1.Output = lado
comm1.PortOpen = False
```

```
Do While salir.Value = 0
```

**APENDICE B.****LISTADOS DE PROGRAMAS.**

Rem Empezamos con el pasillo A

Rem queremos pasillo A y tenemos el pasillo A
If pasa.Value And pina.Value Then
salir.Value = 1
End If

Rem queremos pasillo A y tenemos el pasillo B
If pasa.Value And pinb.Value Then
Rem envío de datos por puerto paralelo
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 1
Do
Call sens
DoEvents
Loop Until sensor1.Value = 0 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 1
ioport1.PortData = ioport1.PortData And 254
salir.Value = 1
End If

Rem queremos pasillo A y tenemos el pasillo C

If pasa.Value And pinc.Value Then
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 4
For X = 1 To 1000000
Next X
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 1

Do
Call sens
DoEvents
Loop Until sensor1.Value = 0 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 1
ioport1.PortData = ioport1.PortData And 251

Do
Call sens
DoEvents
Loop Until sensor1.Value = 0 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 1
ioport1.PortData = ioport1.PortData And 254
salir.Value = 1
End If

Rem Empezamos con el pasillo B

Rem queremos pasillo B y tenemos el pasillo A
If pasb.Value And pina.Value Then
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 2

Do



```

Call sens
DoEvents
Loop Until sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 1
ioport1.PortData = ioport1.PortData And 253
salir.Value = 1
End If
    
```

```

Rem queremos pasillo B y tenemos el pasillo B
If pasb.Value And pinb.Value Then
salir.Value = 1
End If
    
```

```

Rem queremos pasillo B y tenemos el pasillo C
    
```

```

If pasb.Value And pinc.Value Then
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 4
Do
Call sens
DoEvents
Loop Until sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 1
ioport1.PortData = ioport1.PortData And 251
salir.Value = 1
salir.Value = 1
End If
    
```

```

Rem Empezamos con el pasillo C
    
```

```

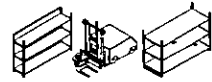
Rem queremos pasillo C y tenemos el pasillo A
If pasc.Value And pina.Value Then
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 2
For X = 1 To 1000000
Next X
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 8
    
```

```

Do
Call sens
DoEvents
Loop Until sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 0
ioport1.PortData = ioport1.PortData And 253
    
```

```

Do
Call sens
DoEvents
Loop Until sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 0
ioport1.PortData = ioport1.PortData And 247
salir.Value = 1
End If
    
```



APENDICE B.

LISTADOS DE PROGRAMAS.

Rem queremos pasillo C y tenemos el pasillo B

If pasc.Value And pinb.Value Then
ioport1.PortData = ioport1.PortData Or 8

Do

Call sens

DoEvents

Loop Until sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 0

ioport1.PortData = ioport1.PortData And 247

salir.Value = 1

End If

Rem queremos pasillo C y tenemos el pasillo C

If pasc.Value And pinc.Value Then

salir.Value = 1

End If

DoEvents

Rem loop del ciclo de salida

Loop

Call sens

ioport1.PortData = 0

salir.Value = 0

End Sub

Rem las siguientes subrutinas tienen como función determinar el pasillo en base al estante

Sub esta_Click ()

pasa.Value = True

End Sub

Sub estb_Click ()

pasa.Value = True

End Sub

Sub estc_Click ()

pasb.Value = True

End Sub

Sub estd_Click ()

pasb.Value = True

End Sub

Sub este_Click ()

pasc.Value = True

End Sub

Sub Form_Load ()

**APENDICE B.****LISTADOS DE PROGRAMAS.**

rem configuración del puerto paralelo

ioport1.PortAddress = &H378

ioport2.PortAddress = &H379

DoEvents

End Sub

Sub lectura_Click ()

Rem subrutina para captar el estado de los pasillos

ioport1.PortData = 0

Do While salir.Value = 0

If sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 0 Then
pinc.Value = True

End If

If sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 1 Then
pinb.Value = True

End If

If sensor1.Value = 0 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 1 Then
pina.Value = True

End If

If sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 1 Then
pinn.Value = True

End If

If sensor1.Value = 0 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 0 Then
pinn.Value = True

End If

If sensor1.Value = 1 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 0 Then
pinn.Value = True

End If

If sensor1.Value = 0 And sensor2.Value = 1 And sensor3.Value = 0 Then
pinn.Value = True

End If

If sensor1.Value = 0 And sensor2.Value = 0 And sensor3.Value = 1 Then
pinn.Value = True

End If

DoEvents

Loop

End Sub

Sub sens ()

Rem subrutina para detectar el estado de los sensores

a = ioport2.PortData And 64

If a = 64 Then



```
sensor1.Value = 0  
Else  
sensor1.Value = 1  
End If
```

```
b = ioport2.PortData And 128  
If b = 128 Then  
sensor2.Value = 1  
Else  
sensor2.Value = 0  
End If
```

```
c = ioport2.PortData And 32  
If c = 32 Then  
sensor3.Value = 0  
Else  
sensor3.Value = 1  
End If
```

```
End Sub
```



BIBLIOGRAFIA.

Bibliografía.

Fundamentos de diseño del automóvil.

Cezary Szczepaniak
Editorial C.E.C.S.A.
México D.F.
1982

Automoción.

Julián Párraga
Ediciones del Castillo
Madrid, España.
1979

Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros.

Doyle, Keyser, Leach, Schrader, Singer
Editorial Prentice Hall
3ª edición
México D.F.
1988

Mecánica Analítica para Ingenieros.

F.B. Seely, N.E. Ensign
Unión tipográfica editorial hispano-americana
México D.F.
1956



BIBLIOGRAFIA.

Marks, Manual del Ingeniero Mecánico.

Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister
Editorial Mc. Graw-Hill
9ª edición
México D.F.
1995

Sistema Integrado de Manejo de Materiales.

División de ensamble de plantas
Compañía automotriz Ford
1982

Manual de Visual Basic 3.0 para Windows.

Gary Cornell
Editorial Mc. Graw-Hill
México D.F.
1994

Guía del IBM/PC

Lyle J. Graham, Tim Field
Editorial Mc. Graw-Hill
México D.F.
1989

C++ Manual de bolsillo.

Joyanes L.
Editorial Mc. Graw-Hill
México D.F.
1993



BIBLIOGRAFIA.

HC11 Manual de referencia.

Motorola

U.S.A.

1991

Robótica industrial.

M.P. Groover, M. Weiss

Editorial Mc. Graw-Hill

México D.F.

1990

Linear Databook.

National Semiconductor Corporation

U.S.A.

1988

Internet

<http://www.agve.se>

<http://palette.ecn.purdue.edu>

<http://www.agvp.com>