ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

"Diseño de dos bandas transportadoras de 100x10cm y dos de 30x10cm con motores controlados con dsPICs"

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA

Presentado por:

Luis Emiliano Paucar Robles

Vicente Fabricio Peña Cedeño

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2008

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A los amigos.

A todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo.

A la gente que comparte las herramientas y el conocimiento a través de Internet.

A todos aquellos que nos brindaron las oportunidades de aprender.

Y un agradecimiento especial a todos aquellos que creen que sí se puede hacer ingeniería en el país.

¡El futuro es nuestro!

DEDICATORIA

A Dios por permitirnos dar un paso más en este camino.

A nuestros padres, por ser unos maravillosos seres humanos, quienes con su ejemplo y enseñanzas hicieron posible alcanzar esta meta.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Holguer Cevallos U.
Presidente del Tribunal

Ing. Carlos Valdivieso A.
Director de Tesis

Ing. Juan del Pozo L.
Miembro Principal

Ing. Alberto Manzur H.
Miembro Principal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

Luis Emiliano Paucar Robles

Vicente Fabricio Peña Cedeño

RESUMEN

La tecnología revoluciona cada día la forma de implementar controles automáticos en las industrias, permitiendo que procesos repetitivos sean realizados por computadoras y sistemas robotizados.

En esta tesis se investigará diversas opciones para implementar una banda transportadora de materiales como instrumento de laboratorio, que permita simular procesos industriales en los cuales se aplique visión computarizada.

Se creará una interfaz con microcontroladores dsPICs que entreguen a LabVIEW el control de todos los aspectos del funcionamiento de la cinta transportadora.

Finalmente, potenciaremos la programación en LabVIEW con el desarrollo de instrumentos virtuales que faciliten el manejo de la banda para proyectos relacionados.

INDICE GENERAL

ABREVIATURAS

A	Amperio
bit	Unidad de medida de información equivalente a la elección entre dos posibilidades igualmente probables
cc	Centímetros cúbicos
cm	Centímetro
DC	Corriente directa
dsPIC	Microcontrolador de Microchip con soporte para procesamiento de señales
ICSP	Programación serial en circuito
J	Joule
kg	Kilgramo
kHz	Kilohertz
kN	Kilonewton
kN/m	Kilonewton por metro
kOhm	Kiloohmio
ohm	Ohmio
MHz	Mega hertz
MSPS	Millones de muestras por segundo
N	Newton
Nm	Newton metro
NI	National Instrument
PIC	Microcontrolador de Microchip
PWM	Modulación de ancho de pulso
TTL	Lógica transistor transistor
USB	Bus serial universal
UTP	Cable trenzado
V	Voltio
Vac	Voltio de corriente alterna
Watt	Vatio

INDICE DE IMÁGENES

INTRODUCCIÓN

El trabajo presentado en esta tesis forma parte del tópico de graduación “Plataforma para el desarrollo de proyectos con dsPICs y visión robótica con LabVIEW” y consiste en el “Diseño de dos bandas transportadoras de 100x10cm y dos de 30x10cm con motores controlados por dsPICs”.

El primer capítulo enuncia los objetivos del proyecto y describe las especificaciones generales del sistema.

El capítulo dos examina los fundamentos teóricos sobre bandas transportadoras para la mejor comprensión de los criterios de diseño y selección de las tecnologías explicadas en el capítulo siguiente.

El tercer capítulo contiene los detalles de fabricación de la estructura de la banda, el diseño de la tarjeta de control, la programación del dsPIC, la configuración de los dispositivos, la comunicación serial y el tratamiento de los datos.

El capítulo cuatro muestra la programación en LabVIEW y los componentes que conforman el instrumento virtual para el control de la banda.

El último capítulo muestra las pruebas realizadas, curvas características y resultados que respaldan este documento.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones, como valoración de los conocimientos aprendidos a lo largo del tópico y se exponen las conclusiones a la hipótesis planteada: ¿Es posible desarrollar equipo didáctico de laboratorio a un bajo costo para la enseñanza de nuevas tecnologías de control en el país?

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1 Objetivos

El tópico de graduación “Plataforma para el desarrollo de proyectos con dsPICs y visión Robótica con LabVIEW” tuvo como objetivo profundizar en el manejo de microcontroladores revisando diferentes lenguajes y evaluando sus ventajas y desventajas.

Se estudió la línea de microcontroladores para procesamiento de señales conocidos como dsPICs orientando el análisis hacia el control de motores y sensores.

Además se aprendió a utilizar la plataforma LabVIEW con el propósito de manejar sus componentes de visión robótica.

Todos estos conocimientos se utilizaron finalmente para construir una plataforma de laboratorio que consta de una banda transportadora, un brazo robótico con cinco servo motores, un brazo empuja frascos, una cámara de video USB, cuatro tarjetas controladoras de potencia para los motores de las bandas, una tarjeta con dsPIC que controla las cuatro tarjetas de potencia, la dirección de los motores y los sensores de las bandas y una tarjeta con dsPIC que controla los cinco servo motores del brazo robótico.

El presente documento cubre la construcción de la banda transportadora, su funcionamiento con LabVIEW y las interfaces necesarias para su relación con todo el sistema.

1.2 Especificaciones generales del sistema

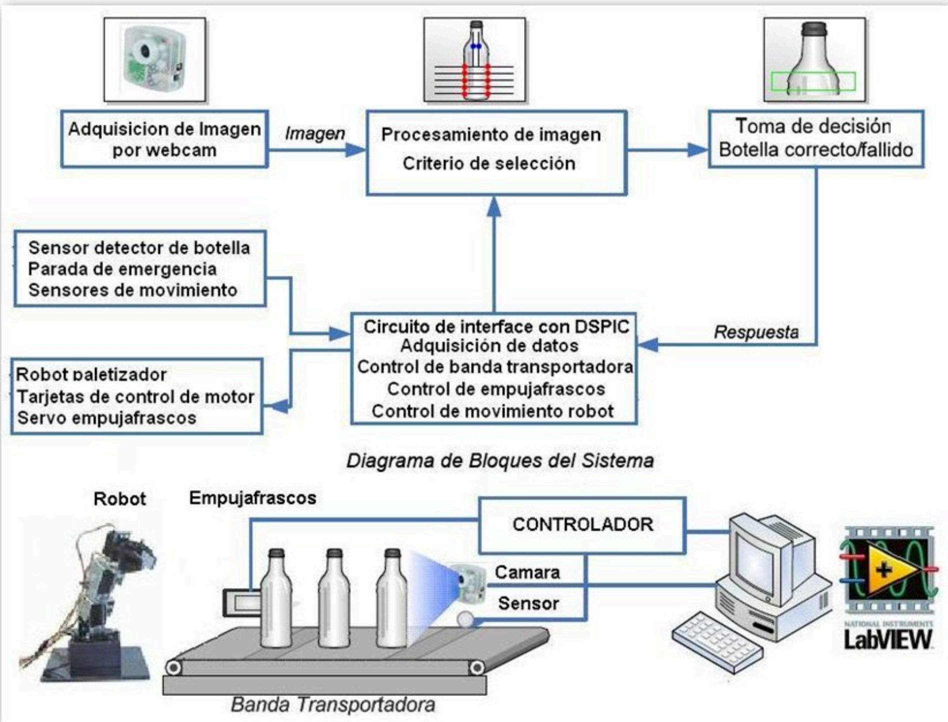


Imagen 1.1 Diagrama de bloques del sistema

El sistema está formado por los siguientes componentes:

1.2.1 Banda transportadora

La banda transportadora simula en laboratorio un ambiente de trabajo de una línea de verificación de productos embotellados generando un circuito cerrado donde las botellas pasan continuamente por cámaras que detectan irregularidades.

1.2.2 Tarjetas manejadoras de motores

Estas tarjetas tienen la capacidad de manejar la corriente necesaria para los motores controlando velocidad y dirección desde cualquier dispositivo con niveles de voltaje TTL.

1.2.3 Sensores de desplazamiento

Los sensores de desplazamiento detectan el movimiento de las bandas y permiten calcular la velocidad de desplazamiento que servirá luego para sincronizar las bandas por medio de la corrección de la señal modulada por ancho de pulso que alimenta a los motores.

1.2.4 Cámara USB

La cámara USB toma fotografías para el análisis de irregularidades en la línea de producción, verificando las diferentes características del producto.

1.2.5 Brazo robótico

El brazo robótico es una alternativa para descartar productos que presentan irregularidades y se puede utilizar para transportar elementos del sistema a otra línea de producción.

1.2.6 Tarjeta manejadora de brazo robótico

Esta tarjeta permite controlar los 5 servomotores que conforman el brazo robótico por medio de un puerto serial.

1.2.7 Brazo empuja frascos

El brazo empuja frascos es el medio más común de descartar productos y en nuestra implementación ha sido creado con un servo motor que presenta una funcionalidad similar a los brazos empuja frascos neumáticos. Sin embargo, fue agregada la funcionalidad de detener los frascos con mayor precisión frente a la cámara permitiendo que la imagen captada tenga la mayor similitud con las máscaras que se utilizan para la comparación y detección de irregularidades.

1.2.8 Tarjeta dsPIC

Esta tarjeta contiene el dsPIC30F4011 con el circuito necesario para controlar las tarjetas de potencia, los sensores, el panel de control y la comunicación con LabVIEW por medio de un puerto serial.

1.2.9 Lenguaje de programación

El lenguaje de programación utilizado fue el compilador MikroBasic de la compañía MikroElektronika, para microcontroladores Microchip dsPIC 30/33 y PIC 24 en versión demostrativa número 5, que fue seleccionado durante el tópico como uno de los mejores compiladores para este tipo de dispositivos.

1.3 Descripción de la banda transportadora

Se realizó un estudio para la selección del tipo de banda transportadora que debe ser implementada y se llegó a la conclusión de que la cinta transportadora debe considerar lo siguiente:

- Ser pequeña, porque tendrá que utilizar un espacio dentro del laboratorio para estar disponible a los estudiantes.
- Tener una cinta plana es una importante característica por su capacidad para transportar piezas de distintos tamaños y formas.
- Disponer de un riel configurable que permita especificar las dimensiones de los objetos a transportar.
- Transportar frascos pequeños con el propósito que los estudiantes puedan utilizarla para sus respectivos proyectos.
- Conexión con LabVIEW para ser controlada desde un instrumento virtual y utilizada por otros proyectos.
- Describir un circuito cerrado para que los frascos sean revisados continuamente para depurar los procesos de detección.

Por estas consideraciones, se decidió hacer una banda transportadora de cinta plana formada por 2 partes de 100cm de largo por 10cm de ancho y 2 partes de 30cm de largo por 10cm de ancho con un riel configurable que guíe el recorrido de botellas de 4cm. a través de un circuito contínuo. En el anexo A se encuentra el diseño 3D realizado en AutoCAD y vistas laterales.

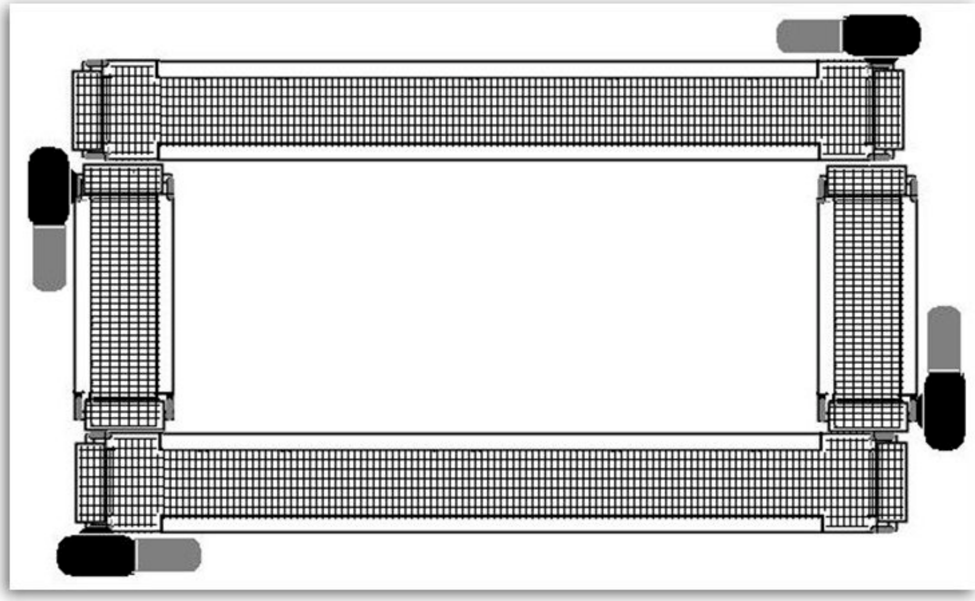


Imagen 1.2 Vista superior de las cintas transportadoras

1.4 Interfaz del sistema

La banda transportadora, el brazo robótico y el brazo empuja frascos están controlados por diversas tarjetas que permitirán su interconexión y el control desde LabVIEW.

1.4.1 Tarjeta dsPIC30F4011

Los motores de la banda transportadora están controlados por una tarjeta con dsPIC que contiene el Microchip dsPIC30F4011 con un diseño específico que permite controlar todos los aspectos de la banda permitiendo su utilización en múltiples proyectos.

Su principal función es generar una señal modulada por ancho de pulso para controlar el voltaje y la velocidad de cada motor, sincronizándolos para que la carga de las cintas transportadoras se desplace con suavidad entre ellas.

La sincronización se calcula partiendo de la información proveniente de sensores de desplazamiento obteniendo una realimentación que permite el control de velocidad y posicionamiento.

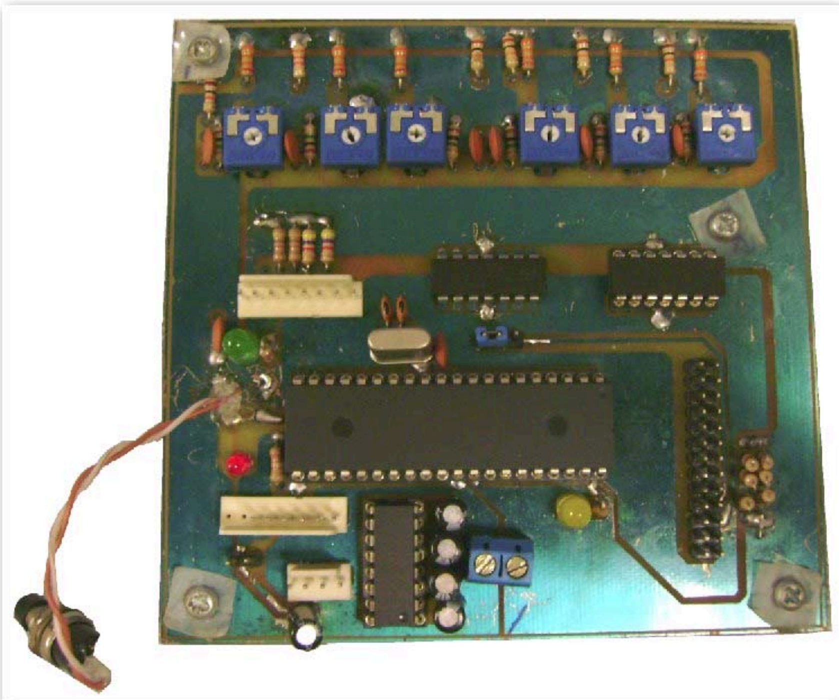


Imagen 1.3 Tarjeta dsPIC30F4011

El circuito completo de la tarjeta dsPIC30F4011 se encuentra en el anexo B.

1.4.2 Tarjeta dsPIC30F4012

El brazo robótico y el brazo empuja frascos están controlados por una tarjeta con dsPIC que contiene el dsPIC30F4012 y fue desarrollada especialmente para manejar servo motores. Esta tarjeta puede manejar 8 servo motores y tiene 6 entradas analógicas que pueden ser utilizadas para obtener realimentación de la posición actual de los motores.

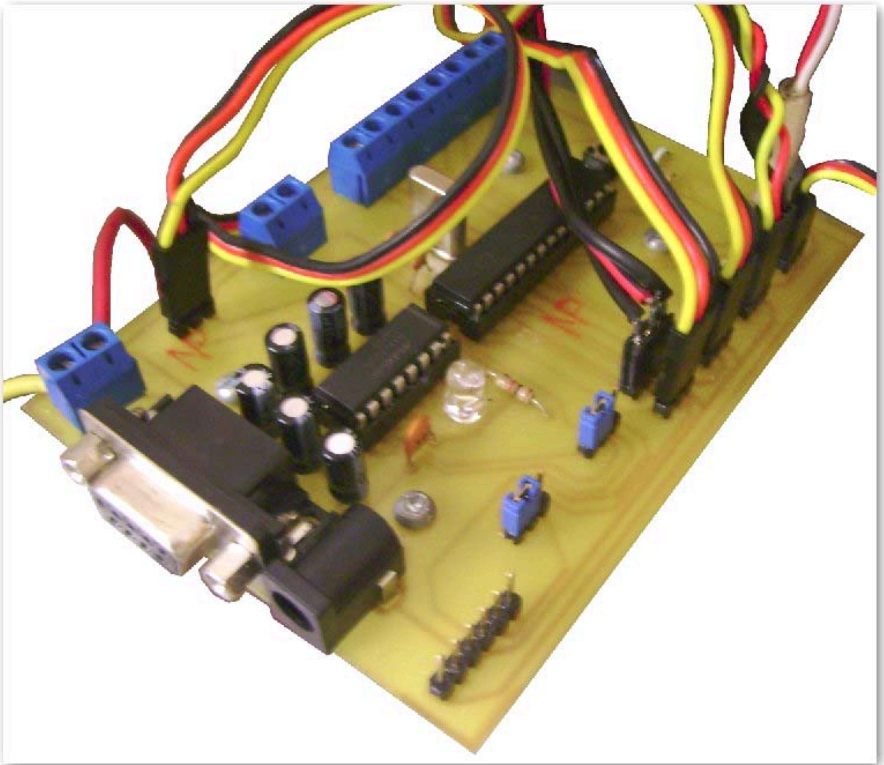


Imagen 1.4 Tarjeta dsPIC30F4012

1.5 Funcionamiento integrado con LabView 8

La banda transportadora tiene una gran integración con LabVIEW permitiendo que todos sus movimientos sean controlados con la mayor precisión posible.

Se crearon instrumentos virtuales que controlan el desplazamiento, la dirección y la velocidad de la banda.

Imagen 1.5 Control de velocidad, desplazamiento y dirección de la banda

Otros instrumentos se encargan de obtener información relevante sobre la banda generando eventos cuando los sistemas de realimentación detectan variaciones importantes en su operación.

Imagen 1.6 Componentes para obtener información de los eventos

El proyecto incluye además un instrumento virtual que por medio de un sensor de barrera es capaz de colocar un frasco en el área de análisis para que el estudiante pueda empezar su verificación de calidad.

Imagen 1.7 Componente para especificar distancia sensor-cámara

Finalmente se crearon instrumentos que permitan analizar el comportamiento de la banda transportadora durante su aceleración, frenado y detección de frascos.

Imagen 1.8 Componentes de análisis

Una recopilación de todos los componentes implementados puede encontrarse en el anexo C y están detallados en el capítulo 4 denominado “Integración con la plataforma para el desarrollo de proyectos con dsPICs y visión robótica con labview 8”.

CAPITULO 2

2. BANDAS TRANSPORTADORAS

2.1 Conceptos y principios generales

2.1.1 Definición

Las bandas transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es llevar un producto de un lugar a otro de forma continua y regular. Son aparatos que funcionan independientemente, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma permanente.

Una banda transportadora es un medio para efectuar el trabajo de mover material desde un punto A hasta otro B y se basa en la transmisión de movimiento por fricción entre una banda o cinta y los rodillos accionados por un motor. En este movimiento son determinantes tanto la potencia de la transmisión como la cantidad de material transportado.

La banda requiere potencia mecánica que es proporcionada por un motor. El torque del motor transforma en fuerza tangencial, llamada también tensión efectiva, a la superficie del rodillo que proporciona el “tirón” o tensión requerida por la banda para mover el material de A hacia B. Para producir movimiento debe vencer la fricción de la banda y de los componentes en contacto con ella más la fricción de la carga.

Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión.

La mayoría de estos sistemas son impulsados mecánicamente aunque existen algunos tipos que emplean la gravedad para trasladar la carga entre puntos de diferente altura.

Todos estos sistemas comparten los siguientes atributos:

- Generalmente son mecanizados y cada día tienen un mayor grado de automatización.
- Establecen las rutas de procesamiento de productos.

- Pueden estar montados sobre el suelo o suspendidos del techo.

- Casi siempre están limitados a un flujo unidireccional de procesamiento, aunque pueden presentar múltiples bifurcaciones.

- Generalmente mueven cargas discretas, como piezas o botellas, aunque algunos están preparados para cargas voluminosas o continuas.

2.1.2 Componentes de las bandas transportadoras

Las bandas transportadoras requieren de los siguientes componentes para funcionar eficientemente:

- La estructura soportante está compuesta por perfiles tubulares o angulares, formando en algunos casos verdaderos puentes que se fijan a su vez, en soportes o torres estructurales apernadas o soldadas en una base sólida.

- Los elementos deslizantes sobre los cuales se apoya la carga, ya sea en forma directa o indirecta.

- La correa o banda que le da el nombre a estos equipos, tendrá una gran variedad de características, y su elección dependerá en gran parte del material a transportar, capacidad, velocidad, esfuerzo o tensión a la que sea sometida.

- Los transportadores que poseen polines incorporados a su estructura básica de funcionamiento, son del tipo inerte, la carga se desliza sobre ellos mediante un impulso ajeno a los polines y a ella misma.

- Los elementos motrices de mayor uso en los transportadores son del tipo eléctrico, variando sus características según las exigencias a la cual sea sometido. Otros elementos que componen el sistema motriz son las poleas, los engranajes y el motor reductor.

- Los elementos tensores permiten mantener la tensión en la correa o banda asegurando el buen funcionamiento del sistema.

- La función de los rodillos es funcionar como poleas y se ubican en el inicio y en el fin de la cinta transportadora.

Para su selección se toman en cuenta la potencia, velocidad y ancho de la banda.

2.1.3 Parámetros de una banda transportadora

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se toma en cuenta los siguientes parámetros:

- La tensión es una fuerza actuando a lo largo de la cinta, tendiendo a elongarla. La tensión de la correa es medida en Newtons. Cuando una tensión es referida a una única sección de la cinta, es conocida como una tensión unitaria y es medida en Kilonewtons por metro (kN/m).

- El torque es el resultado de una fuerza que produce rotación alrededor de un eje. El torque es el producto de una fuerza (o tensión) y de la extensión del brazo que se esta utilizando y es expresado en Newton por metro (N*m).

- Energía y trabajo están relacionados muy cercanamente y están expresados en la misma unidad. El trabajo es el producto de una fuerza por la distancia recorrida y la energía es la capacidad de ejecutar un trabajo. Cada uno es expresado en Joules, en el que un Joule equivale a un

Newton-metro. La energía de un cuerpo en movimiento es medida en Joules.

- La potencia es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía y el tiempo. La unidad mecánica de potencia es el Watt, que es definido como un Newton-metro por segundo.

- La potencia empleada en un periodo de tiempo se mide en kilowatt-hora.

2.1.4 Criterios técnicos de selección y diseño

Existe un gran número de variables que permiten escoger una banda o rodillo transportador requerido para un proceso determinado. Entre las más importantes tenemos:

- Características del material transportado.
- Capacidad y peso.
- Distancia de transporte.
- Niveles de transporte.
- Interferencias, limitaciones y apoyos.
- Función requerida del medio transportador.

- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos financieros.
- Clasificación de usuarios y tiempo de utilización.

Al momento de realizar una implementación con transportadores, la mayoría de fabricantes recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- Seleccionar bandas, rodillos y estructuras de buena calidad según la aplicación.
- Contar con un sistema de ajuste apropiado para evitar problemas de tensión.
- Minimizar costos en tiempo y distancia.
- Minimizar curvas y terrenos irregulares.
- Seleccionar la longitud y el ancho del transportador apropiados.
- Minimizar problemas en los rodillos y poleas.

- Cuando el diseño de la cinta indica restricciones de carga, éstos deben ser respetados y chequeados, mediante sistemas que eviten la sobrecarga de material.

2.2 Tipos de bandas

Dentro de los atributos listados anteriormente, encontramos una gran variedad de hardware. Los tipos principales de cintas son:

2.2.1 Cintas con rodillos

Fuente: http://www.pacepacker-services.co.uk

Imagen 2.1 Cinta con rodillos

Es una forma muy común de cinta. El camino consiste en una serie de tubos (rodillos) perpendiculares a la dirección de avance. Los rodillos están contenidos en un armazón fijo que eleva la cinta del suelo desde varios decímetros a algo más de un metro. Las bandejas portando la carga unitaria son desplazadas a medida que giran los rodillos.

Las cintas con rodillos pueden ser impulsadas mecánica o gravitatoriamente. Los sistemas de tipo gravitatorio se disponen de tal modo que el camino desciende una pendiente suficiente para superar la fricción de los rodillos.

Las cintas con rodillos pueden ser usadas para el reparto de cargas durante las operaciones de procesado, reparto hacia y desde el lugar de almacenamiento y aplicaciones de distribución. Los sistemas de cintas automatizados son también útiles para operaciones de clasificación y combinado.

2.2.2 Cintas con ruedas

Operativamente son similares a los rodillos. Sin embargo en lugar de rodillos, tienen pequeñas ruedas como los “patines” montadas sobre ejes rotatorios conectados al armazón que se emplean para desplazar la bandeja, u otro contenedor a lo largo de la ruta.

Fuente: http://www.precisionwarehousedesign.com

Imagen 2.2 Cinta con ruedas

Las aplicaciones de este tipo de cintas son similares a las de los rodillos, excepto que las cargas deben ser en general más ligeras al estar los contactos entre carga y cinta mucho más concentrados.

2.2.3 Cintas planas

Este tipo esta disponible en dos formatos comunes:

- Cintas planas para bandejas, piezas o incluso ciertos tipos de materiales en masa
- Cintas huecas para materiales en masa

Imagen 2.3 Cinta plana

En este tipo de banda los materiales se sitúan en la superficie de la cinta y viajan a lo largo del recorrido de la misma.

Imagen 2.4 Cinta plana, tipo hueca

La cinta forma un lazo contínuo de manera que una mitad de su longitud puede emplearse para el reparto del material y la otra mitad para el retorno (generalmente vacío).

La cinta se soporta con un armazón con rodillos u otros soportes espaciados entre sí varios decímetros. A cada extremo de la cinta están los rodillos motores ("poleas") que impulsan la cinta.

2.2.4 Cintas con cadenas

Este tipo de cintas están formadas por lazos de una o más cadenas en paralelo en una configuración arriba abajo sin fin alrededor de ruedas dentadas motorizadas, que se encuentran en los extremos del camino.

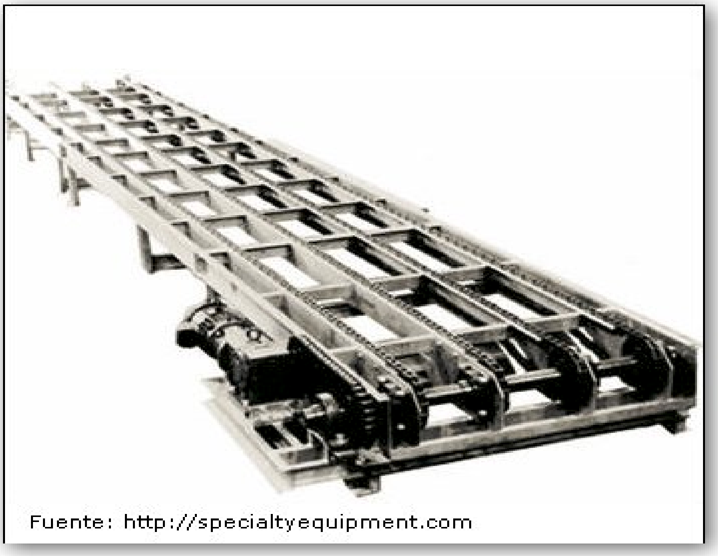
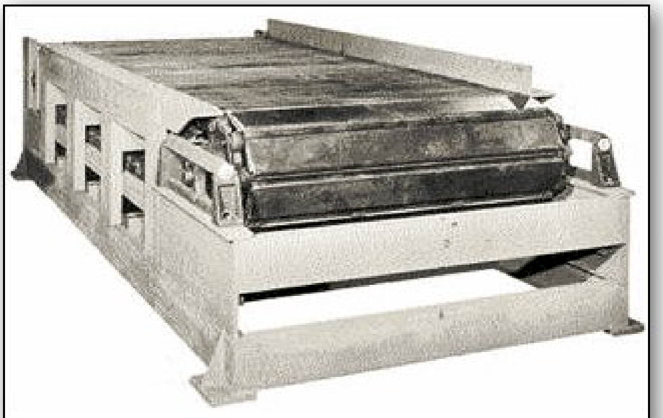


Imagen 2.5 Cinta con cadenas

Las cadenas viajan a lo largo de canales que proporcionan soporte para las secciones flexibles de la cadena. O bien las cadenas se desplazan por el canal o usan rodillos para montarse al canal. Las cargas generalmente se montan sobre las cadenas.

2.2.5 Cintas con listones

Este sistema emplea plataformas individuales, llamadas listones o tablillas, conectadas a una cadena continua en movimiento.



Fuente: http://www.jorgensenconveyors.com

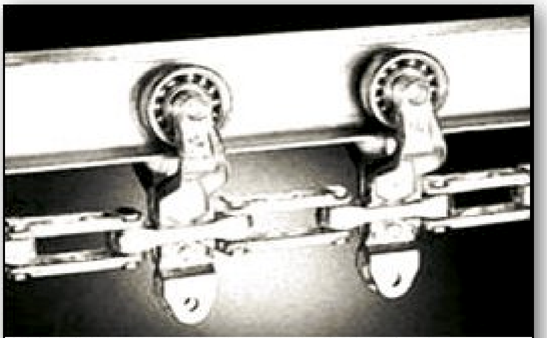
Imagen 2.6 Cinta con listones

Aunque el mecanismo impulsor es la cadena, funciona en gran medida como una cinta plana. Las cargas se sitúan sobre la superficie plana de las tablillas y se desplazan con ellas.

Los caminos son generalmente en línea recta, pero al ser movidas por cadenas existe la posibilidad de introducir curvas en el camino mediante ruedas dentadas, por esta razón las cintas con listones pueden tener giros en su lazo contínuo.

2.2.6 Cintas aéreas de carros

En este caso, carro es un soporte con ruedas moviéndose en un rail elevado del que puede colgar la carga. Una cinta con carritos es una serie de múltiples carros igualmente espaciados a lo largo de los rieles mediante una cadena sin fin o cable que estará unida a una rueda que proporciona energía al sistema.



Fuente: http://www.webb-stiles.com

Imagen 2.7 Cinta con carritos

El camino de este tipo de cinta está determinado por el sistema de rieles; puede tener giros y cambios de elevación formando un lazo sin fin.

En los carros se suspenden ganchos, cestas u otros receptáculos para la carga. Los sistemas de carros aéreos se emplean a menudo en fábricas para mover piezas y conjuntos de ensamblaje entre los principales departamentos de producción.

2.2.7 Cintas por cable enterrado

Estos sistemas emplean vehículos con ruedas que son impulsados por medio de cadenas o cables en movimiento situados en zanjas en el suelo.

Fuente: http://www.rsisystemsinc.net

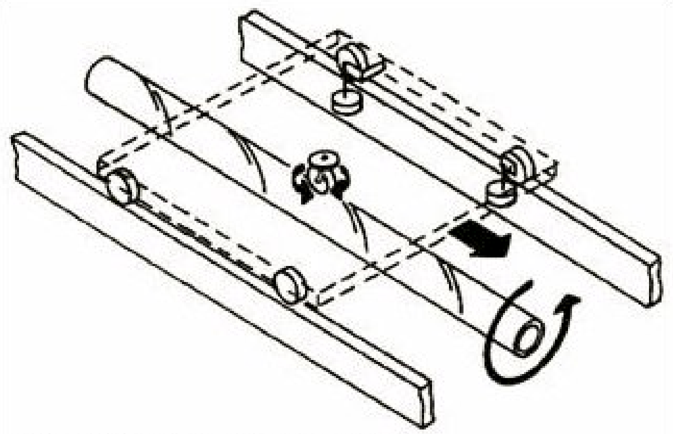
Imagen 2.8 Cintas por cable enterrado

Las rutas están definidas por las zanjas o cables, siendo posible unir rutas proporcionando cierta flexibilidad en el camino del proceso.

Los carros emplean clavijas reforzadas de acero para acoplarse a la cadena. Dichas clavijas se pueden extraer de la zanja para liberar al carro del avance de la cadena y realizar las operaciones de carga/descarga.

2.2.8 Cintas de carro sobre rieles

Estos sistemas emplean carros individuales montados en una pista de dos rieles en una estructura que sitúa la cinta unos decímetros sobre el suelo.



Fuente: http://www.ise.ncsu.edu

Imagen 2.9 Funcionamiento de carro sobre riel

Los carros no son impulsados individualmente; en su lugar, avanzan mediante un tubo rotatorio entre los dos rieles. Debido a ello también se llaman cintas de tubo rotatorio.

Una rueda motriz, en la parte inferior del carro y formando un ángulo con el tubo, se apoya en él y convierte el giro del tubo en avance del carro.

La velocidad del carro es controlada regulando el ángulo de contacto entre la rueda motriz y el tubo.

Una de las ventajas de este sistema con respecto a los vistos anteriormente es que se logra bastante precisión en el posicionamiento. Esta característica las permite usar para posicionar piezas para el procesado.

Las aplicaciones para este sistema incluyen las líneas de soldadura robótica y sistemas de ensamblaje automático.

2.3 Ventajas y desventajas

Las ventajas que tienen las cintas transportadoras son:

- Permiten el transporte de materiales a grandes distancia.
- Se adaptan al terreno.
- Tienen una gran capacidad de transporte.
- Permiten transportar una variedad grande de materiales.
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado.
- Se puede desplazar de un lugar a otro.

- La automatización ha permitido acelerar los procesos.

Las desventajas son:

- Tienen una ruta fija.
- Requieren un mantenimiento preventivo permanente.

2.4 Aplicaciones en la industria

Las bandas transportadoras han tenido un gran impacto en la industria desde los años 1900 cuando que se utilizaban para movilizar grandes cantidades de material en las minas. Pocos años después demostró ser de gran utilidad en las cadenas de montaje.

Hoy en día existen cintas transportadoras para todas las aplicaciones. Cada banda o rodillo transportador posee sus propias características dependiendo del tipo de empresa, pues las actividades, medio ambiente, espacio, necesidades y manejo de materiales serán diferentes incluso para empresas que pertenecen a un mismo ramo de la producción, siendo esta la principal razón por la cual cobran tanta importancia los criterios de selección.

A continuación enumeramos algunas aplicaciones:

2.4.1 Bandas para la industria minera

El sistema de transporte de banda en muy eficiente para la minería por las siguientes características:

- Opera en su propia cama de rodillos, los cuales requieren un mínimo de atención.
- Los transportadores pueden seguir la naturaleza ordinaria del terreno, debido a la habilidad que poseen para atravesar pasos relativamente inclinados (pendientes y gradientes, de hasta 18º, dependiendo del material transportado). Con el desarrollo de tensiones elevadas, materiales sintéticos y/o miembros reforzados de acero, un tramo del transportador puede extenderse por millas de terreno con curvas horizontales y verticales sin ningún problema.
- Tienen poco desgaste al trabajo agreste y duro de la minería

Esto es importante en la minería o excavaciones, en donde dos o más operaciones de cavado pueden dirigirse a un mismo punto central de carga. En el punto de descarga, el material puede ser dispersado en diversas direcciones desde la línea principal. El material también puede ser descargado en cualquier punto a lo largo del transportador mediante la maquinaria complementaria para éste efecto.

2.4.2 Bandas para la industria de la construcción

Las cintas transportadoras presentan grandes ventajas en este proceso:

- Facilidad y rapidez en el montaje ya que este puede ser armado y desarmado con gran facilidad.
- Una gran capacidad para el transporte de material a grandes distancias.
- Rapidez en la conducción del material al sitio de trabajo con seguridad y eficiencia.

2.4.3 Bandas para la industria alimentaria

El tratamiento industrial de alimentos requiere una gama amplia de cintas transportadoras y procesales. Existe una extensa variedad de soluciones que permiten a las industrias elegir el mejor producto para sus aplicaciones específicas. En todos los desarrollos se hace especial hincapié en los estándares de higiene, cada vez más estrictos en la industria de los alimentos asegurando una producción alimentaria higiénica y sin averías.

2.4.4 Bandas para la industria cartonera

Las industrias cartoneras utilizan una gran variedad de bandas que permiten la producción, corte, doblado y acumulación de las cajas.

2.4.5 Bandas para embotelladoras

El proceso de lavado, inspección y llenado de botellas de bebidas es una de las aplicaciones más conocidas y de mayor complejidad en nuestro medio.

2.4.6 Bandas en los aeropuertos

Las cintas transportadoras de los aeropuertos tienen la capacidad de llevar y clasificar el equipaje hasta los carros que se encargan de subirlos hasta el avión.

2.4.7 Bandas para entregas

Es muy común que las compañías de venta de artículos por internet tengan un sistema de empaquetamiento y envío a distribución que funciona con bandas que ordenan y acumulan los productos.

2.4.8 Bandas para ruta de ensamblado

La industria automotriz utiliza transportadores que mueven los componentes por todos sus puntos de procesamiento hasta obtener un producto terminado.

Como ejemplo tenemos a la compañía Ford que fue la primera en utilizar cintas transportadoras para el ensamblado de sus vehículos.

CAPITULO 3

3. CONSTRUCCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA Y CIRCUITO DE INTERFAZ CON DSPICS

3.1 Bandas transportadoras

3.1.1 Características del prototipo

El prototipo implementado consiste en un conjunto de cuatro bandas transportadoras ensambladas de modo que su movimiento sea simultáneo y contínuo. La cinta es de ciclo contínuo porque el material transportado va a circular indefinidamente pasando de una banda a otra.

Características de la banda:

- 2 bandas de 100cm por 10cm.
- 2 bandas de 30cm por 10cm.

- Frascos de 4cm de diámetro por 10cm de altura con un volumen aproximado de 100cc.
- Capacidad de transportar hasta 50 frascos.
- Capacidad de arrastre de 5kg.
- Tensión máxima banda 30cm es 0.21N/m.
- Tensión máxima banda 100cm es 0.70N/m.
- Torque del motor de 9Nm.
- Potencia de operación del motor es 24watt, (Nm/s).

3.1.2 Criterio de selección de componentes

Parte del proceso de diseño consiste en elegir los componentes necesarios para que las estructuras, las máquinas, los controles y los programas desarrollen las funciones deseadas. Esta selección se realizó en varias etapas.

Para la selección del tipo de transportador a construir se investigó la teoría de transportadores revisada en el capítulo 2 y se observaron las estructuras y el funcionamiento de dichos equipos. Se escogió el transportador de bandas por las siguientes razones:

- Construcción sencilla, la estructura básica requiere de una banda con dos rodillos, uno acoplado a un motor y otro libre.
- Es apropiado para el desplazamiento de objetos con base plana.

Para el sistema de transmisión de movimiento se escogió un motor DC de 12 V con reductor para acoplarlo directamente al eje de un rodillo por motivos enunciados a continuación:

- Facilidad de control de los motores DC con la tecnología de dsPICs estudiada durante el tópico.
- Un motor DC pequeño puede proporcionar suficiente par para mover una banda prototipo.
- Es una máquina relativamente fácil de conseguir.
- El sistema mecánico de reductor aumenta el par entregado y disminuye velocidad, lo que hace posible un mejor control del desplazamiento de la banda y elimina la

necesidad de usar cadenas para transmitir la potencia mecánica al rodillo.

Para el control empleamos dsPICs de Microchip, dado que es uno de los requerimientos del tópico al que pertenece esta tesis y son circuitos integrados diseñados para trabajar con motores.

El programa LabVIEW de la compañía National Instruments es el segundo requerimiento del tópico cursado y nos permite una interfaz de programación gráfica que incluye tecnología de reconocimiento de imágenes.

Con el propósito de dar mayor versatilidad al prototipo se dispuso que el operador pueda enviar órdenes al controlador manualmente mediante un panel de controles con selector y pulsadores o de manera automática utilizando el instrumento virtual creado para Labview y detallado en el capítulo 4.

3.1.3 Banda transportadora

Cada segmento de la banda transportadora posee los siguientes componentes:

- La estructura que soporta todo el conjunto.

- El motor que permite el movimiento.
- Los rodillos que transfieren el movimiento desde el motor a la banda
- La banda que transporta el material.

3.1.4 Fuentes de alimentación

Para los motores se implementó cuatro fuentes alimentadas con 110Vac, compuesta por un rectificador de onda completa sin regulador que proporciona 12V y 5A.

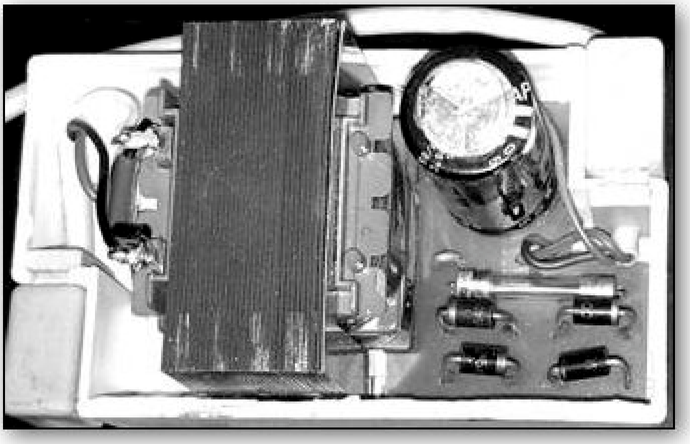


Imagen 3.1 Fuente de poder no regulada

La tarjeta de interfaz dispone de una fuente alimentada con 110Vac, compuesta por un rectificador de onda completa con un regulador que proporciona 5V y 1A.

3.1.5 Motor

Es el actuador que produce movimiento y tracción mediante la interacción entre el campo magnético de su rotor y el imán permanente de su estator.

El eje del motor permite la transmisión de movimiento a una caja reductora mediante un tornillo sin fin. La caja reductora está conectada a éste por medio de un piñón que va acoplado al nuevo eje transmisor de tracción. La amplificación del torque es proporcional a la reducción de velocidad y es dada por la relación de dientes de tornillo contra el número de dientes del engranaje por vuelta.

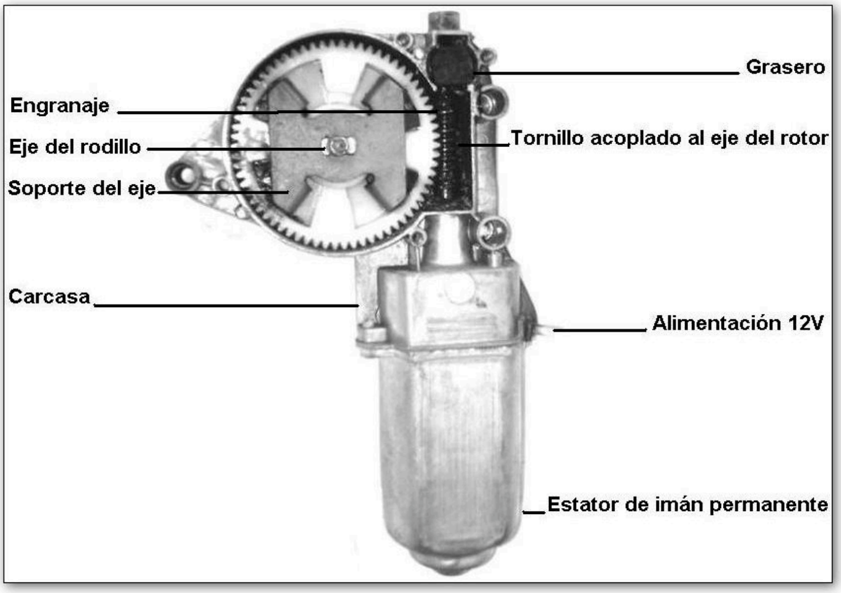


Imagen 3.2 Motor DC

3.1.6 Base rodante

Como base se usó una estructura de 80cm de alto con ruedas para que estuviese a una altura visible y con una repisa metálica para poder colocar las fuentes de alimentación y los diferentes dispositivos de control.

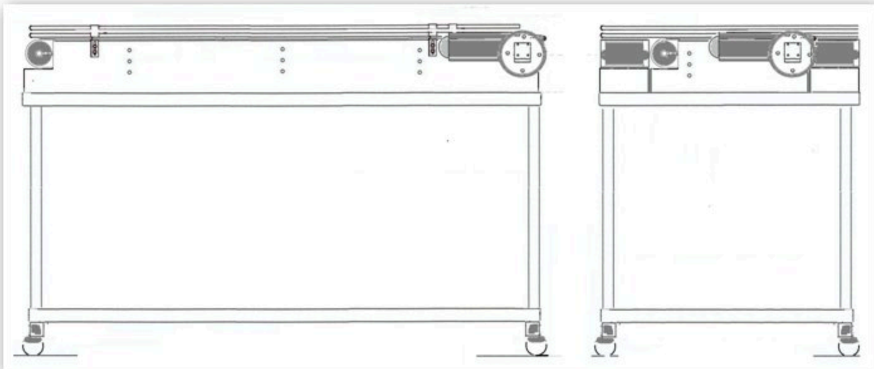


Imagen 3.3 Dibujo de la base rodante

3.1.7 Cama

Cada banda requiere de una estructura llamada "cama" que fue fabricada en plancha negra metálica de 1mm, con forma de canal. La cama de la banda va instalada en la estructura rodante y soporta todos los equipos: motor, los ejes de los rodillos, los tensores de banda y los tensores laterales.

La cama posee un riel de aluminio en su parte superior que sirve de guía para que la banda de plástico se deslice sobre ella.

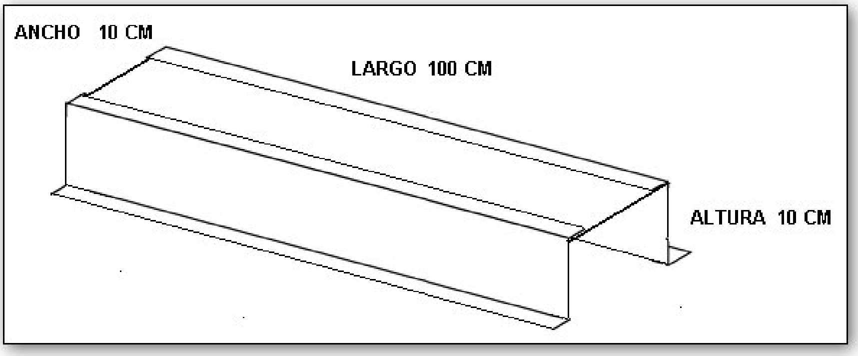


Imagen 3.4 Dibujo de la cama de la banda

3.1.8 Rodillos

Los rodillos son estructuras cilíndricas de aluminio con ejes revestidos con caucho. El caucho transmite el movimiento del eje y permite un desplazamiento uniforme. Se utilizaron rodillos de impresoras matriciales, a los cuales se adaptó un eje de acero de 3/8" con 3 rulimanes acoplados al interior del cilindro.

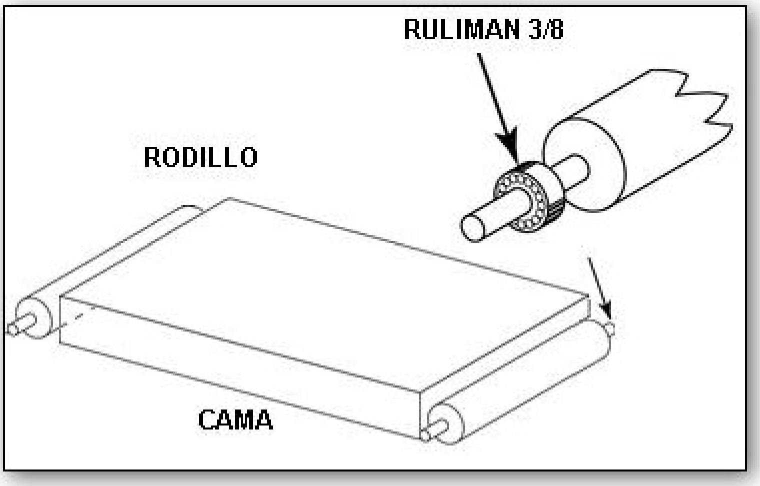


Imagen 3.5 Dibujo de los rodillos de la banda

La banda tiene un rodillo fijo al eje del motor y uno libre en el otro extremo.

3.1.9 Acoples

Los acoples son las uniones colocadas entre el eje del motor y el eje del rodillo. El eje del motor encaja en el rodillo gracias a un acople de bronce alineado y fijado en el rodillo. Para fijar el acople en el rodillo se empleó soldadura epóxica. Para fijar el acople de bronce al eje del motor se empleó un pasador en medio del eje.

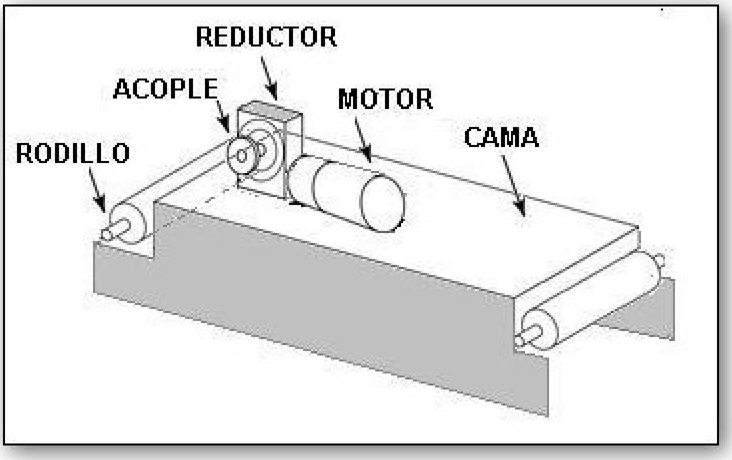


Imagen 3.6 Dibujo del acople entre rodillo y motor

3.1.10 Bandas

Las bandas son el medio por el que se desplazan las cargas del transportador. En el prototipo utilizamos una banda plástica ranurada que se desliza sobre la cama y transmite el movimiento entre el rodillo del motor y el rodillo libre. El plástico permite suficiente tensión para que se deslicen las cargas y las guías de aluminio a los lados de la cama impiden que se trabe. Se eligió una banda ranurada para poder colocar un sensor de reflexión que permita determinar si hay movimiento (ver Imagen 1.2 Vista superior de las cintas transportadoras).

3.1.11 Tensores de banda

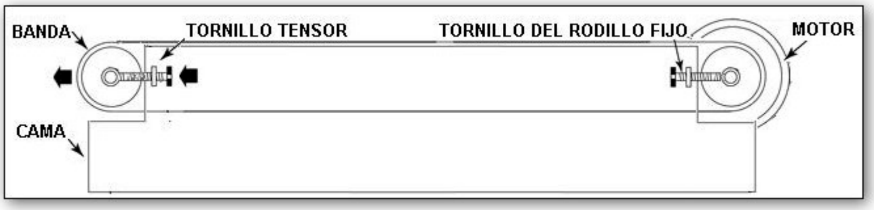


Imagen 3.7 Dibujo de los tensores de banda

Los tensores de banda son tornillos ubicados a cada lado del eje del rodillo que están fijados a la estructura de la cama mediante dos tuercas que permiten nivelar el rodillo y tensar la banda. Al ajustar las tuercas, el rodillo se mantiene firmemente ajustado entre la estructura y la banda.

Se colocaron tensores y placas de paso para juntar las bandas y lograr el mejor deslizamiento de los frascos de una banda a otra.

3.1.12 Riel ajustable

Es una guía ajustable de plástico para conducir a la carga dentro del camino que debe seguir.

El riel es especialmente útil en las esquinas.

3.1.13 Protecciones

El prototipo cuenta con protecciones independientes para cada fuente de poder por cada uno de los cuatro motores. Cada fuente de alimentación de motor posee fusibles independientes de 5A. Cada tarjeta controladora consume un máximo de 2.5A a plena carga (banda llena de botellas con líquido). La tarjeta de control principal posee su propia fuente regulada con fusibles de 2A.

La regleta principal que alimenta a todos los circuitos contiene un fusible de 10A en caso de sobrecarga.

Todos los circuitos están aterrizados a la estructura metálica y existe continuidad en todos los puntos de la estructura.

El panel de control manual tiene incluido un control de parada de emergencia.

3.2 Circuito de interfaz con dsPICs

El objetivo de este capítulo es entregar al lector una idea clara de la forma como se planteó el problema del circuito de interfaz de la banda transportadora con LabVIEW.

Para este propósito se utilizaron las características de la familia de microcontroladores dsPICs de Microchip, específicamente el dsPIC30F4011 que fue estudiado durante el tópico.

3.2.1 Características técnicas

El dsPIC30F4011 es un microcontrolador enfocado para el uso y control de motores que puede funcionar a una velocidad máxima de 120MHz, para nuestra implementación se utilizó un reloj de 6MHz con un multiplicador de 16 para obtener la velocidad de 96MHz requerida para realizar cálculos y manejar 6 sensores con tiempos de programa despreciables.

Las características que determinaron el uso de este microcontrolador son las siguientes:

- 6 módulos de modulación de ancho de pulso, con salidas independientes o complementarias.
- 3 generadores de ciclo de trabajo.

- 3 contadores dedicados para la generación de los moduladores de ancho de pulso.
- Polaridad de la salida programable.
- 5 contadores con escala programable.
- 4 contadores pueden ser utilizados en pares de 32 bits.
- 9 canales de convertidores analógico a digital con una resolución de 10 bits y velocidad de 1 MSPS (Millón de muestras por segundo).

3.2.2 Consideraciones de diseño y limitaciones

La banda transportadora contiene 4 motores de corriente directa que son controlados por modulación de ancho de pulso para manejar su velocidad, por esta razón, para el diseño del circuito de interfaz se consideró la utilización del dsPIC30F4011 gracias a su capacidad de generar 5 pulsos con hardware interno independiente.

La tarjeta contiene 5 sensores que verifican el correcto funcionamiento de los segmentos de banda transportadora, reportando su velocidad, detectando bloqueos y verificando su parada total. Contiene además 1 sensor adicional que se utiliza para detectar los frascos y realizar acciones disparadas por evento.

La tarjeta dispone de un puerto adicional que por medio de un puente puede utilizarse como salida digital o entrada a un sensor adicional que puede ser configurado y utilizado según necesidades de proyectos futuros.

También contiene un segundo puerto digital que tiene conectado una luz que puede ser utilizada para depuración de segmentos de código o como entrada/salida digital.

Para facilitar la reprogramación de la tarjeta controladora de la banda se añadió un conector para el Microchip Pickit 2 permitiendo hacer cambios al código con amplias posibilidades de depuración.

Finalmente, la banda se conecta a LabVIEW por medio de un puerto serial, creando la necesidad de disponer de este puerto en la computadora siendo una limitación fácilmente solucionable por medio de un convertidor USB a serial.

El circuito de interfaz ha sido dividido en 6 componentes para facilitar la explicación de cada uno de ellos en los siguientes capítulos.

3.2.3 Circuito de potencia

El circuito de potencia se encarga de manejar la corriente y el voltaje aplicados a los motores DC. Se adjunta el circuito en el anexo B. Se implementaron cuatro tarjetas de control motores con las siguientes características:

- Un puente H construido con mosfets complementarios RFP50N06 (canal N) y IRF9540 (canal P) que nos permite cambiar el sentido de giro del motor y manejar 50 V DC con una corriente máxima de 10A.

- Luces que indican la conexión de las fuentes, la presencia de señal PWM y la dirección del puente H.

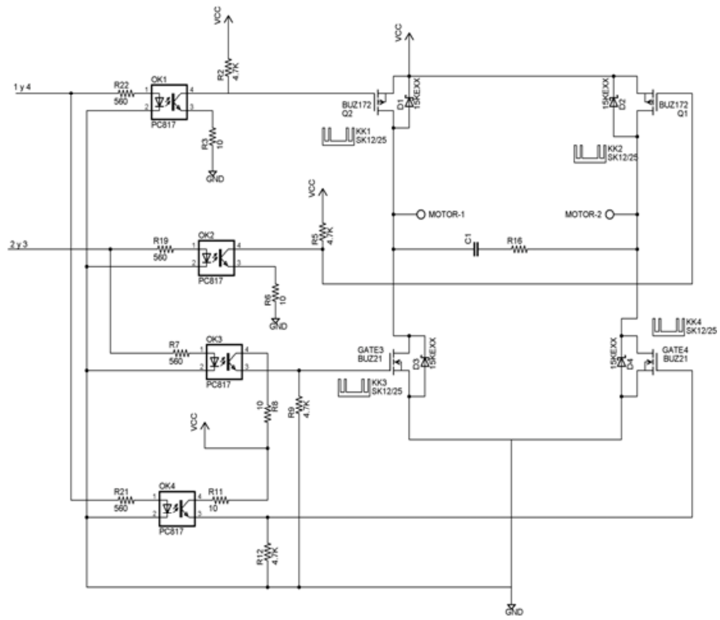


Imagen 3.8. Puente H

- Un grupo de acopladores ópticos son necesarios para separar las dos fuentes de poder y proteger de daño a los dispositivos en las tarjetas.

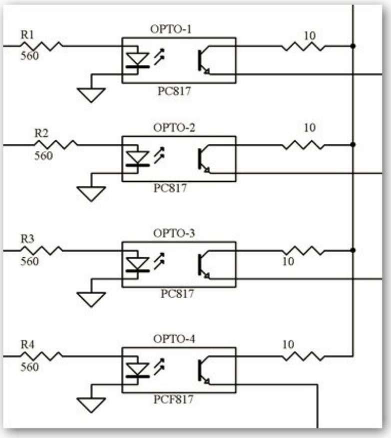


Imagen 3.9. Acopladores ópticos

- La tarjeta posee todos los elementos de conectividad en con borneros, protección antisolder, elementos disipadores y buen terminado.

- El costo de la tarjeta es menor que una implementación con los componentes por separado.

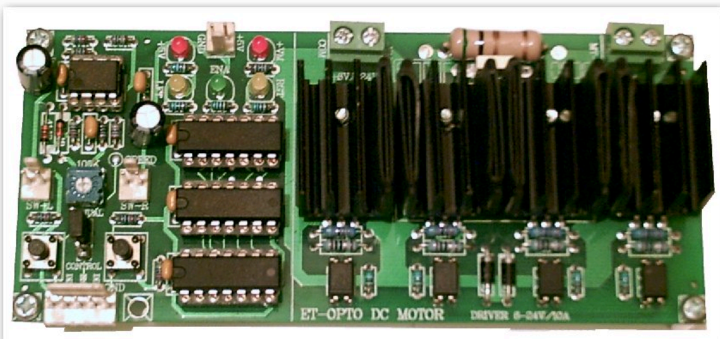


Imagen 3.10 Tarjeta de control de potencia

Para alimentar el circuito de potencia se emplearon fuentes DC independientes para cada motor. El dato de placa de las fuentes empleadas es 60VA de potencia y 12VDC de voltaje de operación. Las fuentes están compuesta por un transformador, un puente rectificador de onda completa y un capacitor de 100 uF.

Cabe indicar que la Imax medida en el motor apenas supera 1.2A a plena carga.

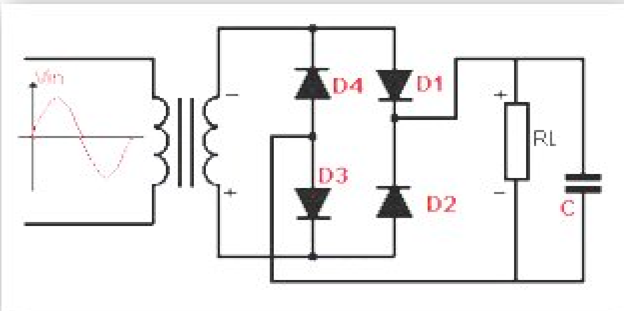


Imagen 3.11 Fuente DC no regulada

3.2.4 Componente de Control

El componente de control entrega pulsos de ancho modulado al componente de potencia para controlar la velocidad de los motores y activa señales de dirección que controlan el segmento del puente H que debe activarse por medio de optoacopladores.

Se generan una señal para cada motor. Tres de estas señales son generadas por 3 canales generadores de pulsos para motor, con 3 generadores de ciclo de trabajo independientes y la señal restante se genera por un canal simple implementado con el modo de captura y el temporizador 1.

El dsPIC30F4011 posee 5 generadores de pulso de ancho modulado independientes, tres son canales complementarios dedicados para motor, y dos empleando temporizadores del microcontrolador.

Los puertos que se utilizaron para el control se muestran en la siguiente imagen:

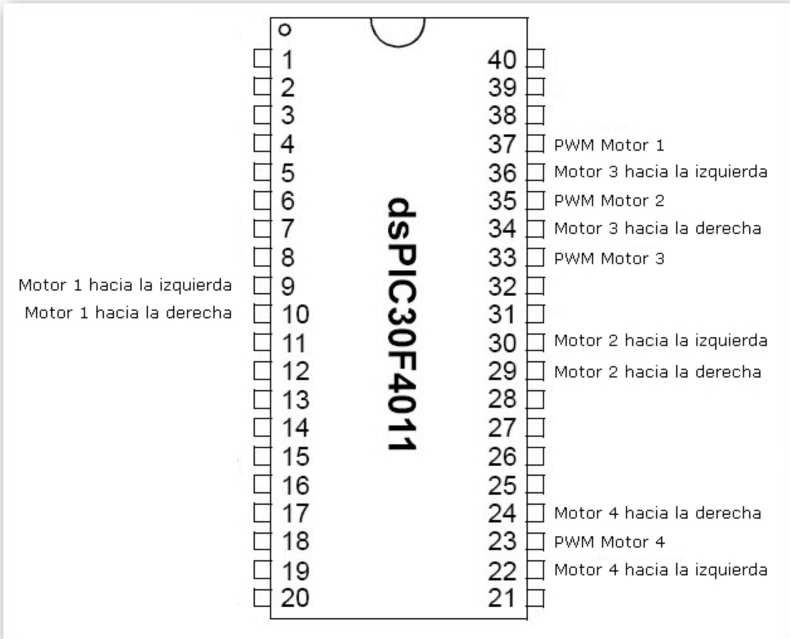


Imagen 3.12. Detalle de los puertos de control

Para iniciar los puertos de control de dirección, primero se configura las salidas por medio de las siguientes sentencias de mikroBasic.

```
'Configuramos las salidas de los motores
TIM1 = 0   'Motor 1 hacia la izquierda
TDM1 = 0   'Motor 1 hacia la derecha
TIM2 = 0   'Motor 2 hacia la izquierda
TDM2 = 0   'Motor 2 hacia la derecha
TIM3 = 0   'Motor 3 hacia la izquierda
TDM3 = 0   'Motor 3 hacia la derecha
TIM4 = 0   'Motor 4 hacia la izquierda
TDM4 = 0   'Motor 4 hacia la derecha
```

Para activar la modulación de pulsos del dsPIC por medio del lenguaje de programación se utiliza el proceso descrito por el diagrama de flujo de la siguiente página.

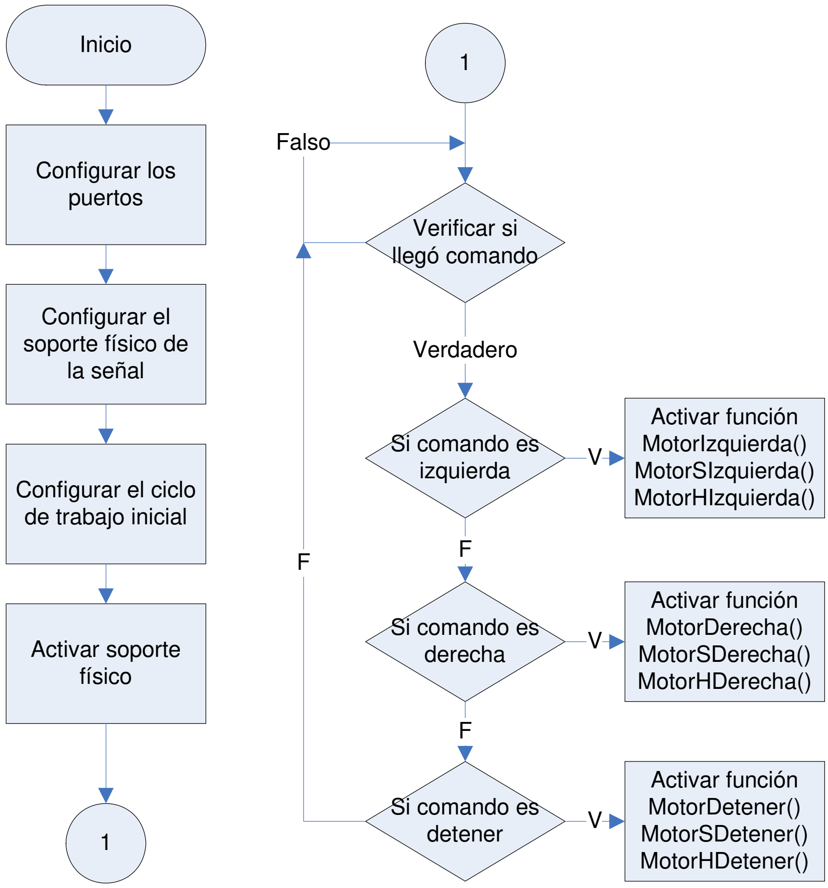


Imagen 3.13 Flujo de control de movimiento

Se escogió una señal de 5 khz como referencia en base a la experimentación y el comportamiento del motor DC. Para proporcionar esta señal primero deben configurarse los registros del microcontrolador para esta frecuencia activando los puertos seleccionados, estas funciones devuelven los períodos calculados en ciclos de microcontrolador.

```
'Activamos el PWM en los puertos 33, 35 y 37
duty_50 = Pwm_Mc_Init(5000,1,%01110000,0)

'Activamos el PWM en el puerto 23
pwm_period = Pwm_Init(5000, 1, 1, 2)
```

Luego, los ciclos de trabajo son configurados. Al inicio del programa estos valores se encuentran en cero para que los motores no se muevan hasta que suceda un cambio de velocidad.

```
'Especificamos el ciclo de trabajo del puerto 37
Pwm_Mc_Set_Duty(DutyMotor[1], 1)
'Especificamos el ciclo de trabajo del puerto 35
Pwm_Mc_Set_Duty(DutyMotor[2], 2)
'Especificamos el ciclo de trabajo del puerto 33
Pwm_Mc_Set_Duty(DutyMotor[3], 3)
'Especificamos el ciclo de trabajo del puerto 23
Pwm_Set_Duty(DutyMotor[4], 1)
```

Finalmente, el funcionamiento del soporte físico de modulación dentro del dsPIC es activado.

```
'Iniciamos el hardware de los puertos 33, 35 y 37
Pwm_Mc_Start()
'Iniciamos el hardware del puerto 23
Pwm_Start(1)
```

Una vez terminado el proceso de inicialización el componente de control está listo para comandar el componente de potencia y hacer girar los motores.

Para facilitar el entendimiento de la lógica del programa, todos los movimientos de la banda se encuentran en funciones independientes que realizan la acción seleccionada. A continuación se enumera las funciones principales con su respectivo propósito:

```
'Alimenta los devanados del motor en la dirección
contraria que la función MotorDerecha
MotorIzquierda()
'Alimenta los devanados del motor en la dirección
contraria que la función MotorIzquierda
MotorDerecha()
'Quita la alimentación a los devanados
MotorDetener()
```

Para mejorar el control se crearon 3 funciones adicionales que alimentan los devanados de forma creciente o decreciente permitiendo acelerar y desacelerar los motores.

```
'Alimenta los devanados del motor en la dirección
contraria que la función MotorDerecha en forma creciente
MotorSIzquierda()
'Alimenta los devanados del motor en la dirección
contraria que la función MotorIzquierda en forma
creciente
MotorSDerecha()
'Quita la alimentación a los devanados en forma
decreciente
MotorSDetener()
```

Estas funciones solamente especifican el nuevo valor del ancho del pulso que se desea y pasa el control a la rutina principal por medio de las variables globales mencionadas a continuación:

```
'almacena el ciclo de trabajo actual del motor
dim DutyMotor as word[5]
'almacena el nuevo ciclo de trabajo del motor
dim NewDutyMotor as word[5]
'almacena el nuevo ciclo de trabajo del motor
dim LastDutyMotor as word[5]
```

La rutina que realiza el cambio de velocidad está controlada por un lazo de control PI que utiliza la información proveniente del decodificador de pasos. A continuación se muestra el segmento de código que realiza el control de velocidad:

```
'Control de velocidad
if BandaControl_Velocidad = 1 then
  if BandaEstado_Motor_Detenido = 0 then
    'Obtenemos la diferencia entre la
    'Vref y Velocidad Actual
    fVError = fVref - fVel
    'Calculamos el nuevo valor de PWM
    'que vamos a enviar a los motores
    fPWM = fPWM + (fKpV * fVError)
                + ( fKiV * ( fVError * fTMuestreo ) )
    'Filtramos la salida para que se encuentre
    'en el intervalo permitido
    if fVref = 0 then
      if fPWM < 500 then
         'No se debe utilizar menos de 500 porque
         'los motores no tendrían suficiente energia
         fPWM = 0
      end if
    end if
    if fPWM > 3000 then
       'No puede ser valores mayores a 3000
       fPWM = 3000
    end if
    'Enviamos la velocidad a los motores
    PWM = fPWM
    MotorVelocidad(PWM)
  end if
end if
```

Como última opción se encontró además la necesidad de hacer un cortocircuito en los devanados del motor con el propósito de frenar a raya la banda en caso de emergencia. Esto se realizó usando la característica que tiene la tarjeta de potencia al señalizar que se dirija hacia la izquierda y la derecha al mismo tiempo. Para este propósito se creó la siguiente función:

```
'Detener con frenado eléctrico
sub procedure MotorHDetener()
  IM1 = 1 'Vamos a izquierda y
  DM1 = 1 'hacia la derecha al mismo tiempo
  IM2 = 1
  DM2 = 1
  IM3 = 1
  DM3 = 1
  IM4 = 1
  DM4 = 1
end sub
```

3.2.5 Sensores

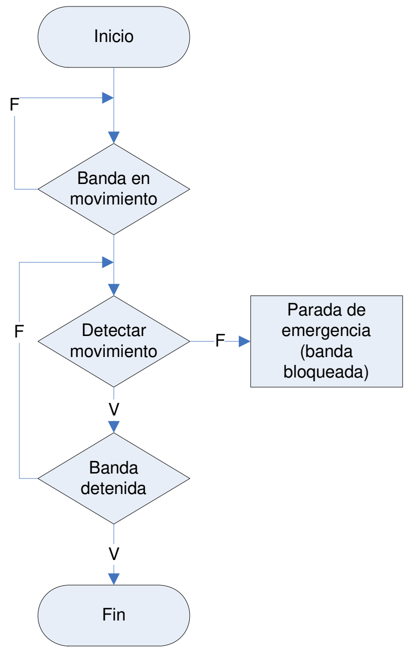


Imagen 3.14 Flujo de detección de bloqueo

El componente de sensores verifica el correcto funcionamiento de la banda, detectando bloqueos no deseados y generando eventos cuando se detecta frascos.

Para este propósito fue utilizado un diodo emisor de luz infrarroja y un foto transistor ubicado para que detecte superficies reflectantes dentro del QRB1133 que provee de alta sensibilidad, bajo costo y protección transparente al infrarrojo contra el polvo en el fototransistor.

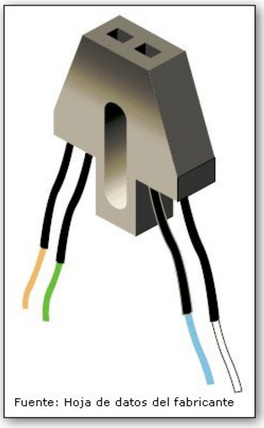


Imagen 3.15. QRB1133

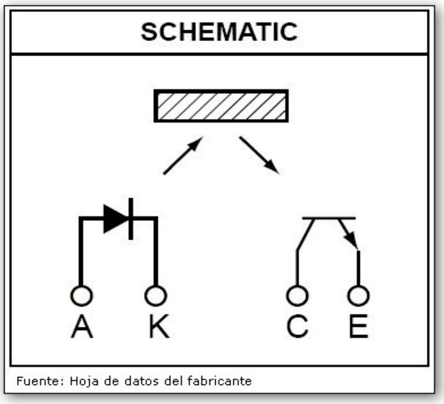


Imagen 3.16. Esquemático del QRB1133

Para conectar este sensor a nuestra tarjeta se utilizó el siguiente circuito que transforma la señal análoga en una señal digital de 0 y 5V.

La resistencia R3 de 330ohm se utiliza para controlar la alimentación del emisor, la resistencia R4 de 10Kohm genera una caída de voltaje proporcional a la luz recibida y por consiguiente al objeto reflejado. Dado que solamente interesa la variación de esta señal lo filtramos con el capacitar C1 y lo alimentamos al amplificador operacional comparador para generar un punto de detección calibrable con el potenciómetro R2 de 10Kohm. La imagen siguiente muestra el circuito mencionado.

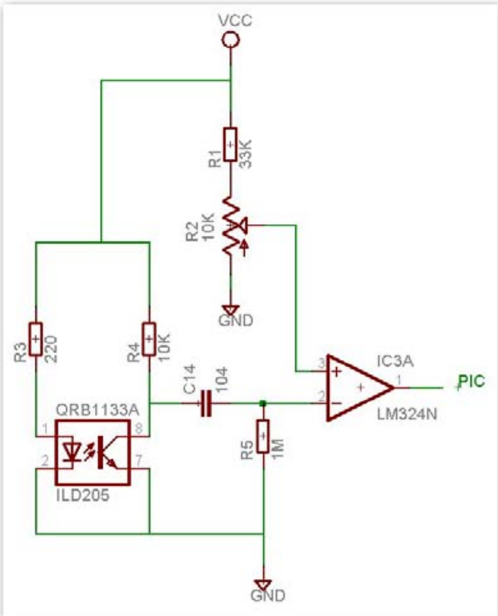


Imagen 3.17. Circuito de sensores

Las señales obtenidas por 6 de estos circuitos son alimentadas al dsPIC por los puertos mostrados en la siguiente figura:

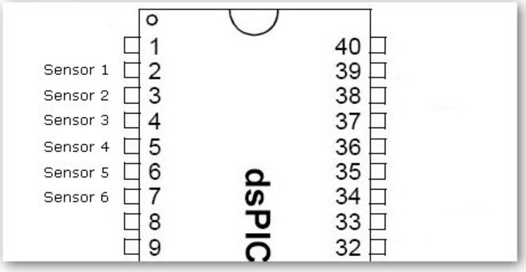


Imagen 3.18. Puerto de sensores

El dsPIC detecta los pulsos generados por el circuito de sensores por medio de la interrupción de notificación de cambio en el puerto. Para habilitar esta característica se escribe la siguiente sentencia mikroBasic.

```
'Iniciamos la interrupción por cambio de estado
PuertoAnterior = PORTB  'Iniciamos el estado actual
                        'del puerto
CNEN1 = %00111111  'Habilitamos la interrupción por
                   'cambio en los pines CN2 -> CN7
IFS0.15 = 0  'Limpiamos la interrupción
IEC0.15 = 1  'Habilitamos las interrupciones por cambio
             'en los pines
```

El siguiente procedimiento captura la interrupción y la procesa contando los cambios ocurridos en cada uno de los puertos de sensores independientemente uno de otro.

```
'Procedimiento de detección de cambio en los puertos de
los sensores
sub procedure InputChangeInt org $32
dim xPuerto as word
dim xPuertoTemp as word
dim xi as word
  'Es necesario limpiar manualmente la
  'bandera de interrupción
  IFS0.15 = 0
  'Leemos el puerto B
  xPuerto = PORTB
  'Lo colocamos en una variable de trabajo
```

```
  xPuertoTemp = xPuerto
  'Revisamos las diferencias desde el
  'patita 1 hasta la patita 6
  for xi = 1 to 6
    'Detectamos solamente el cambio de 0 a 1
    'Si el puerto antes era 0
    if PuertoAnterior.0 = 0 then
       'Y ahora es 1
       if xPuertoTemp.0 = 1 then
          'Detectamos las botellas en el sensor 5
          if xi >= 5 then
            'Entonces contamos un paso
            SensorContador[xi] = SensorContador[xi] + 1
            'Si la banda va en la dirección
            'de la botella
            if BandaDireccion = BotellaDireccion then
               'Si no es la misma botella
               if SensorContador[1] > BotellaAnterior
               then
                  'Agregamos una nueva Botella
                  'para procesar
                  BotellasPorProcesar =
                              BotellasPorProcesar + 1
                  'Calculamos la posición donde se debe
                  'detener la banda
                  Botella[BotellasPorProcesar] =
                      SensorContador[1]  + BotellaCámara
                  'Establecemos el inicio de la
                  'nueva botella
                  BotellaAnterior =
                       SensorContador[1] + BotellaMargen
               end if
            end if
          else
            'Entonces contamos un paso
            SensorContador[xi] = SensorContador[xi] + 1
          end if
       end if
    end if
    'Nos preparamos para procesar el siguiente sensor
    xPuertoTemp = xPuertoTemp >> 1
    PuertoAnterior = PuertoAnterior >> 1
  next xi
  'Finalmente guardamos el estado actual del puerto
  PuertoAnterior = xPuerto
end sub
```

Lo más destacable de este procedimiento es su tamaño que aunque realiza muchas operaciones no es significativo gracias a la velocidad de 96MHz de operación del microcontrolador y al ahorro que se presenta en esta familia de dispositivos con cálculos que solamente necesitan 1 ciclo de máquina para finalizar.

Dado que este programa solamente genera el conteo de los pulsos, otro segmento de programa principal realiza la captura y generación de los eventos que se desean disparar.

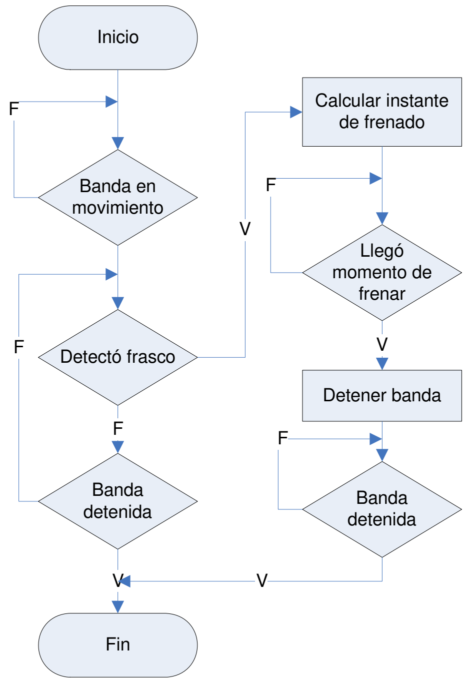


Imagen 3.19 Flujo de detección de frasco

A continuación se muestra el código que detecta la presencia del frasco en el sensor 5, que incrementó la variable global BotellasPorProcesar que inicia el evento y detiene la banda para su posterior procesamiento.

```
'Si el lazo de control de posición está activado
if BandaControl_Posicion = 1 then
   'Calculamos el error de posición
   fPError = fPref - fPos
   'Calculamos el PWM que debemos aplicar
   'a los motores
   if fPError > 1000 then
      'Si el error> 1000 entonces vamos a
      'la velocidad seleccionada
      PWMAux = fPWMref
   else
      'Si el error< 1000 entonces
      'aplicamos un control PI
      'Calculamos el tiempo entre conteo
      'con preescaler 256
      fTMuestreoP = TMR5 * 0.00068267  '
      'Enceramos el temporizador
      TMR5 = 0
      'Calculamos el PWM correspondiente a cada error
      fPWM = VelocidadMinima + (fKpP * fPError)
             + ( fKiP * ( fPError * fTMuestreoP ) )
      PWMAux = fPWM
   end if
   'Enviamos la velocidad a los motores
   if PWM <> PWMAux then
      PWM = PWMAux
      MotorVelocidad(PWM)
   end if
   'Cuando el error sea cero apagamos los motores
   if fPError <= 0 then
      'Desactivamos el lazo de control de posición
      BandaControl_Posicion = 0
      'Apagamos los motores
      MotorDetener()
      'Anotamos cuando dejamos de alimentar los motores
      AnalisisDesplazInicioFrenado =
                       SensorContador[SENSORPRINCIPAL]
      PanelLuzModo = 0  'Mensaje en Luz "Detenida"
      'Quitamos la Botella procesada de la cola
      if BotellasPorProcesar > 0 then
         'Movemos todas las botellas a la posición 0
         for i = 0 to BotellasPorProcesar - 1
             Botella[i] = Botella[i+1]
         next i
      end if
      'Finalmente eliminamos una Botella de la cola
      BotellasPorProcesar = BotellasPorProcesar - 1
   end if
end if
```

Este algoritmo permite ver el frasco en términos del codificador de posición (este sensor está colocado en el eje del motor que mueve la banda donde se realiza la detección) de forma que la botella se encuentra en un conteo determinado por el movimiento de la banda. Este cálculo fue realizado en el momento que fue detectado por medio de la siguiente operación:

```
if SensorContador[1] > BotellaAnterior then
  'Agregamos una nueva Botella para procesar
  BotellasPorProcesar = BotellasPorProcesar + 1
  'Calculamos la posición donde se debe
  'detener la banda
  Botella[BotellasPorProcesar] =
               SensorContador[1]  + BotellaCámara
  'Establecemos el inicio de la nueva botella
  BotellaAnterior = SensorContador[1] + BotellaMargen
end if
```

Aquí se puede notar que la posición donde se va a detener la botella está dada por la suma de la posición actual de la banda más la distancia BotellaCámara que es una constante según la aplicación.


Fuente: Hoja de datos del fabricante

Imagen 3.20 Codificador de posición

3.2.6 Panel de operador

El panel de operador permite utilizar la banda sin la ayuda del computador permitiendo seleccionar velocidad, dirección de giro, arranque y parada de emergencia.

El programa principal verifica primero si la banda debe estar detenida, tomando en cuenta que cuando no se encuentra en movimiento puede ser controlada por LabVIEW. Entonces si la cinta se encuentra detenida y no está controlada por LabVIEW se debe detener y pasar el control a LabVIEW.

```
'Cuando no está seleccionado ni izquierda ni derecha
if BIZQ = 1 then
  if BDER = 1 then
    'Verificamos si todavía no está en modo LabVIEW
    if PanelModo = "P" then
      'Si no está verificamos si la banda está detenida
      if BandaDireccion <> "S" then
        'Si no estaba detenida la detenemos
        LED = 0
        MotorDetener()
        BandaDireccion = "S"
        delay_ms(200)
      end if
      'Y nos colocamos el modo LabVIEW
      PanelModo = "L"
    end if
  end if
end if
```

Imagen 3.21. Panel de Control

Luego se verifica si ha seleccionado izquierda, cuando esto sucede se quita el control a LabVIEW y el panel toma el mando del sistema. Sin embargo, LabVIEW todavía puede requerir información de la banda.

```
'Si está seleccionado el botón izquierda
if BIZQ = 0 then
  'Verificamos si no estamos en modo panel
 if PanelModo = "L" then
    'Si no estamos cambiamos a modo Panel
    PanelModo = "P"
    'Verificamos si la banda está hacia la izquierda
    if BandaDireccion <> "L" then
      'Si la banda no está hacia la izquierda
      'entonces la movemos hacia la izquierda
      LED = 1
      PanelVelocidad = Adc_Read(BVEL) * 10
      MotorVelocidad(PanelVelocidad)
      MotorSIzquierda()
      BandaDireccion = "L"
      delay_ms(200)
    end if
  end if
end if
```

Y se hace lo mismo cuando ha seleccionado derecha.

```
'Si está seleccionado el botón derecha
if BDER = 0 then
  'Verificamos si no estamos en modo panel
  if PanelModo = "L" then
    'Si no estamos cambiamos a modo Panel
    PanelModo = "P"
    'Verificamos si la banda está hacia la derecha
    if BandaDireccion <> "R" then
      'Si la banda no está hacia la derecha
      'entonces la movemos hacia la derecha
      LED = 1
      PanelVelocidad = Adc_Read(BVEL) * 10
      MotorVelocidad(PanelVelocidad)
      MotorSDerecha()
      BandaDireccion = "R"
      delay_ms(200)
    end if
  end if
```

```
end if
```

El evento producido por el botón emergencia está controlado por una interrupción que permite bloquear cualquier acción que se encuentre en proceso cambiando la banda a modo emergencia.

```
sub procedure Int0Int org $14
  'es necesario limpiar manualmente la
  'bandera de interrupción
  IFS0.0 = 0
    'Cambiamos el modo del panel a Emergencia
    PanelModo = "E"
    'Cuando se presiona el botón de parada
    'ejecutamos una parada brusca
    MotorHDetener()
    MotorDetener()
end sub
```

La única forma de salir del modo emergencia es colocando parada en el selector de dirección y presionando el botón de arranque.

```
sub procedure Int2Int org $42
  'es necesario limpiar manualmente la
  'bandera de interrupción
  IFS1.7 = 0
    'Si no está presionados los botones
    'izquierda y derecha
    if BIZQ = 1 then
      if BDER = 1 then
        'Cambiamos el modo del panel a normal
        PanelModo = "L"
      end if
    end if
end sub
```

El selector de velocidad está controlado por el siguiente código que se encuentra en el programa principal y se verifica a intervalos regulares.

```
'Si estamos en modo panel verificamos la velocidad
if PanelModo = "P" then
  'Capturamos la velocidad del panel
  PanelVelocidad = 1500 + ( Adc_Read(BVEL) * 4 )
  'Si la velocidad del Panel ha cambiado
  if PanelVelocidadAnterior <> PanelVelocidad then
    if PanelVelocidadAnterior > PanelVelocidad then
       if PanelVelocidadAnterior - PanelVelocidad > 100
       then
          MotorVelocidad(PanelVelocidad)
          PanelVelocidadAnterior = PanelVelocidad
       end if
    else
       if PanelVelocidad - PanelVelocidadAnterior > 100
       then
          MotorVelocidad(PanelVelocidad)
          PanelVelocidadAnterior = PanelVelocidad
       end if
    end if
  end if
end if
```

La luz del panel se utiliza para mostrar el estado de la banda en cualquier momento.

- Cuando la luz se encuentra apagada, la banda no está realizando ninguna acción.

- Cuando la luz está encendida de forma permanente, la banda está en movimiento y siendo controlada por el panel.

- Cuando la luz parpadea de forma lenta, la banda está en movimiento y siendo controlada por LabVIEW.
- Cuando la luz parpadea rápidamente, la banda fue detenida por una parada de emergencia. La emergencia pudo haber sido activada pulsando el botón de emergencia o por la detección de un movimiento no acorde con el funcionamiento normal alertado por los sensores.

3.2.7 Comunicación

La comunicación permite a los demás componentes intercambiar información con una computadora cediendo el control a un software especializado que realice otras tareas.

Esta operación utiliza el protocolo serial asincrónico embebido en el dsPIC30F4011 y utiliza el MAX232 para convertir los niveles de voltaje del microcontrolador al estándar RS232.

El dsPIC tiene 2 puertos seriales incluidos en su hardware, en la tarjeta se utiliza el puerto U2 como se muestra en la siguiente imagen.

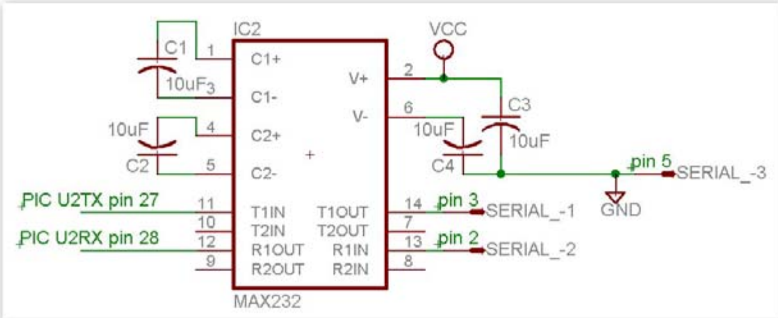


Imagen 3.22. MAX232 y conexiones

3.2.8 Reprogramación

La reprogramación es un componente que no se utiliza durante la operación normal del sistema, pero tiene un papel muy importante durante la corrección de parámetros de funcionamiento y depuración de código.

Para este componente se utiliza la característica de los microcontroladores de Microchip que permite programarlos serialmente por medio de la interfaz de programación ICSP y el dispositivo programador Microchip PICkit™ 2 como herramienta de desarrollo de bajo costo.

Imagen 3.23. Microchip PICkit 2

El PICkit 2 requiere la siguiente conexión con el dsPIC para programación en circuito.

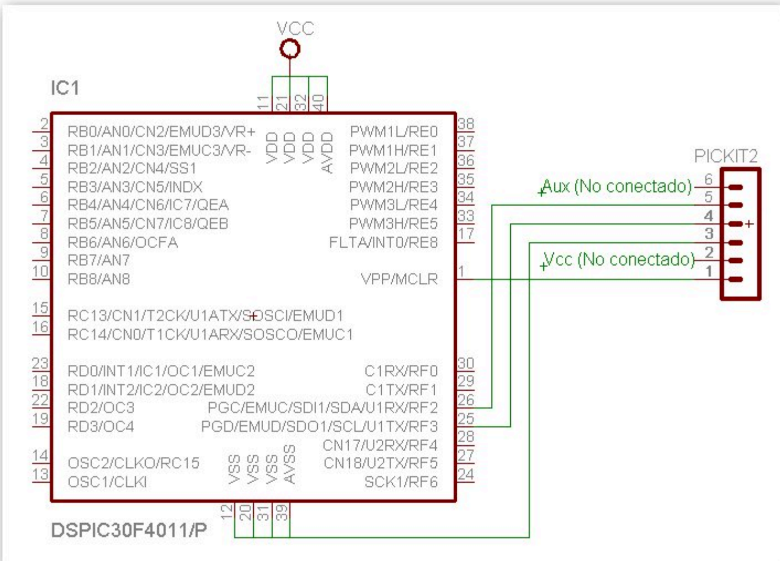


Imagen 3.24. Interfaz PICkit 2 con dsPIC30F4011

Este dispositivo contiene su propio software de programación y depuración que está completamente descrito en su hoja de datos y puede ser descargado de forma gratuita de la página de internet de Microchip.

3.3 Operación del conjunto banda transportadora y circuito de interfaz

La operación de la banda transportadora puede comenzar en el panel de control o en el programa LabVIEW ingresando el comando que inicia el movimiento.

Cuando el circuito de interfaz recibe el comando para mover la cinta, genera una señal modulada por ancho de pulso que ingresa a las tarjetas de potencia haciendo que energicen los motores con un voltaje proporcional al ciclo de trabajo.

Los motores transfieren el movimiento de su eje por medio de los acopladores a los rodillos de tracción de la banda y empieza el desplazamiento de los frascos.

Cuando la banda empieza a moverse, los sensores entregan la información del desplazamiento ocurrido en cada segmento, esta información se utiliza para verificar el funcionamiento de cada uno de ellos.

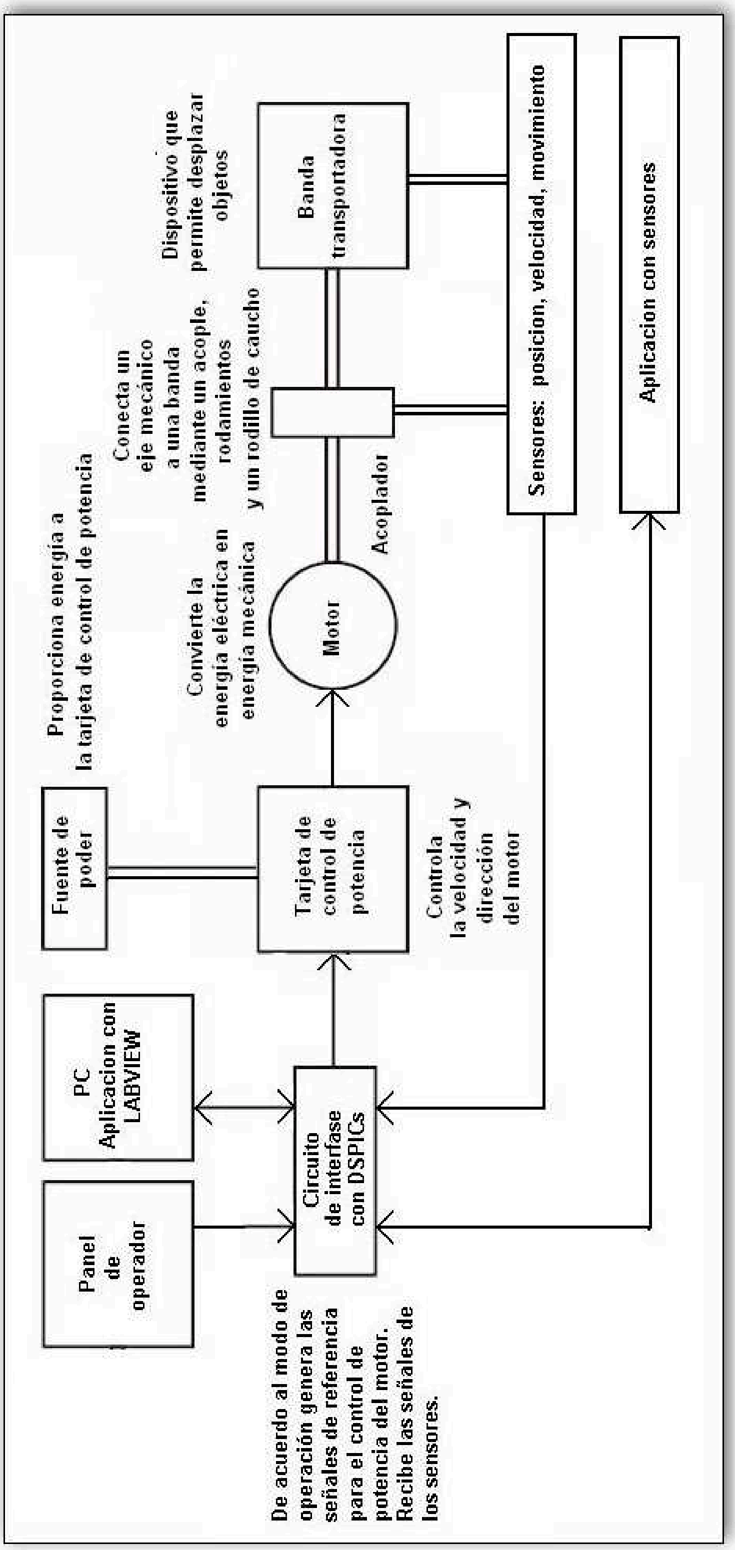


Imagen 3.25 Diagrama de funcionamiento

Cuando un frasco pasa delante del sensor encargado de detectarla, la tarjeta de control verifica su posición actual con respecto al desplazamiento reportado por los sensores y calcula el punto donde debe iniciar el frenado para detener la banda y que la botella se detenga frente a la cámara.

El proceso termina en el momento que la tarjeta de control quita la energía de los motores y los sensores reportan que la banda se encuentra detenida. En este punto, el sistema se encuentra preparado para iniciar un nuevo ciclo.

3.4 Armonización de su funcionamiento con los brazos empuja frascos

Cuando la operación de la banda transportadora está siendo manejada desde LabVIEW existe la opción de controlar los brazos empuja frascos para detener las botellas y para descartarlas en caso que no cumpla los requerimiento exigidos por el programa.

Para esto se debe iniciar el proceso moviendo la banda, luego se debe posicionar el empuja frasco en modo detener botella. A continuación la banda inicia su desplazamiento y se detendrá cuando los sensores detecten una botella.

La distancia desde el sensor hasta la cámara debe ser calibrada para que el frasco se detenga junto al brazo empuja frasco pudiendo estar configurado unos centímetros después considerando que el brazo detendrá la botella durante ese intervalo.

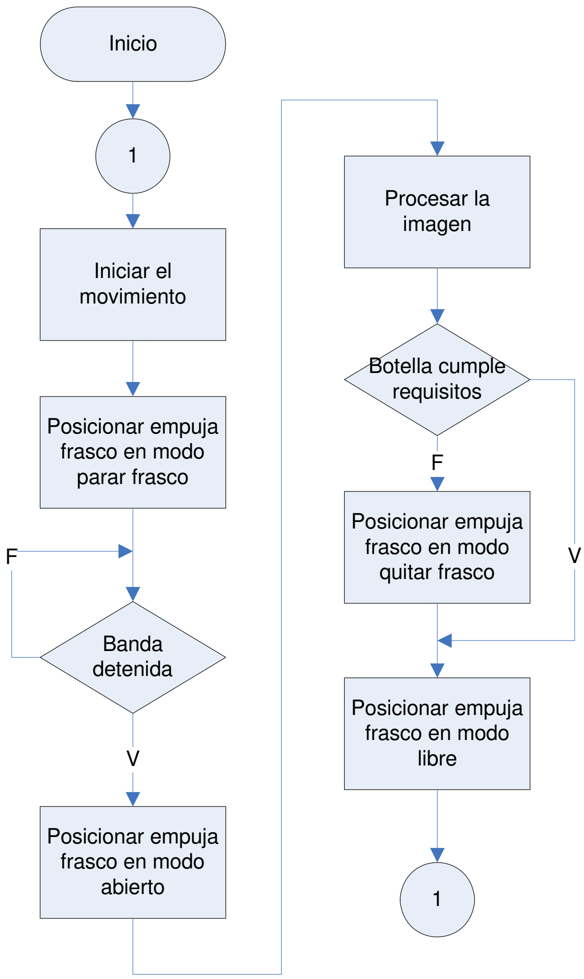


Imagen 3.26 Flujo de utilización de brazo empuja frasco

Luego, se procede a levantar el brazo para tomar las fotos requeridas a la botella y procesar la imagen para detectar irregularidades.

Se permite el paso libre si la botella cumple las exigencias.

Si no cumple los requisitos, se activa el empuja frascos para que descarte la botella y la saque de la línea de producción.

Finalmente, se inicia el proceso para detener un nuevo frasco.

3.5 Interfaz de conexión

La tarjeta controladora tiene interfaz con cinco módulos diferentes por ello es importante saber exactamente como debe conectarse.

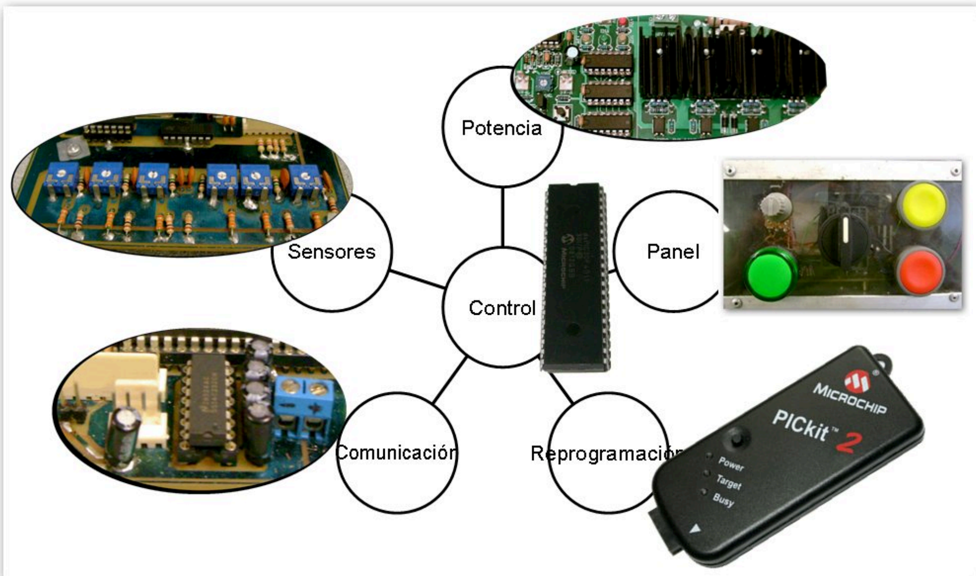


Imagen 3.27 Diagrama de conexiones

Para simplificar la conexión y eliminar posibles errores se utilizaron conectores especiales que permiten una sola forma de ser conectados.

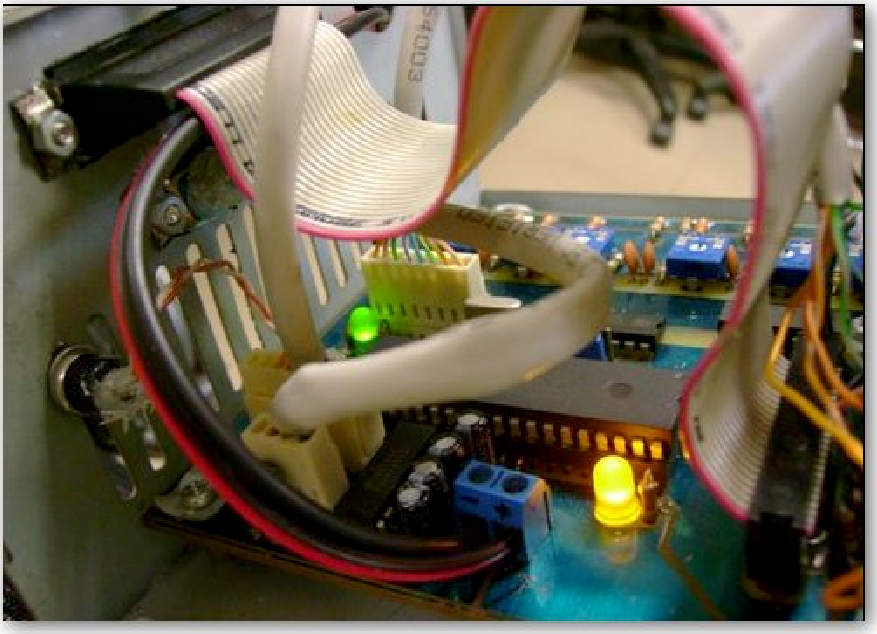


Imagen 3.28 Conexiones del panel de control

Las tarjetas de potencia y los sensores comparten un conector de 26 patillas que se muestra en la siguiente figura.

Imagen 3.29 Conector para tarjetas de potencia y sensores

Este conector se encuentra en la parte posterior del panel de control por medio de un cable paralelo de 26 hilos que llega hasta un grupo de borneras que distribuyen todas las señales a sus destinos.

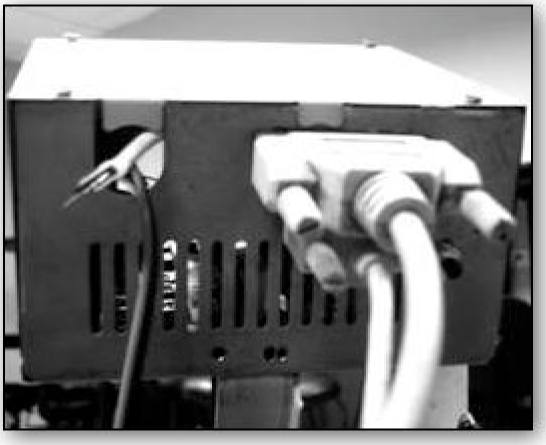


Imagen 3.30 Vista posterior del panel de control

El panel de control tiene un conector de 8 patillas que no permite enredar la conexión de las perillas a la tarjeta controladora.

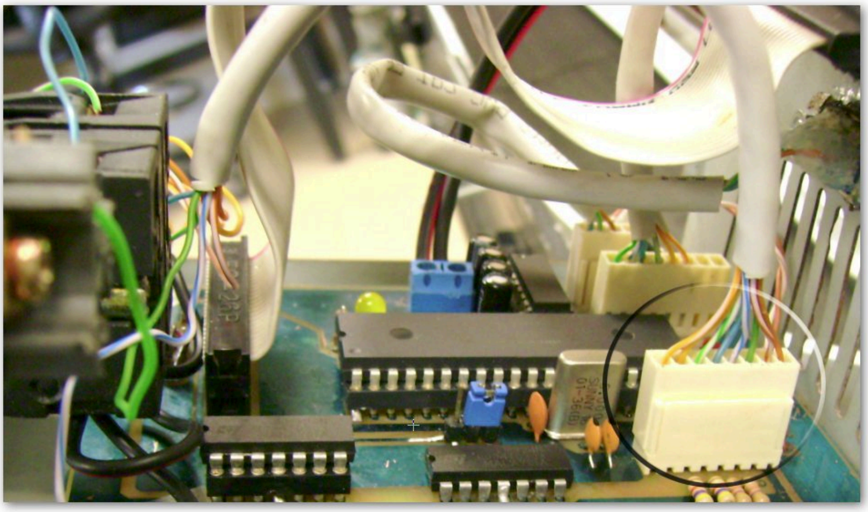


Imagen 3.31 Conector de los controles del panel

El puerto serial y el Microchip Pickit 2 se encuentra uno junto al otro sin posibilidades de confusión porque el puerto serial tiene solo 3 patillas y el Pickit 2 utiliza 5 patillas.

3.6 Análisis de costos

3.6.1 Costos de materiales

Los costos de construcción de la banda transportadora son los siguientes:

Estructura mecánica	$	225.47
Componentes de control	$	440.00
Tarjeta controladora con dsPIC	$	170.45
Equipo donado por la ESPOL	$	0.00
Total	$	835.92

Cabe destacar que el equipo donado permitió ahorrar $200.00 en piezas metálicas y estructuras.

En el anexo D se adjunta una descripción detallada de cada rubro.

3.6.2 Horas hombre ingeniería

Diseño mecánico	24 horas

Diseño de la tarjeta controladora	60 horas
Programación de la tarjeta controladora	30 horas
Programación del instrumento virtual	60 horas
Total	174 horas

CAPITULO 4

4. INTEGRACIÓN CON LA PLATAFORMA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS CON DSPICS Y VISIÓN ROBÓTICA CON LABVIEW 8

El propósito de este capítulo es enlazar el trabajo realizado en el capítulo 3 de construcción de la banda y el circuito de interfaz realizado con dsPICs con LabVIEW 8 y sus extensas capacidades de programación, lógica, análisis y visión robótica.

4.1 Características técnicas

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico creado y desarrollado a lo largo de 20 años que permite a ingenieros y científicos realizar interfaces de medición y control de equipo rápidamente sin necesidad de tener amplios conocimientos de programación.

La versión 8 que se utilizó tiene algunas innovaciones que mejoran su interfaz y utiliza los nuevos procesadores con múltiples núcleos.

Entre sus características técnicas se puede apreciar las siguientes:

- Programación gráfica.
- Herramientas de desarrollo de alto nivel.
- Incluye funciones de medición y análisis.
- Existen versiones para los sistemas operativos Windows, MacOS y Linux.
- Soporta dispositivos embebidos.
- Conexión de internet.
- Gran cantidad de accesorios y herramientas de terceros.

4.2 Consideraciones de diseño y limitaciones

Para la integración de la banda transportadora con LabVIEW se creó la tarjeta de interfaz que por medio del puerto serial y un instrumento virtual permite controlar todas sus funciones.

Para este diseño se consideró la creación de un proyecto modular que permita utilizar sus componentes de forma separada y dependiendo de las necesidades.

Entre las limitaciones se distingue el hecho que necesita de un puerto serial en la computadora donde será conectada la tarjeta. Esto se considera una limitación debido a que las nuevas computadoras no incluyen puertos seriales, sin embargo este problema es fácilmente solucionable por medio de un adaptador USB serial como se muestra en la figura.

Fuente: Página de internet del fabricante

Imagen 4.1. Adaptador USB Serial

4.3 Componentes del instrumento virtual

El instrumento virtual está dividido en 6 diferentes tipos dependiendo de su funcionalidad dentro del sistema.

- Inicialización, permite iniciar la comunicación.

- Configuración, permiten configurar parámetros de operación.
- Acciones, envían comandos para que la banda realice ciertas operaciones.
- Datos, recogen información de la banda.
- Utilidades, tienen funcionalidades diversas utilizadas por otros módulos.
- Cierre, cierra la comunicación con la banda transportadora.

4.4 Implementación paso a paso

A continuación se describe cada uno de los componentes que conforman el instrumento virtual.

4.4.1 Configuración

Este componente pertenece al grupo de inicialización y es el encargado de establecer la comunicación con la tarjeta controladora de la banda y puede identificar el número de versión del programa de la tarjeta y/o reiniciarla.

Permite colocar a la tarjeta de la banda en su configuración original para que pueda ser utilizada por las otras operaciones de este instrumento.

Debe invocar este proceso antes de llamar a cualquier otro componente del manejador de este instrumento.

Generalmente, solo necesita ser ejecutado una sola vez al inicio de la aplicación.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.2. Componente Configuración

4.4.2 Velocidad

Este componente pertenece al grupo de configuración y establece la velocidad de los motores de la banda. Recibe como parámetros el motor que se desea modificar y la velocidad que se desea establecer.

La velocidad se especifica en términos del ciclo de trabajo de la modulación de ancho de pulso y puede tener un valor entre 0 para un ciclo de trabajo del 0% y 9599 para el 100%.

En las pruebas realizadas y descritas en el capítulo 5.1.1 se encontró que la velocidad es lineal entre los valores 1000 y 4000 que representan ciclos de trabajo del 10.4% y 41.7% con velocidades de 0mm/s y 180mm/s respectivamente.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

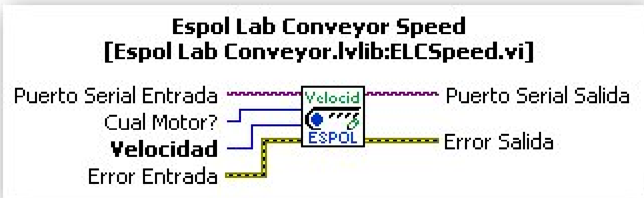


Imagen 4.3. Componente Velocidad

4.4.3 Aceleración

Este componente pertenece al grupo de configuración y permite especificar la velocidad con la que se realizará el cambio del ciclo de trabajo de los motores. Recibe como parámetro un número entre 0 y 500, sin embargo se utiliza normalmente un valor entre 350 y 500.

El valor por omisión es 430.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.4. Componente Aceleración

4.4.4 Modo de reporte

Este componente pertenece al grupo de configuración y permite iniciar o detener el sistema de reporte automático.

Una vez activado el reporte automático debe colocar el componente Reporte (ver capítulo 4.4.11) dentro del lazo principal de la aplicación para que reciba la actualización de la tarjeta controladora sobre el estado del detector de frascos y el desplazamiento de la banda.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.5. Componente Modo Reporte

4.4.5 Distancia Sensor - Cámara

Este componente pertenece al grupo de configuración y permite establecer la distancia desde el sensor que detecta el frasco hasta la posición frente a la cámara para que la tarjeta controladora pueda detener la banda.

Esta distancia está expresada en pulsos del codificador de pasos instalado en el motor principal y su paso tiene una longitud de aproximadamente 0.2mm.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

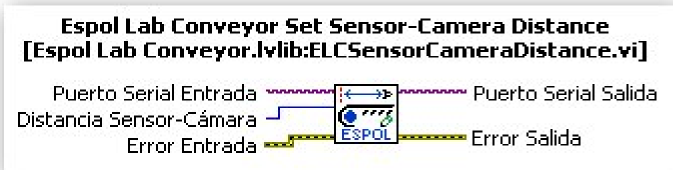


Imagen 4.6. Componente Distancia Sensor - Cámara

4.4.6 Modo de análisis

Este componente pertenece al grupo de configuración y se encarga de iniciar o detener el modo de análisis permitiendo obtener curvas características y analizar su funcionamiento.

Modos disponibles:

- Desactivar análisis, funcionamiento normal de la tarjeta.

- Velocidad contra ciclo de trabajo, este modo obliga a la tarjeta a reportar la velocidad y el ciclo de trabajo cada 200ms.

- Velocidad contra tiempo, este modo obliga a la tarjeta a reportar la velocidad cada 200ms.

- Espacio contra tiempo, este modo obliga a la tarjeta a reportar la distancia recorrida cada 200ms.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.7. Componente Modo de análisis

4.4.7 Izquierda

Este componente pertenece al grupo de acciones y es el encargado de enviar el comando que hace girar los motores hacia la izquierda.

Tiene 3 tipos de movimientos:

- Movimiento Normal (valor por omisión): Hace girar la banda hacia la izquierda simplemente aplicando energía a los devanados de los motores.

- Movimiento Suave: Hace girar la banda hacia la izquierda incrementando paulatinamente el ciclo de trabajo de los motores y por consiguiente la velocidad.

- Movimiento Fuerte: Hace girar la banda hacia la izquierda preestableciendo la máxima velocidad seleccionada para que la banda arranque inmediatamente.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.8. Componente Izquierda

4.4.8 Derecha

Este componente pertenece al grupo de acciones y es el encargado de enviar el comando que hace girar los motores hacia la derecha.

Tiene 3 tipos de movimientos:

- Movimiento Normal (valor por omisión): Hace girar la banda hacia la derecha simplemente aplicando energía a los devanados de los motores.

- Movimiento Suave: Hace girar la banda hacia la derecha incrementando paulatinamente el ciclo de trabajo de los motores y por consiguiente la velocidad.

- Movimiento Fuerte: Hace girar la banda hacia la derecha preestableciendo la máxima velocidad seleccionada para que la banda arranque inmediatamente.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

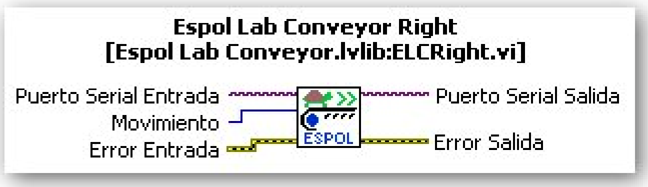


Imagen 4.9. Componente Derecha

4.4.9 Detener

Este componente pertenece al grupo de acciones y es el encargado de enviar el comando que hace detener los motores de la banda.

Tiene 3 tipos de movimientos:

- Movimiento Normal (valor por omisión): Detiene la banda simplemente quitando la energía de los devanados.
- Movimiento Suave: Detiene la banda bajando paulatinamente el ciclo de trabajo de los motores y por consiguiente la velocidad.
- Movimiento Fuerte: Detiene la banda conectando los devanados a tierra ocasionando una parada rápida.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

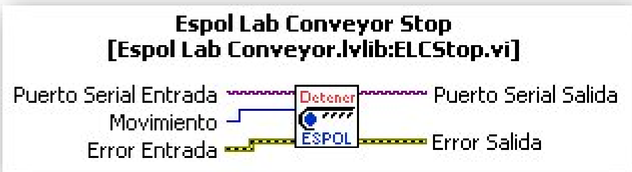


Imagen 4.10. Componente Detener

4.4.10 Velocidad Límite

Este componente pertenece al grupo de datos y permite obtener el valor del límite máximo para especificar el ciclo de trabajo de los motores de la banda.

Este valor puede cambiar dependiendo de la velocidad del cristal de la tarjeta controladora. Por ello es conveniente que sea establecido por medio de este componente, sin embargo el valor permanecerá constante si el cristal no ha sido cambiado o se reemplaza por el mismo valor.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

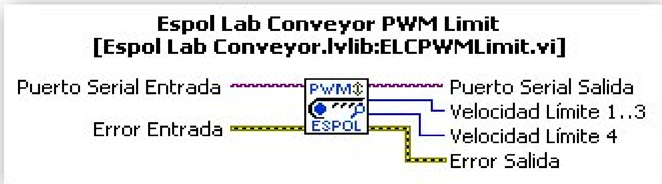


Imagen 4.11. Componente Velocidad Límite

4.4.11 Reporte

Este componente pertenece al grupo de datos y permite obtener la información proveniente de los sensores conectados a la tarjeta controladora de la banda.

Tiene 2 modos:

- Reporte Manual, en este modo LabVIEW envía un comando para obtener los datos sobre la banda en un instante determinado.

- Reporte Automático, para este modo se necesita encender el Reporte Automático desde el componente Modo Reporte (ver 4.4.4).

Recuerde apagar el Reporte Automático antes de finalizar la aplicación.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

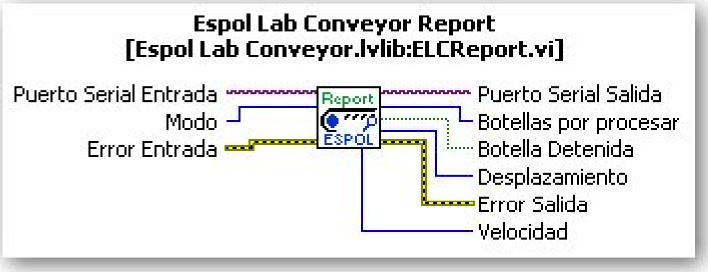


Imagen 4.12. Componente Reporte

4.4.12 Reporte de frenado

Este componente pertenece al grupo de datos y permite obtener un reporte detallado del último proceso de detección de frasco.

Este reporte incluye la siguiente información:

- Posición donde se detectó el frasco
- Posición donde debe iniciar el frenado
- Posición donde realmente inicio el frenado
- Posición donde debió detenerse
- Posición donde terminó de frenar

- Velocidad cuando se calculó el frenado
- Corrección de frenado utilizada
- Nueva corrección almacenada
- Error de frenado
- Porcentaje de error de frenado

Este componente permite además grabar en disco la información antes mencionada.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.13. Componente Reporte de frenado

4.4.13 Tabla de frenado

Este componente pertenece al grupo de datos y permite obtener y grabar en disco la tabla de frenado que se encuentra actualmente almacenada en la tarjeta controladora de la banda.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.14. Componente Tabla de frenado

4.4.14 Reiniciar

Este componente pertenece al grupo de utilidades y permite reiniciar la tarjeta controladora con los valores por omisión. Los valores por omisión se encuentran en la siguiente función:

```
sub procedure InicializarVariables()
dim xValor as float
  'Variables de Estado
  BandaEstado = 0
  BandaEstadoAux = 0
  BandaEstado_Panel_LabVIEW = 1
  'Variables para operaciones lentas
  OperacionContador = 0
  OperacionSeleccionada = 125
  'Variables para cambiar la velocidad del motor
  VelocidadContador = 0
  VelocidadSeleccionada = 70
  for i = 1 to 4
      'Variables para los motores
      DutyMotor[i] = 0
      NewDutyMotor[i] = 0
      LastDutyMotor[i] = 0
  next i
  for i = 1 to 6
      'Variables para los sensores
      SensorVelocidadMotor[i] = 0
      SensorDesplazamientoAnterior[i] = 0
  next i
  'Enceramos el buffer de calculo de la media
  for i = 1 to 6
    SensorMediaBuffer[i] = 0
  next i
  'Enceramos la velocidad media
  SensorVelocidadMedia = 0
  'Variables para los sensores
  SensorVelocidadContador = 0
```

```
  SensorVelocidadReporte = 40000
  for i = 1 to 6
      SensorContador[i] = 0
  next i
  SensorPrueba = 0
  'Variables para las botellas
  for i = 0 to 6
      Botella[i] = 0
  next i
  BotellaMargen = 400 'Tamaño de Botella prefijado
  BotellaAnterior = 0 'última Botella encontrada
  BotellasPorProcesar = $FFFF
  BotellaCámara = 35 'Distancia Sensor -> Cámara
  BotellaDetener = 0 'Cuando se debe detener la banda
  BotellaDireccion = %10 'Indica la dirección que debe
                         'controlarse (por omisión:
                         'izquierda)
  SensorReportar = "0"
  PanelLuzModo = 0 'Almacena el modo en el que se
                         'encuentra la luz
  'Variables de análisis
  AnalisisModo = 0
  'Tabla de frenado
  for i = 0 to 199
    xValor = (3.1193 * i) + 605.53
    VelocidadVsDesplazamiento[i] = word(xValor)
  next i
end sub
```

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

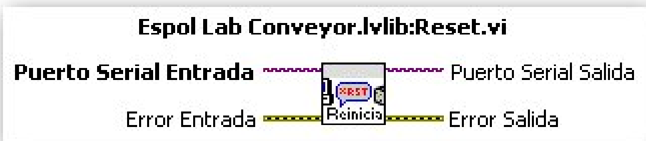


Imagen 4.15. Componente Reiniciar

4.4.15 Consulta de versión

Este componente pertenece al grupo de utilidades y permite consultar la versión del programa de la tarjeta y del instrumento virtual.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

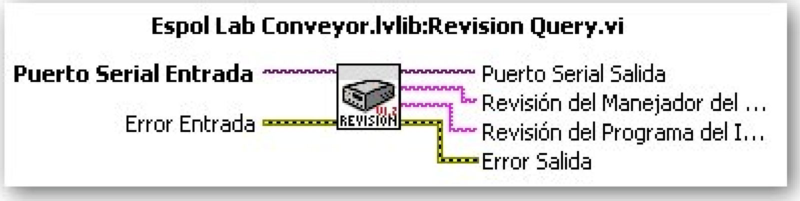


Imagen 4.16. Componente Consulta de versión

4.4.16 Limpiar puerto

Este componente pertenece al grupo de utilidades y obtiene todos los datos que haya en el puerto serial con el propósito de liberarlo para que otro componente lo utilice sin encontrar datos anteriores en él.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.17. Componente Limpiar puerto

4.4.17 Cerrar

Este componente pertenece al grupo de Cierre y es el encargado de cerrar la conexión con la tarjeta de la banda controladora.

De recordar usar esta función cada vez que finalice la operación de su programa para liberar el puerto serial.

Su ícono, entradas y salidas son las siguientes:

Imagen 4.18. Componente Cerrar

CAPITULO 5

5. DATOS EXPERIMENTALES

Una vez terminada la fase de implementación de la banda transportadora se realizó las siguientes pruebas para obtener curvas características de su comportamiento.

5.1 Pruebas realizadas

5.1.1 Velocidad contra ciclo de trabajo

Para obtener el comportamiento de la velocidad con respecto al ciclo de trabajo de los motores controlados por modulación de ancho de pulso se realizó un programa que captura la información necesaria por medio del siguiente procedimiento.

Para esta prueba se requiere configurar una aceleración lo suficientemente baja para que el ciclo de trabajo cambie lentamente y por consiguiente el motor logre alcanzar la velocidad máxima con respecto al voltaje establecido en cada medición.

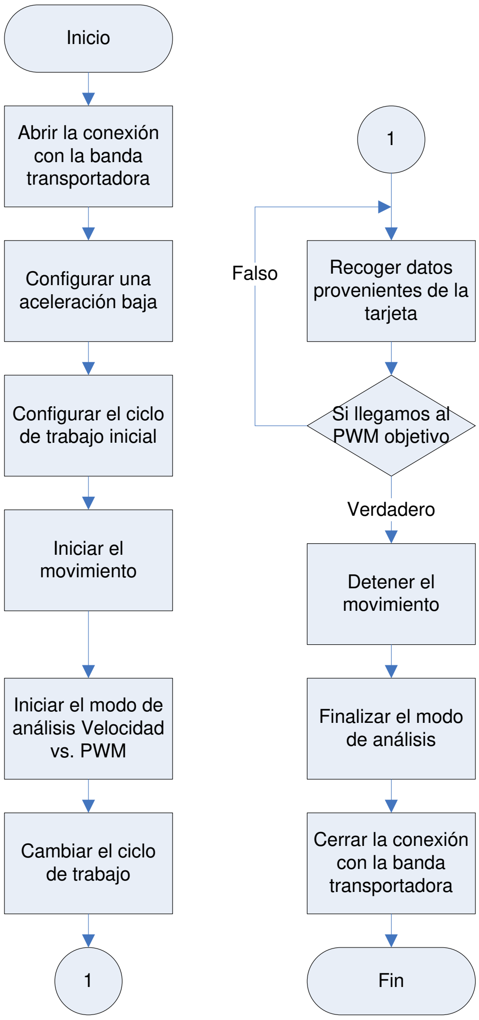


Imagen 5.1. Flujo de prueba 1

La tarjeta envía cada 200ms la velocidad y el ciclo de trabajo aplicado a los motores, por medio del código ubicado en el procedimiento que calcula la velocidad, el cual se muestra a continuación:

```
if ReporteVelocidadVsPWM = 1 then
  'Cada vez que calculo la velocidad la envío
  'por el puerto serial
  Uart2_Write_Char($FF)
  Uart2_Write_Char(Hi(DutyMotor[MOTORPRINCIPAL]))
  Uart2_Write_Char(Lo(DutyMotor[MOTORPRINCIPAL]))
  Uart2_Write_Char(Hi(SensorVelocidadMedia))
  Uart2_Write_Char(Lo(SensorVelocidadMedia))
end if
```

LabVIEW envía el comando necesario para iniciar el análisis por medio del componente modo de análisis (ver capítulo 4.4.6) configurado en velocidad contra ciclo de trabajo.

5.1.2 Velocidad contra el tiempo durante la aceleración

Para obtener la velocidad con respecto al tiempo durante la aceleración se realizó un programa que acelera los motores de la banda transportadora de forma incremental y recoge la información necesaria.

Esta prueba genera una curva para cada aceleración especificada y crea una serie de curvas que muestran el comportamiento de la banda transportadora a diferentes aceleraciones.

LabVIEW envía el comando necesario para iniciar el análisis por medio del componente modo de análisis (ver capítulo 4.4.6) configurado en velocidad contra tiempo.

La tarjeta devuelve la velocidad de la banda cada 200ms, por medio del código ubicado en el procedimiento que calcula la velocidad, el cual se muestra a continuación:

```
if ReporteVelocidadVsTiempo = 1 then
  'Cada vez que calculo la velocidad la envío por el
puerto serial
  Uart2_Write_Char($FF)
  Uart2_Write_Char(Hi(SensorVelocidadMedia))
  Uart2_Write_Char(Lo(SensorVelocidadMedia))
end if
```

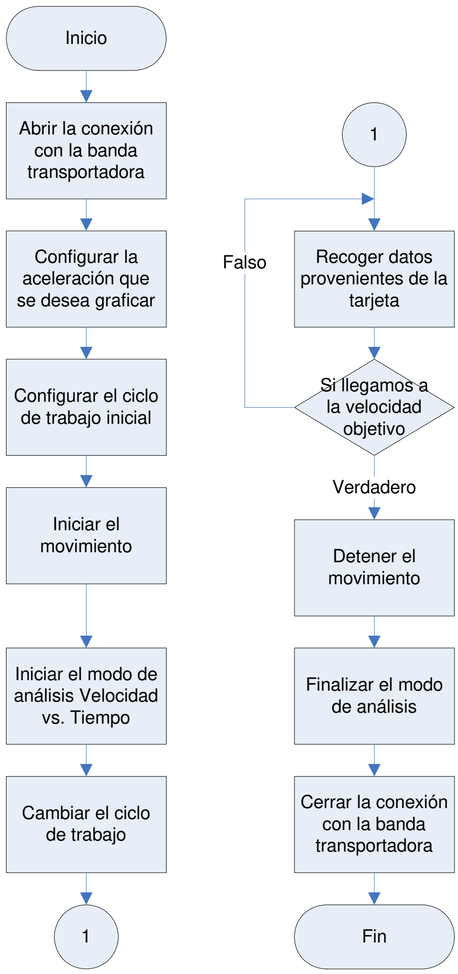


Imagen 5.2. Flujo de prueba 2

5.1.3 Velocidad contra el tiempo durante el frenado

Para obtener la velocidad con respecto al tiempo durante el frenado se realizó un programa que acelera la banda al máximo para luego iniciar el proceso de frenar y recoger la información necesaria.

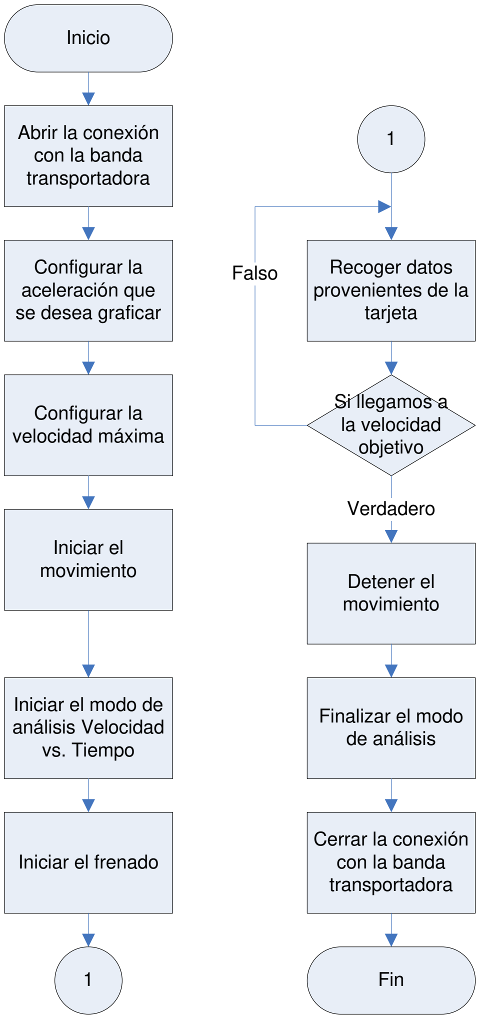


Imagen 5.3. Flujo de prueba 3

Esta prueba genera una curva para cada aceleración especificada y crea una serie de curvas que muestran el comportamiento de la banda transportadora a diferentes niveles de frenado.

Para esta prueba, LabVIEW utiliza la misma configuración que la prueba 2 para el componente modo de análisis (ver capítulo 4.4.6).

Y la tarjeta envía la velocidad de la banda exactamente igual que la prueba 2 (ver capítulo 5.1.2).

5.1.4 Espacio contra tiempo durante el frenado

Para obtener la distancia recorrida por la banda con respecto al tiempo durante el frenado se realizó un programa que acelera la banda al máximo, para luego iniciar el proceso de frenar y recoger la información necesaria.

Esta prueba genera curvas que resultarían la integral de las curvas obtenidas en la prueba 3 (ver capítulo 5.1.3). De esta forma se crea una nueva serie de curvas que muestra el comportamiento de la banda transportadora a diferentes niveles de frenado.

LabVIEW envía el comando necesario para iniciar el análisis por medio del componente modo de análisis (ver capítulo 4.4.6) configurado en espacio contra tiempo.

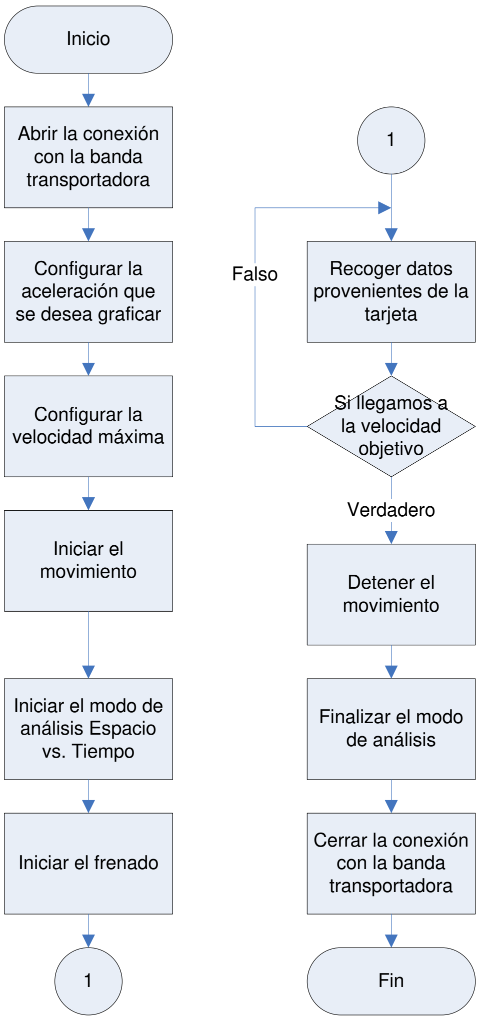


Imagen 5.4. Flujo de prueba 4

La tarjeta devuelve la distancia recorrida por la banda cada 200ms por medio del siguiente código, que se encuentra ubicado en el procedimiento que calcula la velocidad.

```
if ReporteEspacioVsTiempo = 1 then
  'Cada vez que calculo la velocidad la envío
  'por el puerto serial
  Uart2_Write_Char($FF)
  Uart2_Write_Char(Hi(SensorContador[SENSORPRINCIPAL]))
  Uart2_Write_Char(Lo(SensorContador[SENSORPRINCIPAL]))
  Uart2_Write_Char(Hi(SensorVelocidadMedia))
  Uart2_Write_Char(Lo(SensorVelocidadMedia))
end if
```

5.1.5 Muestreo de velocidades y distancias durante el frenado

Esta prueba obtiene un gráfico que muestra la relación que existe entre la velocidad y el desplazamiento durante el proceso de detección del frasco.

Para ello se realizó un programa que simula estar en un proceso de detección de frasco, inicia el gráfico durante el proceso de aceleración, muestra el punto donde el sensor detectó la botella, señala el lugar donde se inició el frenado y finalmente anota la distancia donde termina de frenar.

LabVIEW almacena el gráfico con una tabla que muestran todas las relaciones entre velocidad y distancia, y otra tabla que ilustra los puntos de interés devueltos por el componente reporte de frenado (ver capítulo 4.4.12).

Para esta prueba se utiliza el modo de análisis espacio contra tiempo utilizado para la prueba 3 (ver capítulo 5.1.3) y prueba

4 (ver capítulo 5.1.4) que también reporta la velocidad en cada punto.

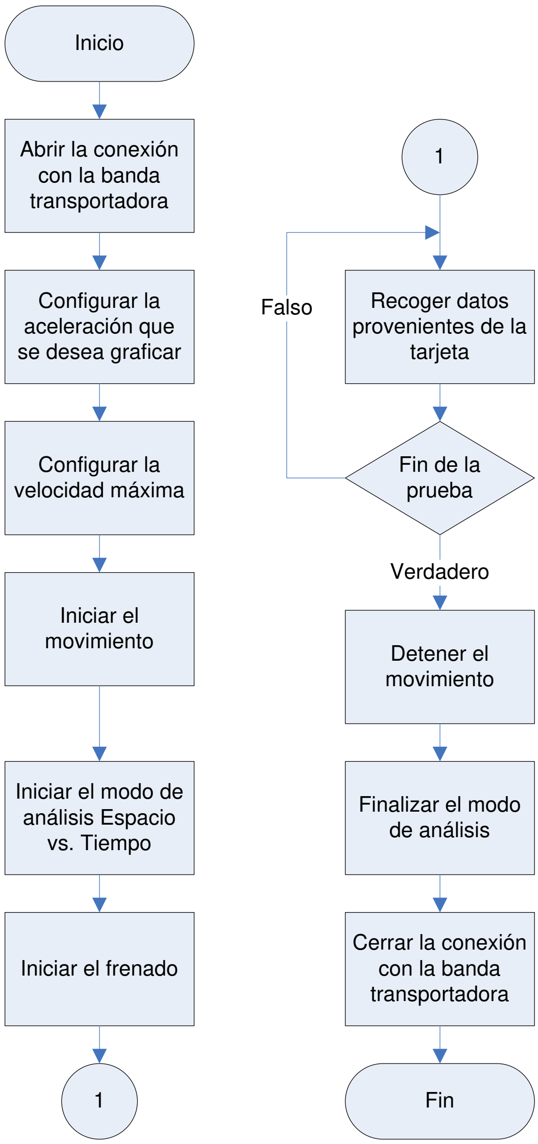


Imagen 5.5. Flujo de prueba 5

5.2 Datos obtenidos

Una vez realizadas las pruebas descritas en el capítulo anterior se obtuvieron los siguientes gráficos.

5.2.1 Velocidad contra ciclo de trabajo

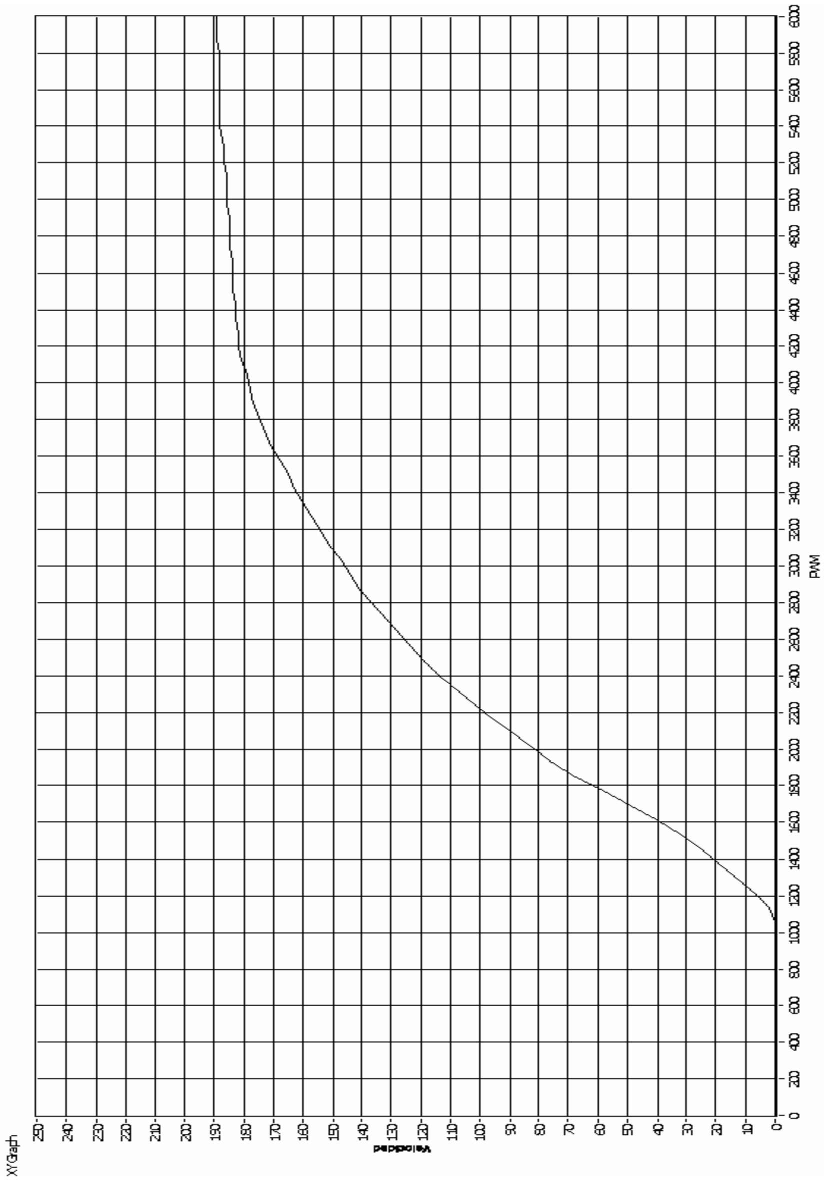


Imagen 5.6. Velocidad contra ciclo de trabajo

5.2.2 Velocidad contra el tiempo durante la aceleración

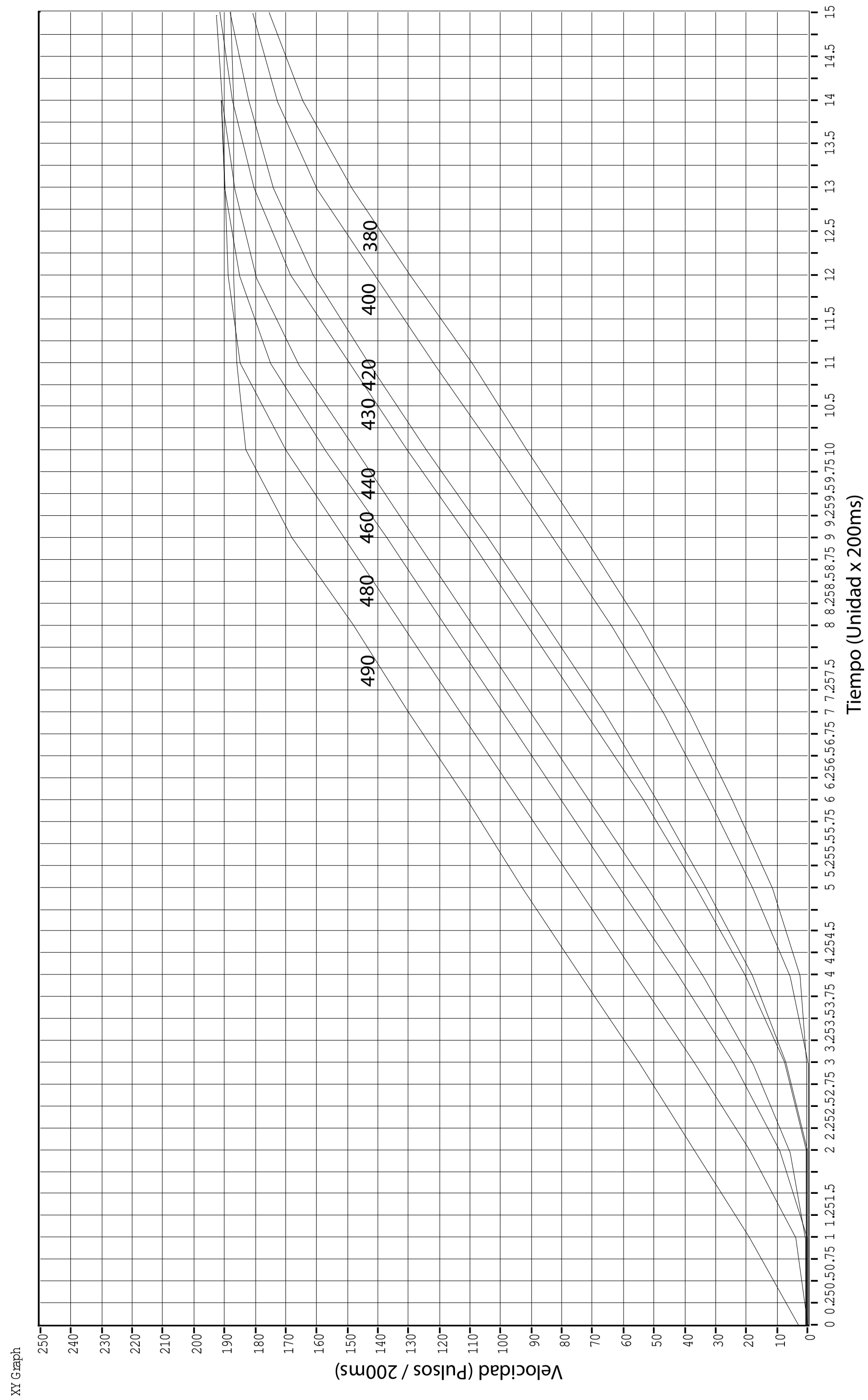


Imagen 5.7. Velocidad contra el tiempo durante la aceleración

5.2.3 Velocidad contra el tiempo durante el frenado

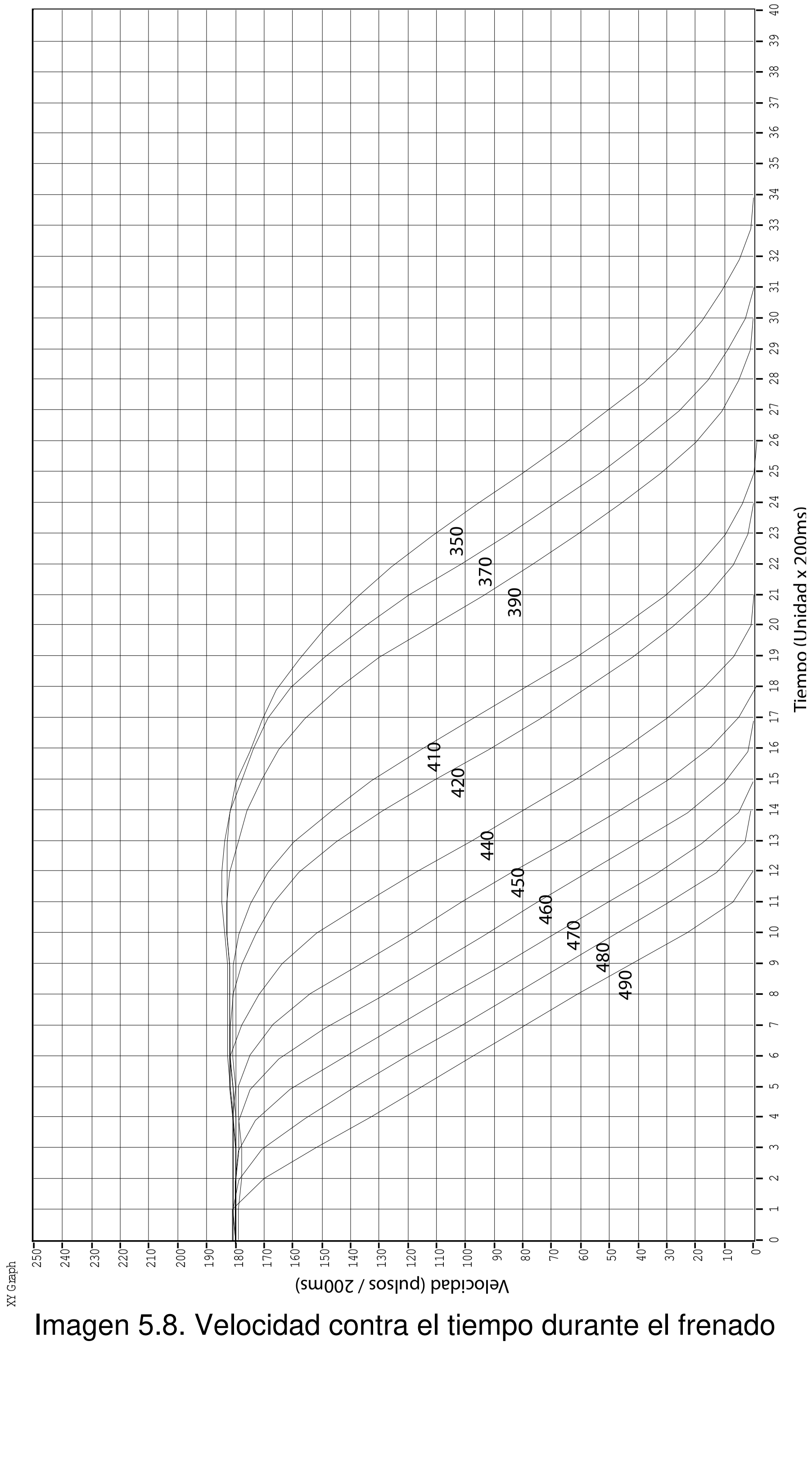


Imagen 5.8. Velocidad contra el tiempo durante el frenado

5.2.4 Espacio contra tiempo durante el frenado

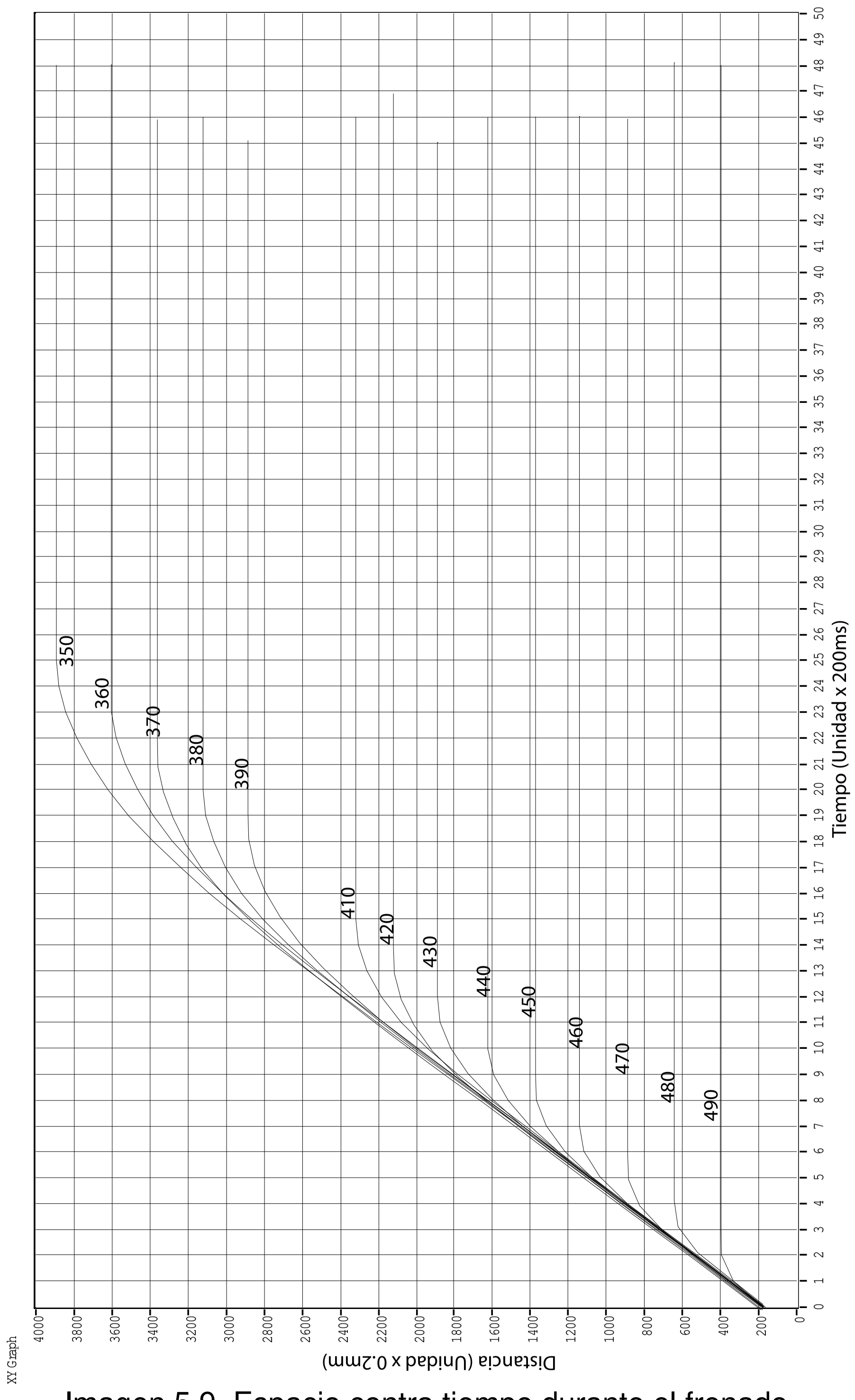


Imagen 5.9. Espacio contra tiempo durante el frenado

5.2.5 Muestreo de velocidades y distancias durante el frenado

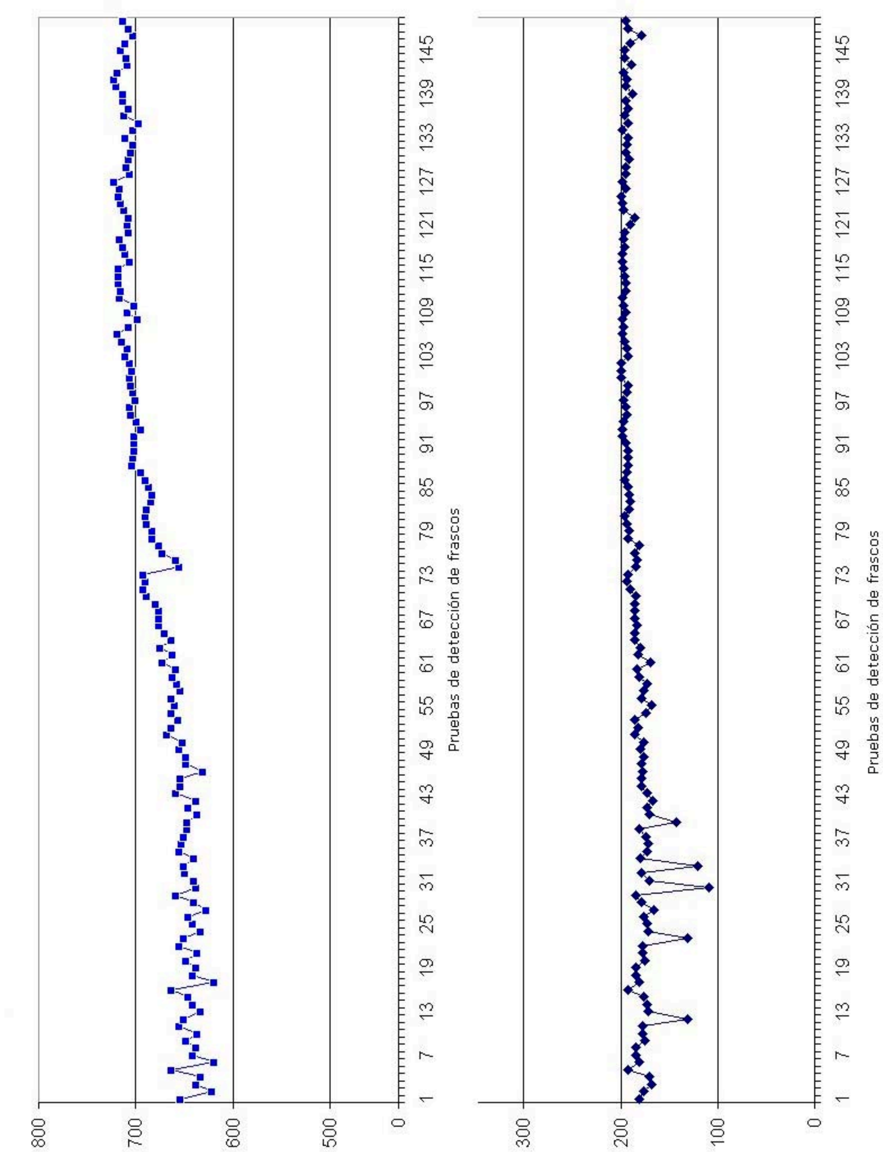


Imagen 5.10 Velocidades y distancias durante el frenado de múltiples pruebas

5.3 Análisis de resultados

5.3.1 Análisis de velocidad contra ciclo de trabajo

El proceso de esta prueba se explicó en el capítulo 5.1.1 y los resultados se muestran en la Imagen 5.6.

Este gráfico muestra la curva característica del motor al reaccionar a diferentes ciclos de trabajo y se observa una respuesta con tendencia lineal entre los valores referenciales 1000 que representa un ciclo de trabajo del 10.4% y 4000 que representa el 42%.

A valores superiores al 42% el motor acelera ligeramente hasta que llega a 6000 que representa 62% del ciclo de trabajo alcanzando el límite de velocidad del motor. Este incremento se refleja en un leve calentamiento.

A ciclos de trabajo menores al 10.4%, el motor no logra superar la inercia propia de la banda.

5.3.2 Análisis de velocidad contra el tiempo durante la aceleración

El proceso de esta prueba se explicó en el capítulo 5.1.2 y los resultados se muestran en la Imagen 5.7.

El objetivo de esta prueba es determinar el efecto del parámetro aceleración (ver capítulo 4.4.3) en el comportamiento de la banda.

Este gráfico muestra las aceleraciones para diferentes valores del parámetro y se aprecia que para un valor de 490 la banda llega a su velocidad máxima en 2 segundos y para un valor de 380 demora 4 segundos aproximadamente.

Esta relación es importante porque el funcionamiento de la banda requiere diferentes formas de iniciar el movimiento según el centro de masa del objeto a desplazar. Objetos con un centro de masa muy bajo podrán soportar mejor una aceleración brusca. Objetos con dificultad para mantener el equilibrio necesitarán un valor de aceleración bajo.

5.3.3 Análisis de velocidad contra el tiempo durante el frenado

El proceso de esta prueba se explicó en el capítulo 5.1.3 y los resultados se muestran en la Imagen 5.8.

Este valor es importante para sincronizar eventos que se realicen durante el proceso de frenado de la banda.

5.3.4 Análisis de espacio contra el tiempo durante el frenado

El proceso de esta prueba se explicó en el capítulo 5.1.4 y los resultados se muestran en la Imagen 5.9.

El funcionamiento de la banda requiere de una precisión crítica en el cálculo de las distancias de frenado. Para ello se realizó esta prueba que permitió desarrollar un modelo matemático para definir el comportamiento de la banda.

La curva obtenida permite hallar una relación bastante aproximada con la siguiente fórmula empírica:

Distancia de frenado = (3.1193 x velocidad) + 605.53

Esta fórmula fue incorporada en el controlador para calcular el punto donde se debe iniciar el frenado para que el frasco se detenga frente a la cámara.

5.3.5 Análisis del muestreo de velocidades y distancias durante el frenado

El proceso de esta prueba se explicó en el capítulo 5.1.5, los resultados se muestran en la Imagen 5.10 y el detalle de la muestra tomada se encuentra en el anexo E.

En este gráfico se observa la precisión alcanzada por el controlador a diferentes velocidades obteniéndose una diferencia máxima de 2cm.

Hay que considerar que si bien el programa desarrollado ha permitido un control bastante preciso, existen factores como el tambaleo de botellas, irregularidades mecánicas de la banda y calentamiento de motores, que afectan el comportamiento lineal del sistema.

En el gráfico se muestra el efecto de estos factores y se asume este comportamiento como una operación normal de la banda transportadora dado que no influye de manera crítica en su funcionamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El prototipo desarrollado es el resultado del análisis de los recursos materiales y tecnológicos de los que disponíamos y ha requerido de numerosas fases de investigación, ajustes y pruebas realizadas en campo antes de llegar al modelo definitivo.

El diseño ha sido desarrollado con la tecnología aprendida durante el tópico y la integración de conocimientos mecánicos, control de máquinas, diseño de dispositivos electrónicos y su automatización.

Se han aplicado los criterios de ingeniería en la elaboración de un dispositivo práctico, buscando el equilibrio entre precisión, funcionalidad y costo de implementación.

Por todo esto se concluye y recomienda:

Conclusiones

El prototipo desarrollado cumple el objetivo principal de desarrollar un prototipo de una banda transportadora con fines didácticos e incluir la posibilidad de incorporar dispositivos que trabajen en sincronización con ella.

El control implementado brinda características especiales de funcionamiento como instrumento de laboratorio permitiendo que equipos de bajo costo integren una simulación de un proceso de reconocimiento de objetos.

El microcontrolador dsPIC utilizado en la construcción de la tarjeta controladora junto con el lenguaje de programación MikroBasic facilitaron la implementación de los lazos de control necesarios para este sistema, demostrando las prestaciones de esta familia de microcontroladores con comandos sencillos y prácticos.

La selección de LabVIEW como entorno gráfico de programación permite a los futuros profesionales aprender una excelente herramienta que recorta el tiempo en la implementación de sistemas de control.

Gracias a los conocimientos adquiridos durante las clases fue posible desarrollar un equipo didáctico que permite de manera eficaz la enseñanza de aplicaciones de reconocimiento de imágenes con LabVIEW.

Desde el punto de vista económico, se logró construir el prototipo de una banda transportadora para laboratorio a un precio conveniente a las posibilidades de cualquier centro de estudios.

Recomendaciones

Se recomienda el uso de LabVIEW como una potente herramienta de reconocimiento de imágenes que no requiere profundizar en el conocimiento de algoritmos de elevada complejidad. Se recuerda además que la universidad cuenta con las licencias y los módulos para desarrollar aplicaciones comerciales permitiendo a la Espol impulsar proyectos de control industrial en nuestro país.

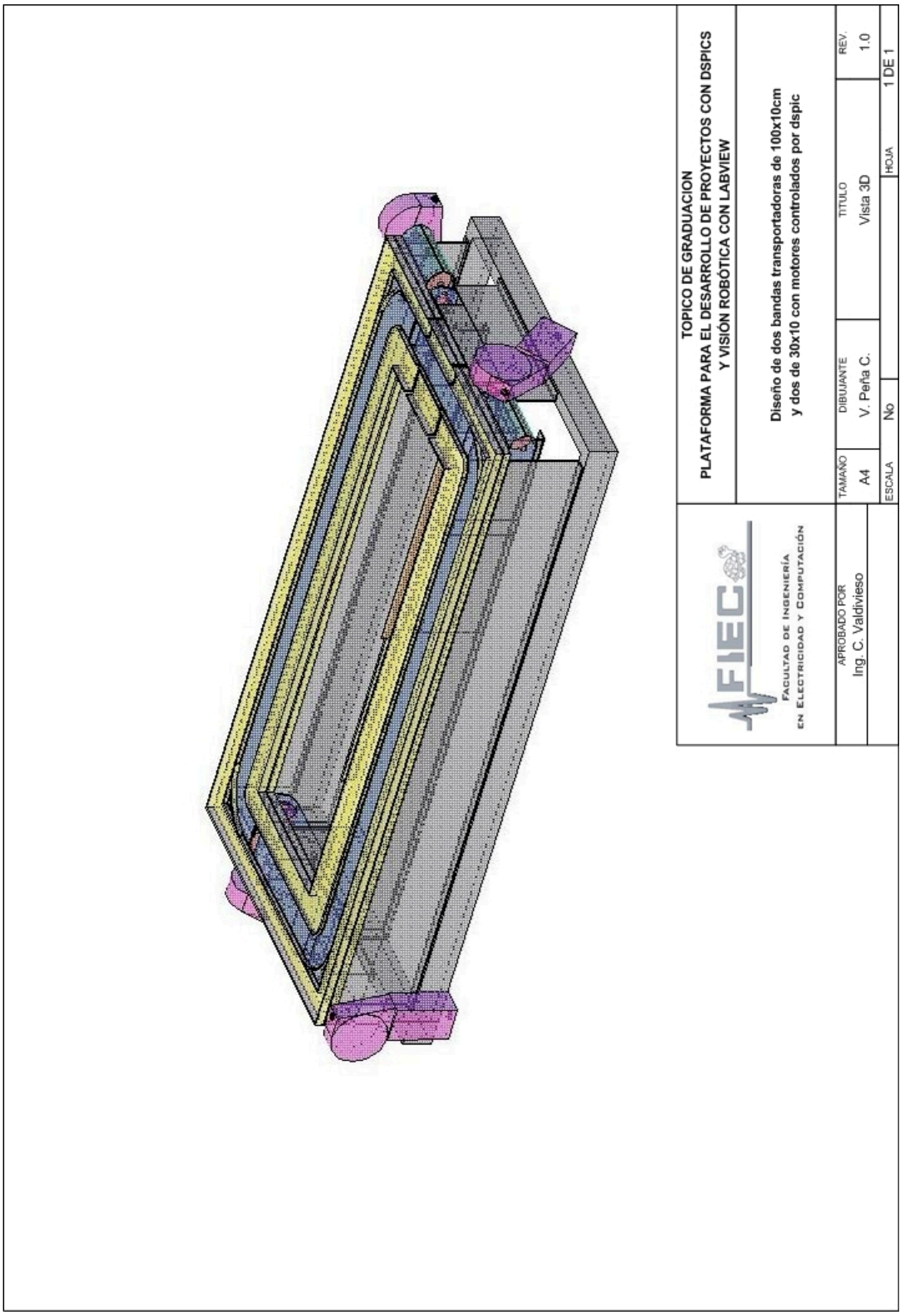
Se aconseja el uso de los dsPICs por su buen desempeño como microcontrolador de altas prestaciones y bajo precio, tanto en el costo del dispositivo como en las herramientas de de programación.

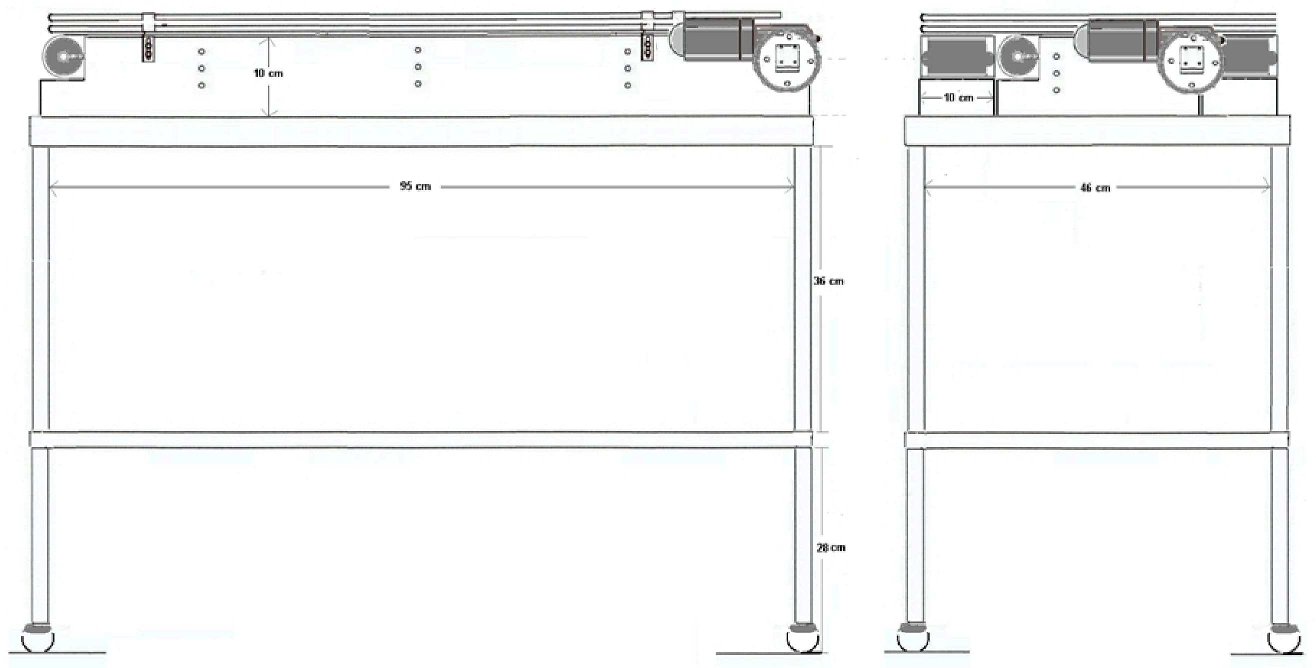
Se sugiere utilizar el lenguaje MikroBasic como herramienta de desarrollo en la programación de microcontroladores Microchip de todos los tipos.

Y finalmente, se exhorta a la asignación de recursos económicos para este tipo de proyectos de graduación con el fin de mejorar la calidad de prototipos a desarrollar.

ANEXO A

Vistas de la de la banda transportadora

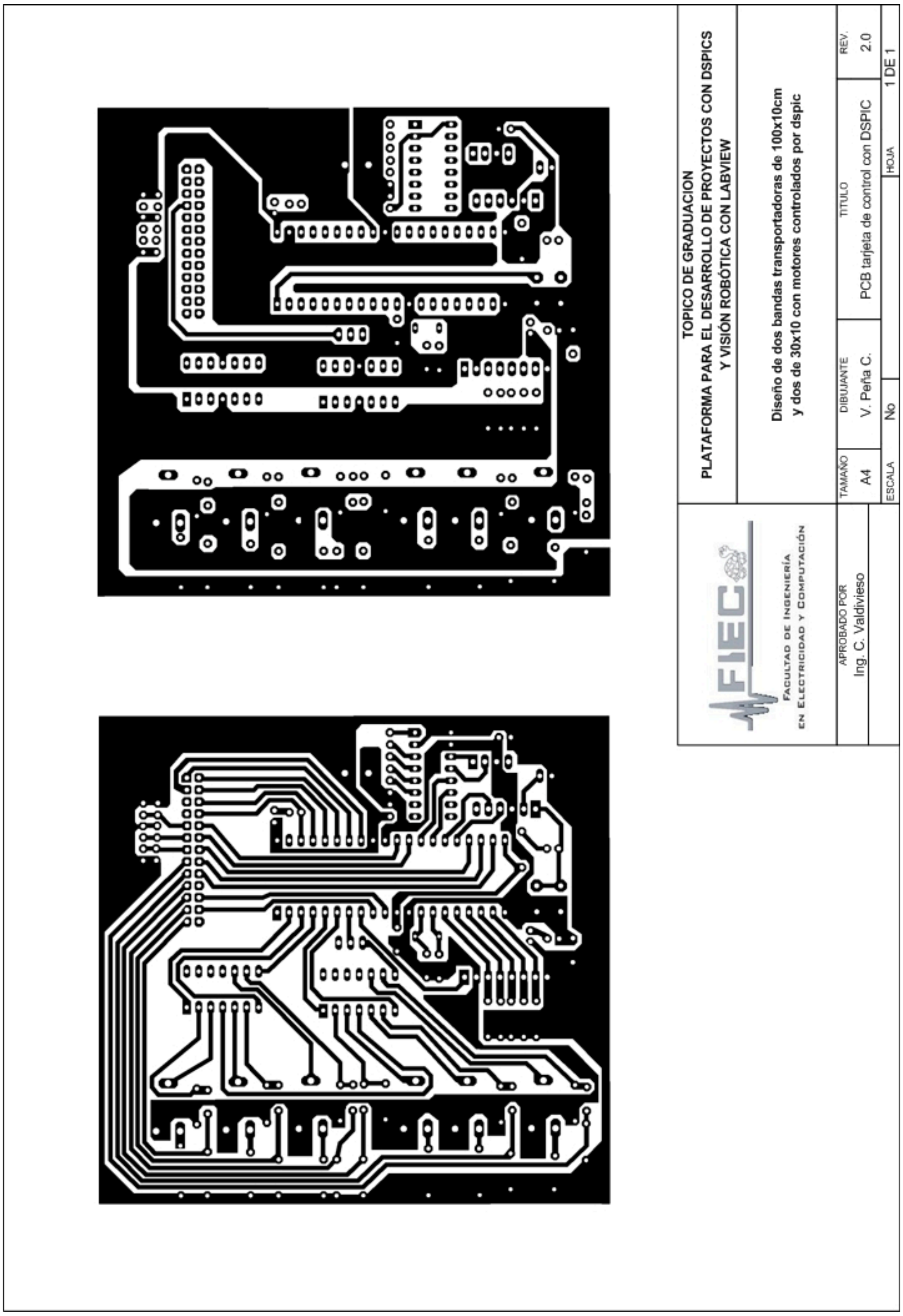


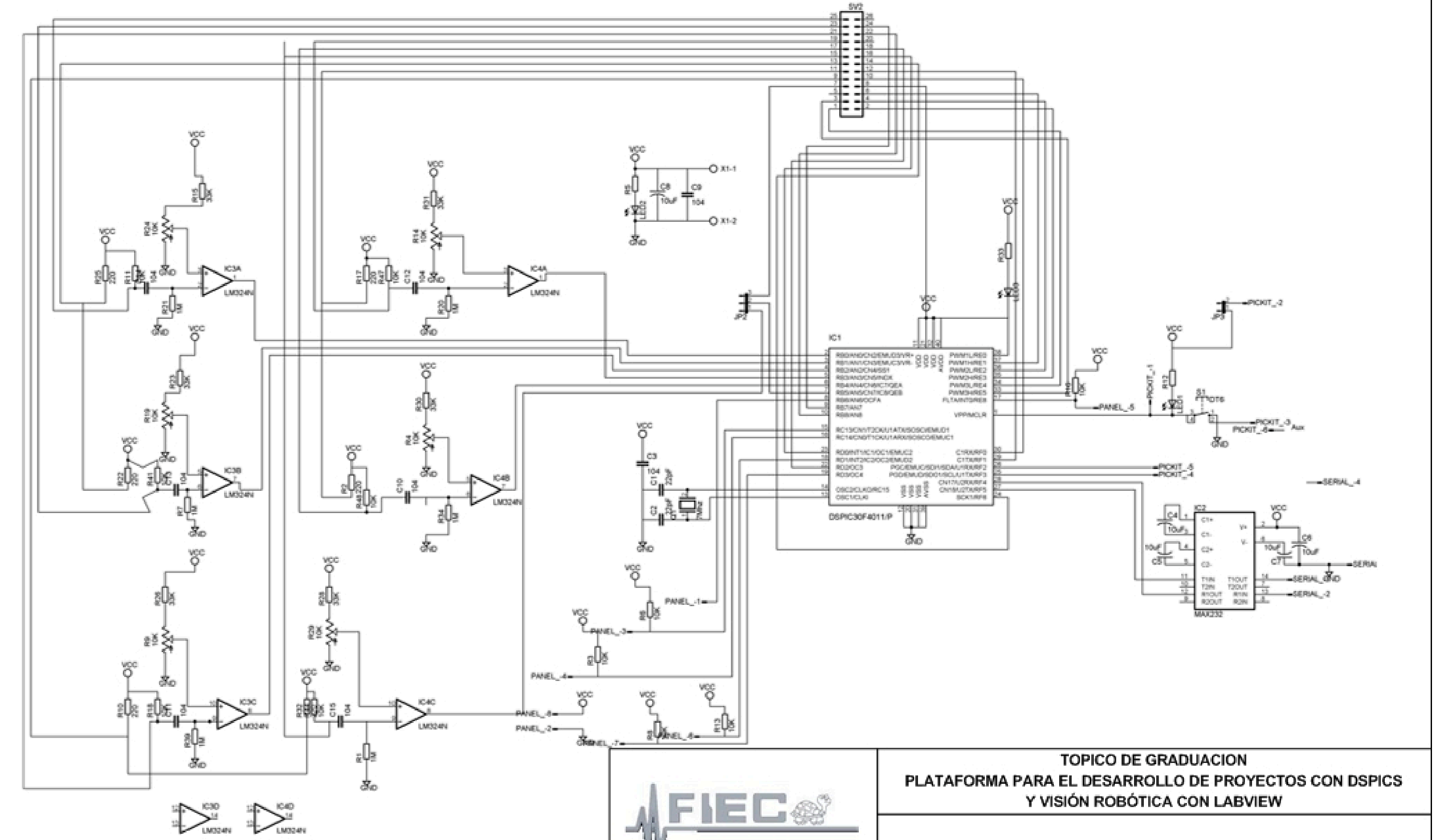


FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN	TOPICO DE GRADUACION PLATAFORMA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS CON DSPICS Y VISIÓN ROBÓTICA CON LABVIEW			
	Diseño de dos bandas transportadoras de 100x10cm y dos de 30x10 con motores controlados por dspic			
APROBADO POR Ing. C. Valdivieso	TAMAÑO A4	DIBUJANTE L. Paucar R.	TITULO Vista 2D	REV. 1.0
	ESCALA No		HOJA	1 DE 1

ANEXO B

Diagramas tarjeta de control con DSPIC

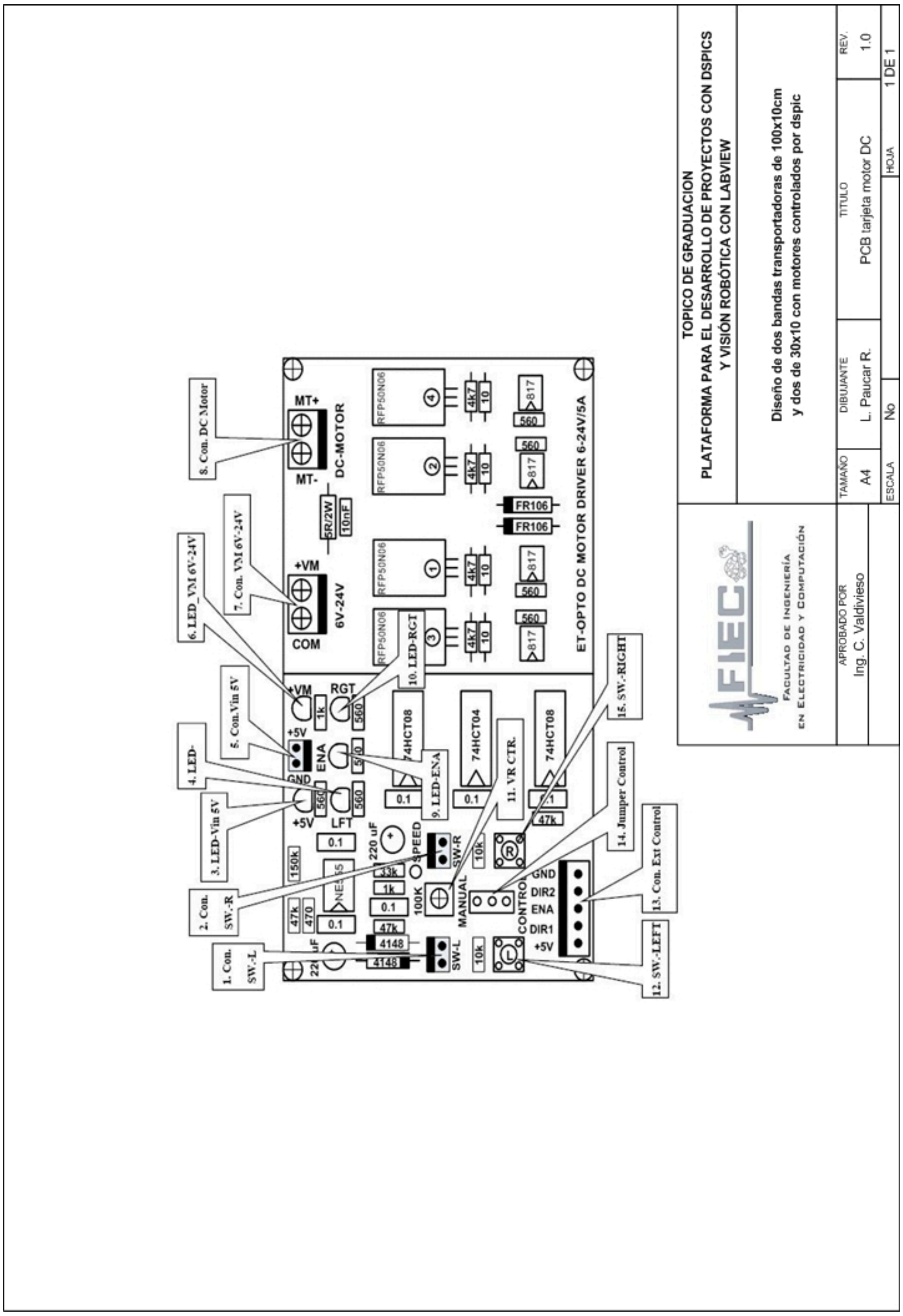


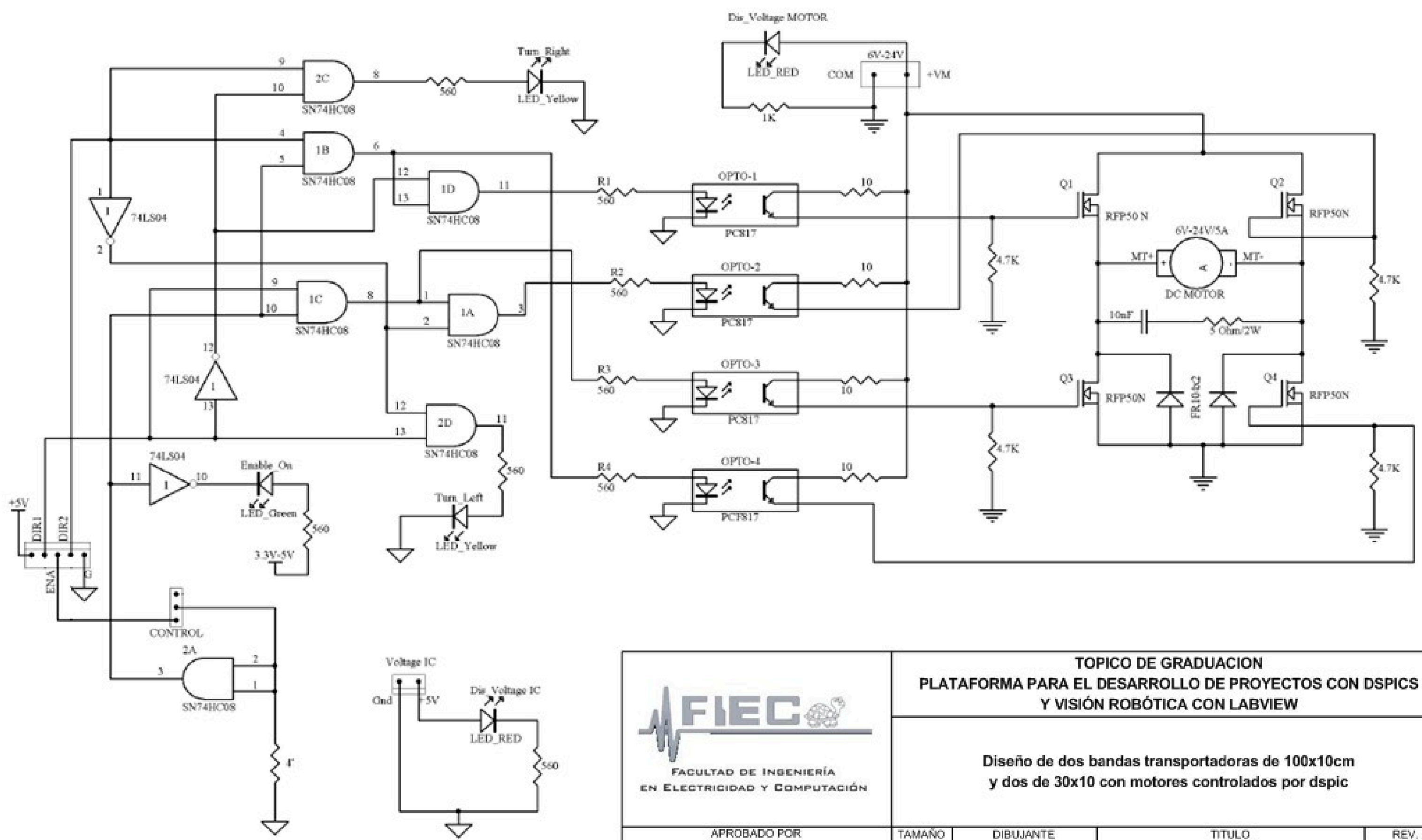


FIEC Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación	**TOPICO DE GRADUACION PLATAFORMA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS CON DSPICS Y VISIÓN ROBÓTICA CON LABVIEW**			
	Diseño de dos bandas transportadoras de 100x10cm y dos de 30x10 con motores controlados por dspic			
APROBADO POR Ing. C. Valdivieso	TAMAÑO A4	DIBUJANTE V. Peña C.	TITULO Tarjeta de control con DSPIC	REV. 3.0
	ESCALA No		HOJA	1 DE 1

ANEXO C

Diagramas tarjeta de potencia para control de motor DC





FIEC

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

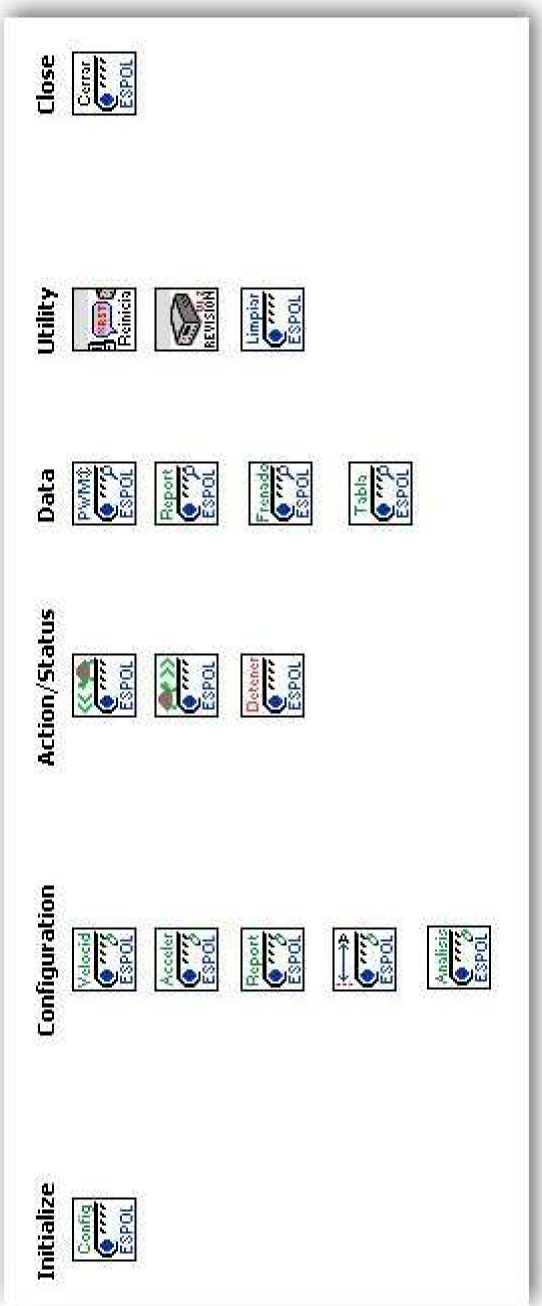
TOPICO DE GRADUACION
PLATAFORMA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS CON DSPICS
Y VISIÓN ROBÓTICA CON LABVIEW

Diseño de dos bandas transportadoras de 100x10cm
y dos de 30x10 con motores controlados por dspic

APROBADO POR	TAMAÑO	DIBUJANTE	TITULO	REV.
Ing. C. Valdivieso	A4	L. Paucar R.	Circuito de tarjeta de potencia	1.0
	ESCALA	No	HOJA	1 DE 1

ANEXO D

Componentes del instrumento virtual



ANEXO E

Detalle de costos de materiales de tarjeta controladora

TARJETA CONTROLADORA CON DSPIC

CANTIDAD	ELEMENTO	P. UNIT.	TOTAL
1	Programador PicKit 2	75.00	75.00
1	Construcción tarjeta PCB doble cara 10cm x11cm	25.00	25.00
1	Adaptador USB a serial	24.00	24.00
1	C.I. dsPic30F4011	18.00	12.00
2	C.I. LM324	2.50	5.00
1	C.I. MAX232	6.00	6.00
1	Cristal de 7 Mhz	5.00	5.00
2	Capacitor 22pF/25V	0.30	0.60
8	Capacitor 100nF/25V	0.30	2.40
5	Capacitor 10uF/ 25V	0.40	2.00
3	Leds	0.20	0.60
1	Bornera de 2 servicios	0.30	0.30
1	Pin conector DB25	2.00	2.00
1	Conector macho DB25	1.00	1.00
1	Conector macho DB9	1.00	1.00
2	Jumper	0.05	0.10
6	Potenciómetro 10 K Ω/ ½ W	0.50	5.00
6	Resistencia de 1M Ω/ ¼ W	0.05	0.05
6	Resistencia 33K Ω/ ¼ W,	0.05	0.30
11	Resistencia de 10k Ω/ ¼ W	0.05	0.55
9	Resistencia 220 Ω/ ¼ W,	0.05	0.45
1	Base socket 14 pines	0.20	0.20
2	Base socket 16 pines	0.20	0.40
1	Base socket 40 pines	0.40	0.40
1	Socket 8 pines	0.20	0.20
1	Socket 6 pines	0.20	0.20
1	Socket 4 pines	0.20	0.20
1	Pulsador	0.30	0.30
4	Bases con tornillos	0.05	0.20
	TOTAL		**$ 170.45**

Detalle de costos de la estructura mecánica

UNIDAD,	ELEMENTO	P, UNITARIO,	TOTAL
16	Rulimanes 3/8”x 1”	2.00	32.00
3	Canaletas plasticas	5.00	5.00
1	Plancha acrílico	12.00	12.00
1	Juego de ruedas	3.00	3.00
3	Metro de malla ranurada plástica	2.00	6.00
2	Paquete masilla epóxica	7.18	7.18
1	Tornillos, pernos, tuercas varias medidas	4.96	4.96
2	Cintas: aislante/ papel	1.00	2.00
2	Tarro spray negro	5.00	10.00
1	Paquete hojas sierra para caladora	2.41	2.41
1	Paquete x100 remaches	2.92	2.92
1	Juego brocas	12.00	12.00
1	Costos mano obra fabricación	90.00	90.00
1	Servicios adicionales (fabricación de bocines, soldadura eléctrica y autógena)	32.00	32.00
1	Adhesivo UHU	3.00	3.00
2	Adhesivo cianoacrilato	0.50	1.00
	TOTAL		**$ 225.47**

EQUIPO DONADO POR LA ESPOL

1	Estructura base con ruedas
3	Canal metálico 1mm medidas 10x10x150 cm,
10	Rieles de aluminio
4	Rodillos de aluminio con recubrimiento de caucho
1	Caja metálica panel operador
6	Fuentes de alimentación de 60W

Detalle de costos de componentes de control

COMPONENTES DE CONTROL

CANTIDAD	ELEMENTO	P. UNIT.	TOTAL
4	Motores DC con reductor	30.00	120.00
4	Tarjetas de control de motor DC	49.00	196.00
1	Encoder KOYO serie E5 1024 PPR	60.00	60.00
5	Sensores reflex QRB1134	5.00	25.00
1	Webcam	15.00	15.00
2	Pulsadores	2.00	4.00
1	Selector 3 posiciones	3.50	3.50
1	Luz piloto led	2.00	2.00
1	Potenciometro 10K	0.50	0.50
1	Regleta con fusible	4.00	4.00
4	Metro cable UTP 5E	0.60	2.40
1	Cable paralelo 24 hilos	4.00	4.00
4	Borneras	0.90	3.60
	TOTAL		**$ 440.00**

ANEXO F

Detalle de las pruebas realizadas del capítulo 5.1.5, parte 1 de 2

Fecha	Velocidad	Distancia
14/08/2008 13:20	181	654
14/08/2008 13:18	176	621
14/08/2008 13:19	168	638
14/08/2008 13:19	171	633
14/08/2008 13:21	192	663
14/08/2008 13:22	181	619
14/08/2008 13:22	184	641
14/08/2008 13:23	184	638
14/08/2008 13:23	175	648
14/08/2008 13:23	177	636
14/08/2008 13:24	177	655
14/08/2008 13:24	131	650
14/08/2008 13:25	172	633
14/08/2008 13:25	173	641
14/08/2008 13:25	176	646
14/08/2008 13:21	192	663
14/08/2008 13:22	181	619
14/08/2008 13:22	184	641
14/08/2008 13:23	184	638
14/08/2008 13:23	175	648
14/08/2008 13:23	177	636
14/08/2008 13:24	177	655
14/08/2008 13:24	131	650
14/08/2008 13:25	172	633
14/08/2008 13:25	173	641
14/08/2008 13:25	176	646
14/08/2008 13:27	166	627
14/08/2008 13:27	179	640
14/08/2008 13:27	184	659
14/08/2008 13:27	109	638
14/08/2008 13:28	170	640
14/08/2008 13:29	179	649
14/08/2008 13:30	121	650
14/08/2008 13:30	180	640
14/08/2008 13:31	173	655
14/08/2008 13:31	172	653
14/08/2008 13:31	174	651
14/08/2008 13:32	181	647
14/08/2008 13:32	143	647
14/08/2008 13:34	171	637
14/08/2008 13:34	173	646

Fecha	Velocidad	Distancia
14/08/2008 13:34	167	638
14/08/2008 13:34	173	659
14/08/2008 13:35	179	654
14/08/2008 13:35	179	654
14/08/2008 13:37	177	631
14/08/2008 13:38	178	648
14/08/2008 13:38	176	648
14/08/2008 13:38	180	655
14/08/2008 13:38	176	652
14/08/2008 13:38	185	668
14/08/2008 13:38	182	663
14/08/2008 13:39	186	656
14/08/2008 13:39	174	663
14/08/2008 13:39	168	660
14/08/2008 13:39	179	663
14/08/2008 13:40	176	654
14/08/2008 13:40	173	657
14/08/2008 13:40	181	662
14/08/2008 13:40	183	658
14/08/2008 13:40	169	673
14/08/2008 13:41	182	662
14/08/2008 13:41	180	675
14/08/2008 13:41	185	663
14/08/2008 13:41	185	670
14/08/2008 13:42	183	676
14/08/2008 13:42	186	676
14/08/2008 13:42	185	676
14/08/2008 13:42	185	679
14/08/2008 13:42	184	689
14/08/2008 13:43	190	692
14/08/2008 13:43	194	690
14/08/2008 13:43	193	692
14/08/2008 13:49	184	655
14/08/2008 13:49	183	659
14/08/2008 13:49	186	672
14/08/2008 13:49	181	676
14/08/2008 13:49	193	683
14/08/2008 13:50	191	683
14/08/2008 13:50	194	689
14/08/2008 13:50	196	690
14/08/2008 13:51	191	689

Detalle de las pruebas realizadas del capítulo 5.1.5, parte 2 de 2

Fecha	Velocidad	Distancia
14/08/2008 13:51	190	684
14/08/2008 13:51	191	683
14/08/2008 13:51	193	686
14/08/2008 13:51	196	690
14/08/2008 13:52	194	695
14/08/2008 13:52	193	704
14/08/2008 13:52	192	703
14/08/2008 13:52	192	702
14/08/2008 13:52	195	702
14/08/2008 13:52	198	702
14/08/2008 13:53	198	695
14/08/2008 13:53	197	699
14/08/2008 13:53	194	705
14/08/2008 13:53	195	706
14/08/2008 13:53	197	700
14/08/2008 13:53	194	703
14/08/2008 13:54	192	705
14/08/2008 13:54	199	706
14/08/2008 13:54	199	704
14/08/2008 13:54	199	706
14/08/2008 13:55	193	711
14/08/2008 13:55	194	708
14/08/2008 13:55	196	714
14/08/2008 13:55	198	719
14/08/2008 13:56	197	707
14/08/2008 13:56	198	698
14/08/2008 13:56	195	708
14/08/2008 13:56	197	701
14/08/2008 13:57	198	716
14/08/2008 13:57	195	715
14/08/2008 13:57	195	718
14/08/2008 13:57	196	718
14/08/2008 13:57	197	718
14/08/2008 13:57	198	706
14/08/2008 13:57	198	711
14/08/2008 13:58	196	713
14/08/2008 13:58	197	716
14/08/2008 13:58	196	707
14/08/2008 13:58	190	708
14/08/2008 13:58	186	707
14/08/2008 13:58	197	712

Fecha	Velocidad	Distancia
14/08/2008 13:58	198	715
14/08/2008 13:59	199	718
14/08/2008 13:59	195	717
14/08/2008 13:59	198	722
14/08/2008 14:00	195	706
14/08/2008 14:00	195	709
14/08/2008 14:00	191	707
14/08/2008 14:00	195	705
14/08/2008 14:00	194	703
14/08/2008 14:01	193	711
14/08/2008 14:01	198	703
14/08/2008 14:01	192	697
14/08/2008 14:01	196	712
14/08/2008 14:02	193	707
14/08/2008 14:02	195	713
14/08/2008 14:02	188	713
14/08/2008 14:02	195	720
14/08/2008 14:02	194	722
14/08/2008 14:02	197	719
14/08/2008 14:02	189	708
14/08/2008 14:03	196	709
14/08/2008 14:03	196	715
14/08/2008 14:03	190	711
14/08/2008 14:03	179	703
14/08/2008 14:04	192	707
14/08/2008 14:04	195	713

ANEXO G

Fotografías del proceso de construcción

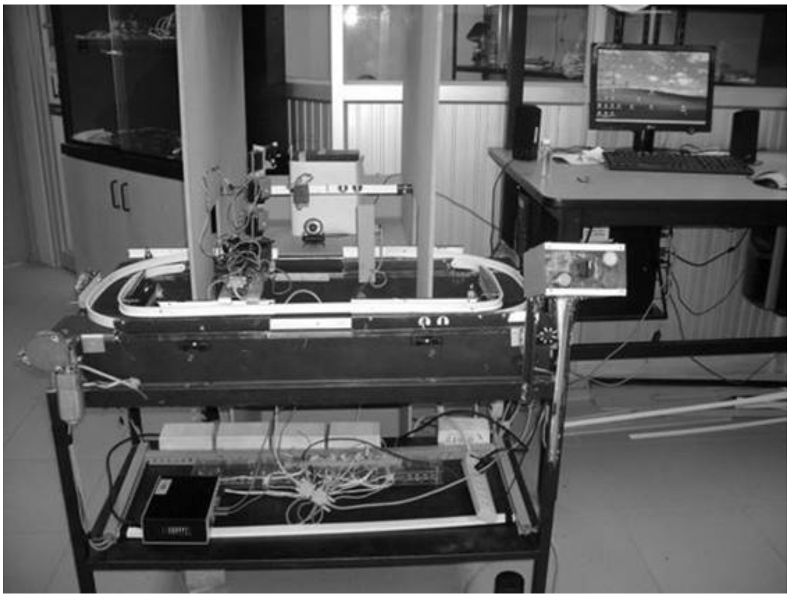


Foto 1 Prototipo final.

Se observan todos los componentes de control en un ejemplo aplicado al reconocimiento de objetos con una cámara web

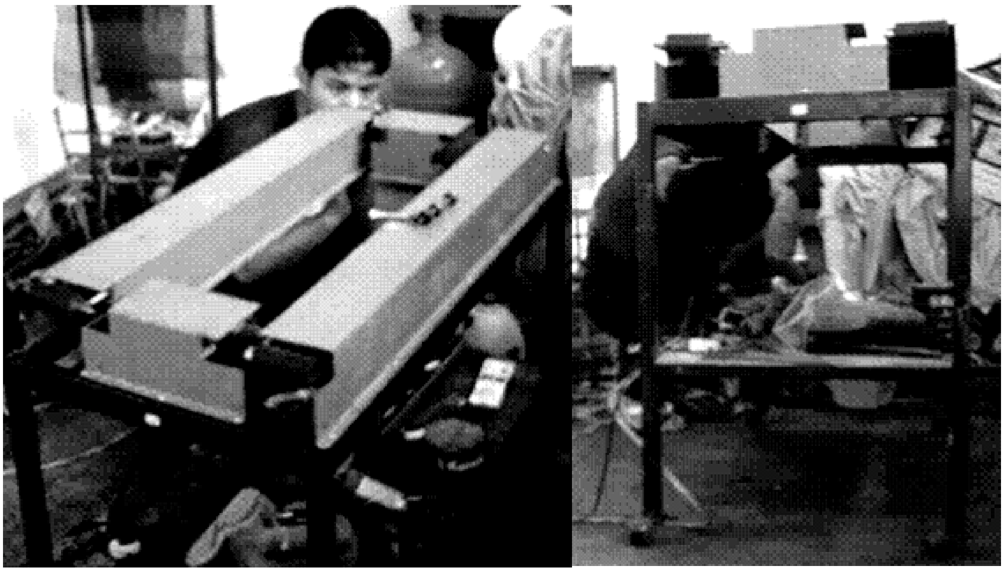


Foto 2 Montaje de las camas del transportador en la estructura de base

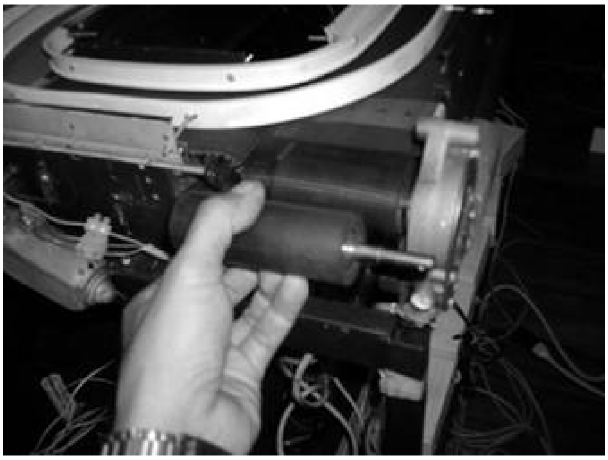
 

Foto 3 Montaje de rodillos.

Obsérvese el eje de aluminio con recubrimiento de caucho.

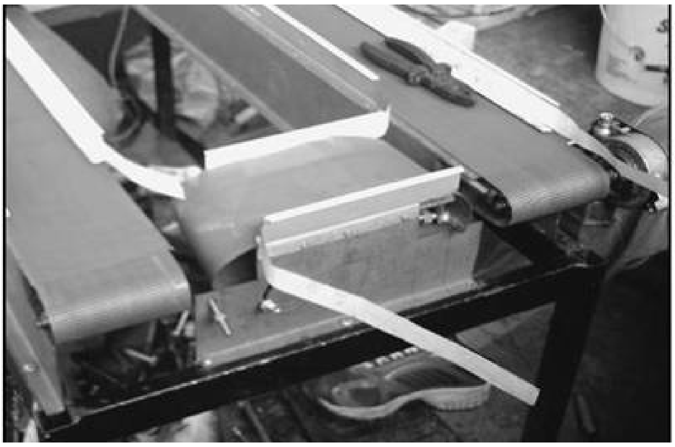


Foto 4 Colocación de la banda ranurada de plástico

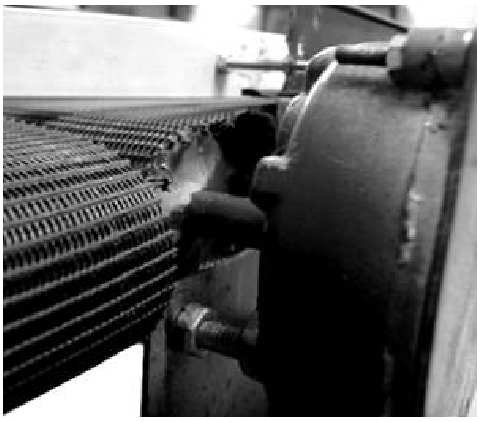
 

Foto 5 Acople del motor

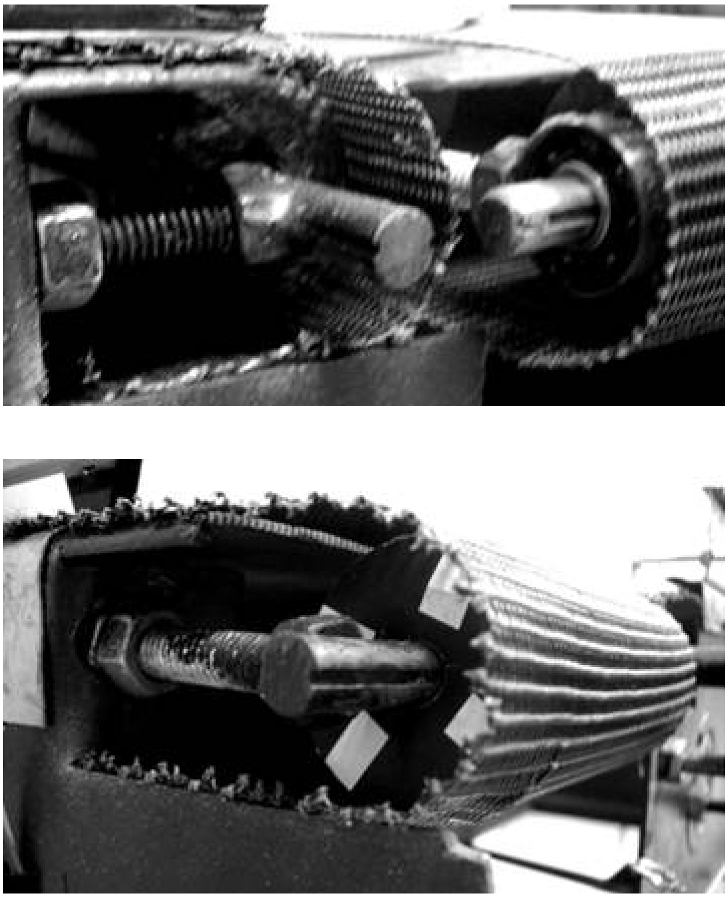


Foto 6. Ajuste de tensores

Nótese el eje fijado al tornillo y el sistema de aprisionamiento

Foto 7 Instalación del riel

Foto 8 Sensor de movimiento

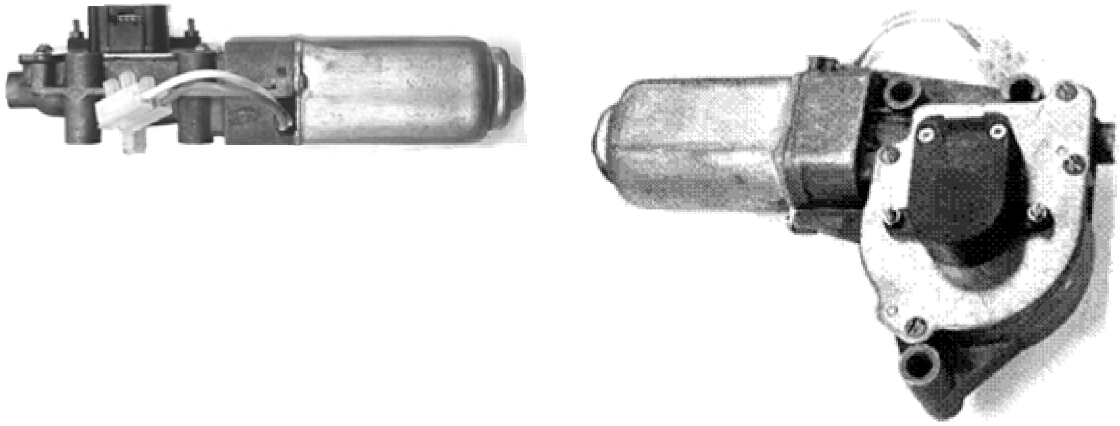


Foto 9 Montaje del encoder

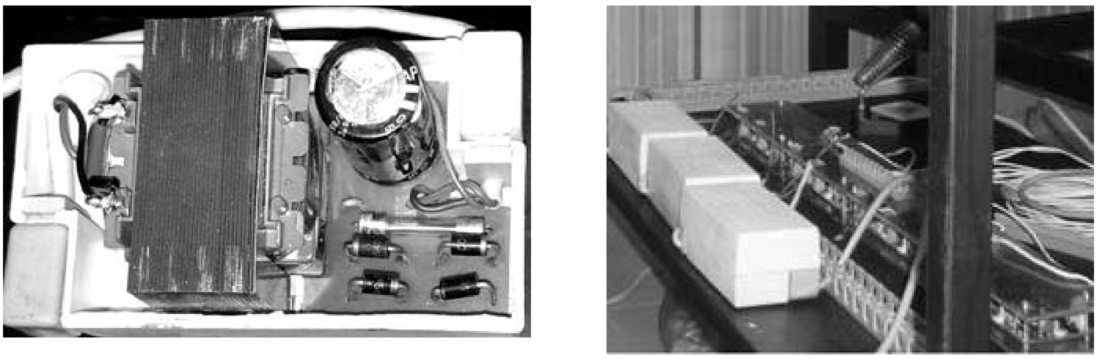


Foto 10 Fuentes de poder

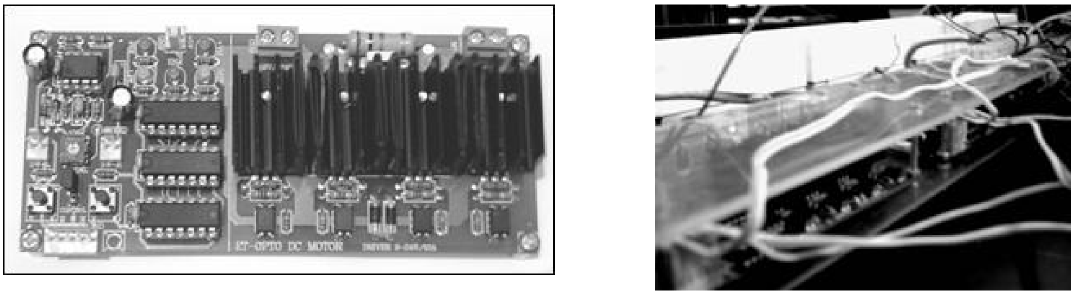


Foto 11 Tarjetas de control de potencia

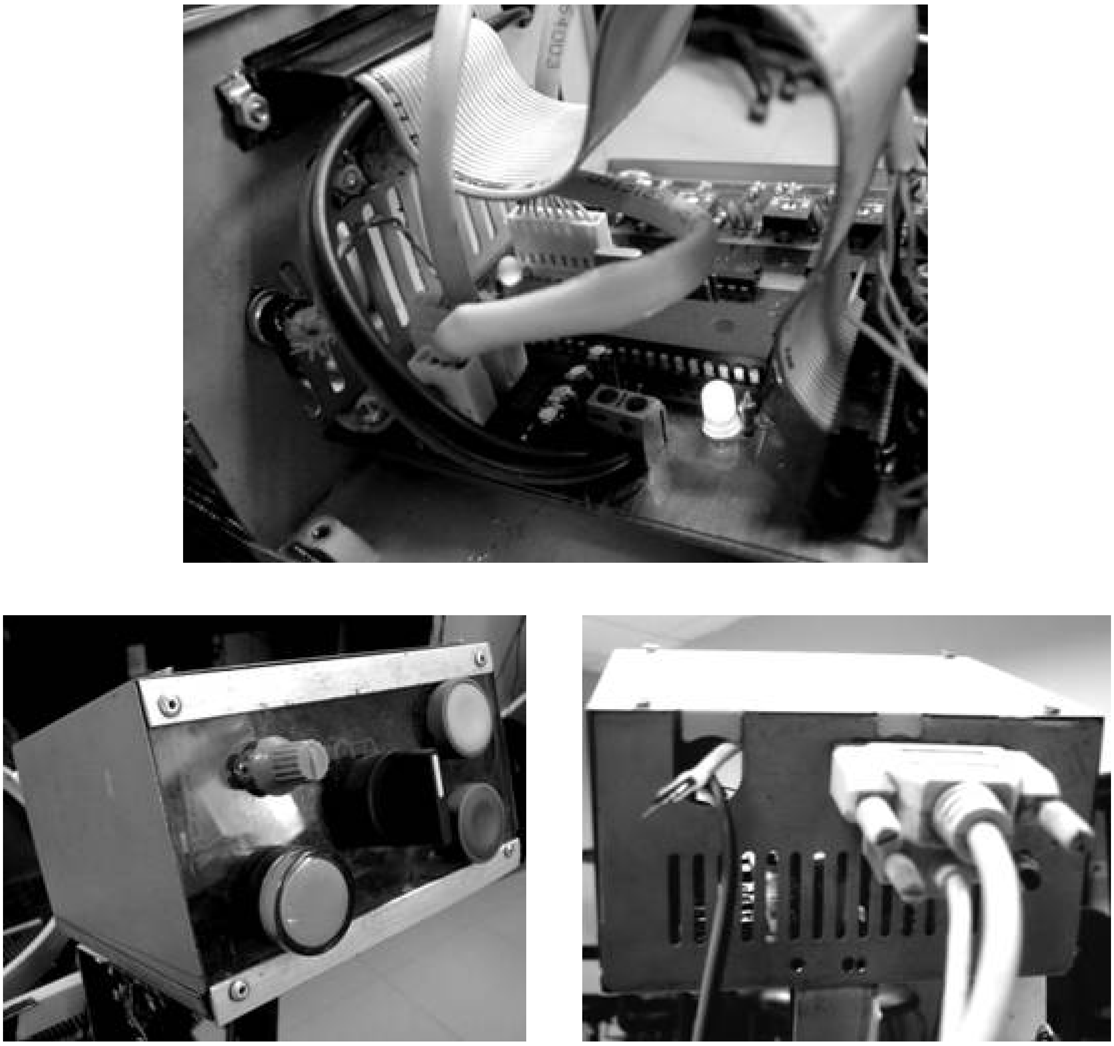


Foto 12 Panel de control

Nótese los conectores DB9, DB25 y de 6 pines para programación.

ANEXO H

HERRAMIENTAS DE PROGRAMACION EMPLEADAS EN EL PROYECTO

Durante en el transcurso de las materias del tópico de graduación "**Plataforma para el desarrollo de proyectos con DsPICs y visión Robótica con LabVIEW**", dirigido por el Ing. Carlos Valdivieso se evaluó las capacidades de cada lenguaje de programación para dsPICs.

Este trabajo fue realizado durante el transcurso del tópico por varios grupos de estudiantes, los cuales probaron los siguientes compiladores:

- PICC compiler de CCS.
- HITEC C compiler para dsPICs, de Hitec.
- C32 de Microchip.
- MikroBasic para dsPICs de Mikroelectronica.

Mikrobasic se destacó por las siguientes razones:

El avanzado desarrollo del lenguaje, que abarca todos los microcontroladores de la gama baja y los dsPICs. A excepción del PICC de CCS, ninguno de los otros compiladores abarca tal cantidad de dispositivos.

Permite interactuar con los registros de control del microcontrolador, de modo que a pesar de ser un lenguaje de alto nivel, pueden notarse la variación de dichos registros.

Contiene opciones para configurar de manera sencilla tareas complejas como el diseño de un driver USB.

Posee instrucciones específicas para controlar las salidas PWM de motor.

Por las razones mencionadas y su amigable interfaz gráfica se decidió emplear esta herramienta en el desarrollo de nuestra tesis de grado.

BIBLIOGRAFÍA

1. D. Polka, Motors & Drives: A Practical Technology Guide, ISA: The Instrumentation, Systems, and Automation Society (October 1, 2002), 2003, ISBN-10 155617800X.

2. W. Pirelly, Manual de fabricación de bandas y rodillos transportadores, Madrid: Editorial Mac Graw Hill, 1992.

3. Hytrol Conveyor Co., Inc., Manual de instalación y mantenimiento con información sobre seguridad y lista de partes, Boletín #508, Jonesboro, Arkansas, Enero 2007.

4. Goodyear Co., Instalación y mantenimiento de bandas transportadoras, Santiago de Chile, 1997.

5. K. Ogatta, Ingeniería de control moderna, 3era ed., Pearson, Prentice Hall, Traducción de Miguel Angel Martinez Sarmiento, 1998, ISBN 970-17-0048-1.

6. G. Johnson, R. Jennings, Programación gráfica con LabVIEW, 4th ed., McGraw-Hill Professional, 2006, ISBN-10: 0071451463.

7. National Instruments, Guía de Introducción a LabVIEW en 6 Horas por National Instrument, Sept 2003 ed., Texas, Traducción del Ing. Jared Ocampo de UNITEC, San Pedro Sula, Honduras, 2003, PN 323669B-01.

8. MikroE, Mikrobasic making it simple, 11000 Belgrade, 2003.

9. J. Angulo, B. Garcia, I. Angulo, Microcontroladores Avazados DsPIC: Controladores Digitales de Señales. Arquitectura, Programacion y Aplicaciones, Paraninfo, 2006, ISBN-10: 8497323858.

10. Microchip, Hoja de datos del dsPIC30F4011, Feb-Mar 08, http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70135F.pdf.

11. Microchip, Manual de referencia de la familia dsPIC30F, Feb-Mar 08, http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70046E.pdf.

12. Microchip, Manual de usuario del Microchip PICkit 2, Feb-Mar 08, http://www.microchip.com/.

13. Fairchild, Hoja de datos del QRB1134, May-Jun 08, http://www.fairchildsemi.com/pf/QR/QRB1134.html

14. Wikipedia, definición de banda transportadora, Feb-Mar 08 http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora

15. Las especificaciones de los motores fueron obtenidas de páginas de fabricantes. http://songtian.en.alibaba.com/

16. Banda transportadora, Feb – Mar 08, http://www.hytrol.com/

17. Banda transportadora, Feb – Mar 08, http://www.giantlift.com/

18. Banda transportadora, Feb – Mar 08, http://www.dorner.com/

19. Banda transportadora, Feb – Mar 08, http://www.flexlink.com/

20. Banda transportadora, Feb – Mar 08, http://www.acsconveyor.com/

21. Banda transportadora, Feb – Mar 08, http://www.conveytrac.com/