ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

"Aplicación de visión con LabView para la detección de Frascos entre 50 y 120milímetros de altura"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

Presentado por:

Ángel Patricio Curipoma Quevedo

Especialización: Electrónica y Telecomunicaciones

Alfredo Leonardo Henriquez Garino

Especialización: Electrónica y Telecomunicaciones

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2009

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecerle a Dios por haberme permitido estar en este mundo, luego a la Universidad que nos abrió las puertas para poder alcanzar este gran paso que nos propusimos ya hace algunos años, también agradecer a cada uno de los profesores que de una u otra manera contribuyeron para la formación profesional, moral y ética; y de manera muy especial al Ing. Carlos Valdivieso, Director de Tesis, ya que gracias a sus consejos, enseñanzas y sabia orientación nos enrumbo poco a poco para alcanzar la culminación de esta tesis.

DEDICATORIA

Primero dedicarle este trabajo a Dios, pues es él el que nos permite día a día seguir adelante.

Segundo agradecer a mis padres que gracias a sus esfuerzos, consejos y demás pude ir avanzando con mis estudios para poder llegar hoy a este gran logro, sin olvidar a mis hermanos y demás familiares que aportaron con su granito de arena para poder concluir con mis estudios universitarios.

Por último agradecer a las personas más importantes de mi vida, mi hijo Alejandro que sin poder decir una sola palabra, siempre sentía su voz de aliento y animó para así poder superarme y alcanzar las metas trazadas; y por supuesto a Letty mi compañera de todas las malas noches, que con sus consejos, reproches, alientos y ayuda me hizo entender cuan importante es contar con una persona especial para enfrentar la vida, gracias de todo corazón por ser como eres.

Para todos Uds. va dedicado este Trabajo.

DEDICATORIA

Primero que nada agradezco a Dios por la maravillosa vida que me ha dado, y la salud para llegar a este momento.

Agradezco infinitamente a mis padres por ser unos maravillosos seres humanos y los pilares de mi vida, quienes con su ejemplo y sus enseñanzas hicieron posible este presente.

A mi novia Jahaira por su amor, apoyo y comprensión. A mi familia que de una u otra manera han sido mi impulso para llegar a culminar el presente trabajo.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Holger Cevallos Presidente del Tribunal	Ing. Carlos Valdivieso A. Director de Tesis
Ing. María Antonieta Álvarez Miembro Principal	Ing. Efrén Herrera 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)

Ángel Patricio Curipoma Quevedo

Alfredo Leonardo Henriquez Garino

RESUMEN

La visión artificial aplicada a la industria es hoy en día una realidad, razón por la cual proponemos la “APLICACIÓN DE VISIÓN CON LABVIEW PARA LA DETECCIÓN DE FRASCOS ENTRE 50 Y 120 MILÍMETROS DE ALTURA”, con la utilización de una cámara USB de bajo costo, lo que podría llamar la atención de algunos industriales ya que una de las premisas que estos siempre buscan es la de obtener el más alto rendimiento con el menor costo posible y esta alternativa puede encuadrarse con esta premisa.

Como ya se menciono en el titulo, el software a utilizar es LabView el mismo que por poseer una programación gráfica facilita en gran medida la construcción de un programa que sirva en general de modelo para la visión artificial y en lo particular para la detección de frascos en el rango de 5 a 12cm. El lugar por donde se desplazarán dichos frascos será una banda transportadora y el sistema realiza lo siguiente, con la ayuda de unos servo-motores se moverán los diferentes lados de la banda transportadora en las cuales irán montados los frascos, se contara con un sensor de reflexión el

mismo que permitirá detectar a una distancia prudencial la presencia de un frasco y enviara una señal al computador para poner en alerta la cámara USB y así poder captar la imagen del mismo, además se contara con una cámara oscura, que nos permitirá aislar el área de análisis (entiéndase por área de análisis el lugar donde se van a tomar las fotos) para que las variaciones de luz que se producen a lo largo del día no afecten el correcto desarrollo del sistema, por otro lado se cuenta con un empuja frascos, mismo que servirá para desechar los frascos que no se encuentren dentro del rango de estudio de este proyecto.

Se trabajó con 3 tipos de frascos, cuyas dimensiones son acordes a los requerimientos del proyecto (10.6, 10.2 y 8.6 cm). Esto es a groso modo lo que realiza el sistema implementado, claro que a lo largo de este documento se darán más detalles sobre ciertas dificultades, como por ejemplo el retraso entre la adquisición de la imagen que se iba a analizar y el envió de una señal para detener la banda transportadora; inconvenientes que hubo que ir sorteando para un feliz término de este proyecto.

INDICE GENERAL

ABREVIATURAS

mm	Milímetros
cm	Centímetros
CPU	Unidad Central de Procesamiento
PC	Computadora Personal
USB	Bus serial de Comunicación Universal
PIC	Controlador Interfaz Periférico
Ghz	Gigahertz
PROM	Memoria de solo lectura Programable
EPROM	Memoria de solo lectura programable y borrable
RFPIC	Controlador Interfaz Periférico de Radio Frecuencia
UHF	Ultra alta Frecuencia
RF	Radio Frecuencia
MAC	Acumulador Multiplicador
RAM	Memoria de acceso Aleatorio
DC	Corriente directa
KB	Kilobytes
UPS	Sistema de Alimentación Ininterrumpida
CC	Corriente continua
TTL	Lógica transistor a transistor
PWM	Modulación por ancho de pulso
VI	Instrumentos Virtuales

.png	Gráficos de redes portables
RS	Estándar recomendado
DCE	Equipo de terminación de circuito de datos
DTE	Equipo terminal de datos
Kbps	Kilobytes por segundo
TXD	Transmisión de datos
RXD	Recepción de datos
GND	Señal de tierra
MDF	Fibras de madera
GPIB	Bus de interfaz de propósito general
UDP	Protocolo de datagrama de usuario
FPGA	Arreglo de puertas programables de campo
Pulg	Pulgada
OPAM	Amplificador operacional
DSP	Procesadores digitales de señales
DMIPS/Mhz	Millones de instrucciones por segundo/megahertz
IrDA	Comunicación inalámbrica por infrarrojo
Bluetooth	Protocolo de comunicación inalámbrica de corto alcance
TCP/IP	Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet
Data Socket	Protocolo de Comunicación
PXI	Bus de comunicaciones estándar para instrumentación y control
VXI	Plataforma estándar para pruebas automatizada
OPC	Estándar de comunicación en el campo de control

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

En el entorno industrial, se busca cada vez más la productividad (procesos más eficientes). Además, estos niveles de productividad tienen que ir asociados con unos altos niveles de calidad del producto final. Por este motivo, es importante tener un control exhaustivo sobre el proceso productivo.

Gracias a la constante reducción de costes y a la gran capacidad de los ordenadores, se puede llegar a sustituir el cometido de una persona por un sistema de visión artificial.

Asimismo, se potencian las funciones del control de calidad de forma sustancial. Por lo tanto, la fiabilidad de estos sistemas de control con respecto a la observación meramente visual es indiscutible.

CAPITULO 1

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Antecedentes

Se pueden encontrar diferentes maneras de detectar el tamaño de frascos en la industria por medio de variadas técnicas. Lo que se propone en esta tesis es una aplicación con un hardware muy económico que consiste en el uso de cámaras USB. Por supuesto que la alternativa presentada tiene sus limitaciones pero también sus ventajas y eso es lo que trataremos de resaltar. Contrastando métodos tradicionales con un método aparentemente sencillo pero poderoso que puede ser escalado a especificaciones más exigentes dependiendo de las requerimientos que se propongan. En todo caso este estudio sirve como base para enfrentar retos posteriores en los que haya que aplicar visión artificial y emplear brazos robóticos.

Dentro de esta temática nuestro grupo se va a referir al Tema "APLICACIÓN DE VISIÓN CON LABVIEW PARA LA DETECCIÓN DE FRASCOS ENTRE 50 Y 120 MILÍMETROS DE ALTURA", el cuál tiene relación con la innovación de procesos tecnológicos en tareas que anteriormente se realizaban con el trabajo de un determinado número de personas que revisaban de manera visual, o manual, los desperfectos, objetos extraños, tamaños de los envases, supervisión y falencias en general de los diversos procesos industriales.

Una de las soluciones que se solía adoptar era la de ubicar diversos controladores a lo largo de la línea de producción. De esta manera, se podría detectar (mediante inspección ocular) cualquier anomalía que presente el producto. El gran inconveniente de este tipo de muestreo es la poca fiabilidad, ya que la capacidad humana para realizar procesos repetitivos se reduce increíblemente, cuando además se requiere un gran nivel de precisión en la inspección [11]. El resultado de las tareas en referencia, sin apoyo tecnológico, era poco confiable y demandaba mayor cantidad de tiempo y recursos humanos.

De aquí se deriva la importancia de este tema, porque al implementar este proyecto con el software antes mencionado economizaría tiempo, recursos humanos y sobre todo la calidad del proceso se optimizaría y con esto, las empresas que deseen ponerlo en marcha aumentarían sus ganancias.

Cabe señalar que algunos procesos ya se realizan de manera automatizada pero con diversos software y tecnologías presentando en ocasiones algunos inconvenientes, tales como: Instalaciones de alto coste de implementación con un alto nivel de sofisticación en el ajuste y funcionamiento del sistema. Otro inconveniente que suele presentarse radica en factores como la iluminación, espacio y el tiempo de respuesta que podrían ser cruciales dentro de ciertos procesos. Inconvenientes como los mencionados hace que nuevas herramientas como el empleo de la (IMAQ Vision) presente un futuro promisorio para la innovación tecnológica.

Nosotros proponemos, para el proceso de DETECCIÓN DE FRASCOS ENTRE 50 Y 120 MILÍMETROS DE ALTURA el uso de la herramienta IMAQ Vision que es una librería de LabView, que permite implementar aplicaciones inteligentes de imagen y visión; utilizando además la forma de conexión USB, en determinados procesos industriales y en aplicaciones científicas, incluyendo telecomunicaciones, electrónica, automatización, semiconductores, farmacia e investigación.

Este software realiza el proceso mediante programación gráfica generando dos ventanas; una es la que muestra la imagen al usuario que se conoce como Panel Frontal, y la otra que se denomina Diagrama de Bloques donde se ubican los iconos gráficos que en su conjunto constituyen la programación, gracias a su entorno gráfico se facilita el uso para el programador y es de fácil comprensión para terceras personas.

Como ya se mencionó anteriormente la herramienta a utilizar es IMAQ Vision, esta fue diseñada para la visión artificial e investigaciones científicas de la imagen, en donde se necesiten desarrollar aplicaciones en medida, alineamiento, inspección y recuentos. También posee Plantillas que pueden ser muy didácticos y eficientes en dar pautas, para resolver problemas, desde los más sencillos hasta los más complejos.

Además, el Sistema está basado en un PC que ofrece un aumento de productividad y fiabilidad de las líneas de producción, al mismo tiempo una alta eficiencia y la capacidad de realizar tareas de inspección más sofisticadas. Asimismo, las soluciones de visión basadas en PC se han incrementado gracias a la mejora de la relación precio–funcionamiento. Por un lado, el coste será más bajo cuanta más flexibilidad tenga el usuario a la hora de programar la aplicación. Los costes de desarrollo de visión también están disminuyendo porque el hardware y el software son más flexibles y configurables, por lo que se reducen los tiempos de procesamiento.

1.1.1 Instrumentación Virtual

Los sistemas de visión y procesamiento de imágenes basados en PC representan una alternativa a los sistemas convencionales. Impulsado por la convergencia de diversas tecnologías, aplicaciones de visión y procesamiento de imagen basada en PC son hoy en día una realidad. Los avances tecnológicos conseguidos, juntamente con la asombrosa evolución del PC (con micros más potentes y robustos, sistemas operativos más estables), han hecho posible que el usuario final pueda hoy en día desarrollar aplicaciones de procesado de imagen que antes estaban reservadas a auténticos especialistas o a empresas de gran poder adquisitivo.

Gracias a la instrumentación virtual y a la convergencia de al menos cuatro tecnologías ha sido posible que hoy en día se pueda hablar de aplicaciones de procesado de imagen basadas en PC [11]. A continuación, se muestra en la Figura 1 lo expuesto.

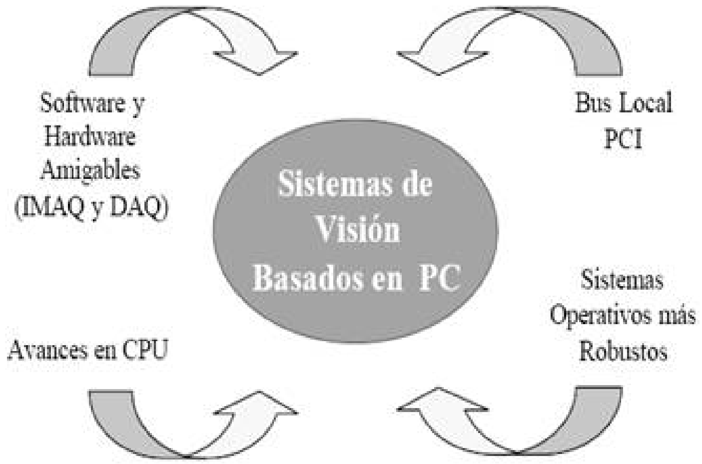


Figura 1. Convergencia de Tecnología

Cada una de las cuatro tecnologías tiene un papel fundamental en el avance de los sistemas de procesamiento de imagen, en los que el PC ha sido un factor trascendental para el desarrollo de este tipo de aplicaciones. Gracias al PC, la instrumentación virtual, es decir, la utilización del PC para realizar funciones de instrumentos de medida, ha sido una realidad desde hace algunos años. Lógicamente, se han aprovechado los beneficios de los ordenadores más potentes y sistemas operativos más robustos, junto con canales de comunicación (puertos USB) más rápidos y flexibles.

A continuación en la Figura 2, se presenta un esquema de lo que se puede considerar como un modelo de un sistema utilizando instrumentación virtual basada en PC [11]:

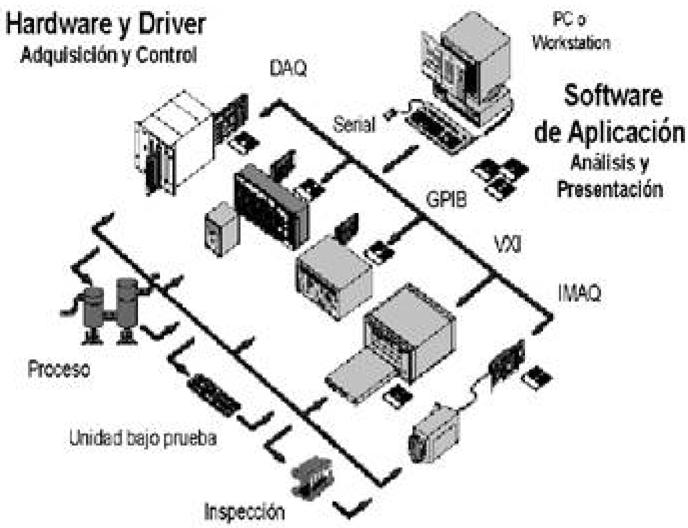


Figura 2. Modelo de un Sistema con Instrumentación Virtual

En el campo de la electrónica cada vez se hace más propicio el uso de instrumentos virtuales y paralelamente con estos el empleo de modernas técnicas de visión artificial especialmente en los sistemas de control de calidad [4].

1.1.2 Sistemas de percepción artificial

Hoy en día, los sistemas de control de calidad de la producción que la industria demanda a la visión artificial, son de cuatro tipos:

- Metrología unidimensional y bidimensional.
- Sistema de guiado: robótica
- Sistemas de inspección en plano

- Metrología tridimensional

En términos generales, un Sistema de Percepción Artificial es un sistema electrónico multisensor capaz de obtener, procesar, analizar y reconocer información relativa al medio donde se encuentra [11]. Los bloques constituyentes de un sistema de percepción artificial, con mayor o menor grado de flexibilidad, se muestran en la Figura 3:

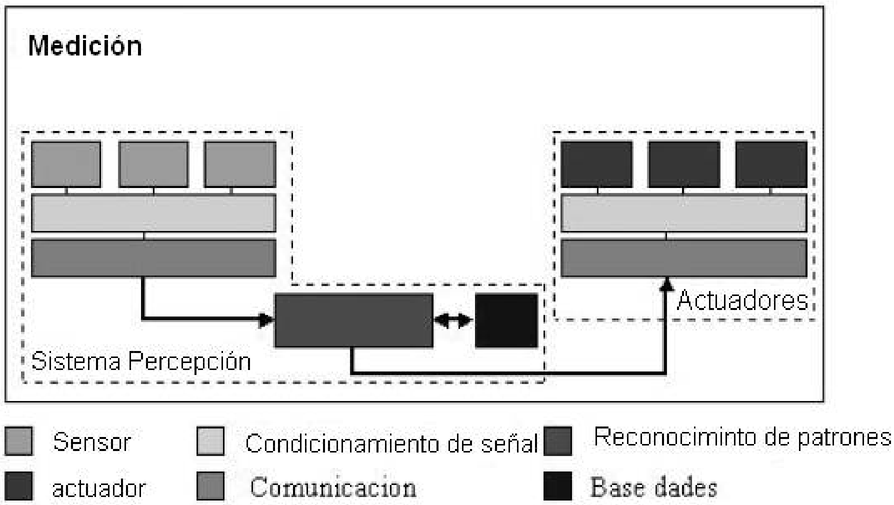


Figura 3. Sistema de Percepción Artificial

Los sensores son los que permiten obtener señales medibles, características del medio que se está analizando. El acondicionamiento de señal se encarga de extraer las características más relevantes procedentes del sistema multisensor. Esta información compacta se denomina patrón. El sistema de reconocimiento de patrones analiza esta información, de manera que es capaz de aprender, categorizar y reconocer los patrones. Los actuadores son un elemento que no forma parte del sistema de percepción propiamente dicho, pero que normalmente se incluye en la mayoría de aplicaciones se quiere actuar en función de la toma de decisiones del sistema.

De entre las aplicaciones de la percepción artificial se puede destacar los siguientes campos [11]:

- Sistemas de Visión
- Sistema de olfato y de gusto
- Sistema de tacto.
- Sistemas de oído

De lo detallado determinamos que el desarrollo tecnológico actualmente permite que los procesos industriales no sean solamente acelerados, si no que, además sean sujetos de supervisión y evaluación, evitando la ocurrencia de errores o permitiendo su corrección oportuna, lo que conlleva al mejoramiento de estos; y a la obtención de resultados no solamente de calidad si no de excelencia.

En este proyecto se presenta una propuesta aplicable al proceso industrial de DETECCIÓN DE FRASCOS ENTRE 50 Y 120 MILÍMETROS DE ALTURA basada en la utilización de Sistemas de Visión, la herramienta IMAQ Vision del software LabView, que integra un Hardware de visión (cámara) basada en ordenadores como se muestra en la Figura 4 [11], la cual permite ejecutar el proceso, monitorear su ejecución, determinando su normalidad o falencias que se suscitaren retroalimentándose para corregir los problemas. Además, la utilización de puertos USB en la tarjeta de interfaz es acorde a las nuevas implementaciones de interconexión de las computadoras.

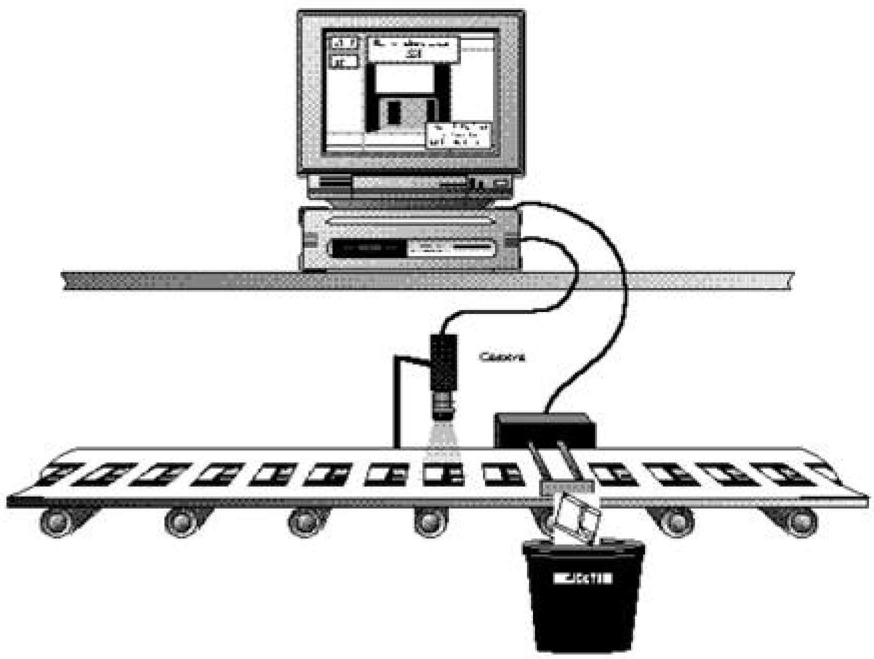


Figura 4. Sistema de Visión basado en PC

El IMAQ es un conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones con la adquisición y el procesamiento de la imagen. Dentro del conjunto de aplicaciones, se pueden distinguir dos grandes bloques:

- **IMAQ Vision Builder:** es una herramienta que sirve para realizar pruebas y ensayos en algoritmos hechos a medida, a la vez que también permite ejecutarlos para comprobar su funcionamiento [11].

- **IMAQ Vision for G**: es un conjunto de funciones disponibles en LabView que nos permiten crear aplicaciones para el tratamiento y procesado de la imagen. Esta funcionalidad es la misma que se consigue con IMAQ Vision Builder, pero en este caso la aplicación se ejecuta desde LabView, con las ventajas que conlleva [11].

El IMAQ Vision Builder incluye una potente aplicación que permite traducir algoritmos que se han creado a partir de LabView. Con esto se ahorra mucho tiempo, ya que es mucho más rápido crear y probar algoritmos con IMAQ Vision Builder que con LabView.

Se utiliza LabView porque tradicionalmente, la mayoría de aplicaciones de control o adquisición de datos se programaban en lenguajes de alto nivel muy potentes tales como el C, Basic, etc. El problema de estos lenguajes es que no proporcionan la posibilidad de realizar la programación de forma gráfica, con lo que ello implica. Por otro lado, existen lenguajes como Visual C++ o Visual Basic que permiten trabajar con entornos gráficos, pero son muchos más complejos en su utilización a nivel de usuario.

En cambio, LabView nos permite por un lado diseñar las plantillas que verá el usuario y a través de las cuales interaccionará con el proceso a controlar. Por otro lado, este software permite realizar el diseño de las diferentes subrutinas de control de manera simplificada y ordenada, pudiendo ser llamadas desde el programa principal.

Otro de los motivos de la utilización de LabView es que el lenguaje incorpora una gran cantidad de herramientas para el control de instrumentos de laboratorios y periféricos de PC. Todo esto facilita mucho el trabajo y aporta flexibilidad al sistema.

Los componentes necesarios para formar un sistema de visión basado en PC se listan a continuación y se muestran en la Figura 5:

- Iluminación apropiada
- Lentes
- Cámara
- El software de la aplicación (LabView, IMAQ Vision)
- Un PC (Ordenador Personal)

Describiendo estos elementos claves tenemos [11]:

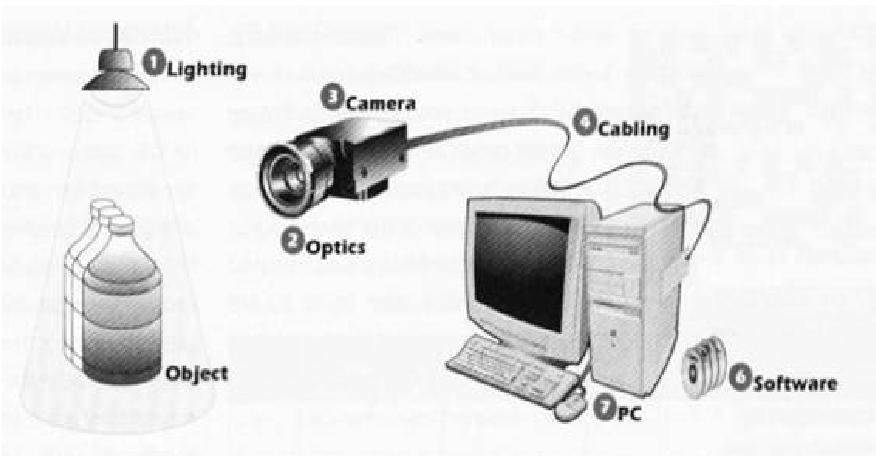


Figura 5. Componentes para un Sistema de Visión

1. **Iluminación:** Se tiene que pensar en la iluminación como el análogo al condicionamiento de señal en una aplicación

de adquisición de datos. Seleccionando la técnica de iluminación adecuada, el desarrollo del software se puede simplificar enormemente. En otras palabras, si la escena está correctamente iluminada, la imagen adquirida tiene muchas posibilidades de ser procesada con éxito.

2. **Lentes:** Las especificaciones de la cámara y la lente son vitales, dependiendo de las dimensiones del frasco a inspeccionar.

3. **Cámara:** Se pueden solucionar muchas aplicaciones de visión con cámaras analógicas estándar (monocromo y de color), ya que son fáciles de configurar y mantener. En cambio, si se quiere mejorar la resolución y velocidades de adquisición, se deben utilizar cámaras digitales.

4. **Software de aplicación**: el cual puede ser gráfico, en nuestro caso este software es LabView, el mismo que posee la librería IMAQ Vision.

5. **Ordenador Personal,** no se requieren de uno muy sofisticado y además el software con el que vamos a trabajar responde con cualquier sistema operativo.

Gracias a esta estructura, se puede realizar un programa que realice la adquisición de datos a un nivel bastante simplificado. Es el paquete de interfase entre el hardware (cámara - PC) y la aplicación (NI - IMAQ), el que se encarga de transformar las órdenes a nivel de LabView en señales apropiadas hacia el hardware para realizar las capturas correctamente [11]. A continuación, se presenta la Figura 6 en la que se muestra la relación flexibilidad-coste en los sistemas de visión artificial:

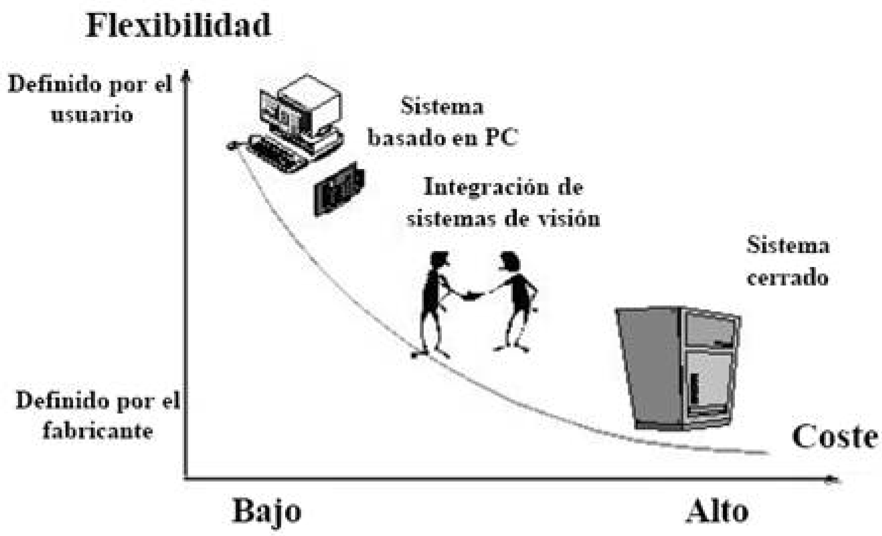


Figura 6. Relación Flexibilidad-Coste

A continuación se describirá brevemente los pasos a seguir para desarrollar nuestro Proyecto:

Se trata de montar un sistema de visión artificial en el entorno de una banda transportadora de envases, el sistema será capaz de detectarlos y realizar el control del tamaño, pudiendo reconocer frascos de diferentes longitudes, además el sistema tiene que ser capaz de detectar el paso de la plataforma sobre la que viajaran los envases, captar una imagen y procesarla para verificar la validez del producto.

Dependiendo del resultado de la inspección, la banda transportadora avanzará o se mantendrá detenida hasta que el empuja frasco bote la botella rechazada.

Para llevar a cabo el proyecto, se dispone de una cámara Genius Eye 110 y el software LabView necesario para diseñar, depurar e implementar aplicaciones de visión artificial (librerías de IMAQ Vision de LabView).

Para obtener el resultado deseado, el entorno desarrollado tiene que ser lo suficientemente flexible para futuros cambios, además, tiene que estar bien documentado para que otro programador pueda entender para qué sirve cada parte del programa. Por otro lado, se tratará de realizar un ambiente lo más amigable posible para que sea de fácil comprensión para el usuario o cliente final.

Una vez realizado el programa se procederá a la instalación del software del hardware de visión (cámara USB) que va a ser utilizado en este proyecto, hay que tener presente que se tomarán las siguientes consideraciones para obtener un correcto funcionamiento de la cámara tales como: parámetros del sistema de visión, luz y movimiento.

Los parámetros del sistema de visión comprenden: resolución, campo de visión, trabajo a distancia, tamaño del sensor, y la profundidad de campo. La Luz es un factor muy importante ya que condiciona el correcto funcionamiento del sistema, es por esto que hay que tener presente el cambio de iluminación que se produce en el día. Para evitar problemas como el desenfoque, ocasionados por el movimiento de los objetos a muestrear se recomienda adquirir cámaras de escaneo progresivo o lineal.

Después de haber realizado las etapas mencionadas, se procede a acoplar el hardware de visión con LabView, y las siguientes pruebas nos permitirán verificar la correcta ubicación de la cámara y al mismo tiempo la comprobación del entorno desarrollado en LabView.

El entorno creado realizara tres operaciones básicas, las mismas que se muestran en la Figura 7:

Figura 7. Pasos del Sistema

Adquisición: mediante esta función el usuario adquiere la imagen de un envase, para luego seleccionar la región de interés eligiendo la imagen patrón que será la que se utilizará para la detección de las demás imágenes adquiridas.

Escaneo: en esta función se escaneará la imagen obtenida anteriormente para ser procesada, en este proceso se buscará puntos de referencia en la imagen patrón obtenida en la primera etapa.

Inspección: en esta función haremos que la aplicación trabaje en modo continuo, es decir, que el procesamiento a partir de esta etapa es rápido, por lo tanto cada vez que se detecte un envase éste será comparado con la imagen anteriormente obtenida.

1.2 Planteamiento del Problema

El escaso aprovechamiento de la herramienta IMAQ Vision con la que cuenta el software LabView, en la ejecución, monitoreo y evaluación de problemas de inspección nos indujo a tratar de resolver el problema planteado al inicio de esta Tesis con la ayuda de LabView, pues dicho software cuenta con las herramientas necesarias para poder abordar de una manera sencilla pero eficaz la detección de frascos entre 50 y 120 mm de altura.

Para poder desarrollar la solución de una manera integral atacaremos el problema por partes, es decir, crearemos módulos o para ser más específicos Sub-Vi’s debidamente documentados, que por si solos no podrán resolver el problema general, pero una vez que estos puedan trabajar juntos de una manera armónica y sistematizada no solo que lo resolverán si no que será fácil de entender para otros programadores.

Se ha diseñado una especie de plan de trabajo el cual nos va a permitir enfocarnos en problemas específicos, tales como: creación de un módulo que sirva para capturar imágenes que servirán de patrones en los análisis posteriores, luego nos enfocaremos en un módulo que permitirá capturar imágenes para luego ser analizadas con base en los patrones capturados en el paso anterior para lo último dejar el módulo de decisión, es decir, una vez analizada la botella se decidirá que hacer con la misma dependiendo del resultado obtenido en el análisis.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Documentar, Diseñar, Sistematizar y Armonizar el uso del programa desarrollado con la herramienta IMAQ Vision de LabView para permitir su utilización como una opción modular de la plataforma empleada**.**

1.3.2 Objetivos Específicos

a) Investigar y recopilar información que permitan identificar los componentes de la herramienta IMAQ Vision del software LabView.

b) Desarrollar un ambiente diseñando diversos módulos de procesamiento de imágenes que permitan la detección de frascos entre 50 y 120 mm de altura usando la herramienta IMAQ Vision del software LabView.

c) Establecer subrutinas que permitan el monitoreo y evaluación del proceso.

d) Flexibilizar el programa para la realización de cambios rápidos o modulares en la programación que se acoplen a nuevas posiciones de trabajo.

e) Acoplar el programa a la plataforma empleada tomando en cuenta todas sus características.

1.3.3 Preguntas Científicas

¿Cuáles son los elementos principales del proyecto para la detección de frascos entre 50 y 120 mm de altura?

¿Qué funciones cumple la cámara en el proyecto?

¿Qué funciones cumple el PC?

¿Qué función cumple el software LabView?

¿Qué función cumple el frasco?

¿Qué importancia tiene la iluminación en el proceso?

¿Cuál es la función de los módulos que integran el proyecto?

¿Qué subrutinas para el monitoreo y evaluación tiene el proyecto?

¿Cómo implementar en el programa la generación de cambios?

¿Cuál es el proceso para acoplar el proyecto a la plataforma?

1.4 Definición de Variables

En esta parte trataremos de explicar de una manera muy breve cada uno de los elementos relevantes de esta tesis, y de está manera se pueda entender la importancia de cada una de las mismas.

Cámara (a utilizar en el proyecto), es una WebCam Genius Eye 110, esta es la que nos va a servir para capturar imágenes y poder desarrollar las comparaciones necesarias para un correcto desempeño de nuestro proyecto, la cámara cuenta con las siguientes características:

- Posibilidad de seleccionar entre 40 marcos distintos con el software incluido
- Función de Tracking Face; esto implica que el marco se va a centrar automáticamente en el centro de la pantalla, pero cuando el usuario esté mirando a través del display, su rostro aparecerá en la imagen tomada.

- Modo de pantalla completa (para mostrar la cámara web sobre toda la superficie de la pantalla).
- Rotación de imágenes hasta los 90 grados.
- La cámara puede almacenar archivos en el disco rígido del CPU al detectar cualquier tipo de movimiento.
- Sensor de imagen de 100k pixeles.
- Foco manual.
- Compatible con Windows 98/Me/2000/XP/Vista.
- Conexión USB.

PC, es el lugar donde se procesa la información, si bien es cierto el software no requiere una máquina muy sofisticada para poder trabajar, se recomienda una computadora que cuente con un buen procesador Pentium 3 (mayor a 2.0 Ghz.), suficiente memoria RAM (mayor a 512 Mb.) y un espacio de memoria en el disco mayor a 10 gigas para poder ejecutar todas las instrucciones de manera rápida de tal manera que el usuario no pueda percibir los retardos que experimenta el programa cada vez que realiza una acción.

Software LabView, es un programa para el desarrollo de aplicaciones de propósitos generales, tales como el C, C++, Basic, Pascal, con la diferencia de que en este software la programación se la realiza mediante gráficos y no con líneas de código, es por esta razón que LabView esta tomando gran popularidad entre los programadores [1].

Frascos, son los objetos a reconocer en nuestro proyecto, cabe señalar que lo de grandes es una percepción, pues en nuestro caso vamos ha usar tres tipos de frascos, que los identificaremos como:

- **Tipo A,** cuya longitud comprende desde 8.5 a 9 cm.
- **Tipo B,** cuya longitud comprende desde 10.1 a 10.9 cm.
- **Tipo C,** cuya longitud comprende desde 11 a 12 cm.

Iluminación, la iluminación es un punto de inflexión del proyecto ya que de esta depende en gran medida el éxito o fracaso del mismo. Es una función vital para realizar un apropiado acondicionamiento del campo de la imagen, separando el elemento a inspeccionar de su entorno.

Los aspectos básicos que se buscan con una buena iluminación son:

- Luz homogénea sobre el campo de visión.

- Máximo contraste para las características de interés.
- Mínimo contraste de las características que no interesan.
- Mínima sensibilidad a variaciones ambientales.

Para un mejor resultado se aisló el área de interés de las condiciones ambientales, se creó una cámara oscura con una fuente de luz en su interior, consiguiendo de este modo niveles de luz constantes que facilitan el proceso de análisis, las imágenes del interior y exterior de ésta se muestran en las Figuras 8 y 9 respectivamente. La cámara oscura, tiene como objetivo eliminar los reflejos de la luz externa, fue elaborada en MDF (fibras de madera) por ser una estructura homogénea y fácil de trabajar, la forma que se le dio a la misma es cúbica, sus dimensiones son:

- Ancho: 48,1 cm
- Profundidad: 86,3 cm
- Altura: 69,9 cm

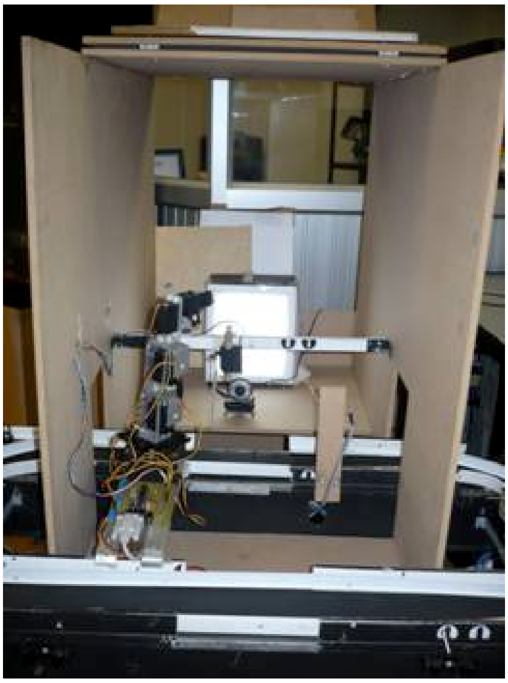


Figura 8. Interior de Cámara Oscura

Figura 9. Exterior de Cámara Oscura

La fuente de luz se la usa para iluminar la cámara oscura, ésta es fluorescente ya que al ser homogénea, es excelente para el procesamiento digital de imágenes; se ilumina a la botella frontalmente, con lo cual se consigue un nivel de luminiscencia constante. Se han minimizado efectos de sombras y reflejos de las botellas, de manera que facilita las tareas a realizarse. La fuente se colocó a 37 cm del borde de la banda transportadora, reduciendo así la distorsión de perspectiva de la botella, sus dimensiones son:

- Ancho: 18cm
- Altura: 21cm
- Profundidad: 10cm

Las características de los bombillos fluorescentes a usarse son:

- 1 bombillo de 15W – 120V
- 1 bombillo de 20w – 120V

En la Figura 10, se muestra la fuente de luz encendida dentro de la cámara oscura:

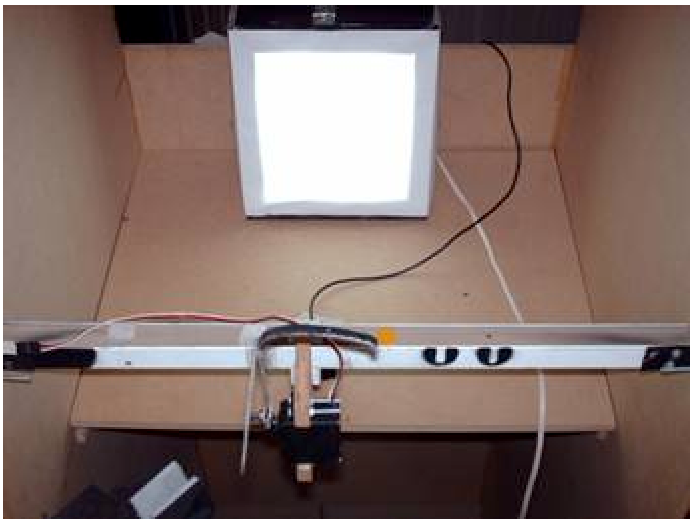


Figura 10. Fuente de Luz

Se debe de tomar en consideración que se colocó un fondo blanco para producir un contraste adecuado con la botella, asegurando así una óptima localización de la misma cuando se realiza el proceso de visión.

Al ser LabView un software de programación gráfica, facilitó en gran medida la elaboración del programa necesario para poder gobernar todas las variables inmersas en la detección de frascos.

CAPITULO 2

2. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

2.1 Programas utilizados en el Proceso de Detección de Frascos entre 50 y 120 milímetros de Altura

Para realizar de una manera correcta el proceso de detección de frascos se debe tomar en cuenta un sin número de parámetros, como son: la iluminación, el lenguaje para desarrollar el entorno (en nuestro caso LabView), el objeto que se pretende identificar (frascos), distancia (entre la cámara y objeto), resolución de la cámara entre otros. Solo así se podrán obtener resultados plausibles y de entera confianza. A continuación se procederá de manera muy breve a describir cada uno de los ítems señalados.

La iluminación se puede considerar como el punto más importante para el desarrollo de este proyecto, ya que de esta va a depender el tipo de datos que recoja la cámara, es decir, el proyecto puede fracasar debido a la falta o exceso de luz. Por consiguiente se deberán tomar todas las precauciones del caso para contar con una iluminación adecuada y así poder obtener resultados valederos, no olvidar que la luz es un factor que varia durante el día.

LabView 8.5 es el software en el va a desarrollar la interfaz entre el hardware de visión y el ordenador [1], ¿Por qué este programa? la respuesta es fácil, por su programación gráfica, bajo costo en la implementación y excelentes resultados; además que por usar lenguaje gráfico facilita la programación, incluso en programadores novatos.

Los objetos a identificar en este proyecto son frascos, los mismos que serán de diferentes longitudes para poder apreciar el correcto funcionamiento del sistema. Dichos frascos son los que comúnmente se observan conteniendo productos farmacéuticos o de belleza, aunque en nuestro caso van a estar llenos de agua para darles mayor estabilidad al momento de ser transportados por la banda. Se escogió esta clase de frascos debido a que son fáciles de conseguir en el mercado y facilita el desarrollo de este proyecto. Vale decir que el sistema se lo puede adaptar para que reconozca otros tipos de frascos o botellas.

Otro parámetro que se tiene que considerar es la distancia entre la cámara y la banda transportadora, debido a que como es de suponerse esta tiene que estar a una distancia específica para que la cámara pueda trabajar de manera óptima y así poder captar lo necesario y conveniente para el correcto funcionamiento del sistema, se recomienda que la distancia antes mencionada sea de aproximadamente 20 cm, ya que nosotros necesitamos tener una vista completa de los frascos a utilizar, claro que esta distancia puede variar en caso de que se quiera adaptar el sistema para otra aplicación.

La resolución es otro ítem a tener en cuenta ya que una pobre resolución haría que las imágenes captadas por la cámara sean muy pixeliadas y no se podrían apreciar las características del frasco a analizar, que en nuestro caso es la longitud.

Ahora es tiempo de hablar sobre la función de la banda transportadora por donde se van a deslizar los frascos para ser analizados, la misma que permitirá simular en el laboratorio un ambiente de trabajo similar al de una línea de verificación de productos embotellados generando un circuito cerrado donde las botellas pasan continuamente por cámaras que permitirán detectar irregularidades.

2.2 LabView 8.5

LabView es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico para Pruebas, Control y Diseño mediante la programación gráfica, es decir, no se necesita líneas de texto de código para desarrollar un programa, siendo igual o más funcional que los tradicionales (escritos); y a diferencia de los lenguajes de propósito general, LabView provee funcionalidad específica para que pueda acelerar el desarrollo de aplicaciones de medición, control y automatización. El lenguaje que usa se denomina Lenguaje G [12].

Este programa fue creado por NATIONAL INSTRUMENTS (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986 y a lo largo de estas dos décadas ha ido evolucionando hasta alcanzar una gran flexibilidad y popularidad entre los programadores, desde novatos hasta expertos. Hoy en día, está disponible para las plataformas Windows, UNIX, Linux; incluso se cuenta con la versión 8.20 y 8.5 con soporte para Windows Vista [12].

LabView aporta herramientas poderosas para crear aplicaciones que rápidamente pueden servir como interfases de usuario; los programas desarrollados con LabView se llaman Instrumentos Virtuales o VIs. El lema de LabView es: "La potencia está en el Software". Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño), y el permitir la entrada a la informática a programadores no expertos. Esto no significa que la empresa haga únicamente software, sino también que busca combinar este software con todo tipo de hardware, tanto propio - tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, y otro Hardware - como de terceras empresas [12].

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como [12]:

- Adquisición de Datos.
- Control de instrumentos
- Automatización Industrial o PAC (Controlador de Automatización Programable)
- Diseño de control: prototipaje rápido y hardware en el ciclo (HIL)
- Diseño Embebido
- Domótica

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación, pudiéndose realizar programas relativamente complejos, los mismos que serían difíciles con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabView, cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él. Para los amantes de lo complejo, con LabView pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y calidad. Por otro lado, en muchas aplicaciones, la velocidad de ejecución es vital, con un compilador incluido que genera código optimizado; las aplicaciones en LabView, entregan velocidades de ejecución comparables con programas C compilados.

LabView está altamente integrado con el hardware de medida, por lo que se puede configurar y usar rápidamente cualquier dispositivo de medida que se tenga. Con LabView puede conectarse a miles de instrumentos para construir sistemas de medida completos, incluyendo cualquier tipo de instrumento autónomo hasta dispositivos de adquisición de datos, controladores de movimiento y sistemas de adquisición de imagen. Además LabView trabaja con más de 1000 librerías de instrumentos de cientos de fabricantes, y muchos fabricantes de dispositivos de medida incluyen también herramientas de LabView con sus productos.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones
- Puerto Serie
- Puerto Paralelo
- GPIB
- PXI
- VXI
- TCP/IP, UDP, Data Socket
- Irda
- Bluetooth
- USB
- OPC
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:
    - DLL, librerías de funciones

  - .NET
  - ActiveX
  - MultiSim
  - Matlab/Simulink
  - AutoCAD, SolidWorks, etc
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior) [10].
- Tiempo Real, estrictamente hablando.
- Programación de FPGAs para control o validación.
- Sincronización entre dispositivos.

2.3 Paquete de Adquisición IMAQ Vision

IMAQ Vision es una herramienta de LabView que incorporó NATIONAL INSTRUMENTS en el año 2002 con el lanzamiento de la versión 6.1; sirve para el procesamiento de imágenes que facilita la creación de aplicaciones inteligentes de visión artificial y su reconocimiento. Permite trabajar con un hardware de visión que en este caso será una cámara USB con la finalidad de efectuar capturas, monitoreos, comparaciones y posteriores tomas de decisiones en diversos procesos de automatización de la industria, como en nuestro caso el control de calidad [9].

Se tienen que considerar una serie de conceptos y pasos para lograr un mejor desempeño en la elaboración de sistemas de reconocimiento de imágenes; para así poder cumplir con los objetivos planteados sin ningún inconveniente. Además en la adquisición de imágenes se deben tener en cuenta ciertos parámetros para una satisfactoria captura de imágenes como son: sistema de reconocimiento de imágenes, que pueden ser adquisición de la imagen (muestreo, discretización y almacenamiento digital); pre-procesamiento (realce, suavizado, etc.); segmentación (extracción de objetos); y por último interpretación de la escena, tal como se muestra en la Figura 11.

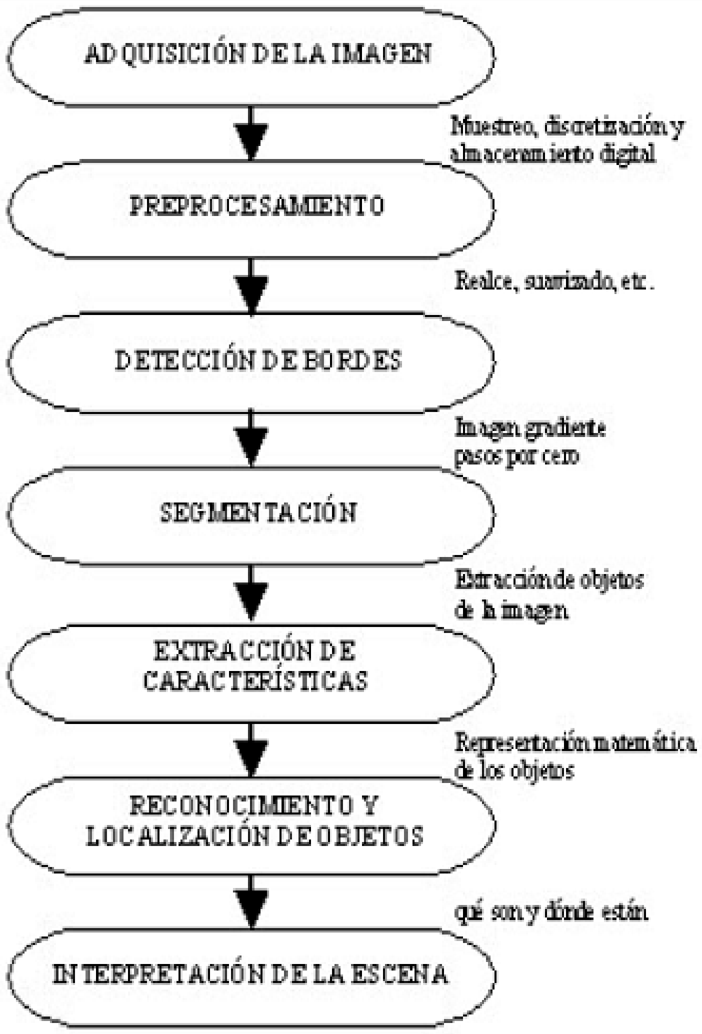


Figura 11. Parámetros para la captura de imágenes

La herramienta cuenta con el programa IMAQ Vision Builder mediante el cual se desarrollan prototipos para acelerar los procesos de visión pudiendo acceder a los beneficios tales como:

- Obtener ideas para resolver tu aplicación usando el asistente.
- Testar diferentes estrategias de procesado.

- Testar una particular estrategia sobre un grupo de imágenes.
- Explorar con la opción “que pasa si…”.
- Rápidamente visualizar los efectos de cambiar los parámetros de procesamiento de una imagen.
- Medir rendimiento de tu aplicación.

Gracias a su entorno gráfico a facilitado enormemente el desarrollo de proyectos en los cuales se necesiten procesar imágenes sin la necesidad de ser expertos en programación. Para trabajos bajo presión, reducción de costo y tiempo, el IMAQ Vision Builder acelera los desarrollos. Cuenta con la opción Vision Solutions Wizard que presenta de una manera didáctica y eficiente el amplio rango de aplicaciones. Se puede crear interactivamente un esquema de IMAQ Vision Builder que puedes rechazar o usar; además, IMAQ Vision Builder genera código del LabView o salida de un archivo fuente. Al usar esta aplicación se genera un bloque interactivo en el cual se incluyen diferentes funciones como adquisición, análisis, visualización y constantes; se lo puede integrar en el diseño para controlar el movimiento. La adquisición de datos, también cuenta con la facilidad de poder modificar el diagrama sin ningún problema. Luego de adquirir la imagen deseada, se ejecuta el respectivo esquema para cargar los resultados, que dependiendo de nuestras necesidades pueden ser localización, medidas, etc.

Por todo lo señalado en el párrafo anterior IMAQ Vision esta teniendo gran aceptación para el desarrollo de soluciones donde se involucre la visión artificial. Otro punto a favor es la flexibilidad con que cuenta esta herramienta ya que con unos pequeños cambios se pueden dar soluciones a problemas diferentes aunque relacionados.

Ahora es necesario tener los conocimientos básicos para una correcta captura de imágenes, es decir, cubrir todos los parámetros que aquí se involucran, tales como: resolución, campo de visión, trabajo a distancia, tamaño del sensor, profundidad de campo.

Resolución, la más pequeña característica de tamaño sobre un objeto que el sistema de visión puede distinguir.

Campo de visión, el área de inspección que la cámara puede adquirir.

Distancia de trabajo, la distancia desde el frontal de la lente de la cámara al objeto bajo inspección.

Tamaño del sensor, el tamaño del área activa del sensor.

Profundidad de campo, la máxima profundidad que permanece enfocada.

La forma como enfoquemos el sistema varía según las exigencias, tipo de análisis, procesamiento e inspección que se necesite. El sistema de visión debe ser capaz de obtener imágenes aptas para extraer información. Cinco factores contribuyen a la calidad de la imagen: resolución, contraste, profundidad del campo, perspectiva y distorsión [14].

Resolución, indica la cantidad de detalles del objeto que el hardware de visión puede reproducir. Se puede determinar la resolución requerida del sistema de visión por la medición del tamaño de la característica más pequeña que se necesita detectar en la imagen [14].

Para realizar mediciones precisas, un mínimo de 2 píxeles deberían de representar el rasgo más pequeño que se quiere detectar en imágenes digitales. Con esta información se puede usar la siguiente guía para elegir la cámara apropiada y la lente para la aplicación:

Determinar la Resolución del Sensor de la Cámara

Es el número de columnas y filas de píxeles CCD (Change-Coupled Device), en el sensor de la cámara. Para calcular la resolución, se necesita conocer el campo de visión (FOV, Field of View). El FOV es el área bajo inspección que la cámara puede adquirir. Las dimensiones horizontales y verticales del área inspeccionada determina el FOV. Se debe estar seguro que el FOV incluye el objeto que se quiere inspeccionar. Una vez que se conoce el FOV, se puede usar la siguiente ecuación para determinar la resolución del sensor a usar [9]:

$$\mathrm{Re}\,solution = (FOV/resolution) \times 2 = (FOV/size\,of\;smallest\,feature) \times 2$$

Ecuación 1. Resolución

Las cámaras se fabrican con resoluciones Standard, la Tabla 1 muestra algunos valores típicos de sensores de las cámaras [14].

Numero de CCD Pixel	Costo	FOV	Resolución
640 x 480	$500+	60 mm	0.185 mm
768 x 572	$750+	60 mm	0.156 mm
1280 x 1024	$5000+	60 mm	0.093 mm
2048 x 2048	$22000+	60 mm	0.058 mm
3072 x 2048	$32000+	60 mm	0.039 mm

Tabla 1. Valores de Sensores de las Cámaras

Si se necesita un sensor resolutivo que no corresponde a estándares, se elige una cámara cuyo sensor es de mayor resolución que la necesaria o se aplican varias cámaras.

Otro factor importante que afecta a la elección de la cámara es el tamaño físico del sensor. En la Figura 12 se muestra el tamaño del sensor para estándares 1/3 pulg., ½ pulg., y 2/3 pulg. Se ha de notar que el nombre de los sensores no refleja las dimensiones reales del sensor [14].

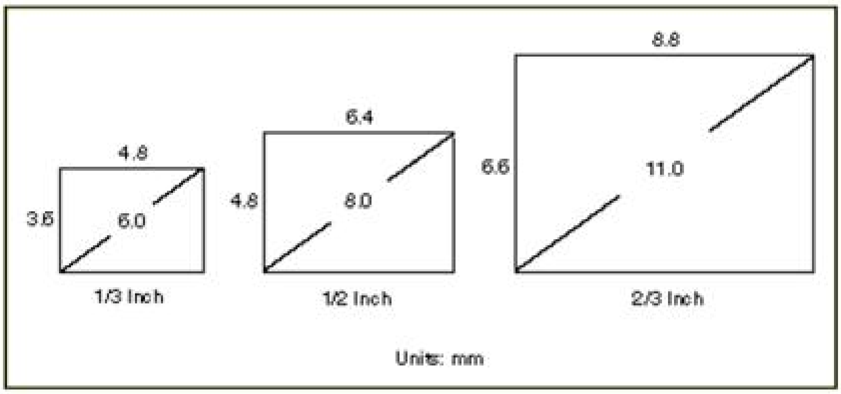


Figura 12. Tamaños comunes de los sensores y sus dimensiones

Determinar la Distancia Focal de la Lente

Una lente esta definida por la distancia focal. La Figura 13 ilustra las relaciones entre la distancia focal de la lente, campo de visión, tamaño del sensor y distancia de trabajo [14].

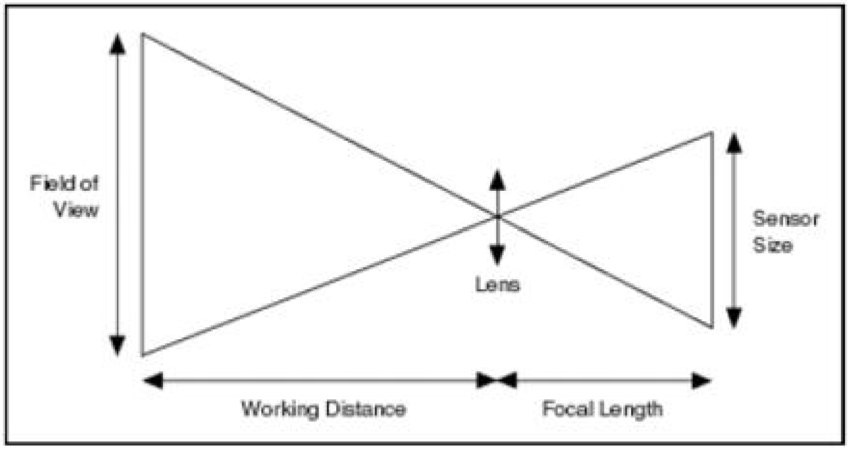


Figura 13. Relaciones entre los diferentes parámetros de la lente

Si se conoce el FOV, el tamaño del sensor y la distancia de trabajo, se puede calcular la distancia focal que se necesita usar mediante la fórmula [9]:

$$Focal\ Length = sensor\ size \times working\ dis\tan ce / FOV$$

Ecuación 2. Distancia Focal

Las lentes son fabricadas con un limitado número de longitudes focales, las más comunes son 6 mm., 8 mm., 12.5 mm., 25 mm., y 50 mm. Una vez que se elige las lentes cuya longitud focal esta cercana a la longitud focal requerida por el sistema de visión, se necesitará ajustar la distancia de trabajo del objeto que se esta observando.

Las lentes con longitudes focales pequeñas (menos de 12 mm) producen imágenes con una notable distorsión. Si la aplicación es sensible a la distorsión, se intenta incrementar la distancia de trabajo y se usa lentes con una alta longitud focal. Si no se puede modificar la distancia de trabajo, se obliga a cambiar la lente.

Se necesita un ajuste fino de varios parámetros de la ecuación 2, hasta llegar a la correcta combinación de los componentes que encajen en las necesidades de inspección de coste.

Contraste, la resolución y el contraste están estrechamente relacionados con factores que contribuyen a la calidad de la imagen. El contraste define la diferencia en valores de intensidad entre el objeto bajo inspección y el fondo. El sistema de visión debería tener suficiente contraste para distinguir objetos desde el fondo. Las técnicas de luz pueden realzar el contraste del sistema.

Profundidad de Campo, la profundidad de campo de la lente es la habilidad de mantener enfocados objetos localizados en varias distancias desde la cámara. Si se necesita inspeccionar objetos con varias alturas, se eligen lentes que puedan mantener la calidad de imagen que se necesita tanto en los objetos cercanos como en los lejanos. Se puede incrementar la profundidad de campo al cerrar el iris de las lentes y además de incrementar la luz.

Perspectiva, los errores de perspectiva ocurren cuando los ejes de la cámara no están perpendiculares al objeto bajo inspección [13]. En la Figura 14 se muestra la correcta manera de posición: La Figura 14.a muestra una cámara con una posición idealidad. La Figura 14.b muestra una cámara adquiriendo imágenes desde un ángulo.

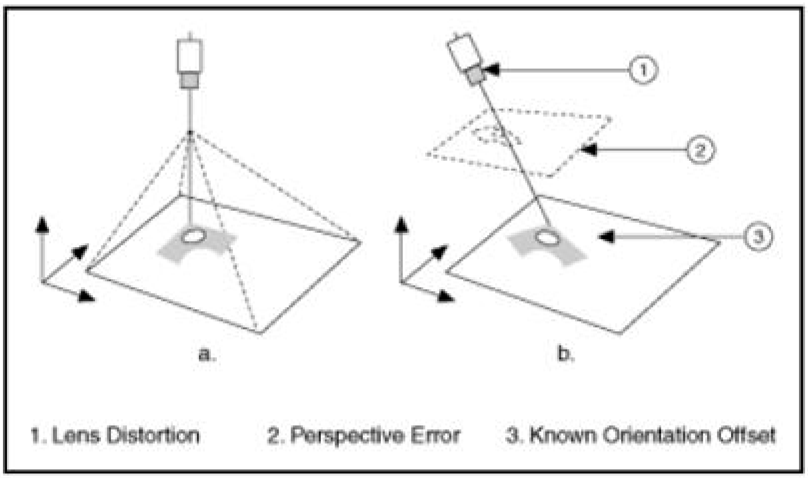


Figura 14. Posicionamiento de la Cámara

Los resultados se pueden apreciar en la Figura 15, la Figura 15.a muestra una rejilla de puntos mientras que la Figura 15.b ilustra errores de perspectiva causados por la visión de una rejilla con cierto ángulo [13].

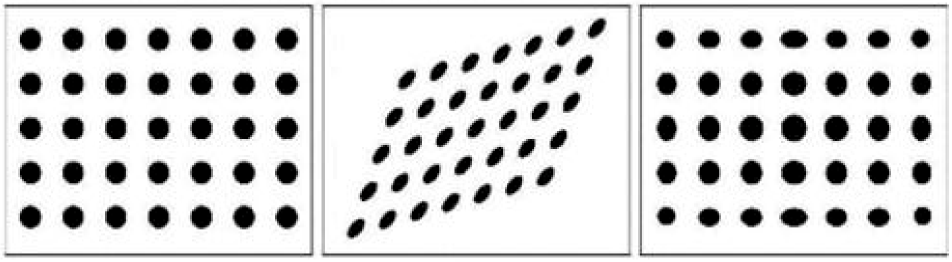


Figura 15. Resultado por tipos de perspectivas

Distorsión, la distorsión no-lineal es una aberración geométrica causada por errores ópticos en la lente de la cámara. Cualquier lente de cámara estándar introduce distorsión radial. Esto causa puntos que están lejos del centro óptico de la lente aparentan que están más lejos del centro de lo que realmente están. La Figura 15.c ilustra el efecto de distorsión sobre una rejilla de puntos. Cuando la distorsión ocurre, la información recibida está distorsionada, pero la información no esta necesariamente perdida. Por lo tanto, se puede distorsionar la imagen a través de calibración espacial [14].

2.4 Funcionamiento y Manejo de los DSPICs

2.4.1 Historia

Hasta la década de los años 80 el tratamiento de las señales analógicas (luz solar, temperatura, velocidad del viento, etc.) se realizaban en circuitos electrónicos analógicos implementados a base de componentes activos y pasivos entre los que destacaba el amplificador operacional (OPAM), cuyo nombre provenía de la facilidad en realizar operaciones matemáticas mediante diversos circuitos que retroalimentaban la salida con la entrada.

Dos características típicas de las señales analógicas a procesar son la elevada frecuencia a la que se producen y la necesidad de su tratamiento en tiempo real. A partir de 1980 los avances tecnológicos permitieron integrar en un chip gran cantidad de transistores y otros componentes, lo cual combinado con el perfeccionamiento de la arquitectura de los computadores digitales facilitaron la construcción de circuitos integrados, conteniendo procesadores digitales especializados en el tratamiento matemático de las señales analógicas.

Cuando se pudo implementar sobre un chip todos los componentes necesarios para construir un computador digital junto a recursos complementarios, apareció el Microcontrolador. De esta manera se puede definir al Microcontrolador como un circuito integrado programable que contiene un computador digital y ciertos recursos auxiliares, empleado para controlar un determinado proceso; su reducido tamaño facilita su instalación en el elemento a gobernar, esto se denomina controlador embebido. Sin embargo, con el avance vertiginoso de la tecnología han surgido nuevas áreas de aplicación que requieren una mayor exigencia, existiendo problemas donde su eficiencia en precisión y velocidad se ve limitada.

Por las razones anotadas en el párrafo anterior, surgió la necesidad de seguir investigando en este campo, gracias a ello en la actualidad se cuenta con poderosos microcontroladores (MCUs), este es un computador digital mono-chip orientado al procesamiento de la información procedente de una secuencia de muestras de una señal analógica, por eso reciben el nombre de Procesadores Digitales de Señal o DSP. MICROCHIP hoy es uno de los líderes del mercado de microcontroladores. Algunos de sus productos son:

- Microcontroladores PIC.
    - PIC16F84.
    - PIC16F87X.
    - PIC16F88.

- DSPICs.
- PIC32 (MCUs de 32 bits).
- Productos de radio-frecuencia.

Hoy en día se utilizan DSP para solucionar una amplia gama de problemas, como los que se muestran en la Figura 16.

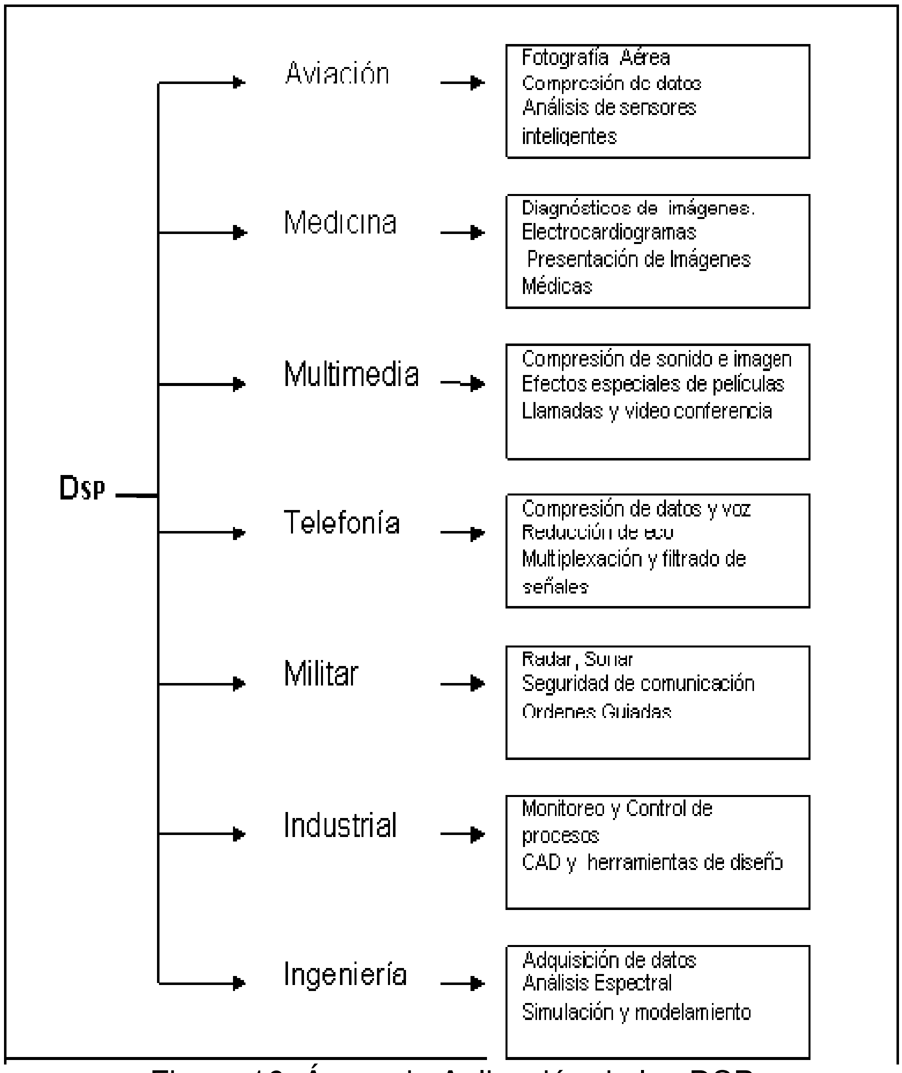


Figura 16. Áreas de Aplicación de los DSP

2.4.2 Variaciones del PIC

Los viejos PICs con memoria PROM o EPROM se están renovando gradualmente por chips con memoria Flash. Así mismo, el juego de instrucciones original de 12 bits del PIC1650 y sus descendientes directos ha sido suplantado por juegos de instrucciones de 14 y 16 bits. Microchip aún vende versiones PROM y EPROM de la mayoría de los PICs para soporte de aplicaciones antiguas. Se pueden considerar tres grandes gamas de MCUs PIC: Los básicos (Line-base), los de medio rango (Mid-Range) y los de alta rendimiento (High-performance). Los **PIC18** son considerados de alto desempeño y tienen entre sus miembros a PICs con módulos de comunicación y protocolos avanzados (USB, Ethernet, Zigbee por ejemplo). Los DSPICs según el uso que se les vaya a dar se puede clasificar en: propósito general, para aplicaciones de control de motores, y por último los que se usan para el control de sensores. Ahora hablaremos de manera muy breve sobre algunas prestaciones que poseen los DSP actuales:

PICs Inalámbricos

El Microcontrolador RFPIC integra todas las prestaciones del PICmicro de Microchip con la capacidad de comunicación inalámbrica UHF para aplicaciones RF de baja potencia. Estos dispositivos ofrecen un diseño muy comprimido para ajustarse a los cada vez más demandados requerimientos de miniaturización en aparatos electrónicos. A pesar de esto, no parecen tener mucha salida en el mercado.

2.4.3 PICs para Procesado de Señal (DSPICs)

Los DSPICs son el penúltimo lanzamiento de MICROCHIP, comenzando a producirlos a gran escala a finales del 2004, son los primeros PICs con bus de datos inherente de 16 bits. Incorporan todas las posibilidades de los anteriores PICs y añaden las principales operaciones de DSP implementadas en hardware, como multiplicación con suma de acumulador (MAC), multiplicación 16x16 bits (Bit Reversion); lo que facilita enormemente la transición entre los diseños clásicos y los más complejos y propios del procesamiento digital de señales

2.4.4 PICs de 32 bits (PIC32)

Microchip Technology lanzo en noviembre del 2007 los nuevos microcontroladores de 32 bits con una velocidad de procesamiento de 1.5 DMIPS/MHz con capacidad HOST USB.

Estos MCUs permiten un procesamiento de información increíble con un núcleo de procesador de tipo M4K.

2.4.5 Analogías y diferencias entre Microcontroladores y DSP

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene un computador digital y ciertos recursos auxiliares. Normalmente dicho computador tiene recursos limitados, es de propósito general y suele estar “incrustado o embebido” en el producto que controla. Un DSP es un circuito integrado que contiene un microcontrolador especializado en el tratamiento de las aplicaciones derivadas del procesamiento de las señales analógicas. Las diferencias que existen entre los microcontroladores convencionales y los DSP aparentemente son muy pocas porque técnicamente las diferencias entre estos dos procesadores son escasas y, además, tienden a disminuir por las razones siguientes:

1. Los fabricantes de DSP enfocan su política de ventas hacia el abastecimiento de las áreas convencionales y de consumo masivo, ofreciendo modelos sencillos, baratos y competitivos.

2. Los fabricantes de microcontroladores convencionales están potenciando la arquitectura de sus productos, incluyendo en sus modelos de alto nivel recursos de los DSP. Con este planteamiento intentan introducirse en el floreciente mercado de las aplicaciones básicas del procesamiento digital de señales analógicas.

Sin embargo, y a pesar del interés comercial de la convergencia de microcontroladores de propósito general y DSP, los recursos arquitectónicos específicos que requieren estos últimos y que se comentan en la siguiente Tabla 2, imponen una barrera entre los dos tipos de procesadores digitales.

Microcontroladores	DSPIc
Set de instrucciones multiciclo	Set de instrucciones de un solo ciclo
Multiplicación Multiciclo	Multiplicación de un solo ciclo
8 o 16 bits	16 o 32 bits con fija o flotante
Memoria RAM limitada (incorporada)	Memoria RAM grande (incorporada)
Punteros a datos restringidos	Gran número de punteros a datos
Ancho de banda y algoritmos limitados	Gran velocidad y algoritmos complejos

Tabla 2. Comparación de las características esenciales de los microcontroladores convencionales y los DSPICs

2.4.6 Recursos de los DSP

En lo referente al hardware del procesador DSP existen tres partes que lo caracterizan:

Arquitectura de memoria de acceso múltiple

La necesidad de leer varios datos a la vez con el objeto de acelerar la implementación de algoritmos exige el acceso múltiple a memoria; como sucede con la arquitectura Harvard que está basada en la existencia de dos memorias independientes, una para instrucciones y otra para datos. Cada una disponible de sus propios buses, posibilitando el acceso en paralelo de ambas, en la Figura 17 se muestra el diagrama de bloques donde podemos apreciar lo anteriormente mencionado.

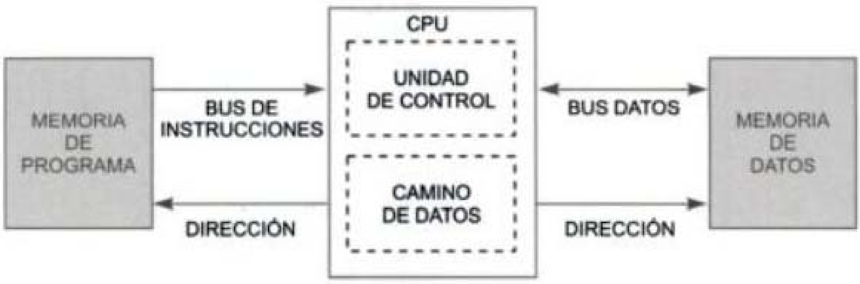


Figura 17. Diagrama de Arquitectura Harvard

Multiplicaciones de hardware muy rápidos

Se trata de un recurso imprescindible en los DSP puesto que los algoritmos de trabajo más usuales están basados en multiplicaciones.

Dispositivos auxiliares integrados en el propio circuito integrado

Los conversores A/D (Analógico/Digital) y D/A, los comparadores, entradas analógicas, puertos de comunicaciones y otros recursos que son necesarios en el tratamiento de las señales a las que se destinan los DSP. En cuanto a las novedades más importantes que incorporan los DSP al software básico de la máquina se destacan los siguientes:

Instrucciones aritméticas muy potentes y rápidas derivadas del multiplicador especial. Por ejemplo, en los DSP es habitual la instrucción MAC que multiplica dos operadores, la salida del multiplicador es sumada junto con el valor almacenado en el acumulador, y el resultado es almacenado de nuevo en el acumulador, como se muestra en la Figura 18.

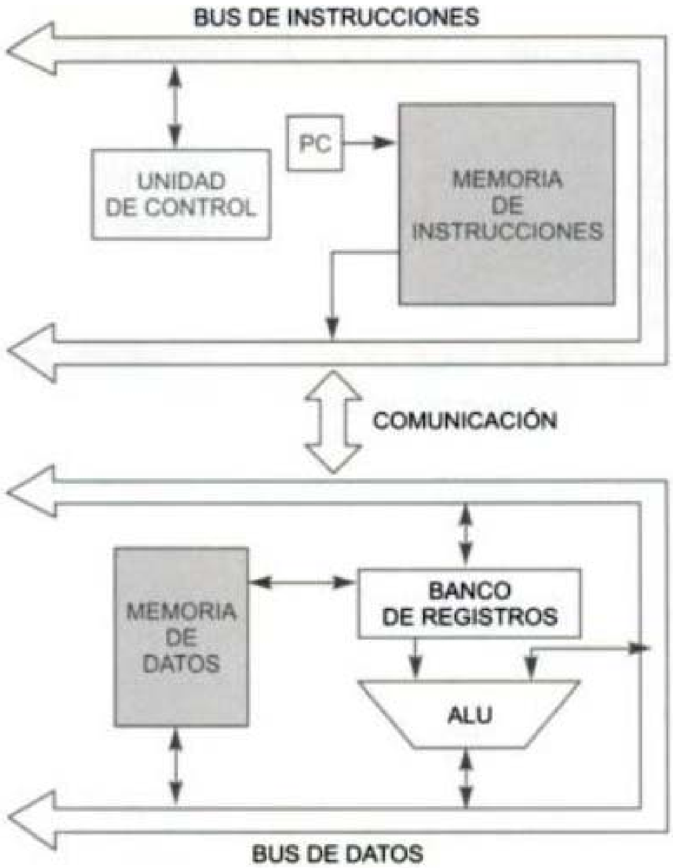


Figura 18. Arquitectura de los procesadores matemáticos con los que cuenta un DSP

Los DSP disponen de modos de direccionamiento con operandos muy específicos que combinan la generación aleatoria de direcciones con el auto decremento de punteros. De esta forma, se optimiza la localización de operandos en determinados algoritmos.

El repertorio de instrucciones máquina cuenta con algunas muy potentes destinadas al control del flujo del programa. Por ejemplo, pueden existir instrucciones que permitan realizar multiplicaciones entre bloques de datos y bloques de coeficientes de forma repetitiva y lineal.

2.4.7 ¿Por qué implementar nuestros circuitos con DSPICs?

Existen varias alternativas para implementar aplicaciones basadas en circuitos electrónicos. A continuación trataremos de demostrar las ventajas con las que cuenta el DSPIC sobre los demás circuitos electrónicos.

Circuitos Electrónicos Analógicos

Los sistemas electrónicos analógicos que desde un principio se han utilizado en el procesamiento de las señales analógicas ofrecen los siguientes inconvenientes:

1. **Son inestables***,* los componentes de los circuitos analógicos (resistencias, condensadores, transistores, AD, etc.) son sensibles a parámetros del entorno, como la temperatura de funcionamiento, la edad de los mismos, etc.

2. **No son programables**, los sistemas analógicos están diseñados para un rango de valores para los cuales generan las salidas una vez completando el

procesamiento matemático. Si varían los rangos de entrada, se deberá cambiar los valores de los componentes, lo cual resulta muy complicado. Con DSP la adaptación a las nuevas condiciones se logran mediante la modificación del software.

3. **No son reprogramables,** están diseñados para trabajar en un escenario concreto y toda modificación requiere la variación del circuito.

4. **Muy voluminosos**, a diferencia del DSP que es un pequeño circuito integrado.

5. **Dificultad para la corrección de errores**, en la recepción o transmisión de datos es vital la dirección y la corrección de errores. Los DSP permiten la inclusión y manejo de códigos para la corrección de errores de transmisión.

6. **Falta de repetitividad**, debido a la tolerancia de los componentes que conforman el circuito analógico, carecen de precisión en la respuesta. Para determinar su rendimiento se necesita una operación de ajuste y puesta a punto, que no se requiere en un procesador digital que para la misma entrada siempre producirá la misma salida.

Por todo lo señalado en las líneas anteriores se recomienda trabajar con DSP y en el caso específico de esta plataforma para desarrollar proyectos se usa el DSPIC30F4011 [2]. A continuación se procederá a mostrar el gráfico en la figura 16 donde se encuentran detallados los pines que presenta dicho procesador.

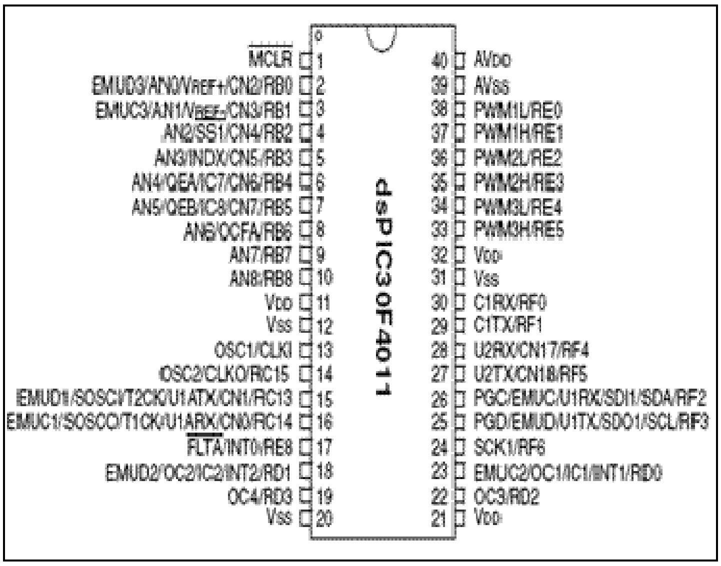


Figura 19. Disposiciones de los pines del DSPIC 30F3011

Por otro lado, también se mostrará la Tabla 3 en la cual se podrá apreciar las características más importantes con la que cuenta el DSP de la familia DSPIC30F4011 [2].

CARACTERISTICAS	CAPACIDAD
Frecuencia de operación	DC a 40 MHZ
Memoria de Instrucción (Bytes)	16 KB
Memoria de Programa FLASH	48 KB
Memoria de Datos RAM (Bytes)	2 KB
Memoria EPROM (Bytes)	1 KB
Fuentes de Interrupción	30
Puertos de Entrada/Salida	5 (Port B,C,D,E,F)
Instrucciones Básicas	83
Temporizadores de 16 bits	5
Adicionalmente timers de 32 bits	2
Módulos de PWM	6
Comunicaciones Seriales	SPI,I2C,UART,CAN
Canales de Conversión Analógica Digital de 10 y 12 bits	9
Modulo Encoder de Cuadratura de 16bits	1
MOTOR DSP	
• Multiplicador fracional/entero 17bits • Dual data fetch • Acumulador para operaciones DSP • Todas las instrucciones son de un solo ciclo	

Tabla 3. Características del DSPIC30F4011

2.4.8 Familias de DSPICs

Microchip ha dividido los diferentes modelos de la serie DSPICs en tres familias caracterizadas por su área de aplicación, nombradas a continuación:

Familia DSPICs de Propósito General

La Tabla 4 mostrada a continuación detalla las características de propósito general de la familia DSPIC30F [3]:

DISPOSITIVO	PATITAS	MEMORIA DE PROGRAMA FLASH BYTES	MEMORIA DE PROGRAMA FLASH INSTRUCCIONES	SRAM	EEPROM	ENTRADAS MOD. CAPTURA
dsPIC30F3014	40/44	24 KB	8 KB	2048 B	1024 B	2
dsPIC30F4013	40/44	48 KB	16 KB	2048 B	1024 B	4
dsPIC30F5011	64	66 KB	22 KB	4096 B	1024 B	8
dsPIC30F6011	64	132 KB	44 KB	6144 B	2048 B	8
dsPIC30F6012	64	144 KB	48 KB	8192 B	4096 B	8
dsPIC30F5013	80	66 KB	22 KB	4096 B	1024 B	8
dsPIC30F6013	80	132 KB	44 KB	6144 B	2048 B	8
dsPIC30F6014	80	144 KB	48 KB	8192 B	4096 B	8

DISPOSITIVO	SALIDAS MOD. COMPARADOR	INTERFAZ CODEC	A/D 12-BIT 100Ksps	UART	SPI	I^2C	CAN	LÍNEAS E/S
dsPIC30F3014	2		13 canales	2	1	1		30
dsPIC30F4013	4	AC97,12 S	13 canales	2	1	1	1	30
dsPIC30F5011	8	AC97,12 S	16 canales	2	2	1	2	52
dsPIC30F6011	8		16 canales	2	2	1	2	52
dsPIC30F6012	8	AC97,12 S	16 canales	2	2	1	2	52
dsPIC30F5013	8	AC97,12 S	16 canales	2	2	1	2	68
dsPIC30F6013	8		16 canales	2	2	1	2	68
dsPIC30F6014	8	AC97,12 S	16 canales	2	2	1	2	68

Tabla 4. Tipos de DSPIC de Propósito General

Familia DSPICs para control de motores

La familia de los DSPC30F reúne siete modelos para soportar aplicaciones de control de motores tanto de corriente continua, de inducción monofásica y trifásica; pudiendo también ser utilizados en sistemas de alimentación ininterrumpidas (UPS), fuentes de alimentación conmutadas, inversores, para corrección de factor de potencia. La Tabla 5 muestra varios de los modelos que se pueden utilizar para el control de motores.

DISPOSITIVO	PATITAS	MEMORIA DE PROGRAMA FLASH BYTES	MEMORIA DE PROGRAMA FLASH INSTRUCCIONES	SRAM	EEPROM	ENTRADAS MOD. CAPTURA	SALIDAS MOD. COMPARADOR
dsPIC30F2010	28	12 KB	4 KB	512 B	1024 B	4	2
dsPIC30F3010	28	24 KB	8 KB	1024 B	1024 B	4	2
dsPIC30F4012	**28**	**48 KB**	**16 KB**	**2048 B**	**1024 B**	**4**	**2**
dsPIC30F3011	**40/44**	**24 KB**	**8 KB**	**1024 B**	**1024 B**	**4**	**4**
dsPIC30F4011	**40/44**	**48 KB**	**16 KB**	**2048 B**	**1024 B**	**4**	**4**
dsPIC30F5015	**64**	**66 KB**	**22 KB**	**2048 B**	**1024 B**	**4**	**4**
dsPIC30F6010	**80**	**144 KB**	**48 KB**	**8192 B**	**1024 B**	**8**	**8**

DISPOSITIVO	CONTROL DE MOTORES CODEC	A/D 10-BIT 500Ksps	CODIFICACIÓN DE CUADRATURA UART	UART	SPI	I^2C	CAN	LÍNEAS E/S
dsPIC30F2010	6 canales	6 canales	Sí	1	1	1		20
dsPIC30F3010	6 canales	6 canales	Sí	1	1	1		20
dsPIC30F4012	6 canales	6 canales	Sí	1	1	1	1	20
dsPIC30F3011	6 canales	9 canales	Sí	2	1	1		30
dsPIC30F4011	6 canales	9 canales	Sí	2	1	1	1	30
dsPIC30F5015	8 canales	16 canales	Sí	1	2	1	1	52
dsPIC30F6010	8 canales	16 canales	Sí	2	2	1	2	68

FUENTE: Datasheet DsPic30F

Tabla 5. Tipos de DSPICs para Control de Motores

Familia DSPICs para control de sensores

Es la familia de los DSPIC30F cuatro dispositivos diseñados para soportar aplicaciones embebidas de altas prestaciones y de bajo costos [3]. La Tabla 6 muestra algunos de los modelos para este tipo de aplicación.

DISPOSITIVO	PATITAS	MEMORIA DE PROGRAMA FLASH		SRAM	EEPROM	ENTRADAS MOD. CAPTURA
		BYTES	INSTRUCCIONES			
dsPIC30F2011	18	12 KB	4 KB	1024 B		2
dsPIC30F3012	18	24 KB	8 KB	2048 B	1024 B	2
dsPIC30F2012	28	12 KB	4 KB	1024 B		2
dsPIC30F3013	28	24 KB	8 KB	2048 B	1024 B	2

DISPOSITIVO	SALIDAS MOD. COMPARADOR	A/D 12-BIT 100Ksps	UART	SPI	I^2C	LÍNEAS E/S
dsPIC30F2011	2	8 canales	1	1	1	20
dsPIC30F3012	2	8 canales	1	1	1	20
dsPIC30F2012	2	10 canales	1	1	1	20
dsPIC30F3013	2	10 canales	2	1	1	30

Tabla 6. Tipos de DSPICs para Control de Sensores

2.5 Control de Motores

Un motor tiene la finalidad de transformar energía almacenada en mecánica. Previamente antes de hablar de los sistemas de control de motores DC debemos conocer el concepto, funcionamiento y partes de un motor de corriente continua.

2.5.1 Motores de corriente continúa

Figura 20. Variedades de motores CC

En la Figura 20 se observan algunos clásicos micro motores DC o también llamados CC de los usados generalmente en robótica. Los hay de distintos tamaños, formas y potencias, pero todos se basan en el mismo principio de funcionamiento.

Accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto. A diferencia de los motores paso a paso y los servomecanismos, los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite.

Los de servomecanismo, se le puede determinar hacia donde se desea girar, un servomotor puede ser posicionado enviando las señales apropiadas al servo a un punto específico y éste quedarse fijo en esa posición. Los servos poseen un conector para 3 cables: uno de alimentación, uno de tierra y el cable de control.

El motor paso a paso (Stepper Motor) gira a un ángulo determinado por lo cual es empleado cuando se exige posiciones exactas, se alimenta de tensión continua (DC) y convierte los pulsos eléctricos aplicados en sus bobinas en movimientos rotacionales discretos. Pueden girar continuamente o sólo un ángulo llamado paso o step. Debido a esto resultan muy precisos y confiables, se emplean comúnmente en aplicaciones donde el posicionamiento mecánico resulta ser muy importante. Son ideales cuando se tiene que girar un eje y detenerlo en cierta posición con una precisión de hasta centésimas de mm. En ésta posición puede permanecer bloqueado, hasta recibir una nueva orden de giro.

Una de sus principales ventajas es que no necesitan de sensores para determinar la posición del eje, ya que se conoce la posición por la secuencia de pulsos que se han enviado a las bobinas.

CAPITULO 3

3. DISEÑO PARA LA DETECCIÓN DE FRASCOS ENTRE 50 Y 120 MILÍMETROS DE ALTURA

3.1 Diagrama de Bloques

El sistema se lo dividió en tres partes, la primera se la considera como la entrada, es en esta donde se captura la imagen con la ayuda de una cámara USB; luego esta imagen pasa a la segunda parte, es aquí donde se procesa la imagen con la ayuda del programa diseñado en LabView. Posteriormente los resultados obtenidos tanto de longitud como del tipo de frasco, se muestran en el panel frontal que es una ventana que genera el software LabView y que sirve de interfase entre la PC y el usuario, esta es la tercera parte del diagrama.


ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN
TRATAMIENTO DE LA IMAGEN CON AYUDA DE LABVIEW
RESULTADOS
TIPO DE FRASCO
LONGITUD

3.2 Diagrama de Flujo

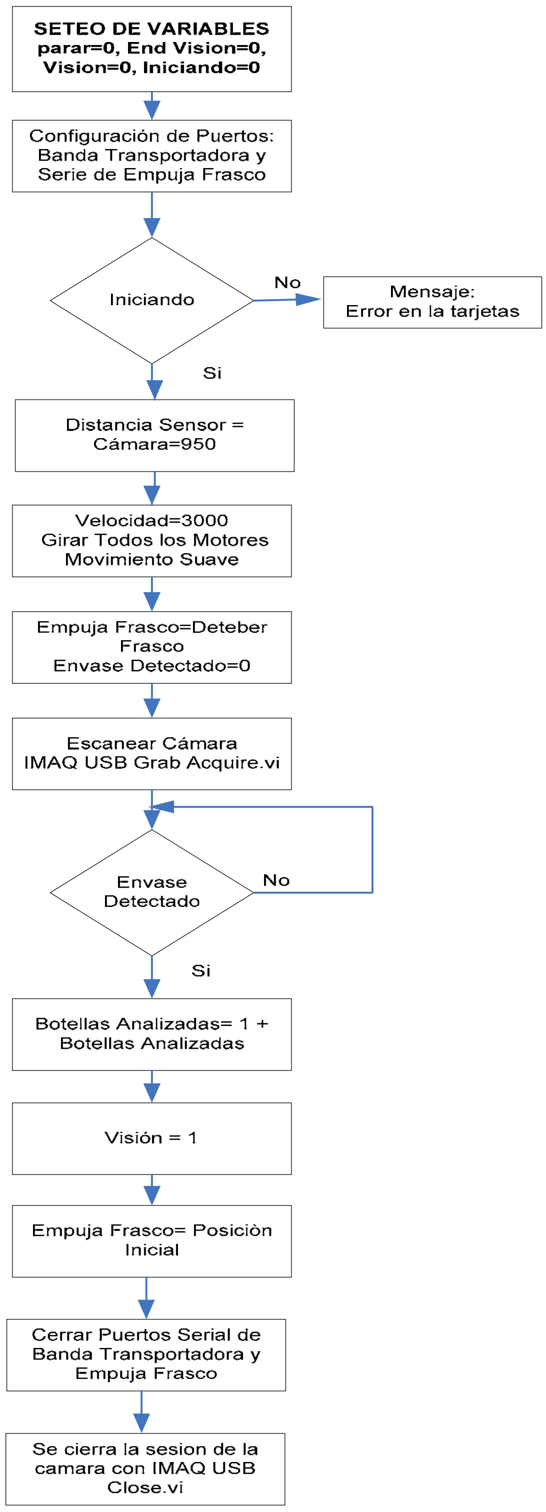


DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS PRINCIPAL

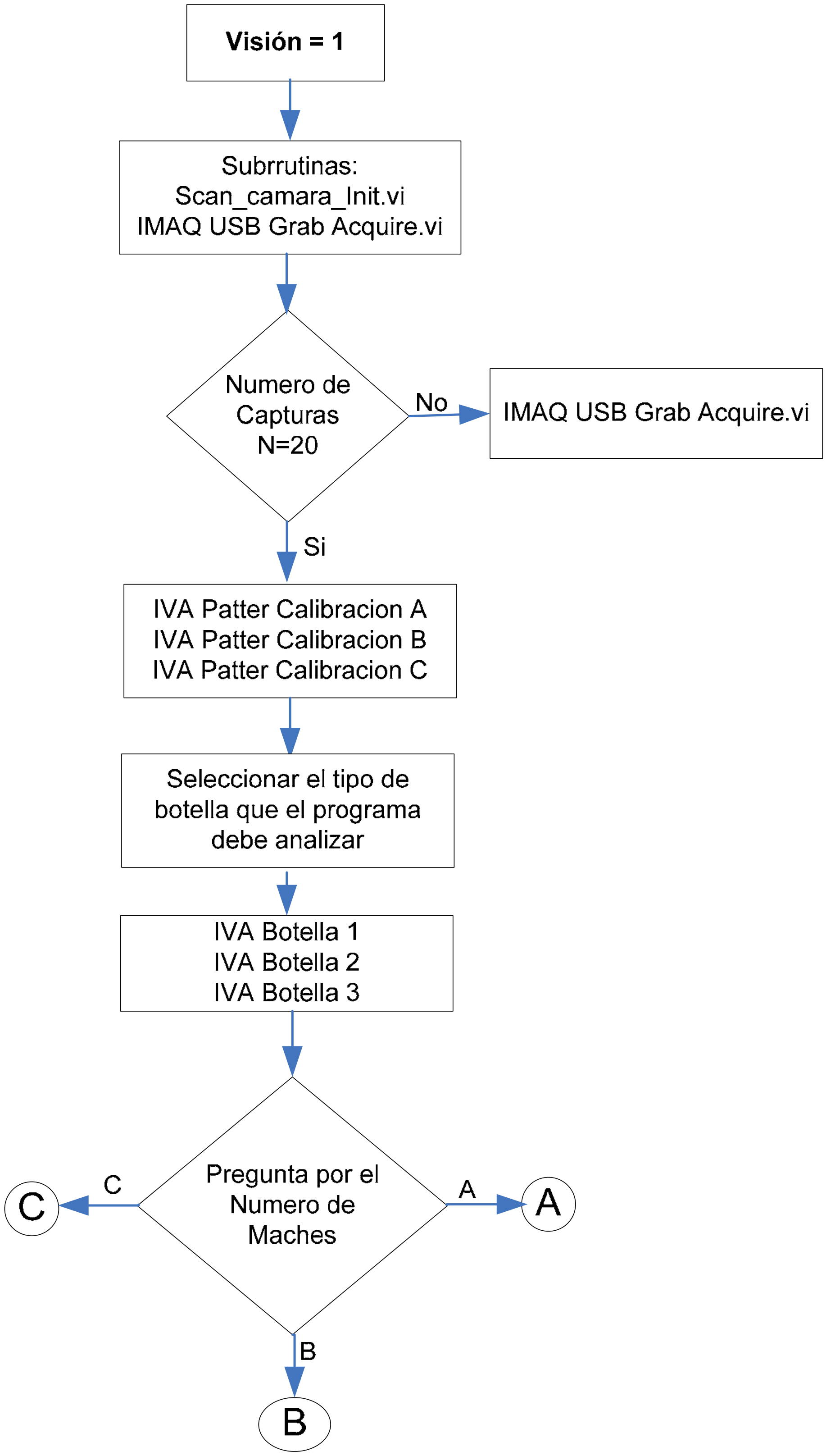


DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS PRINCIPAL

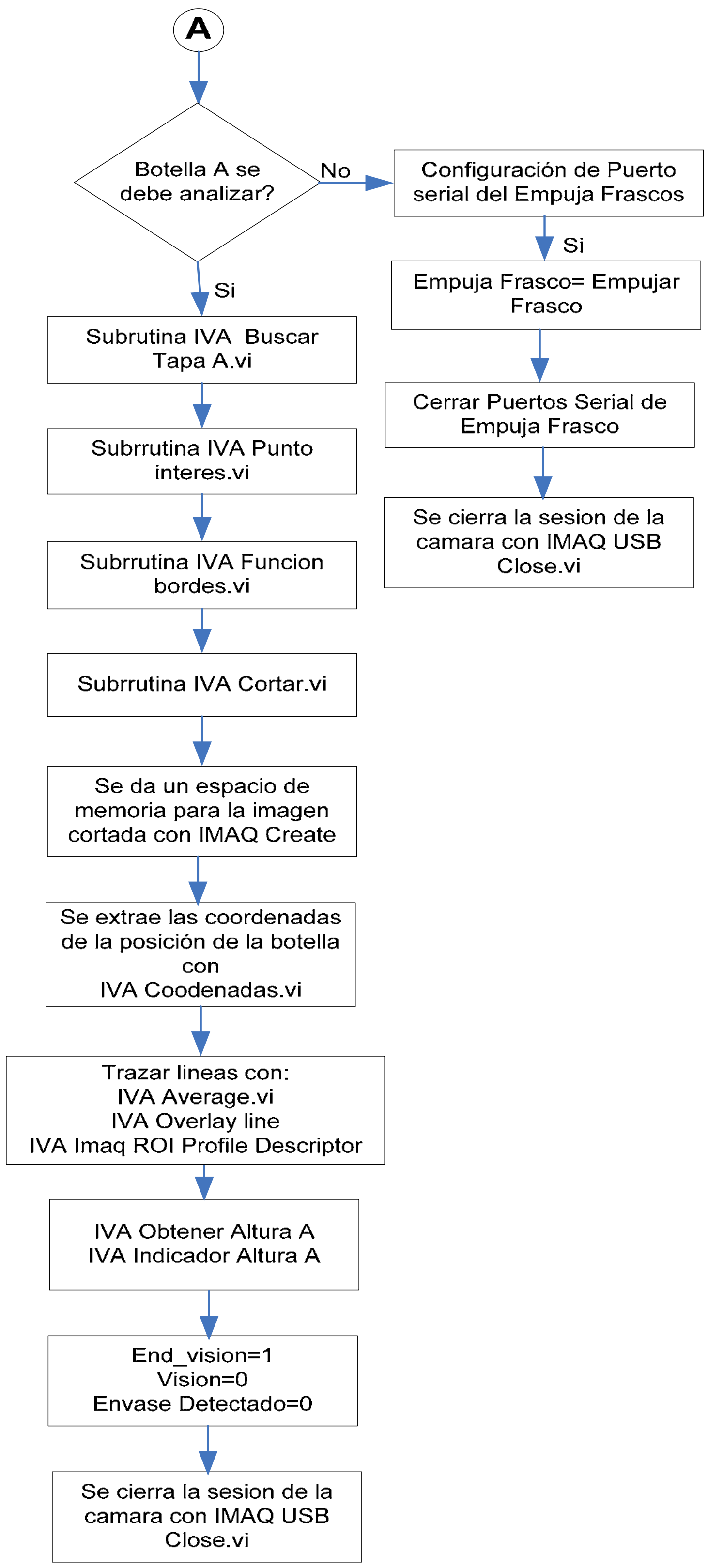


DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DEL FRASCO TIPO A

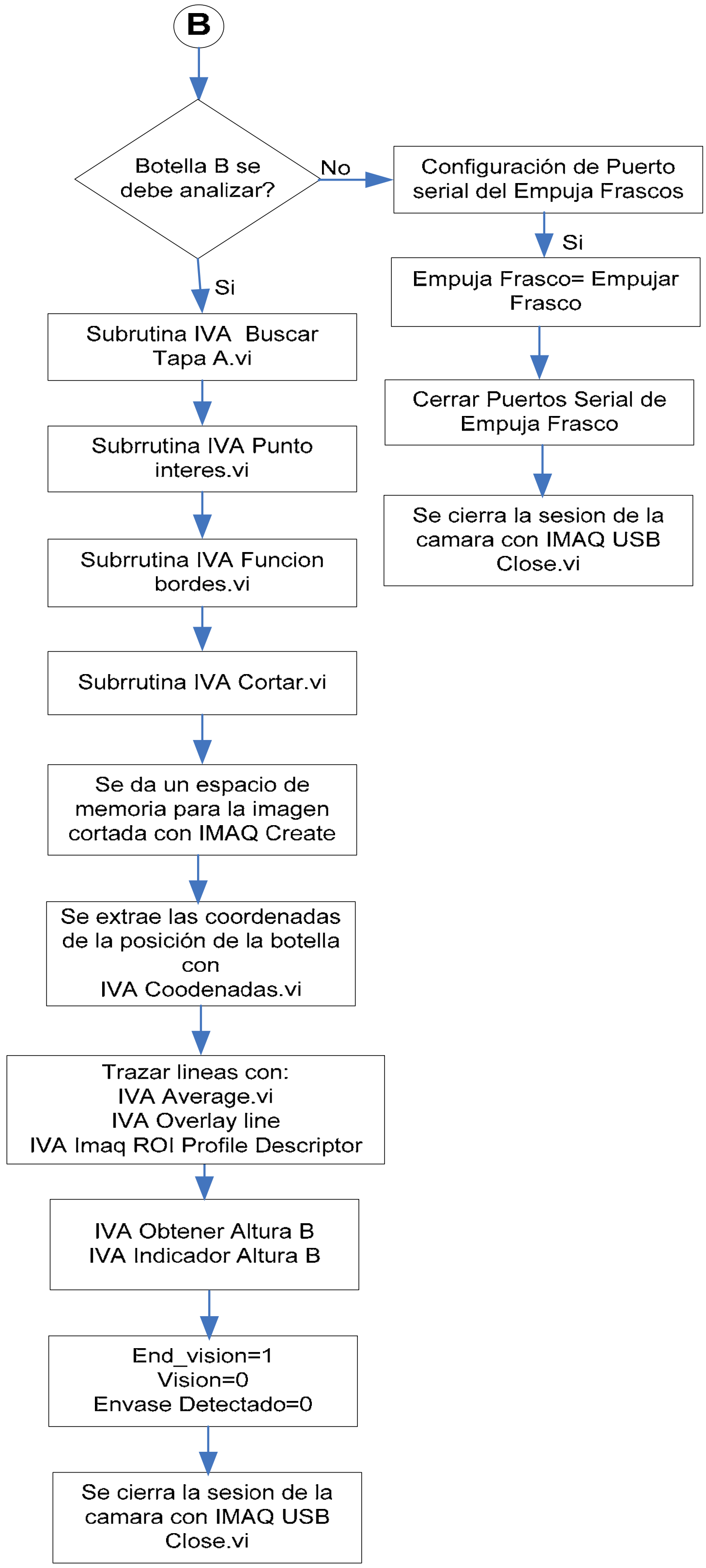


DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DEL FRASCO TIPO B

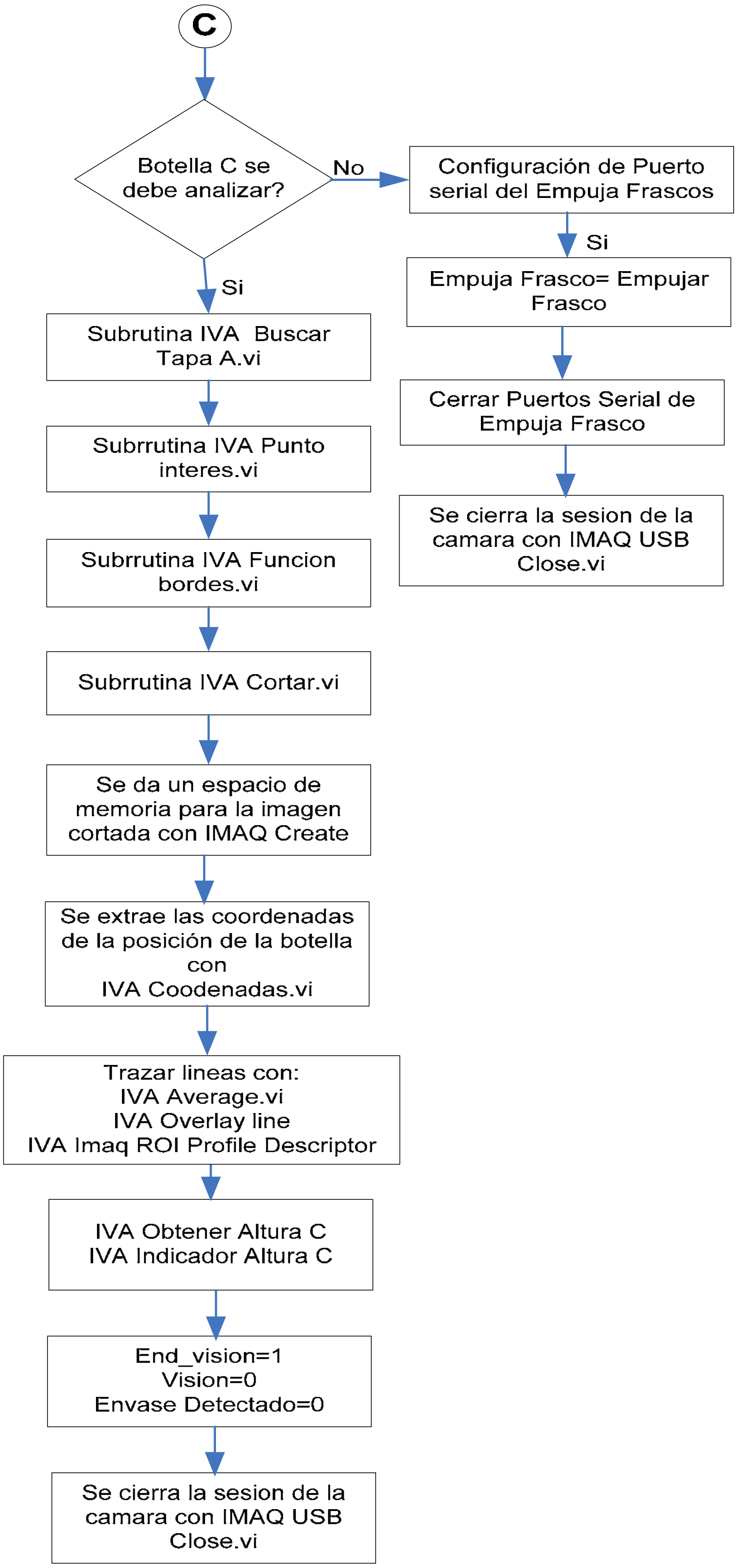


DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DEL FRASCO TIPO C

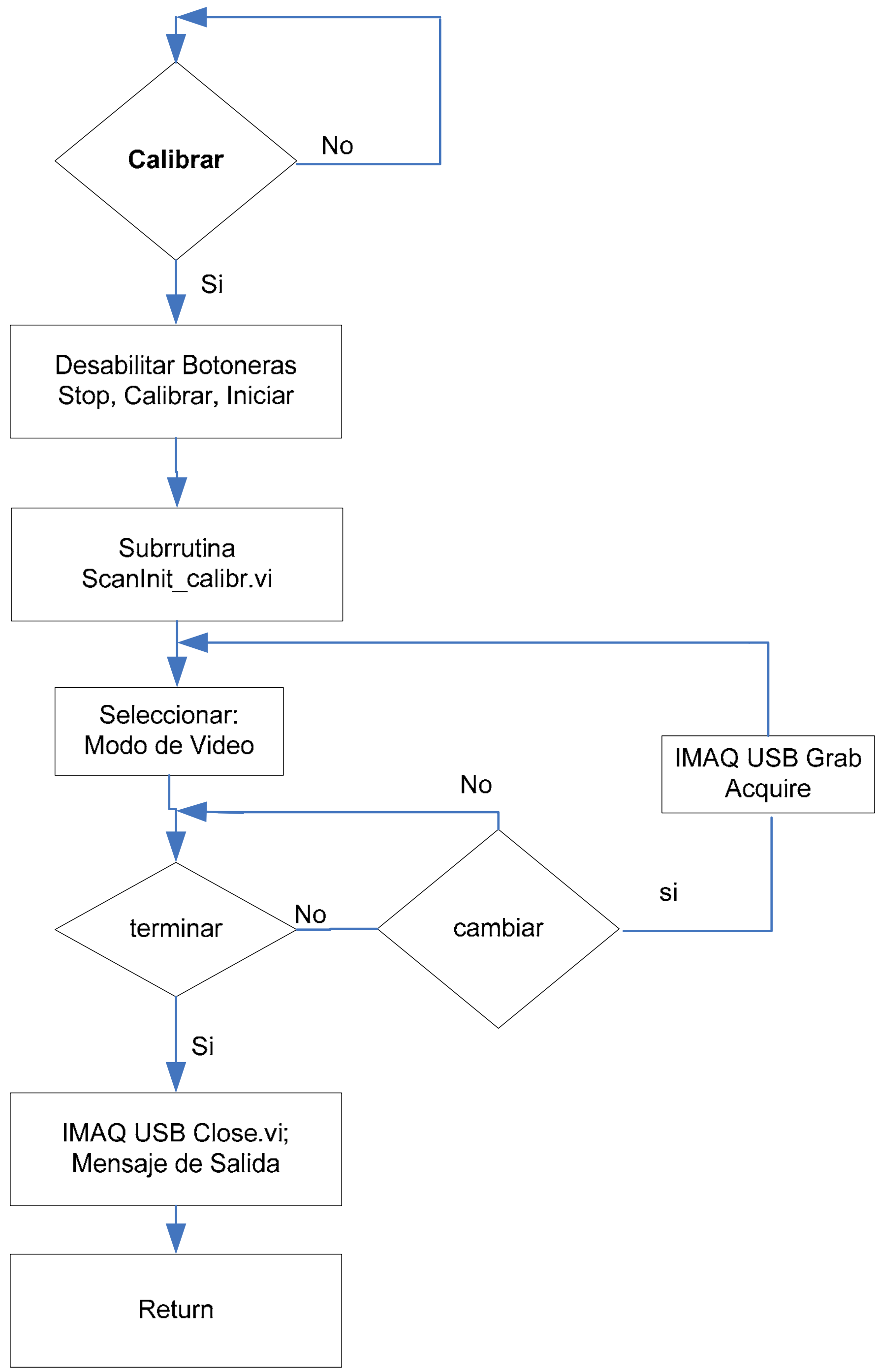


DIAGRAMA DE FLUJO DE CALIBRACIÓN DE CÁMARA

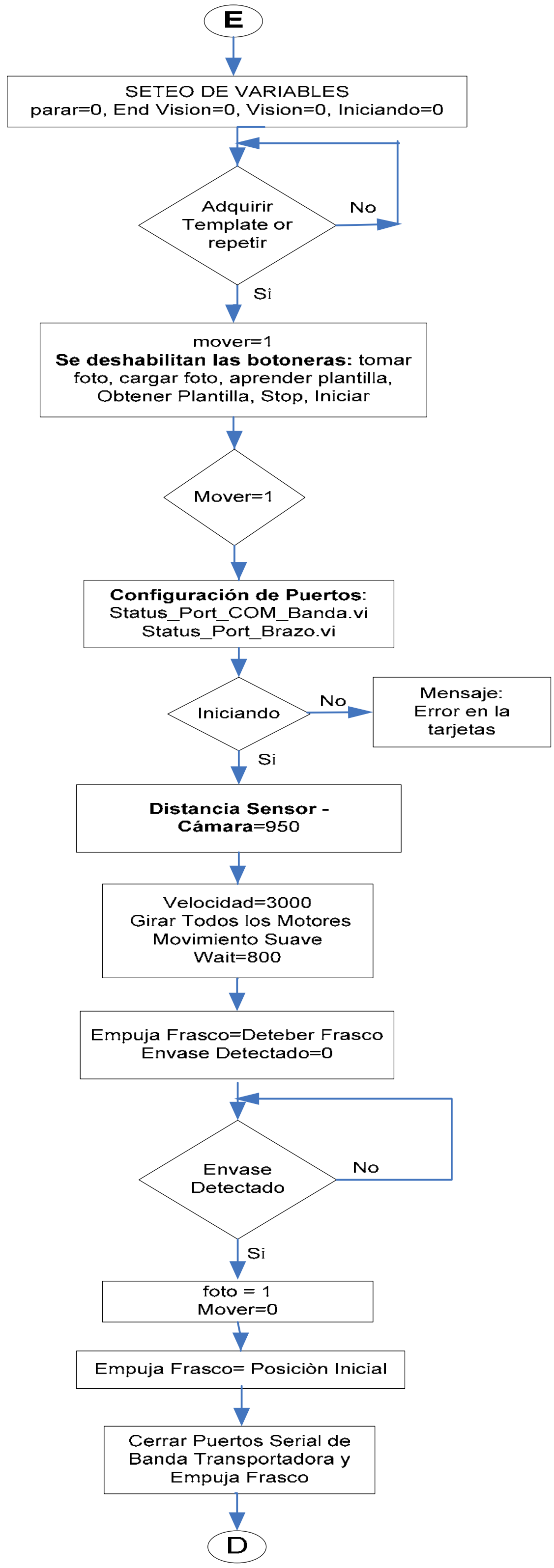


DIAGRAMA DE FLUJO PARA ADQUIRIR PLANTILLA

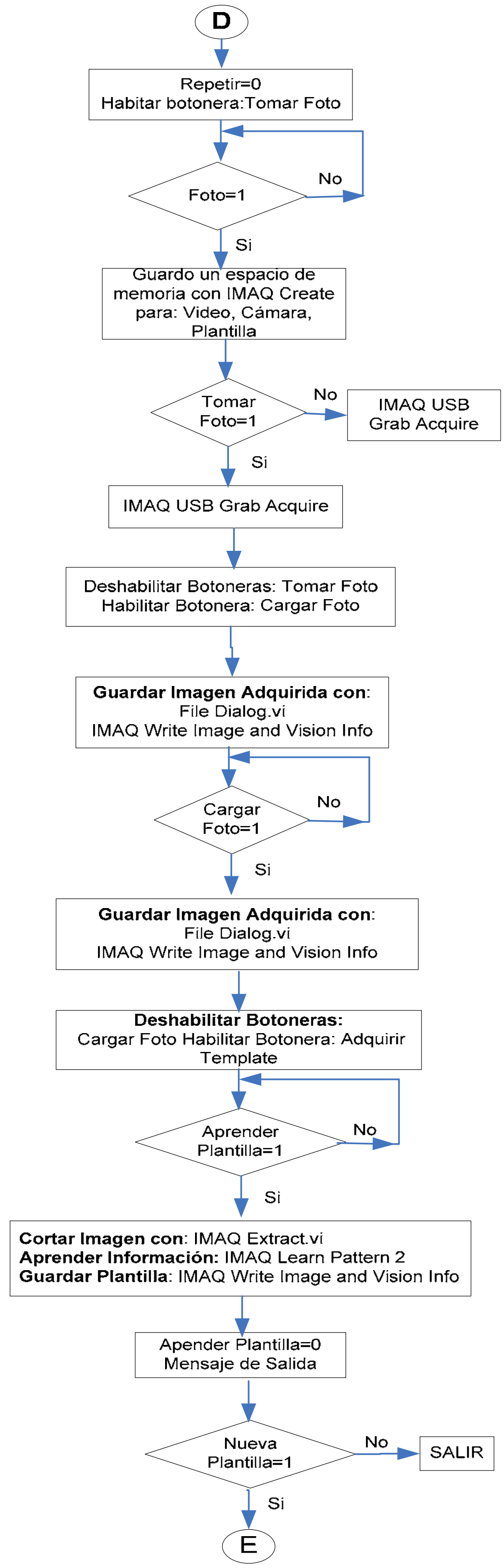
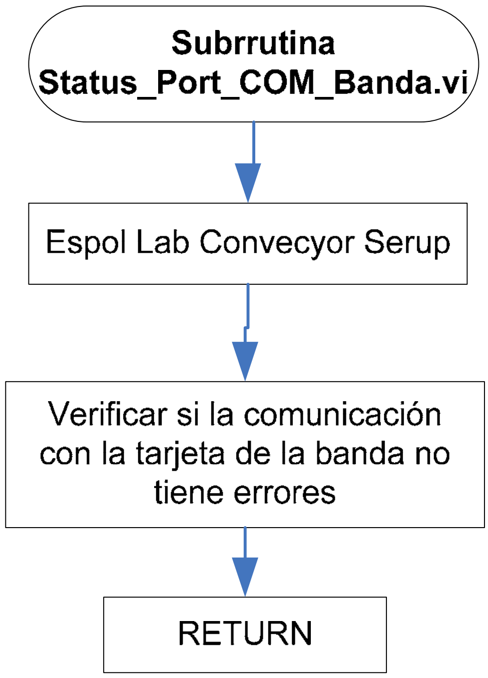
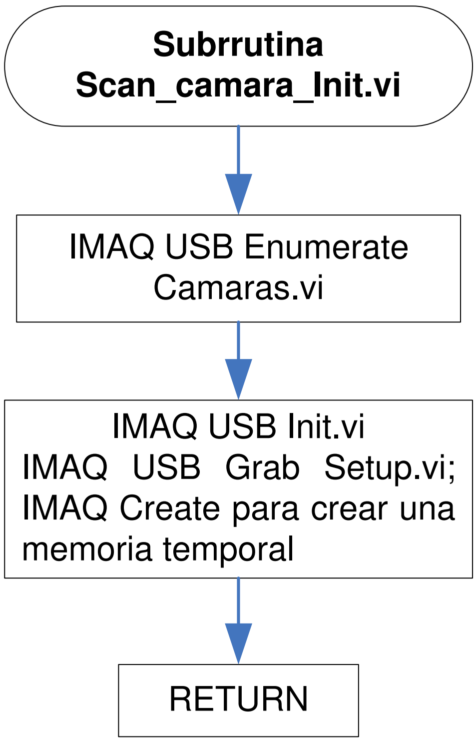


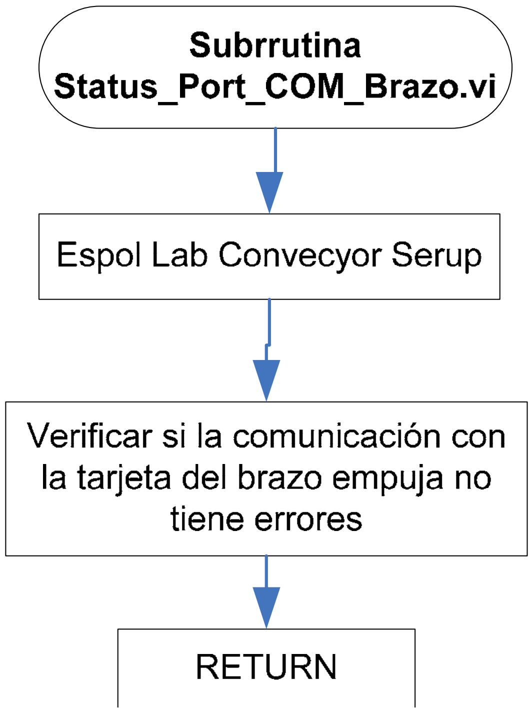
DIAGRAMA DE FLUJO PARA ADQUIRIR PLANTILLA



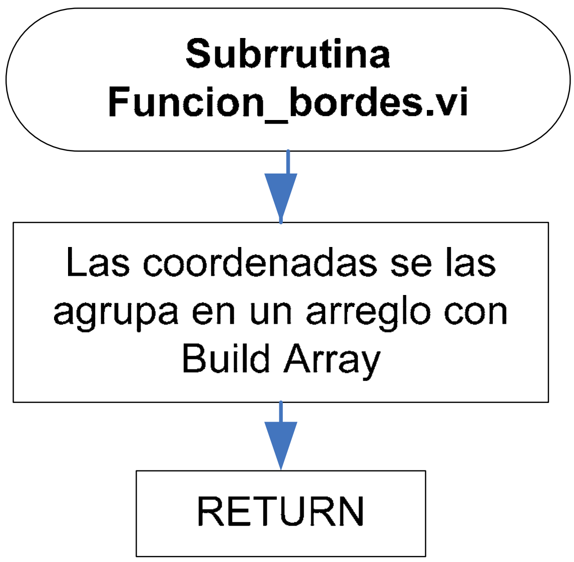
SUBRRUTINA PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LA TARJETA DE LA BANDA TRANSPORTADORA Y LA PC



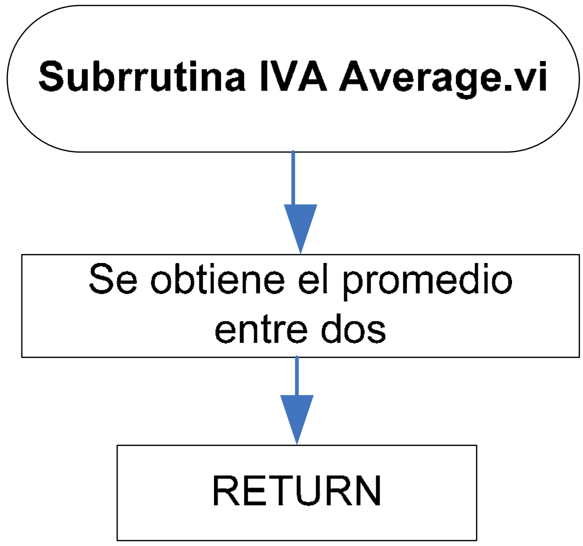
SUBRRUTINA PARA INICIALIZAR CÁMARA



SUBRRUTINA PARA COMUNICACIÓN ENTRE LA TARJETA DEL BRAZO ROBOTICO Y LA PC



SUBRRUTINA PARA RESALTAR BORDES



SUBRRUTINA QUE OBTIENE PROMEDIO DADO DOS PUNTOS

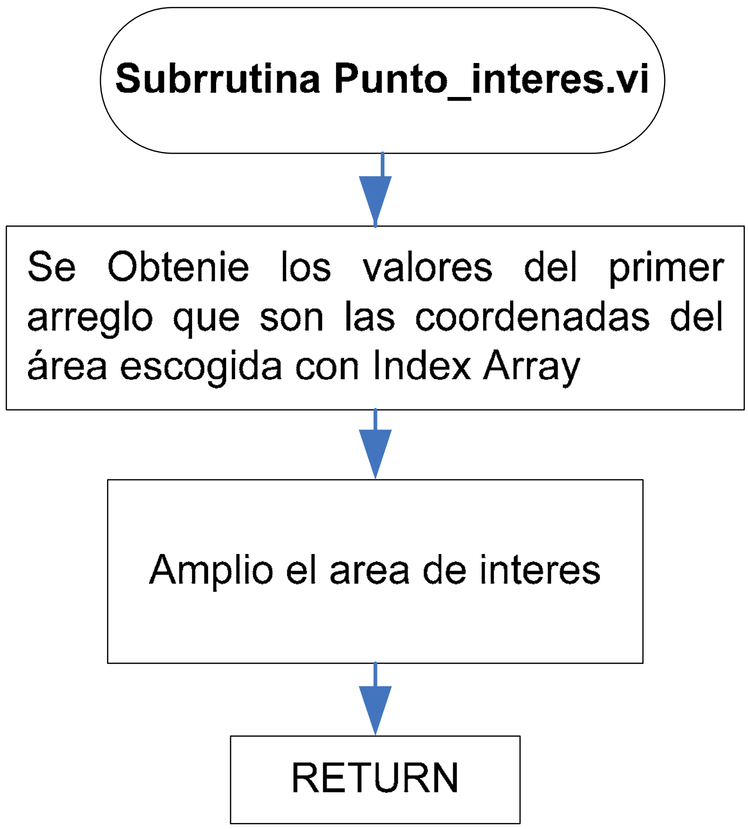
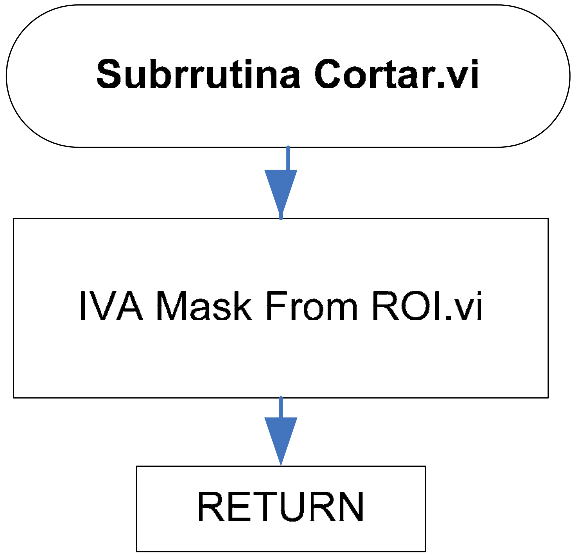
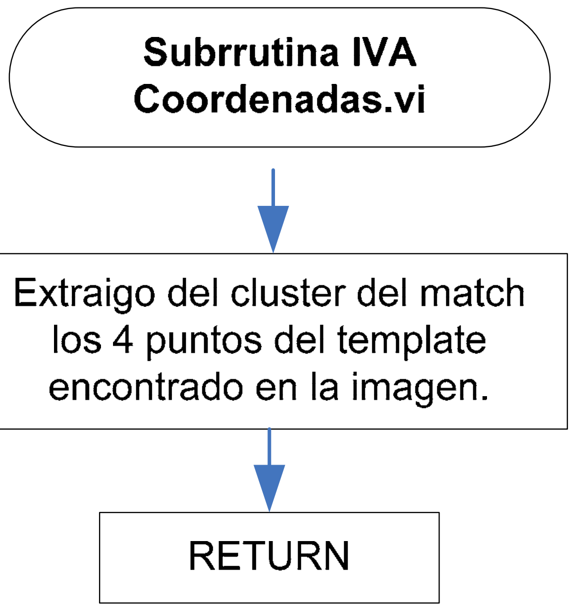


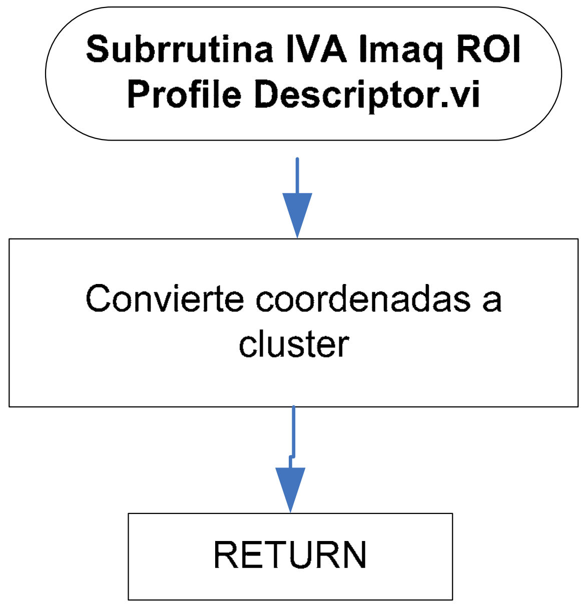
DIAGRAMA DE FLUJO DE SUBRRUTINA



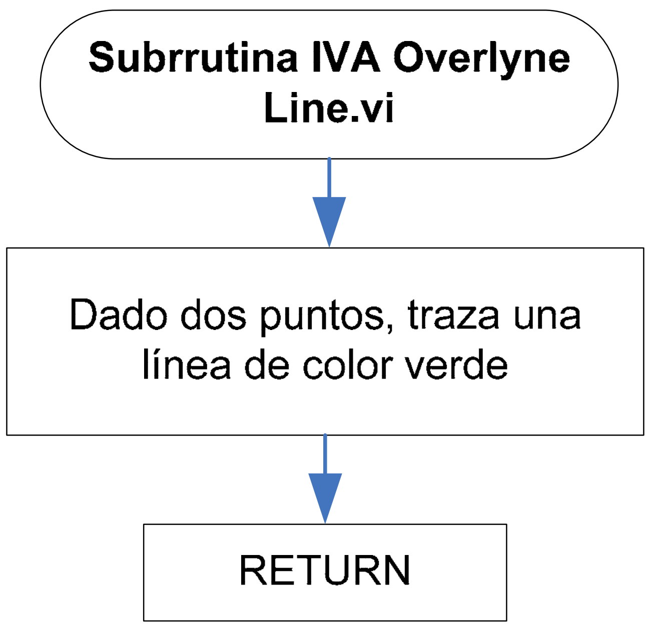
SUBRUTINA PARA CORTAR OBJETO DENTRO DE UNA IMAGEN



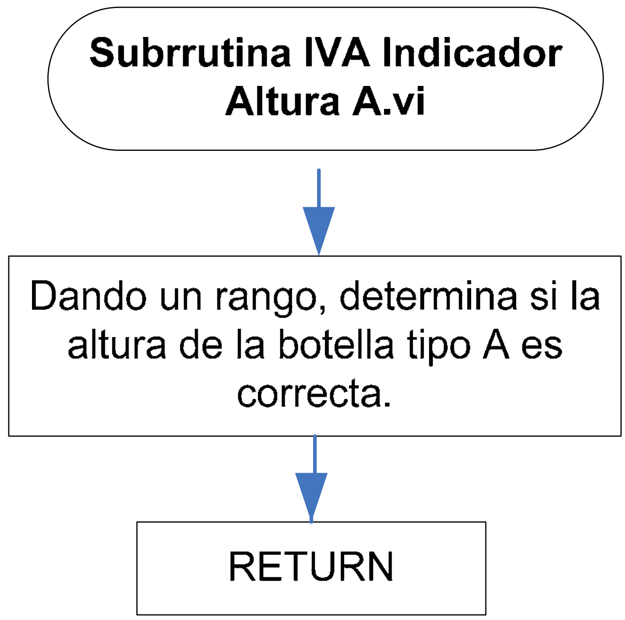
SUBRUTINA QUE EXTRAE COORDENADAS DE UN OBJETO DENTRO DE LA IMAGEN



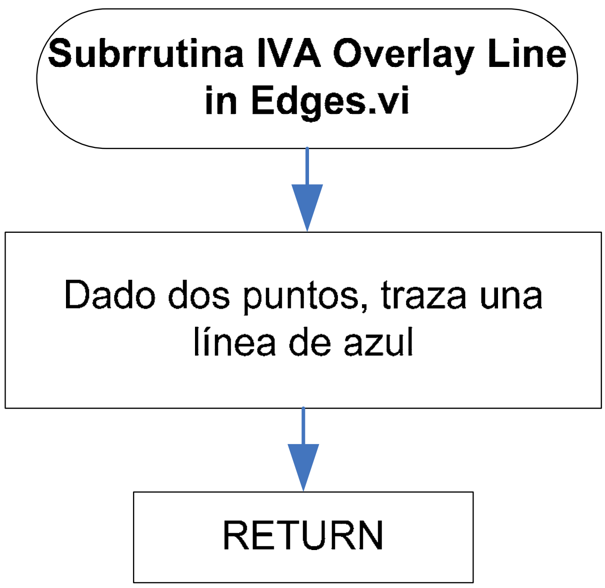
SUBRRUTINA PARA CONVERTIR COORDENADAS A CLUSTER



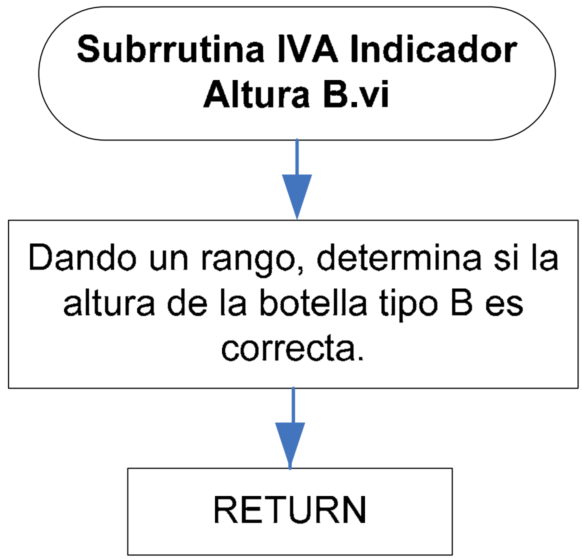
SUBRUTINA QUE DADO DOS PUNTOS TRAZA UNA LINEA



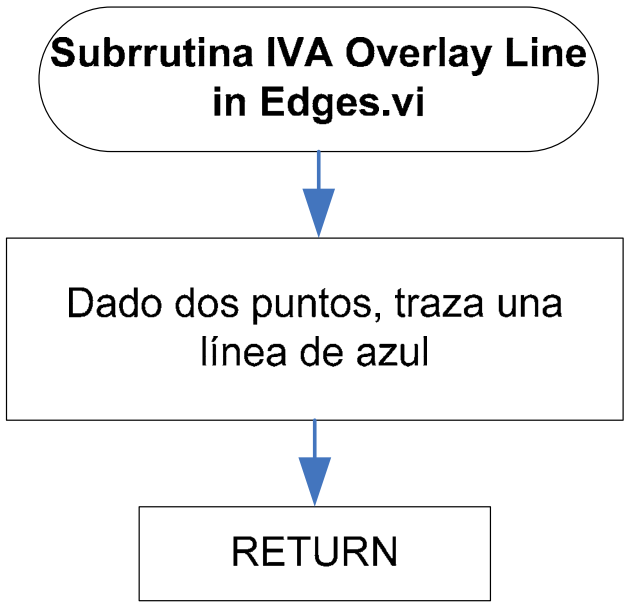
SUBRRUTINA QUE DETERMINA SI EL FRASCO ES DEL TIPO A



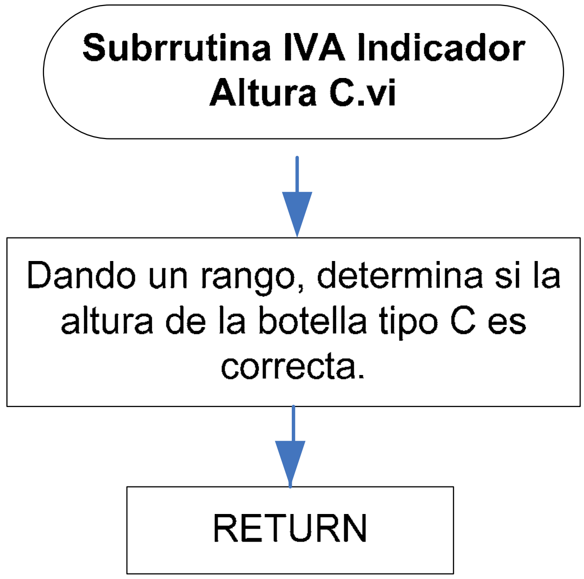
SUBRRUTINA PARA EL TRAZO DE UNA LINEA



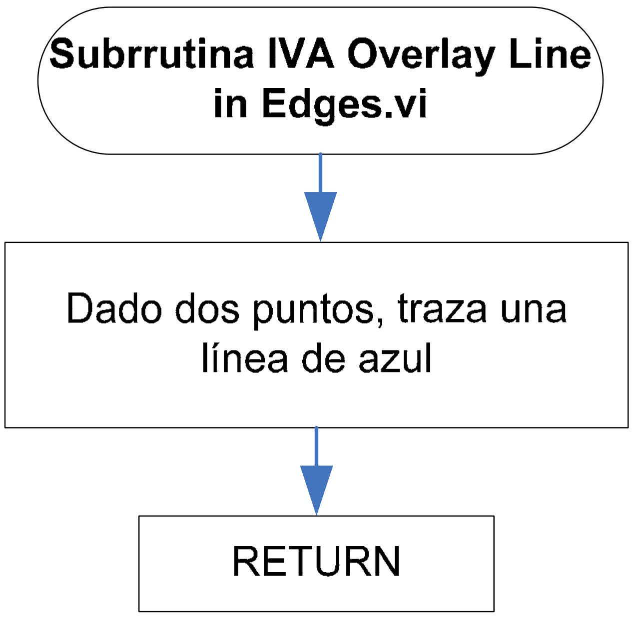
SUBRRUTINA QUE DETERMINA SI EL FRASCO ES DEL TIPO B



SUBRRUTINA PARA EL TRAZO DE UNA LINEA



SUBRRUTINA QUE DETERMINA SI EL FRASCO ES DEL TIPO C



SUBRRUTINA PARA EL TRAZO DE UNA LINEA

3.3 Cálculos y Mediciones

El instrumento para capturar la imagen es una cámara web por lo que todos los datos mostrados por LabView están en pixeles, esta unidad no es cuantificable al momento de mostrar la altura de un frasco; razón por la cual se tuvo que efectuar una conversión, la misma que se realizó con la ayuda del ancho de la botella, relacionando el ancho del frasco en pixeles con centímetros. A continuación se muestra la conversión a aplicar:

Ancho en Pixeles = 85.1628

Ancho en cm = 4.5

$$\begin{array}{lcc} 85{,}1628\, pixeles & \rightarrow & 4.5\, cm \\ 1\, pixel & \rightarrow & x \end{array}$$

$$x = 0.05284\, cm$$

Para una correcta detención de los frascos en el área de análisis se tuvo que ir probando la ubicación del sensor, es por esta razón que luego de varias pruebas se pudo llegar a la distancia “ideal”, la misma que fue de 19 cm. Por otro lado la distancia cámara-banda a la cual se llego luego de numerosas pruebas fue de 20 cm.

3.4 Descripción de las Señales de Control

Nos referiremos como señales de control, a aquellas señales que siendo salida de una subrutina pueden ser entrada de otras o viceversa. A continuación se describirán las señales de control generadas y usadas para el correcto funcionamiento del sistema.

Calibrar, permite reconocer la cámara con la que se va a trabajar, verifica su correcto funcionamiento, modifica el acercamiento de la imagen. A diferencia de las demás señales de control esta no cuenta con una salida que interfiera en el proceso de detección de frascos.

Iniciar, en esta parte el programa lo primero que hace es verificar si la tarjetas que comunican el ordenador con la banda y el empuja frasco están conectadas, calibra la distancia sensor – cámara, también ordena mover o parar los motores de la banda y permite variar la velocidad de la misma, bajar o subir el empuja frascos según sea el caso; una vez realizados todos estos pasos genera la señal de salida visión, la cual detallaremos más adelante.

Visión, se comienza aplicando varios filtros a la imagen, unos para degradar el color debido a que el filtro que se usa para resaltar los bordes de los frascos trabaja de forma óptima cuando la imagen se encuentra en escala de grises. Luego de esto se produce una serie de procedimientos y análisis en los que se recorta, analiza, compara y se realizan conversiones necesarias, que son las que le permiten al usuario ver la altura de los frascos en unidades usuales como lo son las de longitud, específicamente en cm; además el sistema queda preparado para el siguiente análisis o simplemente para detener el proceso.

Obtener plantilla, es aquí donde se puede cambiar los modelos de las plantillas que sirven como patrones referenciales para los análisis comparativos que se efectúan en la parte de Visión, esto se hizo con la finalidad de validar uno de los objetivos planteados al inicio de este documento como es el de la flexibilidad de nuestro proyecto para nuevos retos.

3.5 Diseño del Programa Principal

Para tratar de enfrentar el problema planteado al inicio de esta tesis, nosotros hemos preferido realizar un sistema basado en prueba y error; es decir, iniciamos con la simple captura de una imagen mediante una cámara USB cuyo tratamiento se lo realizó con la ayuda de Vision Assistent [1], que es una herramienta con la que cuenta LabView para este tipo de propósito. Luego nos fuimos familiarizándonos con el programa y procedíamos a realizar pequeños cambios bajo la premisa de **¿Que pasa si…?.** Fue así que logramos llegar a una solución integral.

Tratar de hablar de un programa principal es algo subjetivo, ya que se ha desarrollado el programa en módulos debido a que con esta metodología es más fácil corregir errores o realizar cambios acordes con las exigencias del momento. A continuación describiremos lo que nosotros consideramos como programa principal:

Comenzamos realizando la captura de la imagen que queremos analizar, usamos un lazo con 20 repeticiones para esta captura, ya que con esto logramos que se vaya refrescando la imagen hasta estabilizarla y sea lo más confiable posible. Luego se pasa dicha imagen por varios filtros, se la guarda y compara con las imágenes que sirven como patrón, considerando que éstas fueron previamente guardadas con la ayuda del SubVIs Adquirir Plantilla que será descrito en la Sección 3.6.3. Si la imagen capturada no corresponde a ningún patrón, la botella será descartada con la ayuda del empuja frascos. Caso contrario, se mostrará el tipo de botella y la altura de la misma.

Como ya se mencionó se trabaja con tres tipos de frascos, a los cuales se los ha denominado tipo A, tipo B y tipo C. En el anexo A se puede observar el Programa Principal.

3.6 Diseño de las Subrutinas

Se desarrollaron tres módulos adicionales para un correcto funcionamiento del programa principal, a continuación describiremos cada uno de ellos.

3.6.1 Subrutina Iniciar

Este VIs cuenta con los elementos necesarios para que pueda realizar lo siguiente: primero se abren los puertos seriales donde se conectan las tarjetas que controlan la banda y el empuja frascos; además verifica si las tarjetas están conectadas, en caso de no ser así, mediante un cuadro de dialogo se envía un mensaje al usuario indicando que existe un error con algunas de las tarjetas. Luego se permite calibrar la distancia que existe entre el sensor y la cámara, para que el objeto detectado quede justo al frente de la misma. A más de poder variar la velocidad de los servomotores con los que cuenta la banda, se puede controlar el empuja frasco para que este suba o baje dependiendo de los requerimientos. Esta subrutina podrá ser visualizada en el anexo B.

3.6.2 Subrutina Calibrar

Este VIs se creó con el fin de aprovechar una de las prestaciones con la que cuenta la cámara USB que usamos para la captura de imágenes en nuestro proyecto, como es la de proporcionar diferentes tipos de acercamientos. Ver anexo C.

3.6.3 Subrutina Adquirir Plantilla

Este VIs cuenta con el SubVIs Mover, que es parecido al de VIs Iniciar, el mismo que sirve para mover la banda transportadora y así trasladar los objetos hacia el sitio en la banda donde la cámara podrá capturar la imagen.

Por otro lado, existe un SubVIs denominado Foto el cual cuenta con los componentes necesarios para que el mismo pueda tener la capacidad de variar los objetos (frascos) a identificar; algo que hay que tener presente es que los objetos viajarán por una banda transportadora que tiene de ancho tan solo 10 cm por lo que los objetos que se añadirán posteriormente deben de estar acordes con las especificaciones con la que cuenta ésta banda.

El formato **png** fue el escogido para guardar las imágenes en nuestro proyecto, porque le da universalidad, ya que este tipo de extensión es muy común. La subrutina podrá ser visualizada en el anexo D.

3.7 Diseño de Interfases

Se puede definir interfaz, como el punto en el que se establece una conexión entre dos elementos que les permite trabajar juntos.

Como ya se ha dicho anteriormente la táctica elegida para enfrentar esta tesis fue de realizar módulos para los diferentes tipos de parámetros que teníamos que considerar para un feliz termino de este proyecto; si bien es cierto este tipo de metodología es recomendable, ya que con esta es más fácil realizar cambios, a nosotros nos proporcionó un reto adicional: una vez diseñados los módulos necesarios para satisfacer todos los requerimientos de nuestro proyecto, poder enlazarlos de tal manera que el sistema cuente con las prestaciones suficientes y necesarias. Para lograr esto se tuvieron que crear nuevas variables globales y locales que sirvieron como interfase de nuestras subrutinas, además se estandarizaron los nombres usados en las variables de cada uno de los módulos para que estos se puedan interrelacionar sin ningún tipo de inconveniente. Se usaron dos tarjetas que sirven para la interconexión entre la aplicación diseñada y el mecanismo por donde se desplazarán los frascos (banda) y el empuja frasco.

3.8 Acoplamiento de los Bloques del Programa

Si bien es cierto todos los SubVIs de manera individual trabajaban en forma óptima, al unirlos presentaron varios inconvenientes que hubo que irlos sorteando a medida que iban apareciendo, ya que de nada serviría tener un sistema que trabaje bien por partes y presente problemas al hacerlo en conjunto.

También hubo que acoplar nuestro sistema a lo hecho por los compañeros de tópico Vicente Peña y Luis Paucar que implementaron dos bandas transportadoras de 100 x 10 cm y dos de 30 x 10 cm que se mueven con la ayuda de cuatro servo-motores, los mismos que son controlados con DSPICs; además de los compañeros Carlos Alvarado y Gabriela Sánchez que efectuaron un brazo empuja frascos controlados por LabView y desarrollado con DSPICs, los cuales usamos para desechar los frascos que no entren en el rango de nuestro análisis.

Para un correcto acoplamiento del sistema era necesario crear y utilizar correctas interfases para que el proyecto no corra el riesgo de sufrir un desperfecto al momento de trabajar en manera conjunta.

Como se menciona en la Sección 3.7 se estandarizaron los nombres de las variables, sin embargo se hicieron pruebas de funcionamiento entre uno y otro módulo para comprobar su correcto desenvolvimiento; en cuanto a lo realizado para lograr un acoplamiento con las tarjetas controladoras, se tuvo que hacer uso de la interfase RS-232 y de un programa diseñado en LabView que permita enlazar las tarjetas con nuestro proyecto, y así poder manejar las tarjetas controladoras desde la PC. El programa se muestra en el anexo E.

CAPITULO 4

4. IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE DESARROLLADO

En este capítulo detallamos los recursos utilizados en lo que se refiere a procesador, memoria, software, entre otros que serán descritos en la Sección 4.1; se explican los indicadores, botones, interruptores y pantallas que se presentan en el panel frontal del programa implementado para la detección de los tres tipos de frascos, así como las consideraciones de diseño del programa realizado y sus restricciones las mismas que se detalla en la Sección 4.2. También en la Sección 4.3 hacemos conocer implementaciones físicas que se tuvo que realizar para obtener una adecuada iluminación en el área de análisis, con lo cual se aisló el sistema del paso de la luz externa. Por ultimo en la Sección 4.6 se describe los costos de implementación del proyecto, con lo cual el usuario tendrá una razón más para considerar éste sistema

4.1 Programa Principal

Debido al avance tecnológico y a las prestaciones multimedia de la actualidad es imperiosa la necesidad de crear programas interactivos lo más amigables posibles, es por esto que ya no es solo necesario diseñar e implementar un sistema que cumpla con los objetivos iniciales de cualquier proyecto, si no que sea de fácil comprensión en su manejo incluso para personas que no tengan muchos conocimientos sobre el software en el cual se desarrolló el programa. Como ya se mencionó en el Capitulo 1, LabView cuenta con dos pantallas una llamada Diagrama de Bloques que es donde se desarrolla la programación gráfica y la otra conocida como Panel Frontal que es la que se presenta al usuario final, es en ésta última donde se tiene que tratar de ser los más específicos posibles a más de evitar ambigüedades que puedan causar confusiones para el operador o usuario final. A continuación se detallaran los pasos necesarios para un correcto funcionamiento del sistema:

Primero, al encontrarnos en la pantalla denominada Panel Frontal que se muestra en la Figura 21, se procederá a activar el botón Run que es el que permite iniciar (correr) el programa, el mismo que se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla, una vez iniciado el programa se activarán los botones Calibración Cámara, Cambiar, Terminar, Inicio; además en la parte de Plantilla se comienzan a activar los botones conforme se vaya avanzando en el proceso de adquirir o cambiar las imágenes que servirán como patrones, los botones aquí presentes son Adquirir Plantilla, Tomar Foto, Cargar Foto, Aprender Plantilla y Detener. Los mismos que serán ilustrados en la Figura 22.

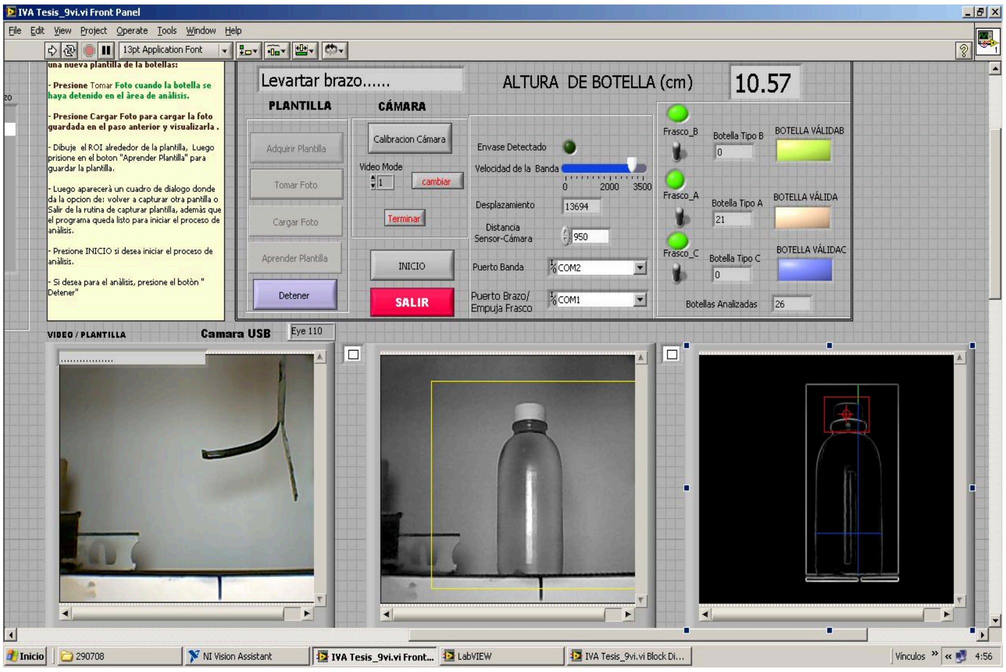


Figura 21. Panel Frontal

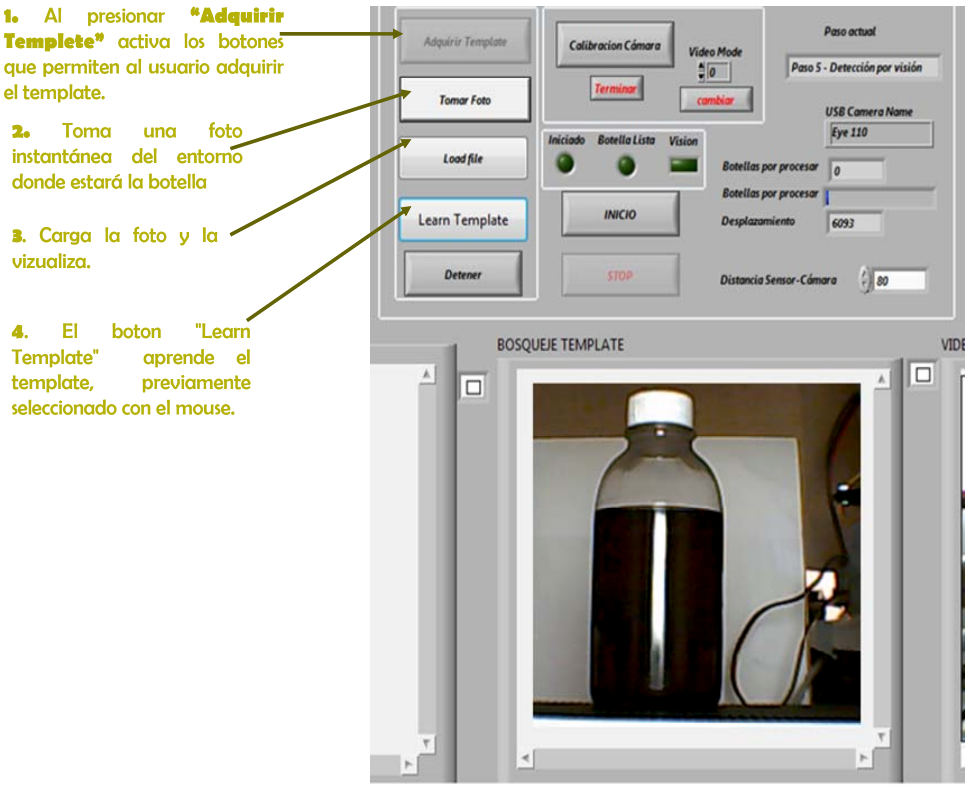


Figura 22. Proceso de Adquirir Plantilla

Luego de calibrar la cámara, tener las plantillas de los frascos, configurar y calibrar los parámetros indicados en los párrafos subsecuentes; se presiona la botonera INICIO para que comience a correr el programa, enseguida se mostrará un cuadro de diálogo indicándole al usuario si las conexiones realizadas entre las tarjetas que controlan la banda transportadora y el empuja frasco con la computadora por medio del Software son correctas; posteriormente se deshabilitan las botoneras Adquirir Plantilla y Calibración Cámara, para que no se realice ningún cambio que vaya a afectar al correcto funcionamiento del sistema.

A medida que se desplacen los frascos, el sensor estará funcionando para que detecte los diferentes tipos de tapas de los frascos; si el sensor detectó alguna de ellas, se detendrá la banda y el frasco quedará justo en el área de interés (dependiendo de la distancia con la que se esté trabajando), levantará el empuja frascos y dará inicio a la sesión de la cámara para adquirir la imagen del frasco detectado. Esta imagen se compara con las imágenes de las plantillas guardadas al inicio del programa, si son parecidas, un indicador se encenderá señalando que detectó un frasco. Si el frasco que es analizado cumple con las especificaciones de forma y altura requeridas, el programa enciende un indicador BOTELLA VÁLIDA, sino, el empuja frasco se activa botando la botella rechazada. Este proceso se repite con todos los frascos ha analizar.

4.2 Manejo de Subrutinas

En un principio se debe configurar los puertos de comunicación tanto de la Banda Transportadora como del Empuja Frasco, las mismas que cuentan con tarjetas independientes. La primera fue desarrollada por los compañeros de tópico **"Diseño de dos bandas transportadoras de 100x10 cm y dos de 30x10 cm con motores controlados con DSPICs"**, y debe ser configurada en el puerto de comunicación COM2; la segunda por los compañeros de la tesis

"Diseño de brazo robótico y diseño de brazos empuja frascos controlados por LabView y DSPICs", que se debe configurar en el puerto de comunicación COM1.

Después se ejecuta Calibrar Cámara que es la que nos permite graduar el área de interés; este paso es de suma importancia la primera vez que se pone en marcha el programa, ya que con esto se garantizará una buena calidad de las imágenes elegidas como referencia (plantilla) para los demás análisis, aunque luego simplemente se lo puede usar para chequear la calidad de las imágenes tomadas por la cámara en ese momento.

Otro aspecto que se procede a calibrar es la distancia entre el sensor de reflexión que sirve para la detección de los frascos, y la cámara, debido a que de esta depende la precisión de detención de la botella en la zona de análisis, como ya se menciono en el Capítulo 1 esta distancia es de 19 cm. Por otro lado, se considera que la velocidad de la banda transportadora puede afectar el equilibrio de los frascos que por ella se trasladan, bien sean durante su desplazamiento o cuando la banda se esté deteniendo en el área de trabajo.

4.3 Esquema General del Sistema

En este subcapítulo nos enfocaremos a la parte física del sistema, razón por la cual solo colocaremos fotos desde distintos ángulos de la banda transportadora y sus componentes.

Una a una las fotos presentadas aquí tratarán de dar a conocer como quedó el sistema en su totalidad luego de implementar todas sus partes, como son la banda transportadora, cámara oscura, brazo empuja frascos, cámara web, sensor, etc.

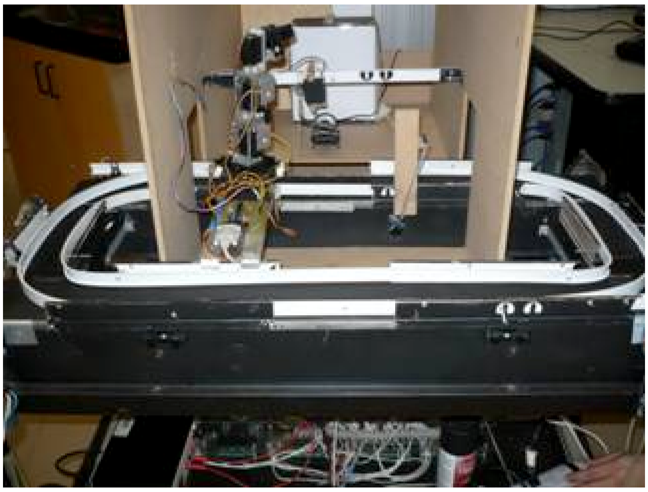


Figura 23. Esquema General Implementado

En la Figura 23 se puede apreciar una imagen panorámica del sistema en general, constan aquí la banda transportadora, cámara obscura, brazo robótico, etc.

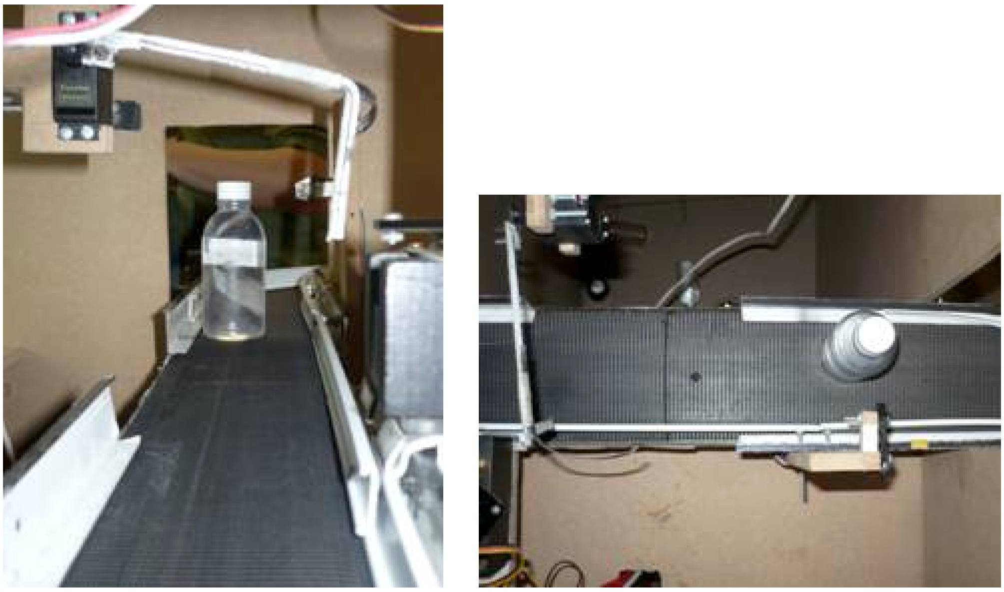


Figura 24. Ingreso del Frasco y Detección del Sensor

Figura 25. Detención y Toma de Foto

En la Figura 24 se puede apreciar el momento en el que el frasco ingresa a la cámara obscura, a más de que se observa cuando el frasco pasa por el sensor de reflexión, el mismo que envía una señal para que la cámara este preparada; luego en la Figura 25 se observa el momento en que el brazo robótico baja para detener el frasco en el área de análisis, la cámara capta la imagen del frasco en ese instante y luego el frasco continua con su normal recorrido.

Figura 26. Salida de Frasco del Área de Análisis

En la Figura 26 se puede apreciar el momento en el que el frasco sale del área de análisis y de la cámara obscura.

4.4 Tratamiento del Software para la Captura de Imágenes

IMAQ Vision es una nueva librería de LabView que permite implementar aplicaciones inteligentes de imagen y visión, además cuenta con mecanismos especializados para la captura de imágenes.

La detección de bordes es usada en las aplicaciones en donde se requiera identificar y localizar discontinuidades en la intensidad de los pixeles. Un borde presenta un cambio significante de valores en escala de grises, en la Figura 27 se muestra el contorno de la botella tipo A.

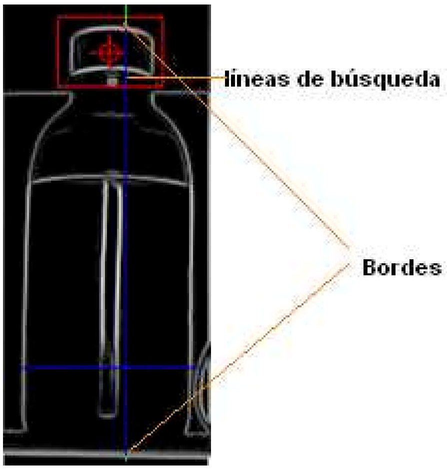


Figura 27. Detección de Borde en botella tipo A

El modelo a seguir para la detección de bordes se ilustra en la Figura 28; se puede distinguir la dimensión del borde, ubicación y la fuerza del borde a lo largo de los valores lineales de píxeles en escala de grises [13].

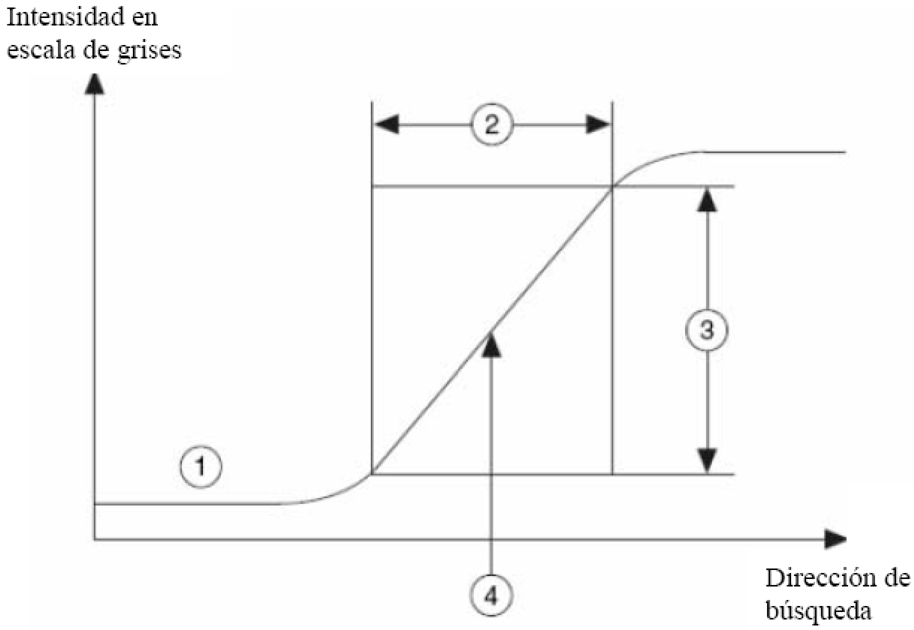


Figura 28. Modelo del Borde. 1) Modelo en la escala de Grises, 2) Ancho del Borde, 3) Fuerza del Borde, 4) Ubicación del Borde

La fuerza del borde define la diferencia mínima en escala de grises entre el fondo y el borde; la cual puede variar por diferencia de las características de los valores en la escala de grises, o por las condiciones de iluminación. Si la luz es baja, la fuerza de borde tiende a ser pequeña y difícil de detectar; así mismo, el exceso de luz puede causar que los objetos en la imagen aparezcan con poca intensidad. En la Figura 29 se muestra una botella a diferentes contrastes de borde.

Figura 29. Contraste del Borde a diferente iluminación

La detección de bordes permite diferenciar el contorno de un objeto, el mismo que nos servirá para una correcta evaluación de las imágenes adquiridas. Las variaciones de luz o la adición de ruido en las imágenes a reconocer pueden presentar dificultades en la comparación con las plantillas; aún con estas variaciones, los componentes de IMAQ Vision presentan una gran tolerancia y buen funcionamiento.

4.5 Protocolo de Intercambio de Datos con los Microcontroladores

La comunicación permite a los demás componentes cruzar 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 RS-232 [3].

El DSPIC tiene 2 puertos seriales, denominados U1 y U2 incluidos en su hardware, nosotros utilizamos el puerto U2 como se muestra en la Figura 30:

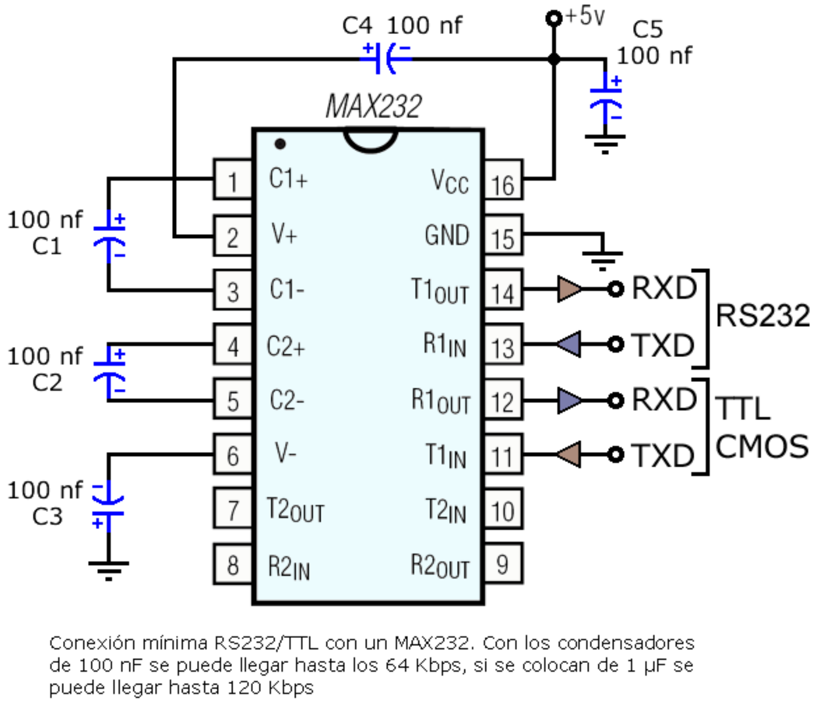


Figura 30. MAX232

La banda transportadora y el brazo empuja frascos están controlados por tarjetas diseñadas con DSPICs, con lo cual se logrará la interconexión y el control desde LabView, sus movimientos serán moderados con la mayor precisión posible.

La comunicación serial es un protocolo muy común (no confundirlo con USB) para comunicación entre dispositivos (como los DSPICs), que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier CPU;

la mayoría de las computadoras de escritorio incluyen dos puertos seriales DB9.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas: Tierra (referencia), Transmitir, y Recibir. Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra; existen otras líneas disponibles para realizar handshaking o intercambio de pulsos de sincronización, pero no son requeridas. Las características más importantes de esta comunicación son la velocidad de transmisión, bits de datos, bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

Para facilitar la conexión entre computador y DSPICs se han desarrollado múltiples estándares que determinan todas las características físicas, eléctricas, mecánicas y funcionales de la conexión. Posiblemente el más conocido y popular es el RS-232, una norma para la conexión entre DSPIC30F4011 (DCE) y el computador (DTE) que define [3]:

- El tipo de conector a emplear.
- Las características eléctricas.

- Los niveles de tensión.
- Las longitudes máximas a distintas velocidades.
- Los nombres de las señales que intervienen en el funcionamiento y la estructura del protocolo de comunicación.

Las velocidades de transmisión que puede soportar este estándar van desde los 0 bps hasta los 20 Kbps; y la distancia máxima no superior a 15 m., aunque un diseño cuidadoso puede permitir distancias muy superiores, hay que suponer que esta limitación teórica se puede manifestar en la práctica en dispositivos que cumplan la norma.

DB9 es el conector serial hallado en las PCs, el mismo que se muestra en la Figura 31; es utilizado para una gran variedad de propósitos, como conectar un ratón, impresora o MODEM, así como instrumentación industrial (PIC, DSPICs). Gracias a las mejoras que se han ido desarrollando en las líneas de transmisión y en los cables, existen aplicaciones como distancia y velocidad del estándar donde se ha aumentado el desempeño del DB9; está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la computadora. El hardware DB9 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 160 m.

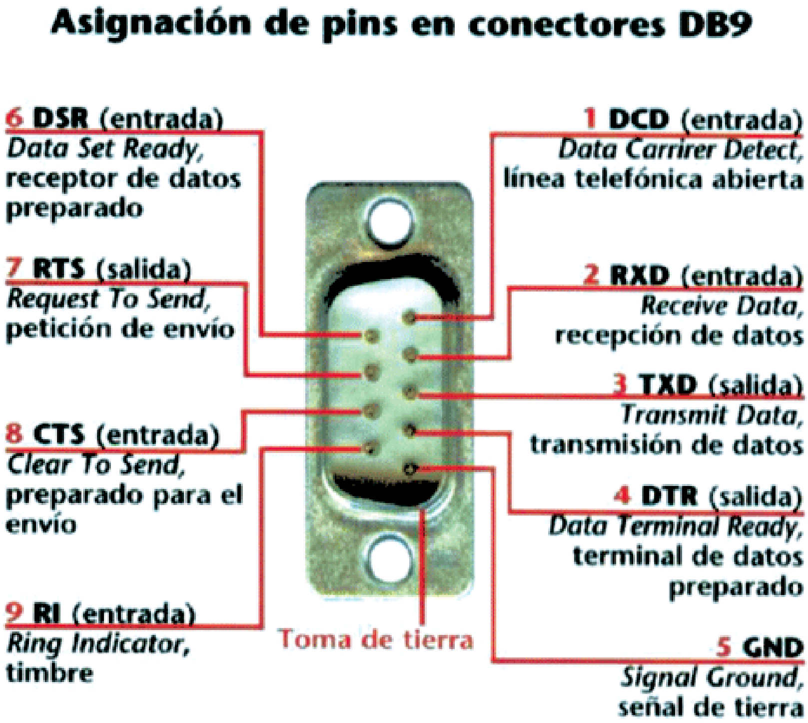


Figura 31. Conector DB9

En la Figura 32 se muestra una conexión típica entre un PC y un DSPIC por el puerto serie, se utilizan las señales TXD, RXD y GND. El PC utiliza la norma RS-232, por lo que los niveles de tensión de las patillas están comprendidos entre +15 y -15 voltios. Los microcontroladores normalmente trabajan con niveles TTL (0-5v), es necesario por tanto intercalar un circuito que adapte los niveles.

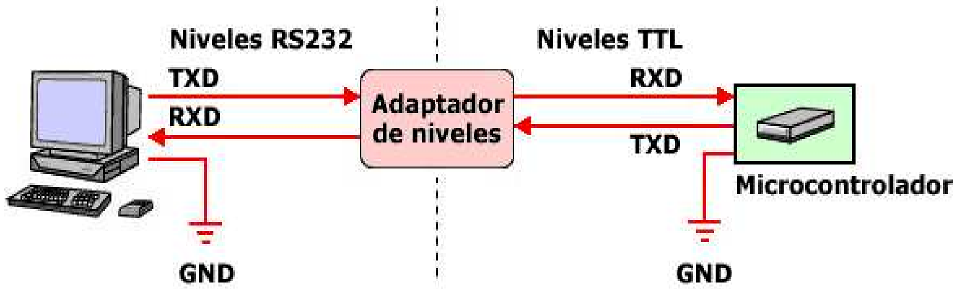


Figura 32. Conexión Microcontrolador - CPU

Uno de los circuitos utilizados con frecuencia como adaptador de nivel es el MAX232, Figura 33, esto debido a los diferentes valores de voltajes que utilizan unos y otros.

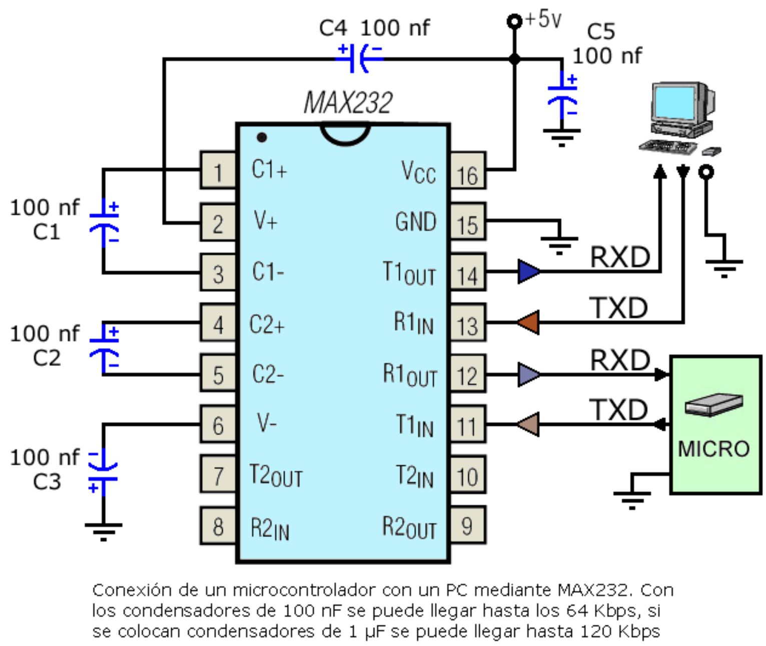


Figura 33. Adaptador de Niveles de voltaje (MAX232)

4.6 Costo del Proyecto

Para la elaboración del proyecto se tuvieron que adquirir algunos materiales y hardware que se utilizaron en la implementación del mismo. Los costos se describen en la Tabla 7:

Ítem	Descripción	P. Unidad	Cantidad	P. Total
1	Cámara de Video Genius	$ 15,00	1	$ 15,00
2	Fuente de luz de: 21x18x10cm	$ 5,00	1	$ 5,00
3	Cámara Oscura	$ 70,00	1	$ 70,00
4	Frascos plásticos	$ 0,10	21	$ 2,10

Tabla 7. Costos de los equipos y materiales

Cabe indicar que todos los materiales fueron fáciles de adquirir; por ejemplo, la cámara Web se la adquirió en un centro de cómputo. La cámara oscura es de un material conocido como es el MDF, el cual fue comprado en uno de los Hipermarket de la cuidad. La fuente de luz se la envió hacer en un taller de ebanistería con las medidas deseadas, la cual es de madera.

CAPITULO 5

5. DATOS EXPERIMENTALES

En este capítulo se presentan las pruebas que se tuvieron que realizar para la verificación total del sistema completo de Detección de Frascos. Las pruebas se dividen en dos secciones: las pruebas de video – captura de imagen se mostrarán en la Sección 5.1.1; y las pruebas del sistema completo (banda en movimiento, sistema de iluminación, etc.) se mostrarán en la Sección 5.1.2. En la Sección 5.2 se mostrarán los resultados de las pruebas realizadas con su porcentaje de eficiencia y de error.

5.1 Pruebas Realizadas

Las pruebas realizadas se dividieron en 2 escenarios:

- Pruebas de video – captura de imagen
- Pruebas del sistema completo

5.1.1 Pruebas de Video - Captura de Imagen

La primera prueba realizada en el área de imagen y video consiste en determinar las características de la webcam a usar [7], esta cámara de marca Genius posee un diseño de base acoplable. La base ajustable rota 360 grados y captura imágenes estáticas con una calidad de máximo de 300 kpíxeles. Posee una interfaz USB 2.0 de alta velocidad, además es compatible con USB 1.1/1.0. Se usó un programa en LabView, el mismo que consistía en la captura imágenes [1], además de probar la función de video con la cámara Web Genius Eye 110.

Para realizar esta parte, se utilizó la librería IMAQ Vision de LabView que cuenta con VIs para manejo de imágenes y video [1].

La parte del programa que captura video se muestra en la Figura 34:

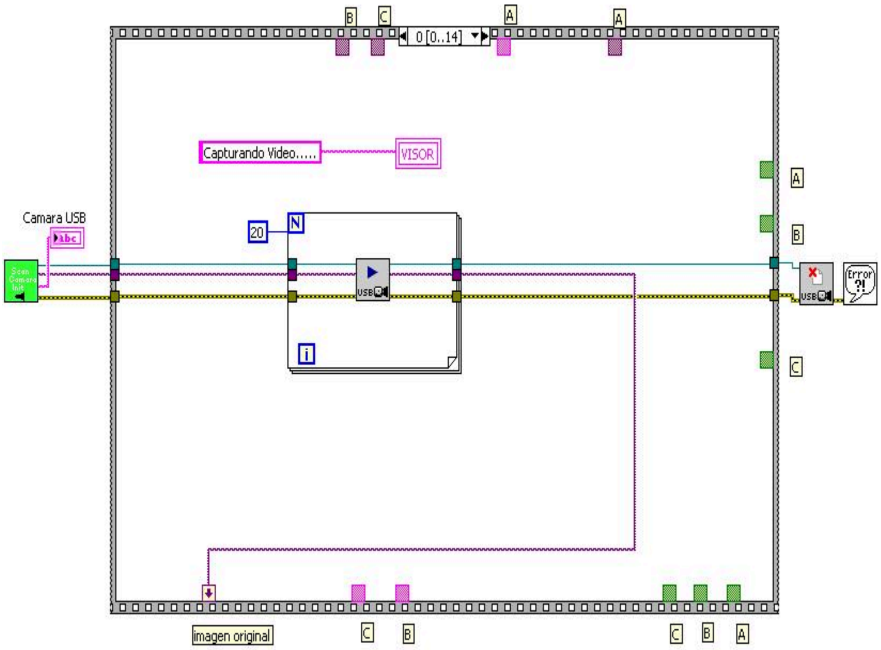


Figura 34. Diagrama de Bloques de la Captura de Video

El primer SubVIs que se encuentra a la izquierda del diagrama y que se muestra en la Figura 35, escanea en el PC todas las cámaras conectadas a los puertos USB que pueden ser inicializadas.

Figura 35. SubVIs Scan Camara Init

Esto hace que la aplicación realizada pueda reconocer cualquier modelo de cámara Genius, claro esta que debemos usar el instalador correspondiente de la cámara.

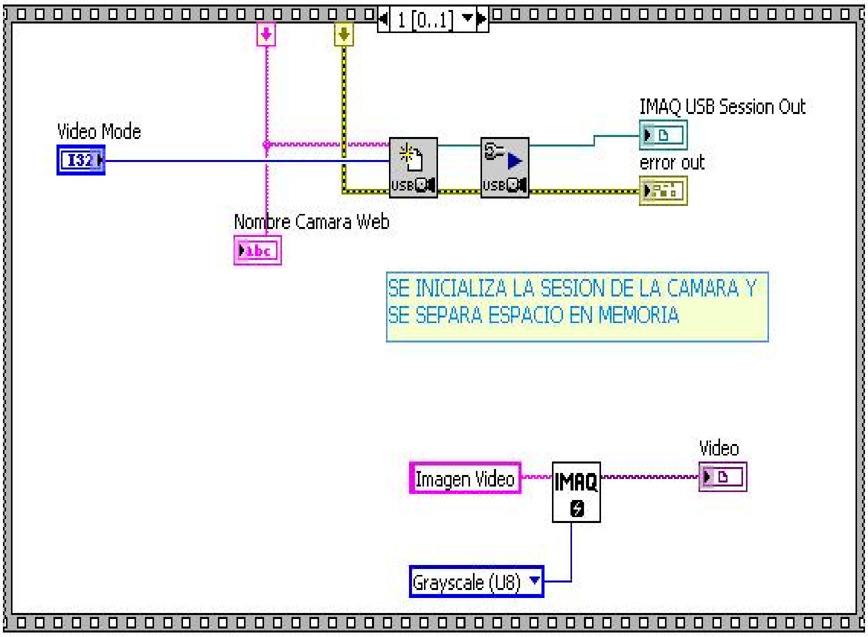


Figura 36. Diagrama de Bloques del SubVIs Scan Camara Init

Luego el SubVIs inicia la sesión de la cámara con el SubVI **IMAQ USB init.vi y IMAQ USB Grab Setup.vi** propios de la librería IMAQ Vision, los mismos que se muestran en la Figura 36.

Se asigna un tiempo necesario para el correcto funcionamiento, el cual se logra ingresando a modo de captura continua en un ciclo *for.*

Cabe indicar que al principio, cuando aun no se tenía lista la banda transportadora, se hicieron las primeras pruebas ubicando los frascos de manera manual sobre una mesa, donde se procedió a realizar el análisis de medición de los tres tipos frascos con fotos capturadas de manera estática y sin tomar en cuenta las condiciones óptimas para el proceso.

Para la realización de muchos de los VIs de nuestro proyecto se hizo uso de una gran herramienta que posee LabView 8.5, el cual es el Vision Assistant 8.5 (Asistente de Visión) de National Instruments [4]. Para realizar este tipo de prueba se usó fotos de los envases, la realización de las pruebas con fotos estáticas mostradas en la Figura 37 fueron fundamentales debido a que durante la ejecución, nos dimos cuenta que surgieron una gran cantidad de variables que afectaban al sistema como son: la iluminación, la distancia entre el frasco y la cámara web, la ubicación de la cámara Web, el color del fondo del escenario.

Figura 37. Imágenes Capturadas de Manera Estática

Después de diseñar una fuente iluminación adecuada para el sistema, se requería resaltar los bordes de los envases para luego detectarlos, se realizaron pruebas con los filtros que nos proporciona la herramienta antes mencionada, en primer lugar se experimentó con los filtros de extracción de los planos de colores, de todos ellos se escogió el filtro de luminiscencia y después se probó con los filtros funcionales de escala de grises, entre todos los que el Asistente Visión nos brinda, el que mejor se acopla a nuestras necesidades es el filtro de detección de bordes empleando el método de Sobel.

Mientras se realizaban las pruebas nos vimos en la necesidad de tener que colocar puntos de referencia que nos permitan obtener la longitud de los frascos en una unidad de medida cuantificable, la estrategia escogida fue que el ancho de la botella en pixeles se lo relaciono con el ancho en cm medidos con un instrumento de medida sencillo como lo son las reglas comunes, luego de esto se uso una regla de tres para poder conocer a cuantos cm corresponde un píxel, análisis que fue desarrollado en el capitulo tres en el Sub-Capitulo de Cálculos y Mediciones.

5.1.2 Pruebas del Sistema Completo

Para realizar las pruebas del sistema completo se realizó un VI donde se acopló todos los SubVIs realizados por los compañeros que desarrollaron la banda transportadora, el brazo robótico y por su puesto los SubVIs que desarrollamos para nuestro proyecto.

En esta etapa se pudo comprender el funcionamiento de la tarjeta controladora de la banda transportadora, logrando capturar vídeo continuo de los objetos transportados. Una vez que se logró la comunicación entre la banda y el CPU se procedió a trabajar en el proceso de reconocimiento de los tres tipos frascos, basándonos en los VIs elaborados en el estudio de las imágenes estáticas.

Uno de los problemas que surgieron en estas primeras pruebas, fue el retraso entre la adquisición de la imagen que se iba a analizar y el envío de una señal para detener la banda transportadora debido a que la cámara WebCam utilizada es lenta en el procesamiento de la imagen, lo cual causaba que la botella no se detenga siempre en el mismo sitio, algunas ocasiones lo hacia dentro del área de análisis y otras fuera del área de análisis.

Por este motivo todos los grupos del tópico nos vimos en la necesidad de utilizar un sensor, usando el QRB1133, Figura 38, el mismo que forma parte de la familia de los sensores de reflexión; que consiste en un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor que provee alta sensibilidad, y además cuenta con una película transparente que sirve de protección para que ningún objeto extraño altere su correcto funcionamiento, el mismo que es de fácil acceso y bajo costo.

Figura 38. QRB1133

Este sensor se lo ubico antes del área de análisis, lo cual dio una mejor respuesta de parada de la banda transportadora pero aun así no era muy preciso, ya que no siempre paraba la botella en la misma ubicación dentro del área de análisis. Para solucionar este inconveniente todos los grupos del tópico decidimos utilizar una barrera de detención (brazo empuja frasco) para evitar que la botella se escape del área de análisis, logrando una mejor precisión al momento de realizar los análisis. Los elementos en cuestión se muestran en la Figura 39.

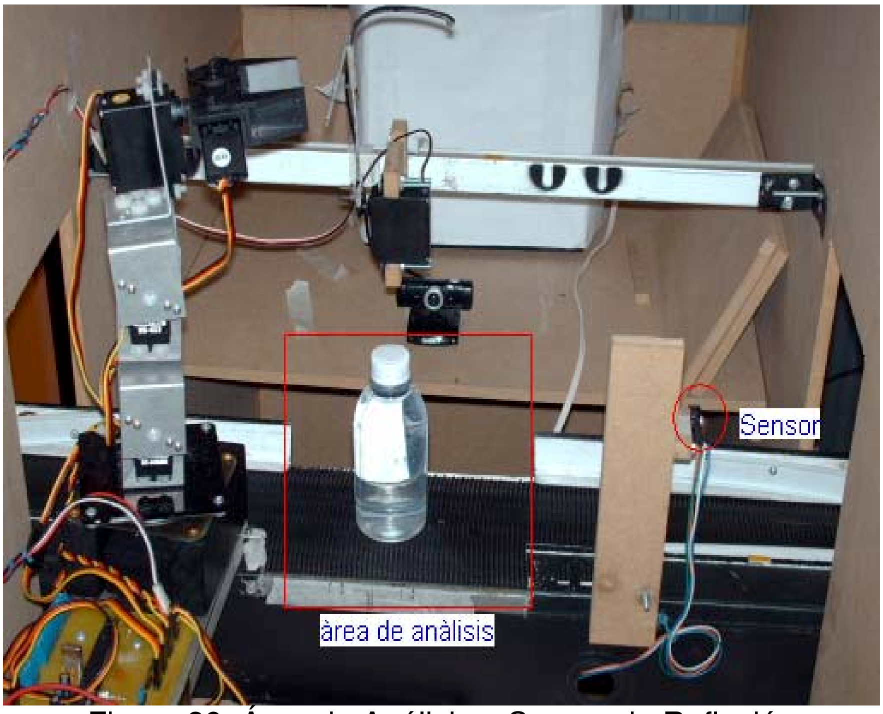


Figura 39. Área de Análisis – Sensor de Reflexión

Una vez que se tuvo una mejor precisión en la parada de las botellas, se comenzó a realizar pruebas con el VI que se diseño.

Luego de realizar el análisis de los frascos; si la altura del frasco cumple con las especificaciones dadas, continua en el proceso, caso contrario debe ser eliminado, esto se lo hace con la ayuda del brazo empuja frasco.

A medida que se iban realizando más pruebas, los inconvenientes seguían presentándose; como por ejemplo se tuvo que colocar una tira de cartulina blanca a un costado de la banda transportadora donde se encuentra el área de análisis, dado que el color negro de la banda transportadora no permitía distinguir la base del frasco transportado, por ende la aplicación presentaba problemas al momento de encontrar el punto de referencia inferior.

5.2 Datos Obtenidos

Para poder obtener resultados plausibles se decidió realizar pruebas con 21 frascos de cada tipo; es decir, 21 del tipo A, 21 del tipo B, y 21 del tipo C.

Se hizo uso de herramientas estadísticas conocidas para tratar de darle un realce a los datos obtenidos, razón por la cual se calculó la media, mediana, moda, varianza, y porcentaje de error.

Como ya se mencionó las pruebas fueron realizadas con 21 frascos para cada tipo; con el frasco tipo A cuya altura real es 10.60 cm, se obtuvo una media de 10.53, mediana 10.49, no existe moda, y la varianza fue de 0.03, cabe señalar que todos los frascos de este tipo fueron aceptados por el sistema.

Las pruebas realizadas con el frasco tipo B fueron satisfactorias ya que todos los frascos fueron admitidos por el sistema, la altura real del mismo es de 10.20 cm, se obtuvo una media de 10.16, mediana 10.15, moda 10.10, y la varianza fue de 0.01.

El último frasco a analizar fue el tipo C, cuya altura real es de 8.87 cm, la media que se obtuvo fue de 8.79, mediana 8.80, moda 8.86, y la varianza fue de 0.00, al igual que en los tipos A y B no hubieron frascos rechazados por el sistema.

Los máximos valores del porcentaje de error para el tipo de frasco A, B y C son respectivamente 3.21 %, 1.57 %, y 2.25 %.

De manera general se puede decir que los resultados fueron muy satisfactorios, ya que los porcentajes de error estuvieron por demás aceptables. En los anexos F, G y H, se detallarán las tablas y los gráficos obtenidos de las muestras.

5.3 Análisis de Resultados

Luego de realizadas las pruebas y obteniendo la valoración de las mismas, podemos decir que las 21 muestras usadas representan un número considerable para su análisis.

Debido a que los valores de media, mediana y moda en los tres tipos de frascos en los cuales hace referencia nuestro análisis, son similares entre sí, se puede decir que tienen una distribución uniforme, por lo tanto los valores a obtener en las pruebas tienen una mayor probabilidad de coincidir con la altura referencial del frasco.

Las varianzas obtenidas para el tipo A, B y C son de 0.03, 0.01 y 0.00, respectivamente. Consecuentemente, la dispersión de las alturas de cada tipo de frasco es mínima.

Los errores que se obtuvieron en los frascos tipo A, B y C son, máximos de 3.21%, 1.57%, 2.25%; mínimos de 0.09%, 0.00%, 0.11%; mientras que los promedios son 1.46%, 0.71%, 0.90%, respectivamente. Los porcentajes de error relativamente bajos nos demuestran que el sistema implementado nos brinda unos resultados confiables; y mucho más considerando que siendo la cámara uno de los elementos significativos para el éxito de este proyecto, es económico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se ha utilizado la herramienta IMAQ VISION con la que cuenta el software LabView para diseñar, sistematizar y documentar el programa desarrollado, además de que se logró un correcto acoplamiento con el sistema en su totalidad, lo que nos permitió gozar de un correcto funcionamiento de la plataforma empleada para la cristalización de este proyecto. Claro que todo esto se logro gracias a una extensa recopilación de información sobre el uso y manejo de todas las herramientas con las que cuenta LabView para el procesamiento de imágenes. La programación por módulos nos dio excelentes resultados ya que modularizando el proceso es más fácil lograr monitorear y evaluar el proceso.

La flexibilidad se logró diseñando un módulo que nos permite cambiar las imágenes que sirven como patrones referenciales dentro de sistema, claro que existe ciertas limitaciones a momento de escoger los objetos a identificar, pues se tiene que tener presente que la banda por donde se transportan los objetos tiene un ancho de tan solo 10 cm., además los motores con los que mueven la banda en sus diferentes direcciones, son servo-motores que no cuentan con gran fuerza por lo que tampoco habría como colocar objetos pesados, sin embargo para fines didácticos presenta una excelente alternativa.

Al momento de hacer las pruebas con los diferentes tipos de frascos, los resultados obtenidos fueron aceptables ya que haciendo un análisis comparativo entre las alturas reales de los frascos con las alturas obtenidas mediante el sistema, los errores promedios arrojaron resultados menores al 3%, específicamente fueron de 1.46%, 0.71%, 0.90% para el tipo A, B y C respectivamente. Por otro lado cabe señalar que se realizaron pruebas en las que se contaba con 21 frascos por cada tipo, los mismos que no llegaban al área de análisis en igual posición o ubicación siempre, por lo que hay cierto nivel de flexibilidad en el programa que permite una correcta identificación de los frascos así a estos se los enfoque de diferente ángulo.

Otra conclusión a la que se pudo llegar, es que las coincidencias (“score”) son inversamente proporcionales al tamaño del objeto, es decir, mientras más grande es el objeto a identificar menor serán las coincidencias detectadas por el programa, como lo demuestran los resultados que se obtuvieron en los tres tipos de frascos con los que trabajamos: para el frasco Tipo A cuya altura es 10,6 cm. el promedio de coincidencias fue de 633,64; mientras que para el frasco Tipo B cuya altura es de 10,2 cm. el promedio de coincidencias fue de 776,57; y para el frasco Tipo C cuya altura es de 8.6 cm. el promedio de coincidencias fue de 819,48, todo esto tomando como base un valor de 1000 como máximo valor de coincidencias y el 0 como el mínimo. El promedio de aceptación se lo puede mejorar utilizando una cámara más eficiente para este tipo de aplicaciones.

RECOMENDACIONES

Este proyecto fue realizado con fines didácticos, razón por la cual los materiales usados en el mismo no son muy costosos, si se quiere implementar este proyecto en alguna industria relacionada con el transporte de objetos y su clasificación por tamaño, se recomienda que se adquiera una cámara de escaneo progresivo más sofisticada, a más de colocar en el interior de la cámara oscura (diseñada para evitar las variaciones de luz que se producen en el día) una iluminación con luz estroboscópica, ya que el sensor de la cámara requiere un tiempo de adquisición muy corto para evitar los desenfoques, pero también necesita una buena iluminación para adquirir la imagen con el suficiente contraste y las luces estroboscópicas pueden emitir una luz muy intensa durante microsegundos cada vez, claro que se necesita de una sincronización muy precisa con la cámara por lo que sería ideal el uso de una tarjeta de adquisición de imágenes con salidas digitales que manden pulsos de trigger al estroboscopio, a fin de que cumpla con todos los requerimientos que se presentan en una industria; ó en su defecto adquirir una cámara de escaneo lineal, dichas cámaras son las más recomendadas al momento de la adquisición de imágenes de objetos que se muevan en una banda transportadora, porque adquieren líneas rápidamente mientras el objeto se mueve. Además, cabe mencionar que los módulos de visión son sistemas muy sensibles a los campos magnéticos propios de los entornos industriales, razón por la cual se tiene que tener una especial atención al cableado y así tratar de obtener una estructura mecánica equipotencial.

Otra recomendación que hay que hacer si se desea implementar este proyecto a gran escala, es que la cámara oscura se la tendría que adaptar para que esta se pueda acoplar sin mayores problemas a los requerimientos que se presenten en la industria.

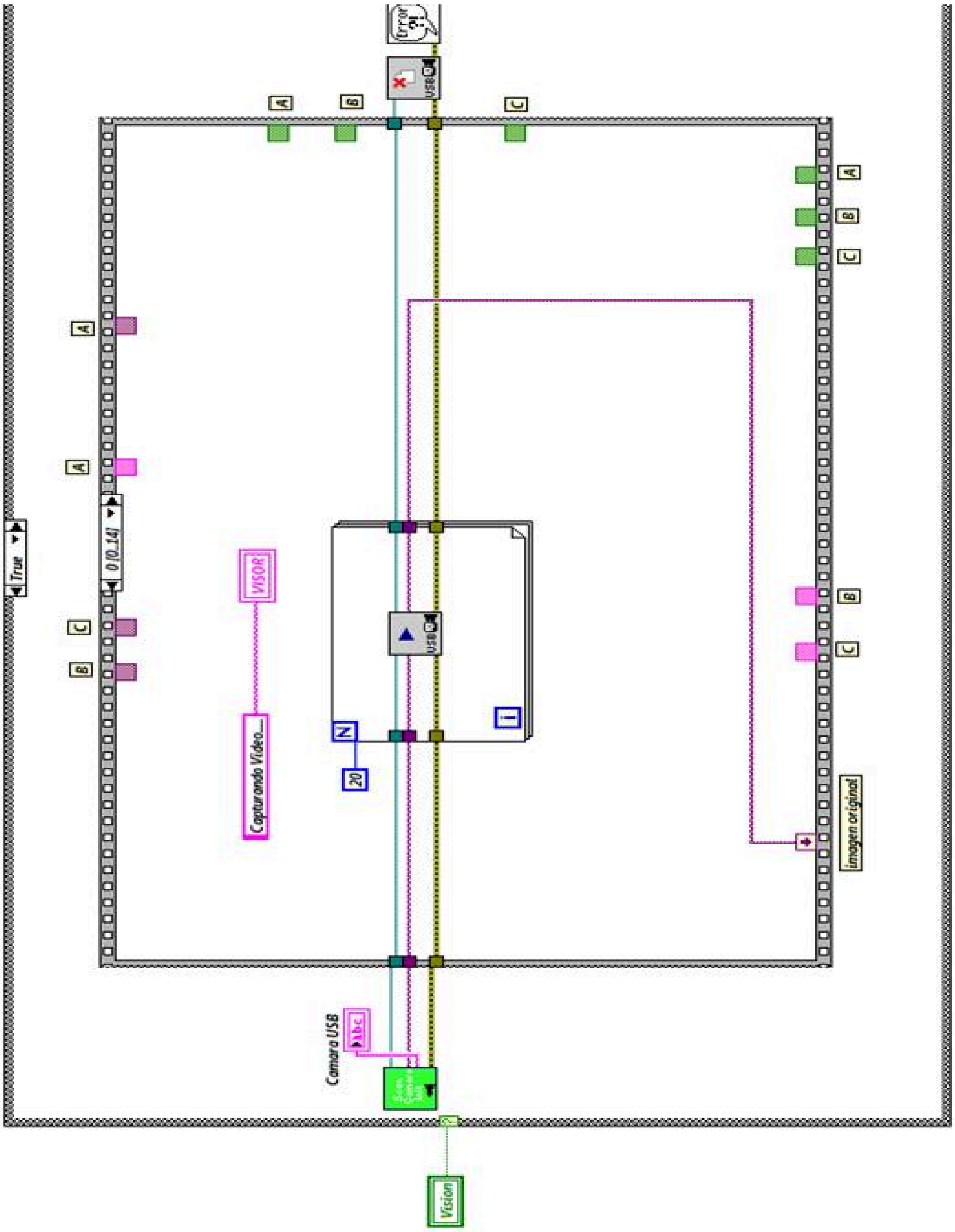
Como es de imaginarse la temperatura también constituye un factor a considerar al momento de la implementación, por lo que la temperatura del ambiente donde van a estar las tarjetas electrónicas que controlaran el proceso debe ser la adecuada para que los circuitos electrónicos no sufran ningún desperfecto a causa de un sobrecalentamiento.

ANEXO

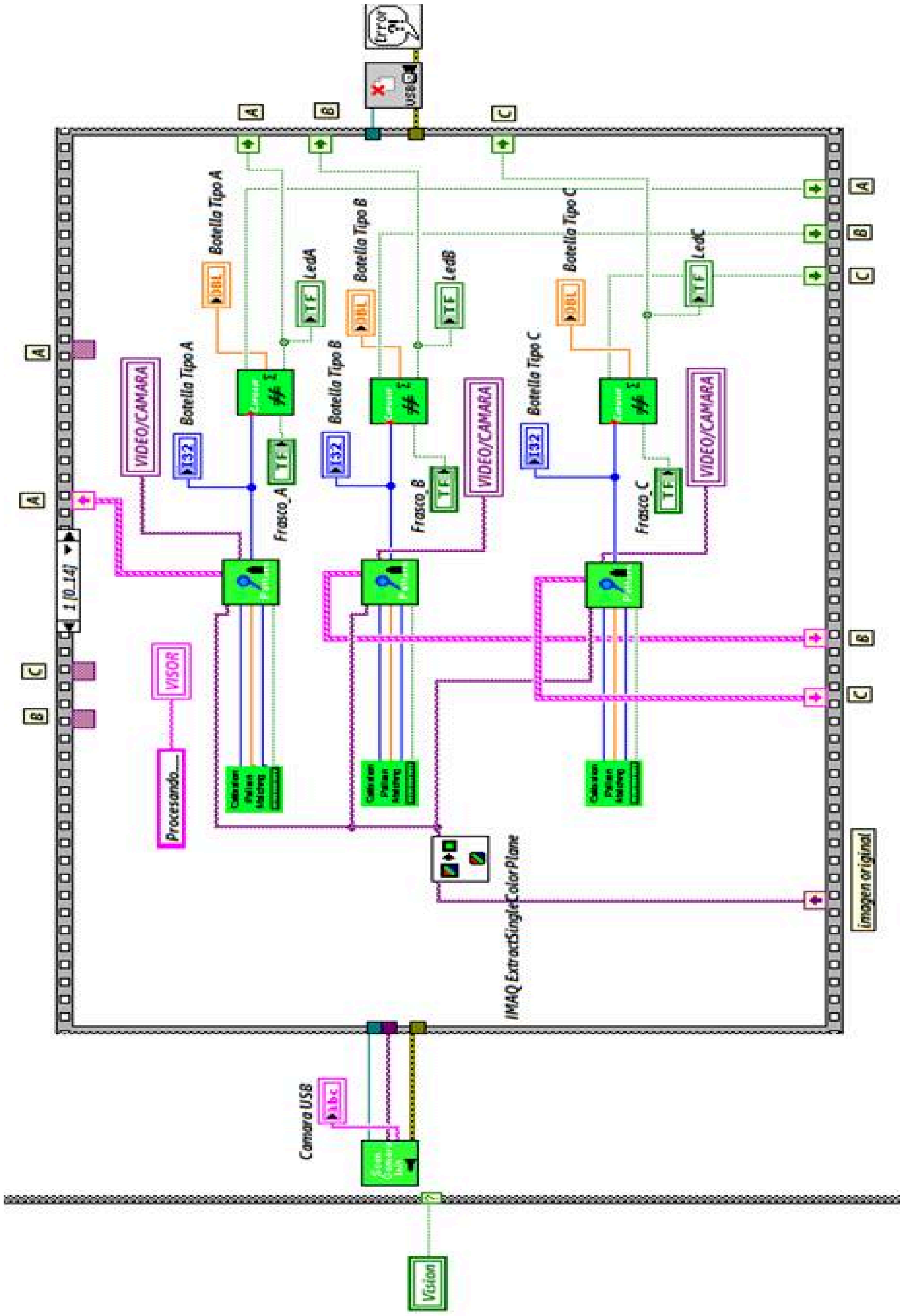
ANEXO A

PROGRAMA PRINCIPAL

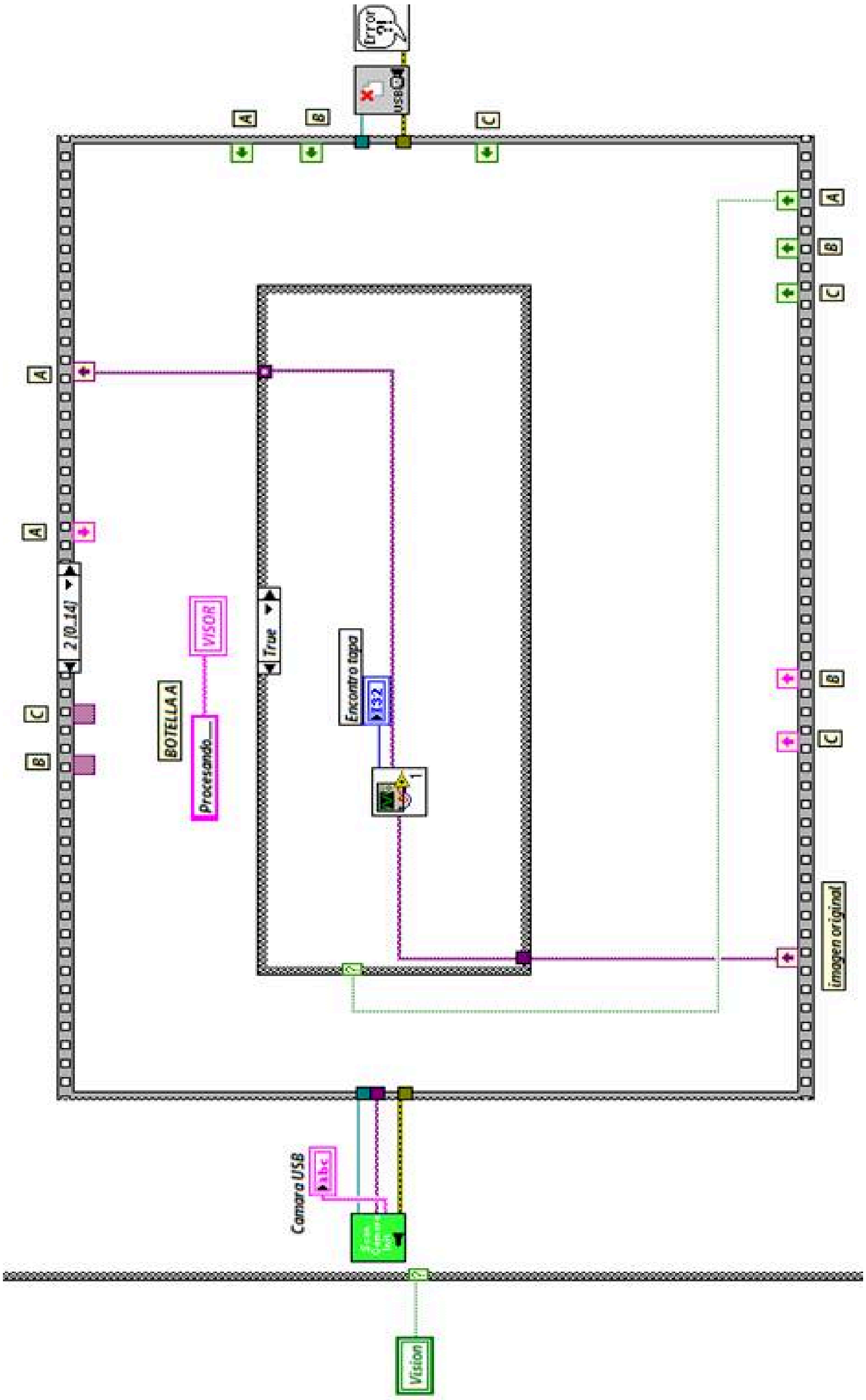
Captura de la Imagen



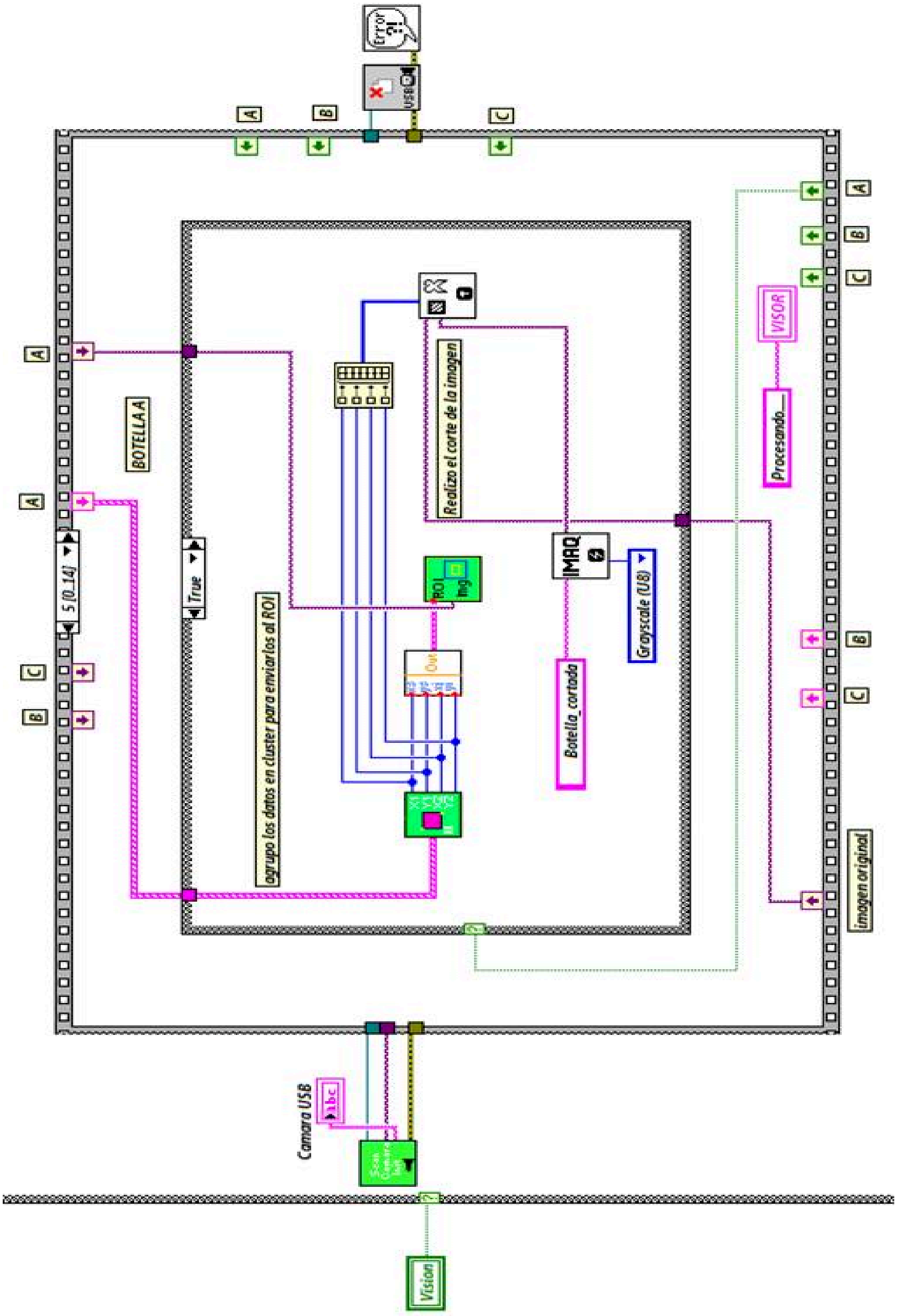
Comparación de Imagen con Plantilla



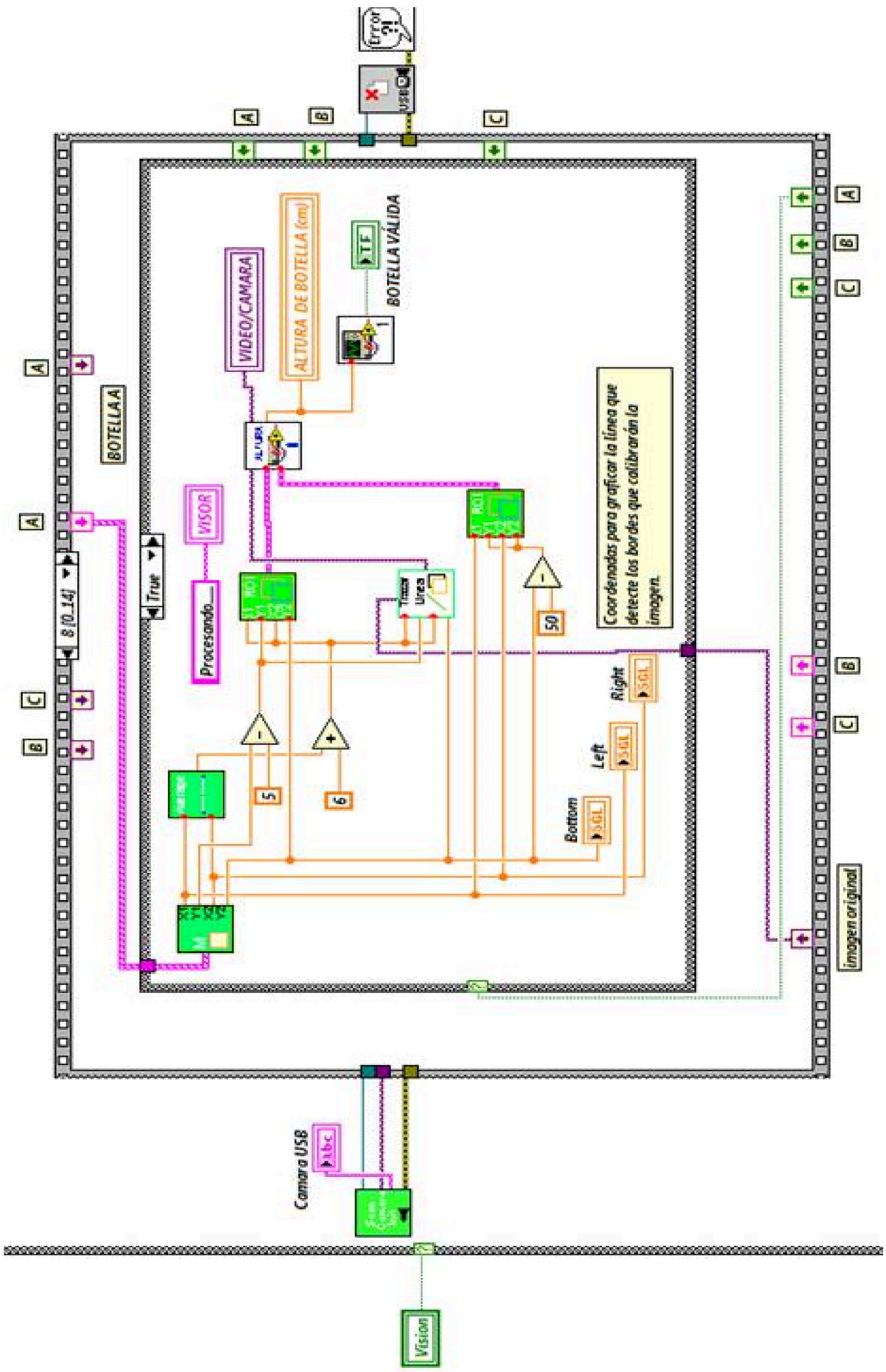
Detección de Tapa de los Frascos



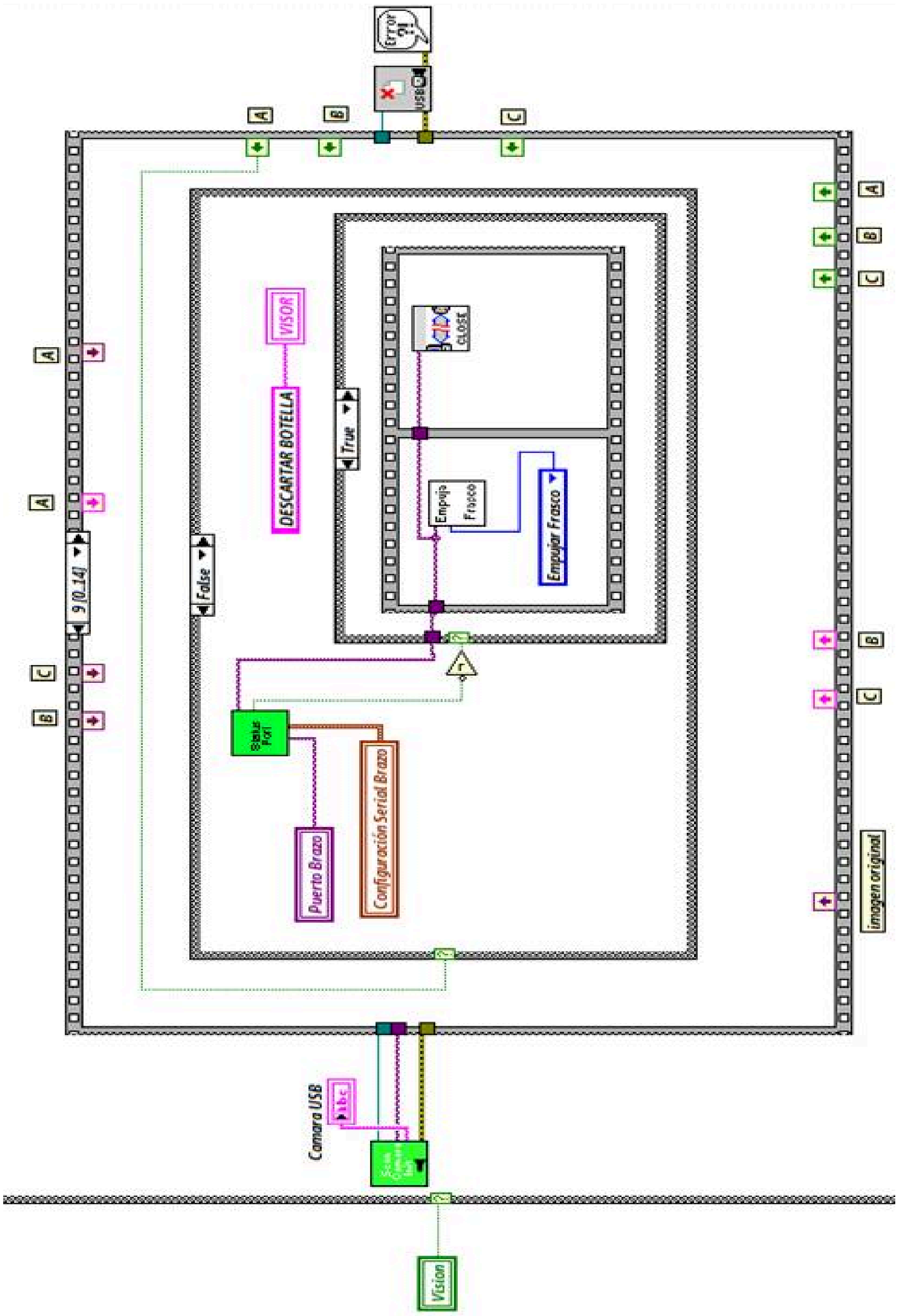
Recorta el Área de Análisis



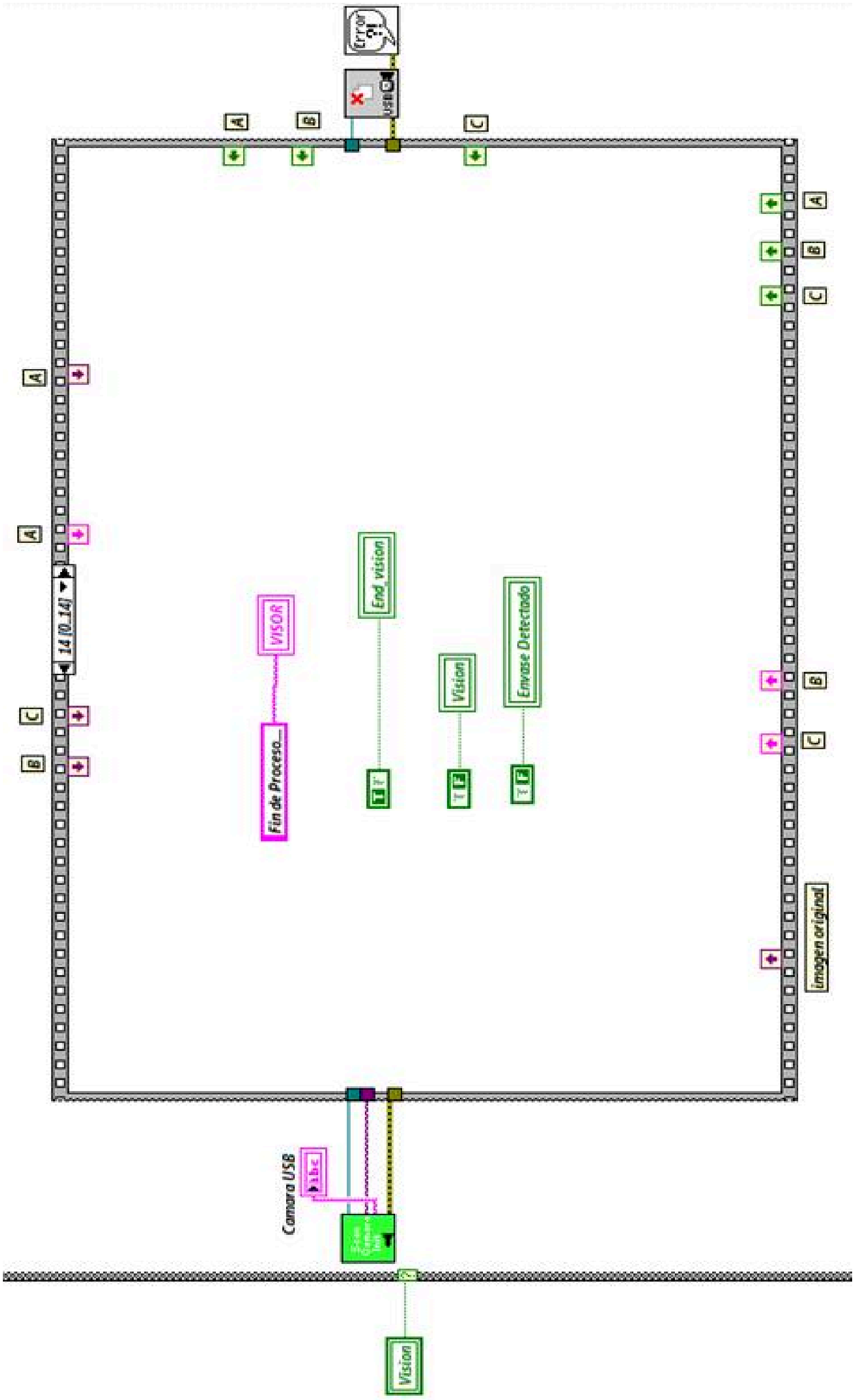
Determinación de la Altura



Frasco No Valido



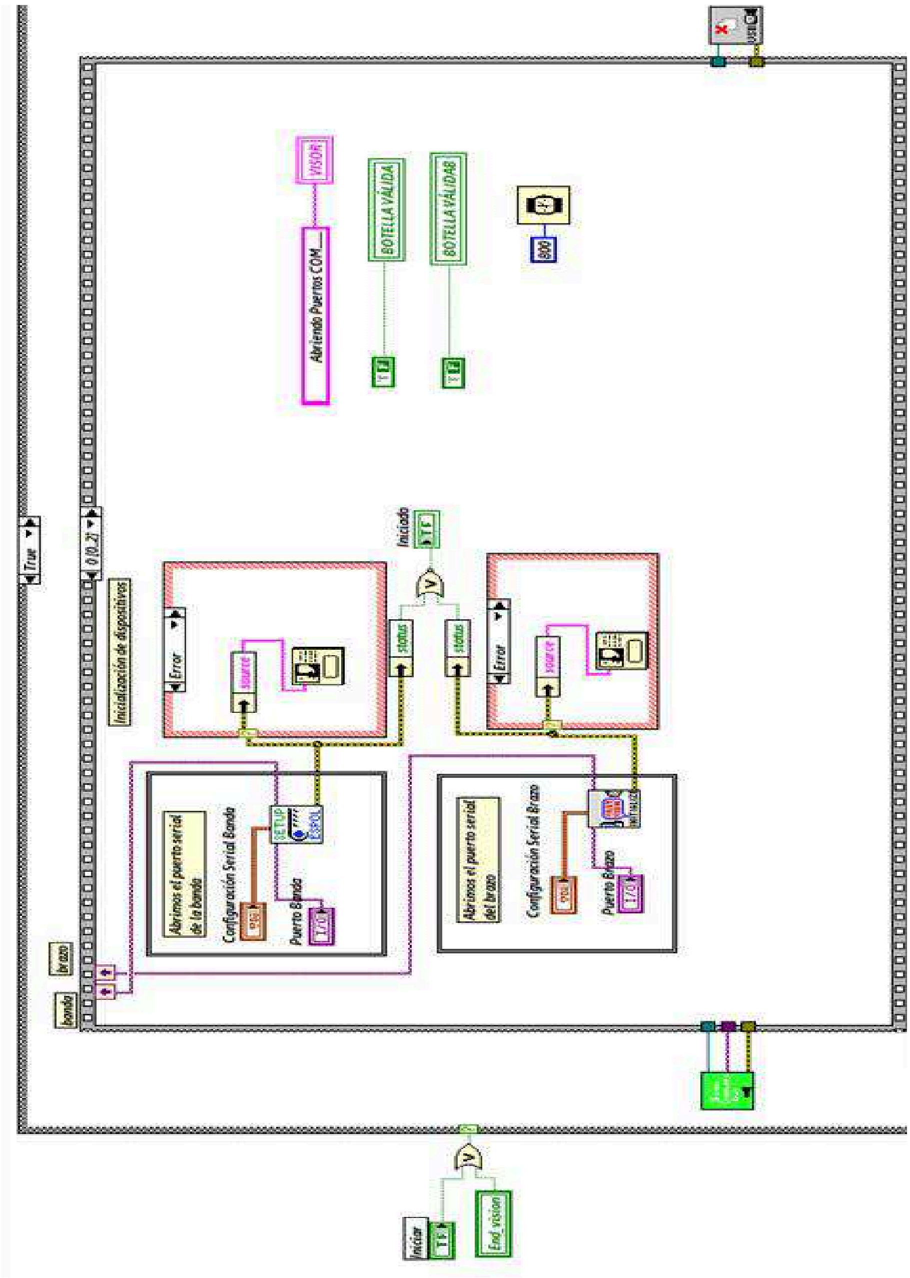
Fin del Proceso



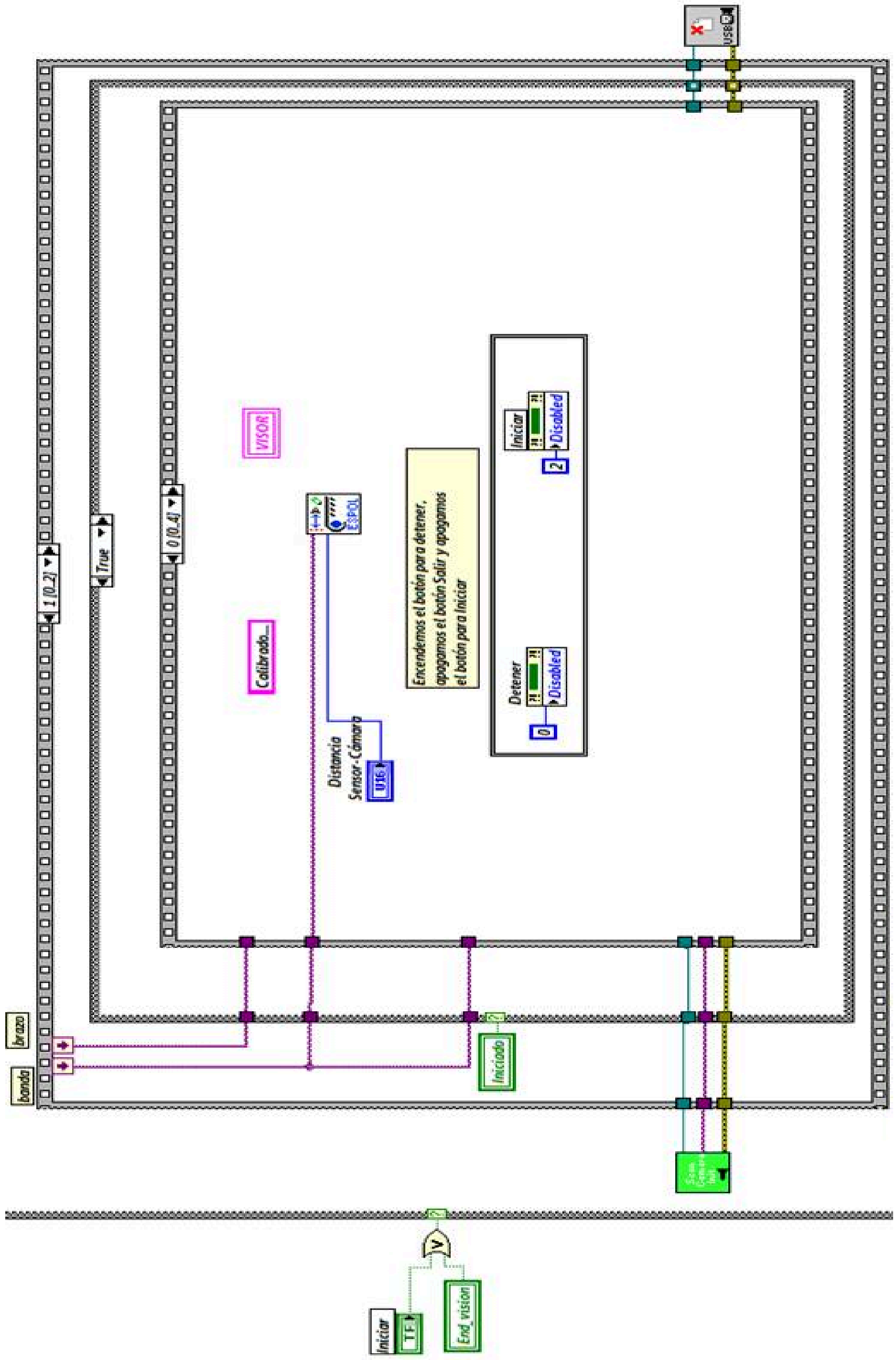
ANEXO B

SUBRUTINA INICIAR

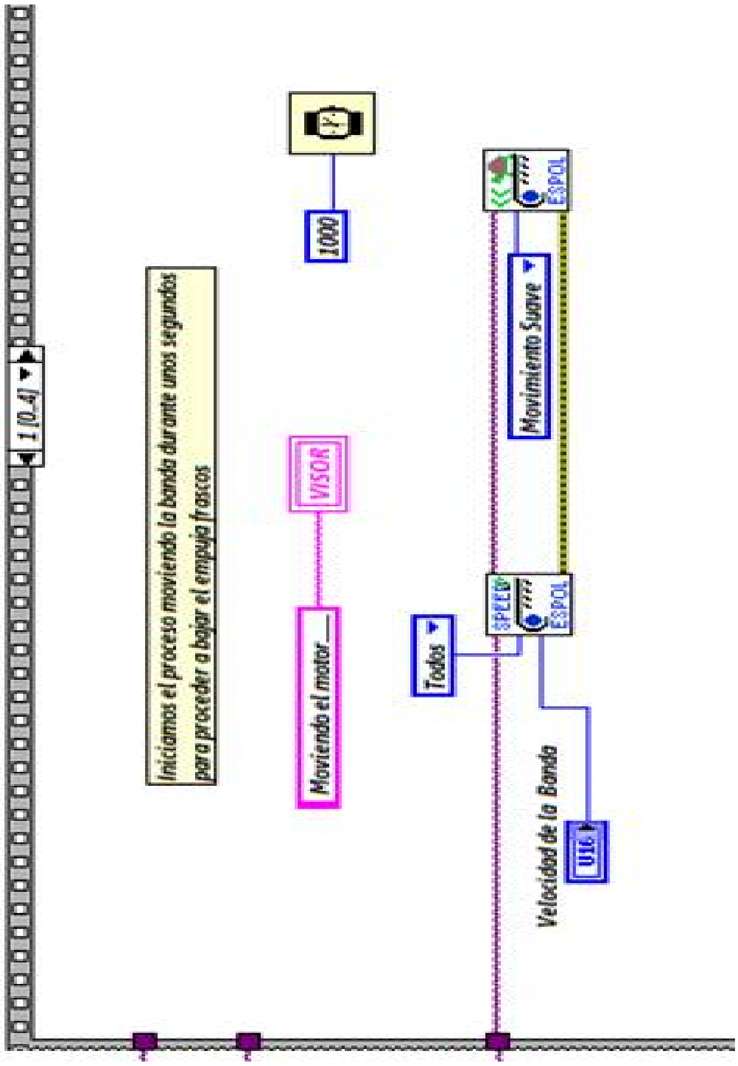
Inicialización/Verificación de las Tarjetas



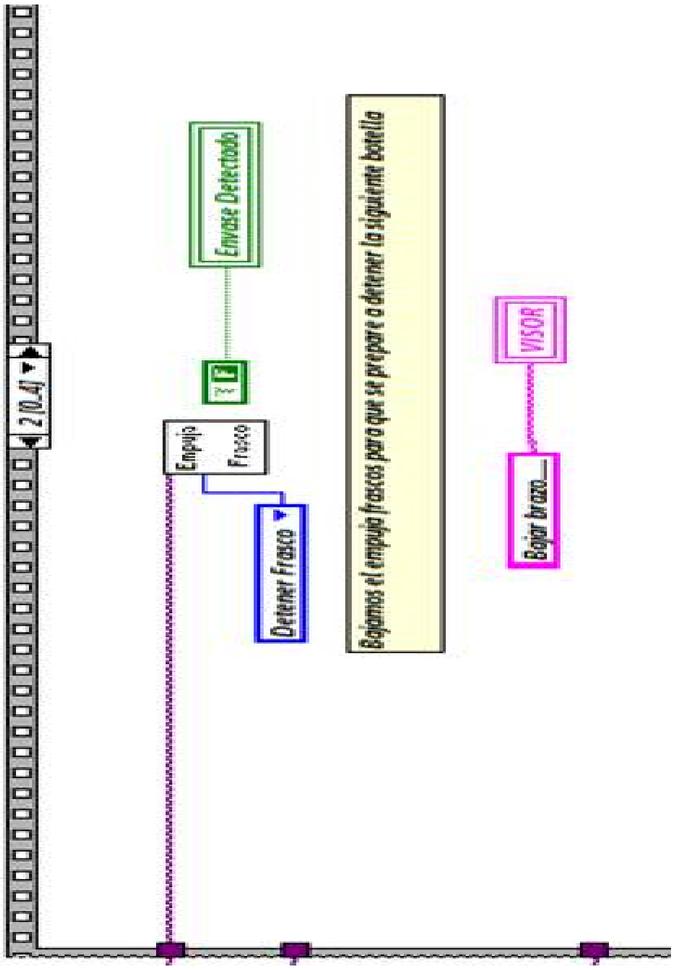
Calibración de Distancia Sensor/Cámara



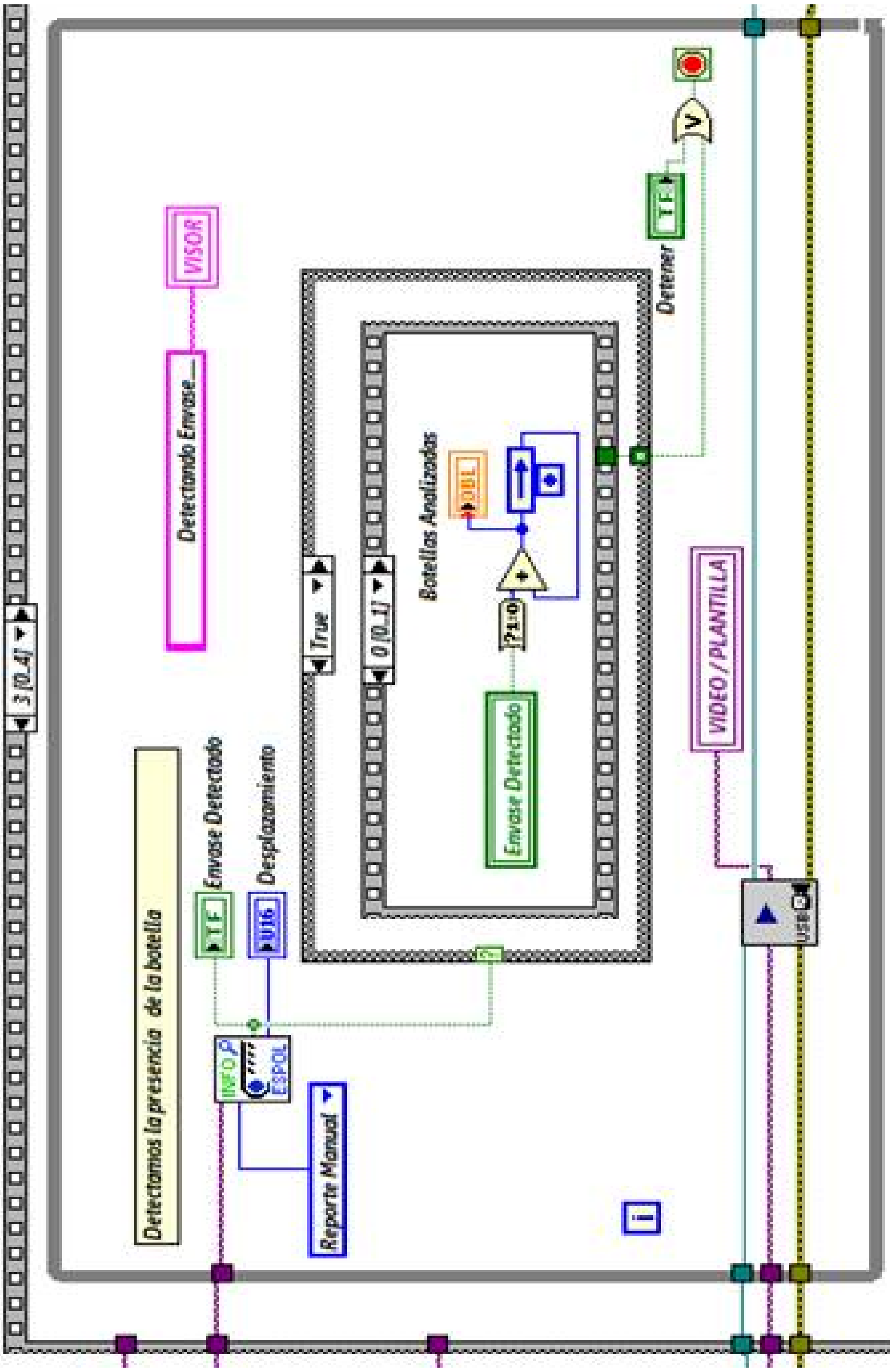
Movimiento/Velocidad de Motores



Bajar Empuja Frasco



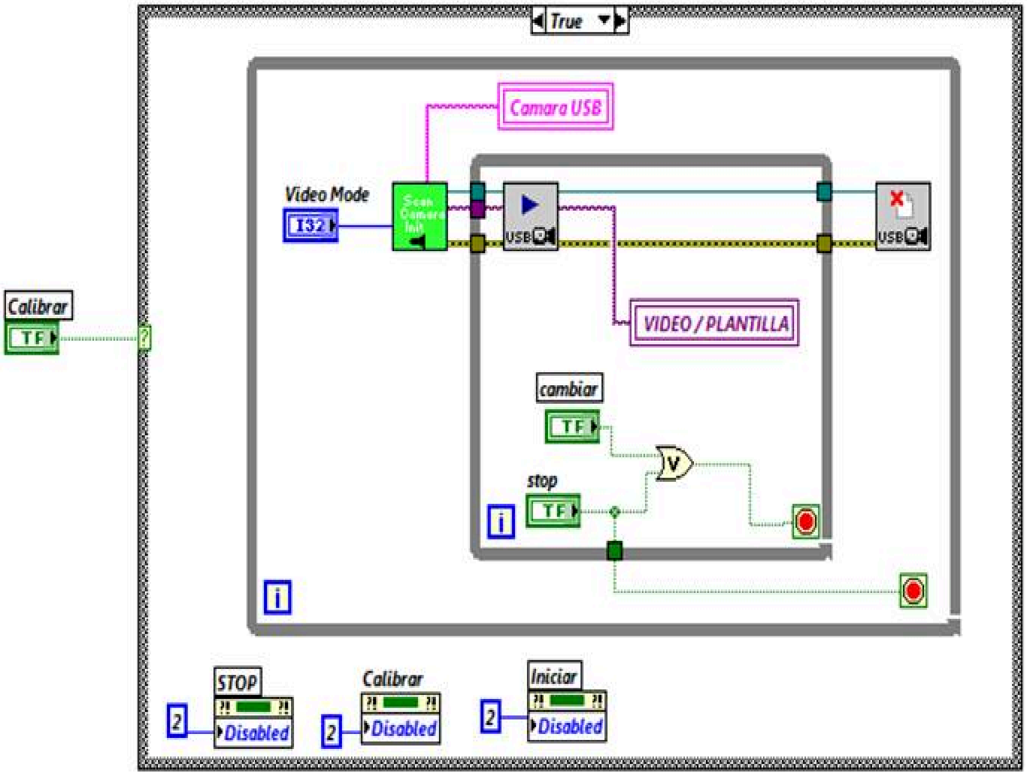
Sensor/Contador de Frascos



ANEXO C

SUBRUTINA CALIBRAR

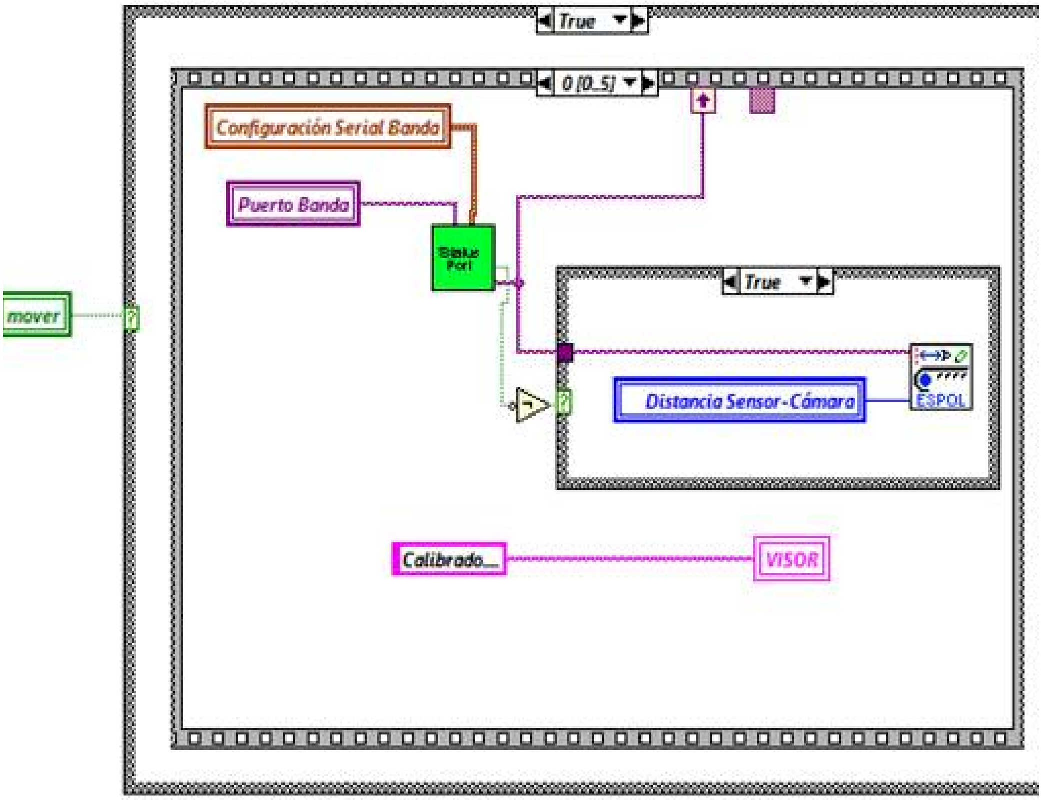
Variación Modo Acercamiento



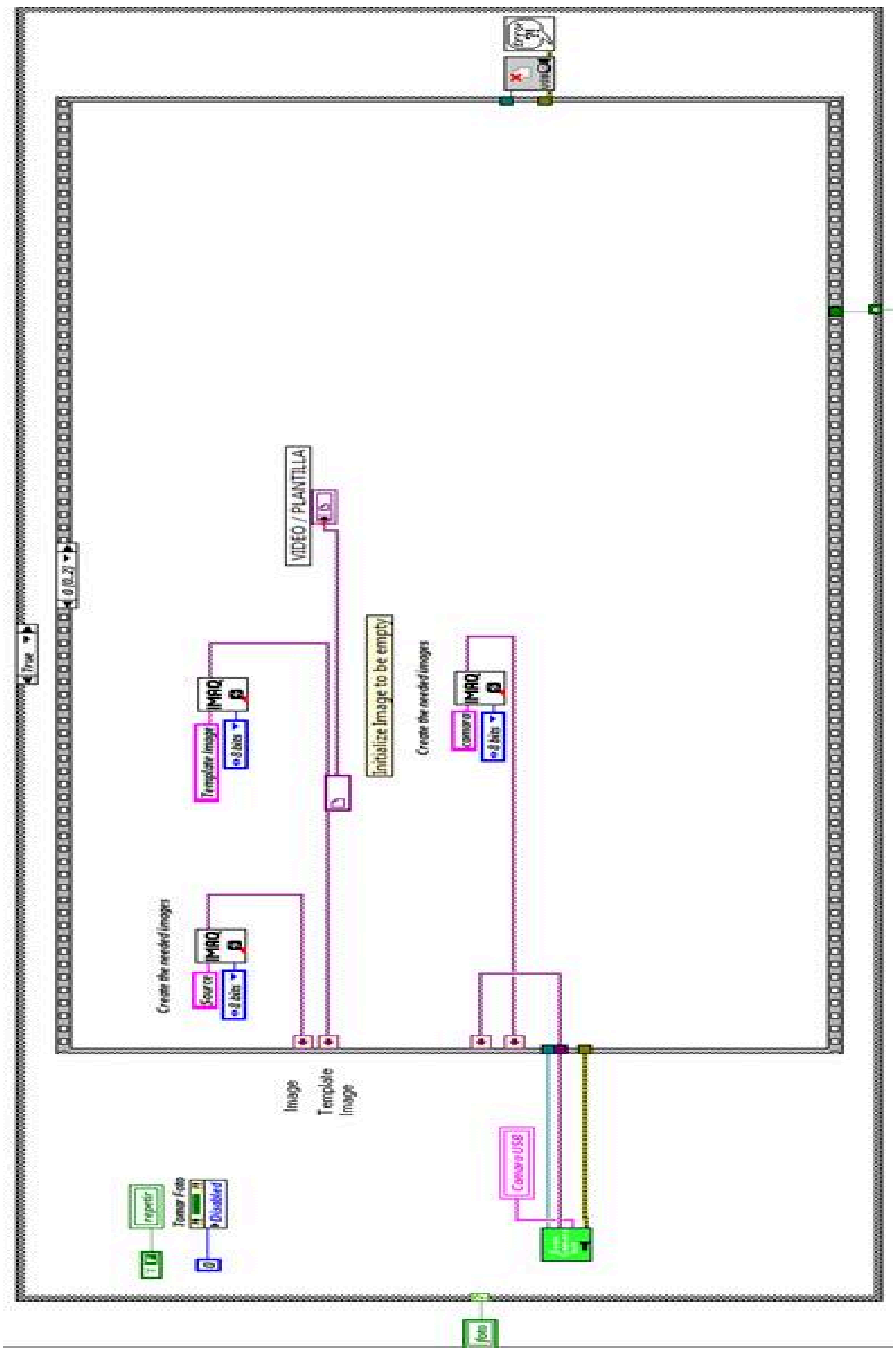
ANEXO D

SUBRUTINA ADQUIRIR PLANTILLA

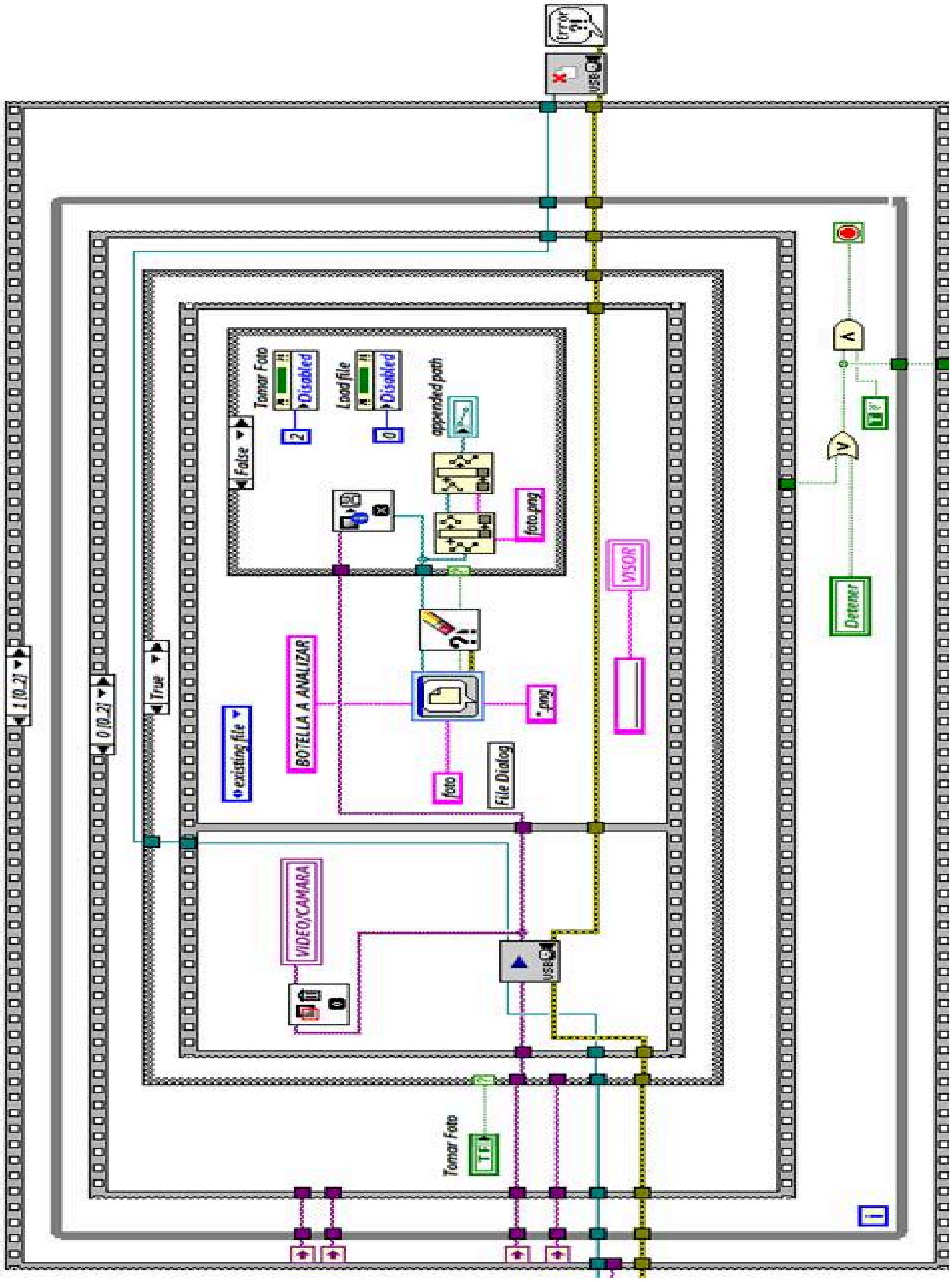
Verificación de tarjetas



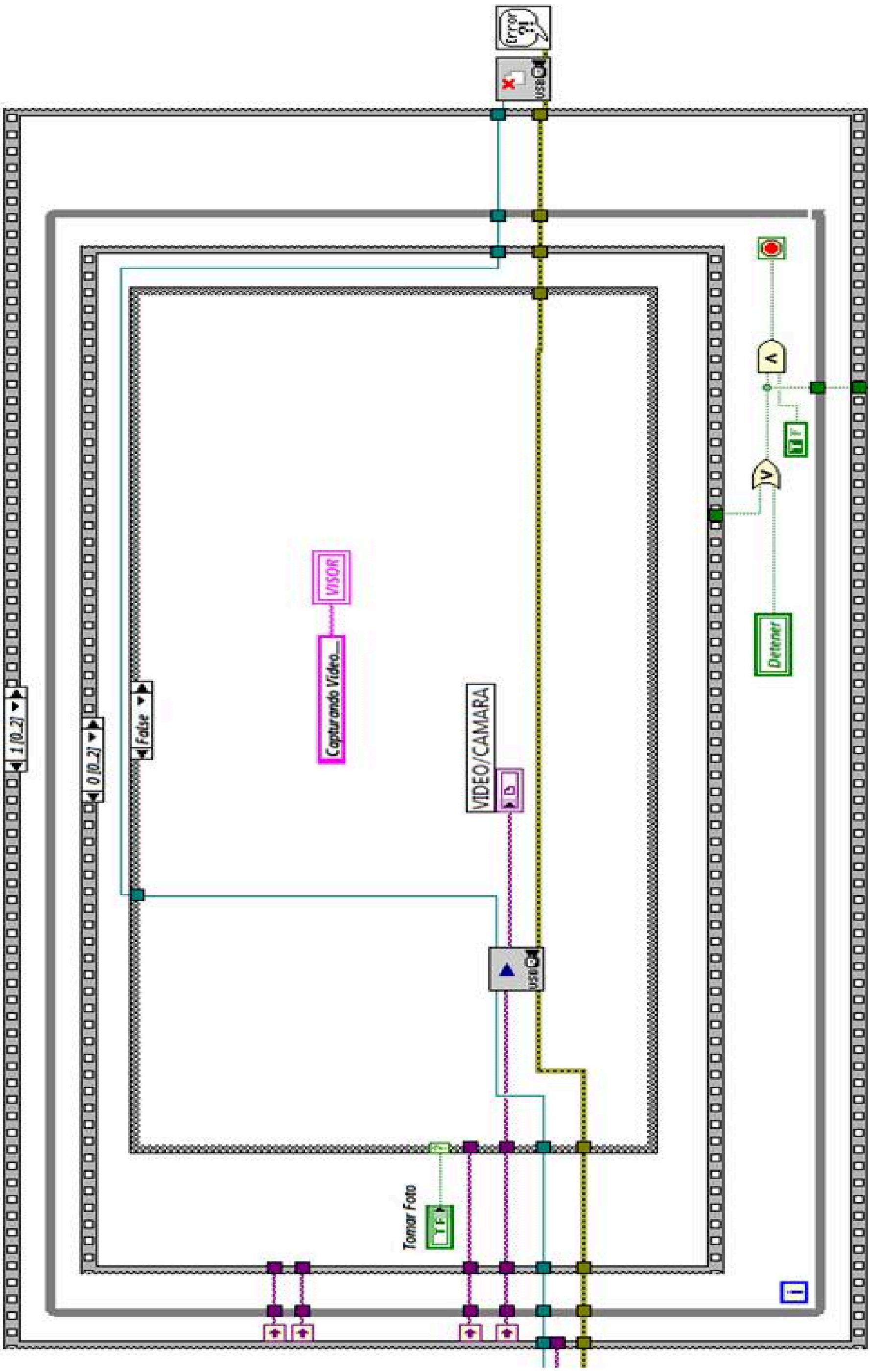
Reserva un Espacio de Memoria para Imágenes



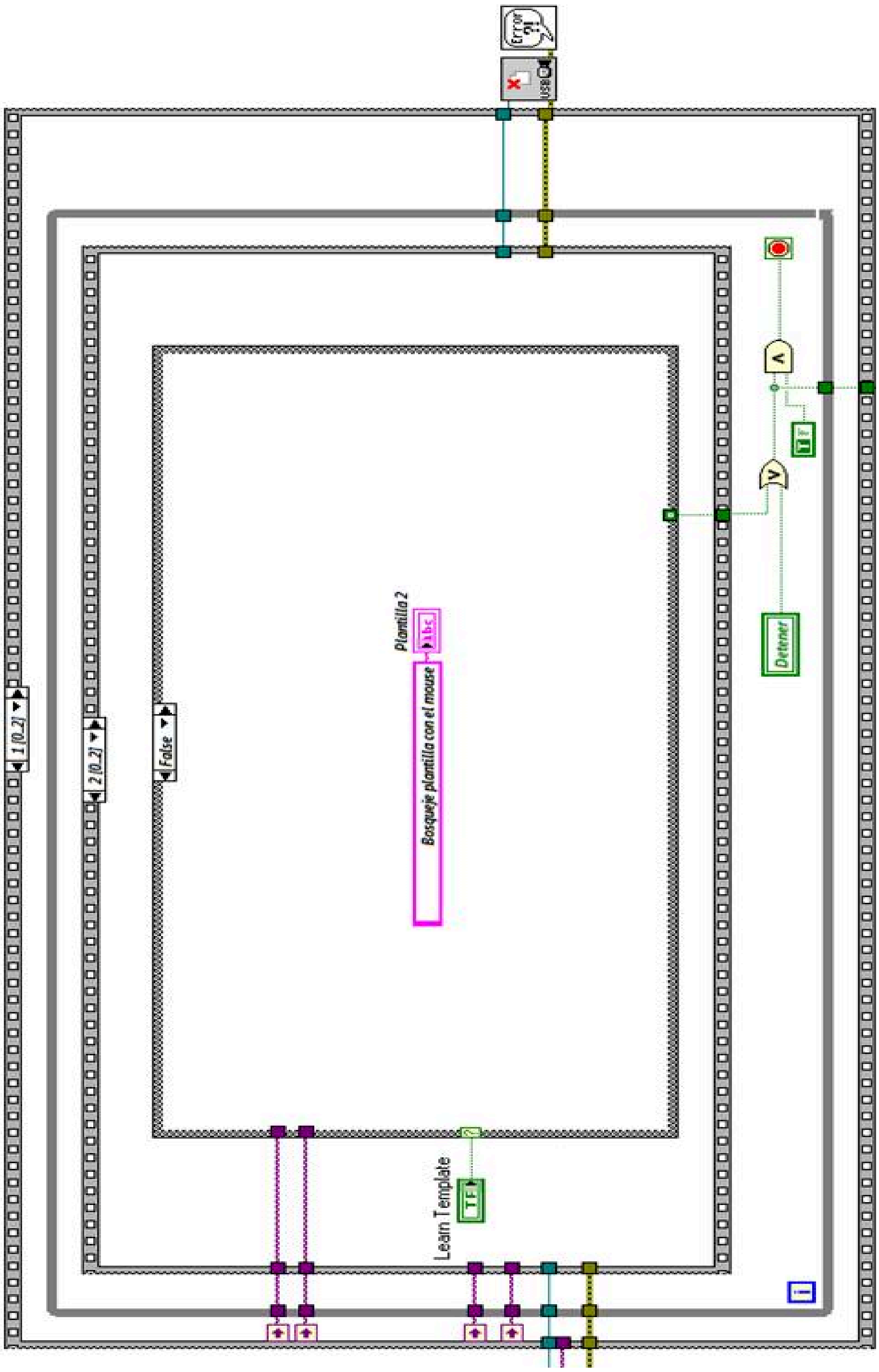
Captura/Almacenamiento de Imágenes



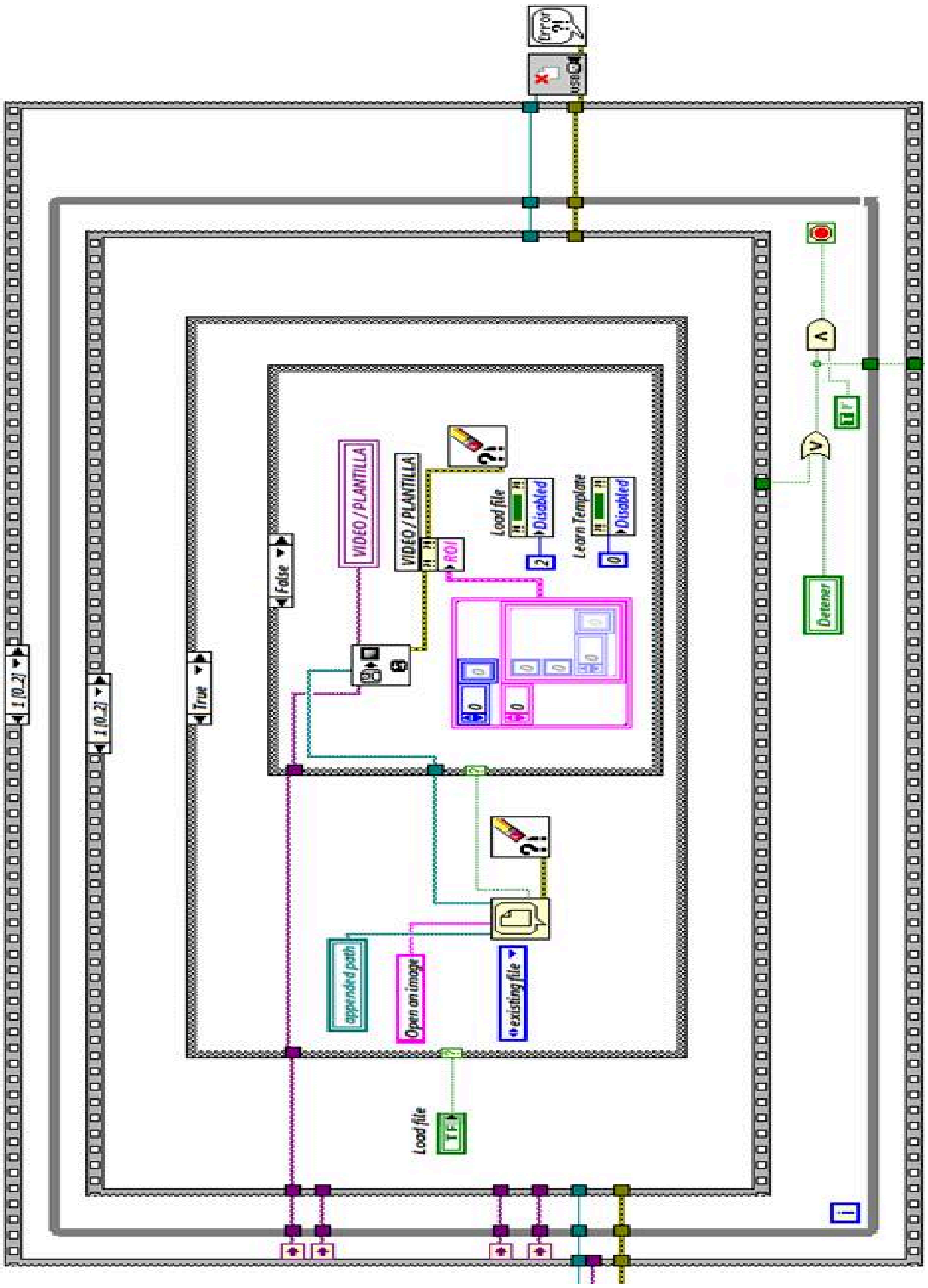
Captura de Video



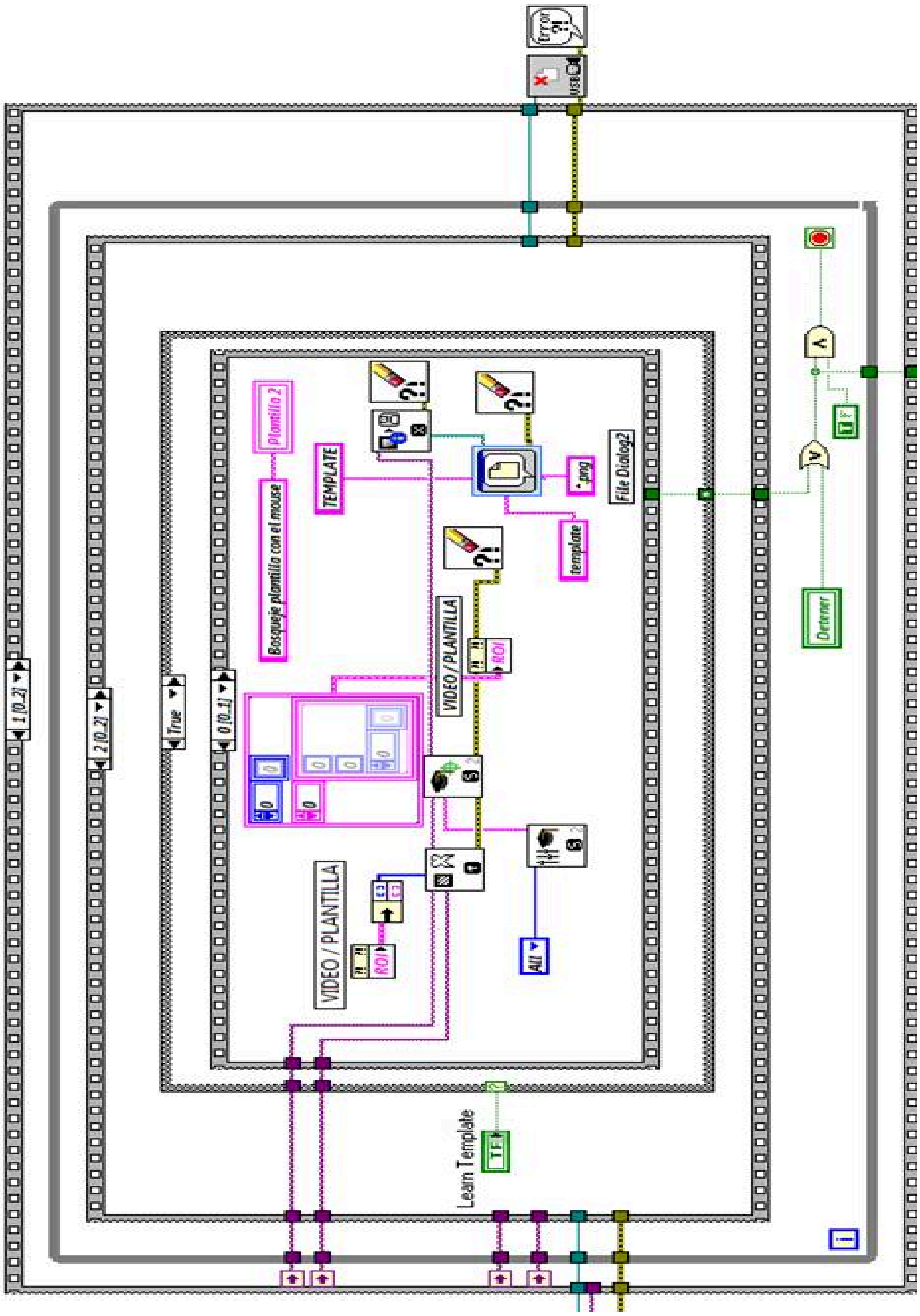
Seleccionar Plantilla con Mouse



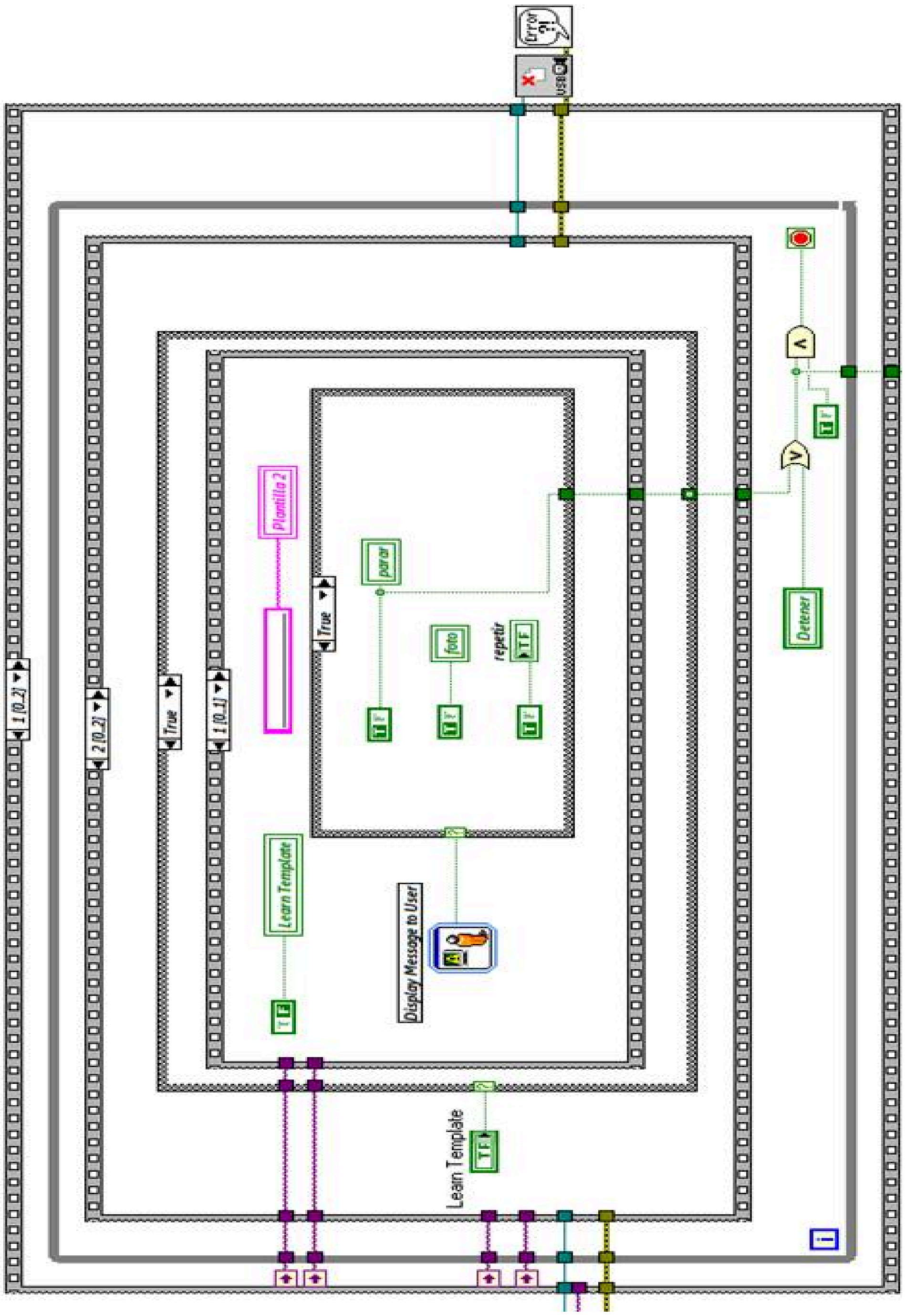
Cargar Imágenes



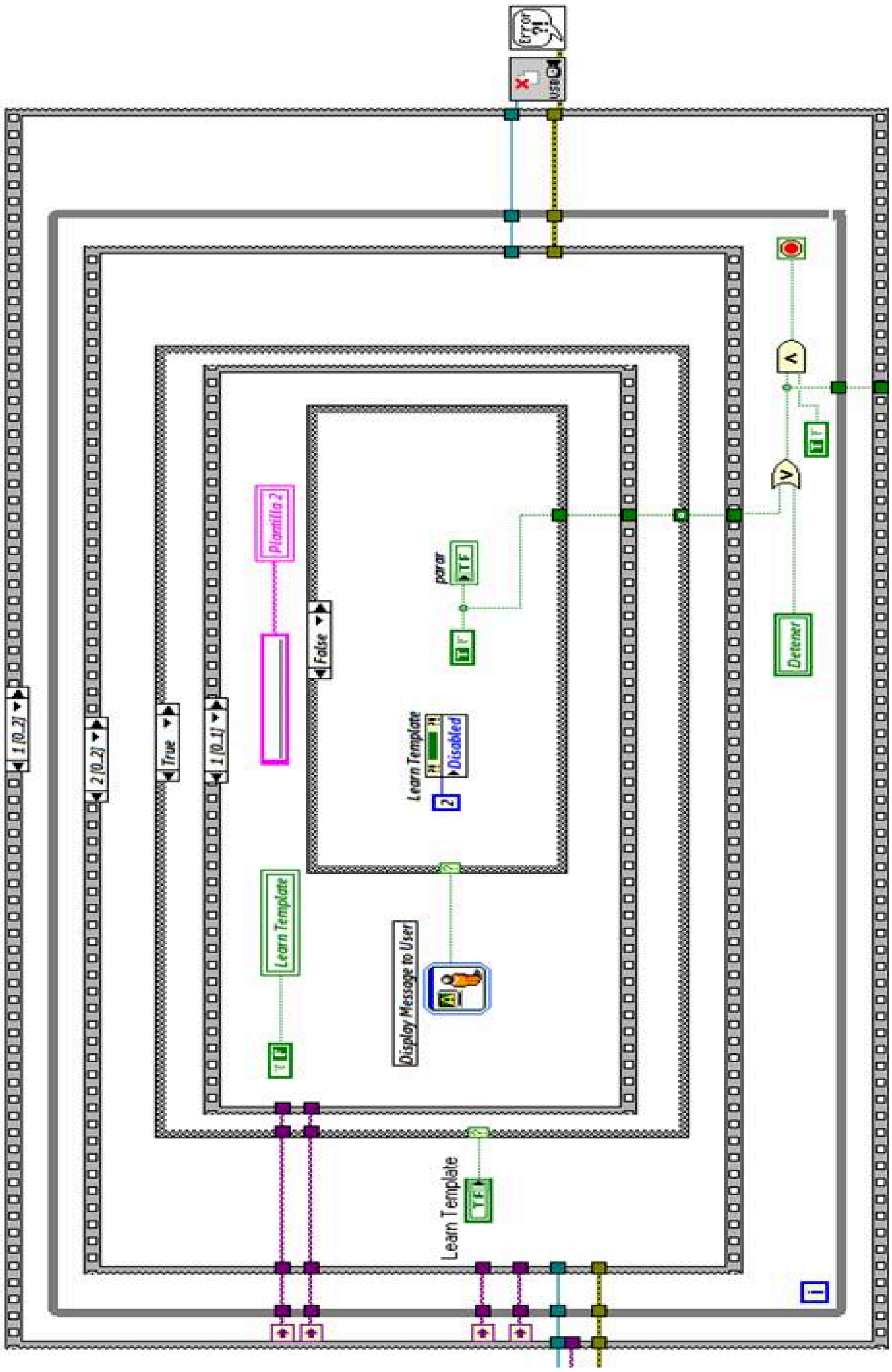
Guarda Coordenadas de la Plantilla Seleccionada



Adquisición de Nueva Plantilla



Parar Adquisición de Plantillas

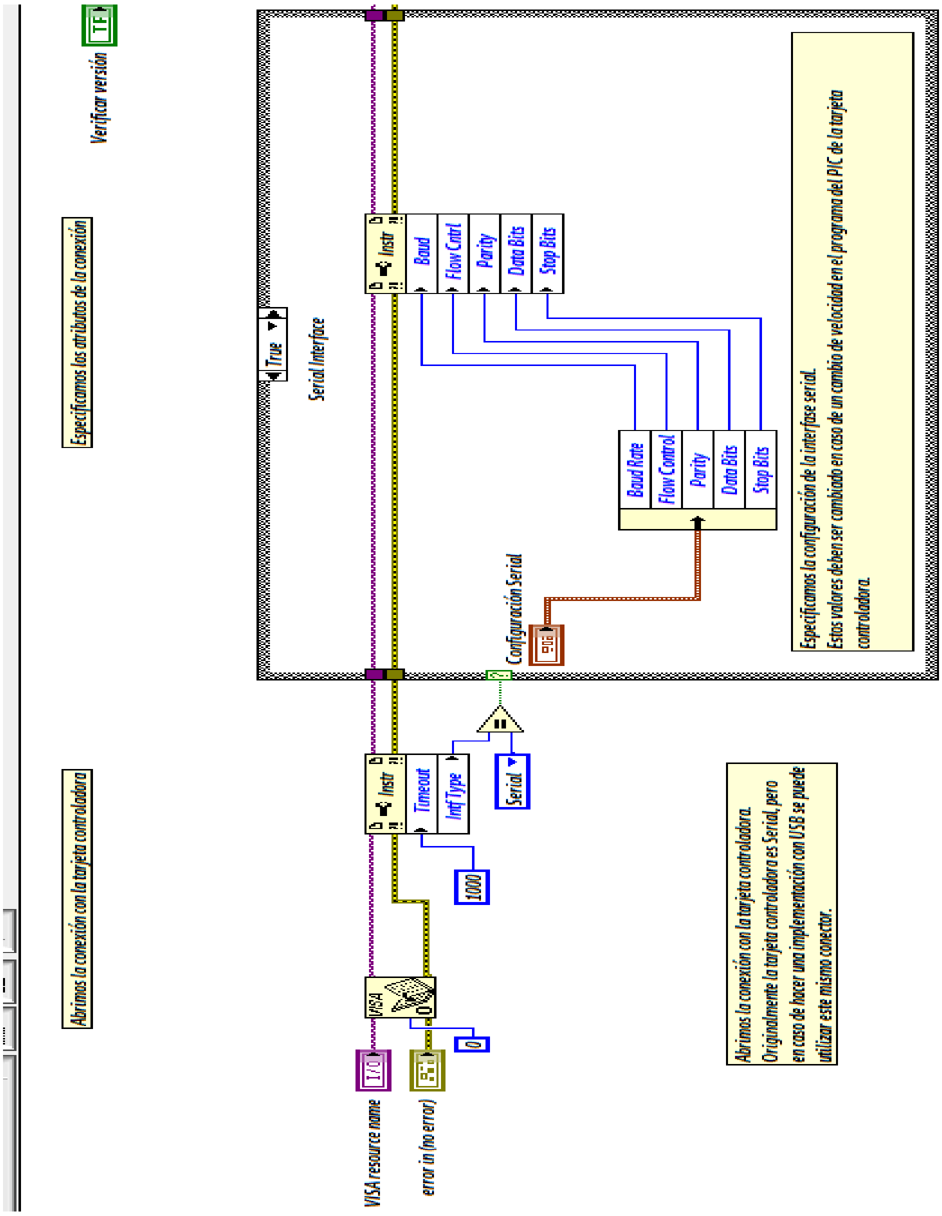


ANEXO E

PROGRAMA PARA ACOPLAR LAS TARJETAS CONTROLADORAS

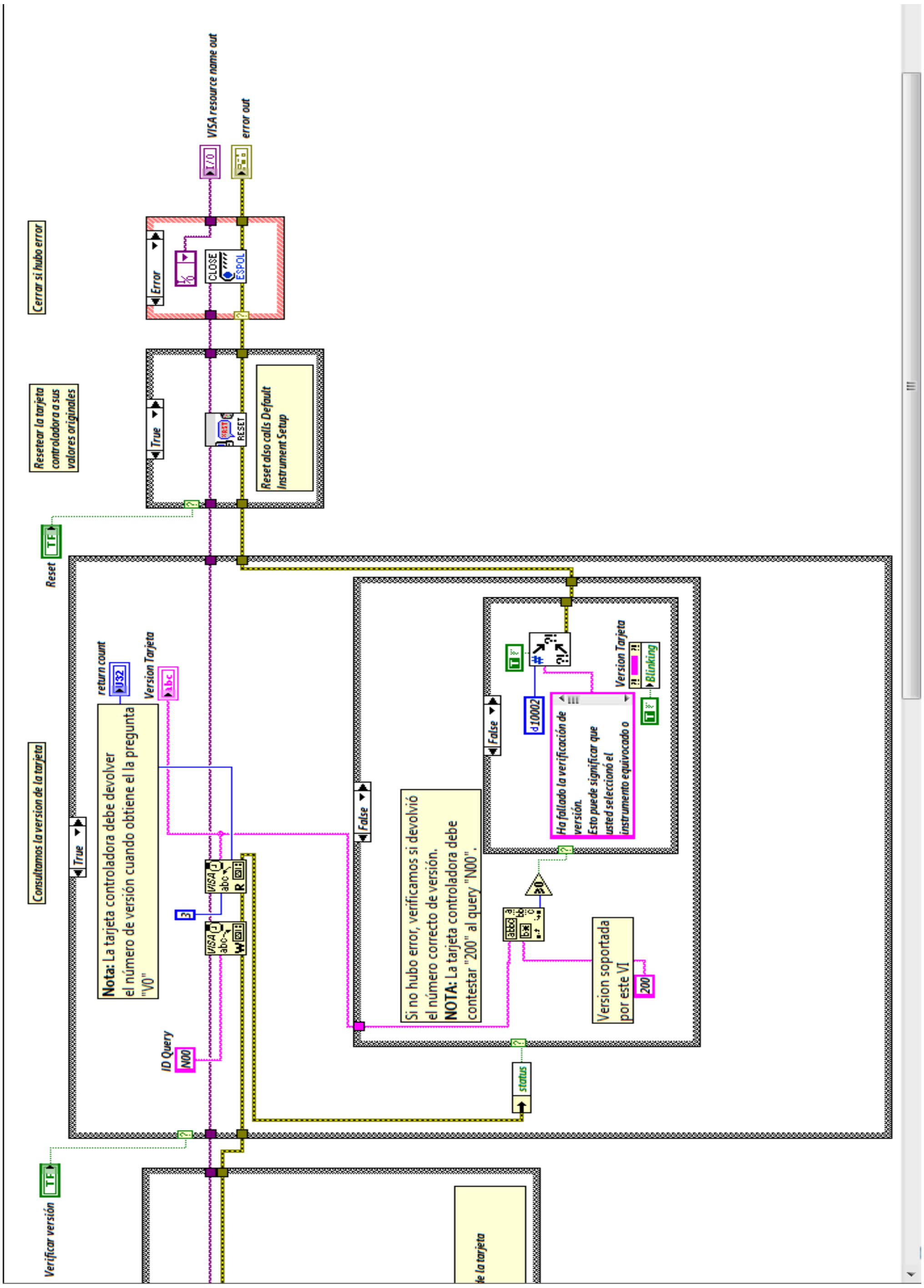
Acoplamiento con tarjeta controladora de la Banda transportadora

Parte A



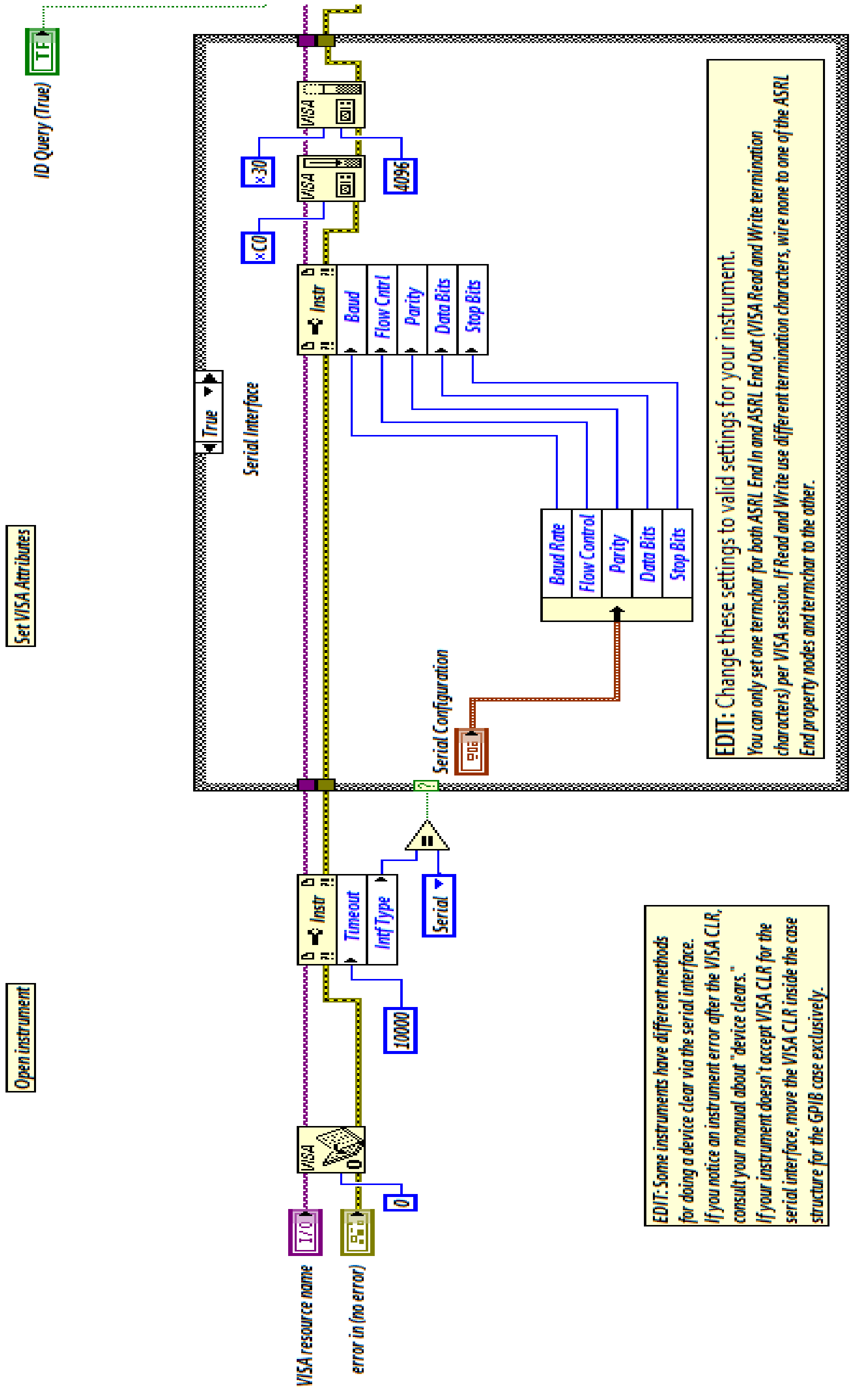
Acoplamiento con tarjeta controladora de la Banda transportadora

Parte B



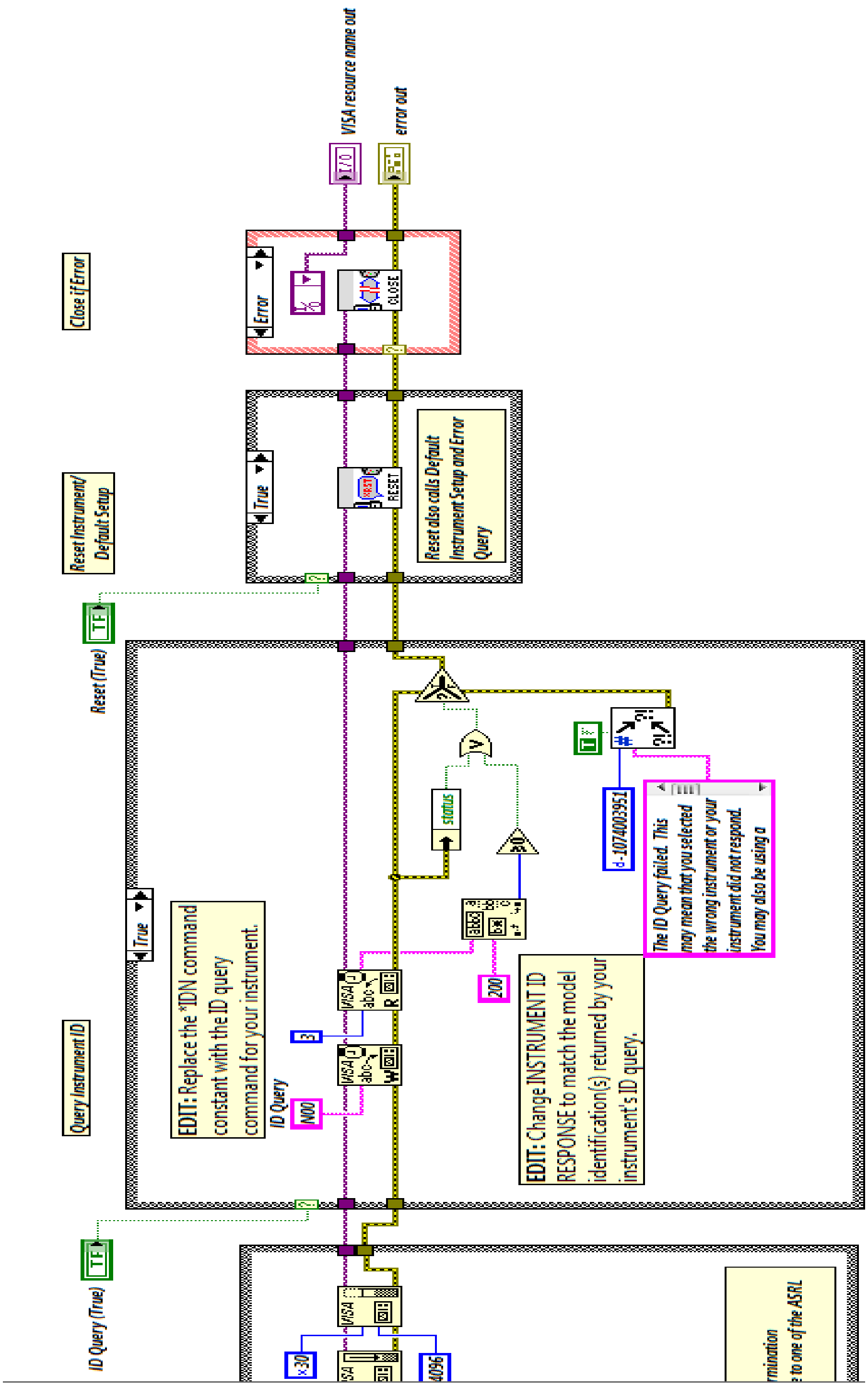
Acoplamiento con tarjeta controladora del Empuja Frascos

Parte A



Acoplamiento con tarjeta controladora del Empuja Frascos

Parte B

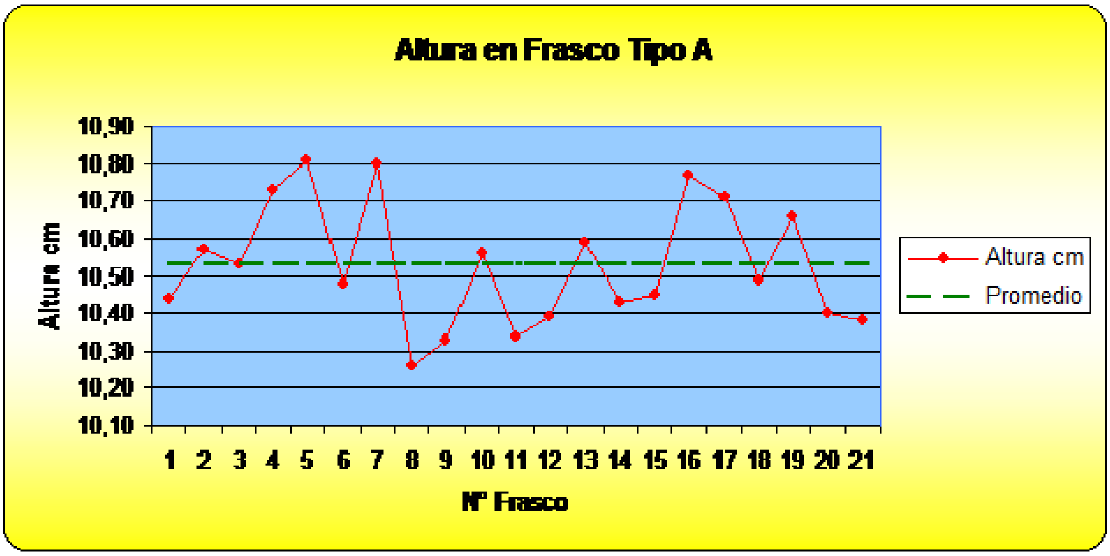


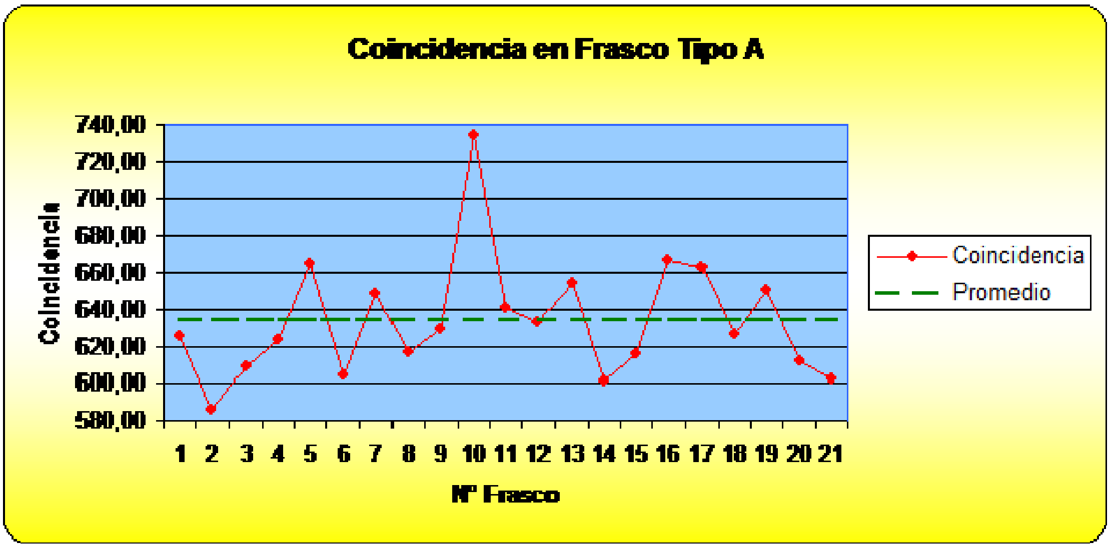
ANEXO F

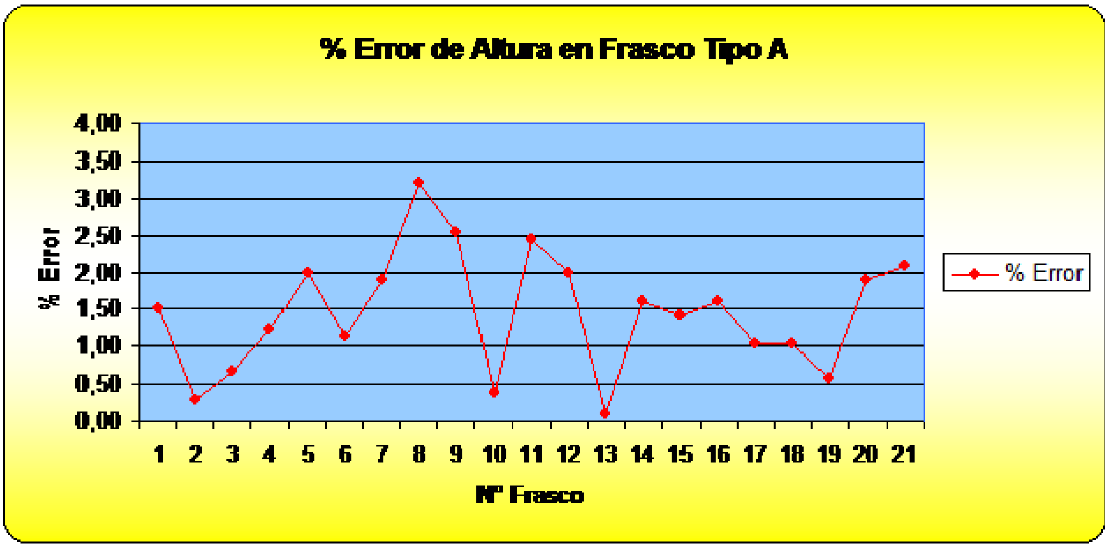
BOTELLA TIPO A

Altura Real cm 10,6

Nº Frasco	Altura cm	Coincidencia
1	10,44	624,84
2	10,57	586,08
3	10,53	609,18
4	10,73	623,47
5	10,81	665,30
6	10,48	603,75
7	10,80	648,72
8	10,26	616,40
9	10,33	629,35
10	10,56	733,77
11	10,34	640,97
12	10,39	633,25
13	10,59	654,44
14	10,43	601,03
15	10,45	615,39
16	10,77	666,71
17	10,71	663,14
18	10,49	625,99
19	10,66	649,89
20	10,40	612,25
21	10,38	602,46




Coincidencia en Frasco Tipo A
740,00
720,00
700,00
680,00
660,00
640,00
620,00
600,00
580,00
Coincidencia
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
Nº Frasco
Coincidencia
Promedio

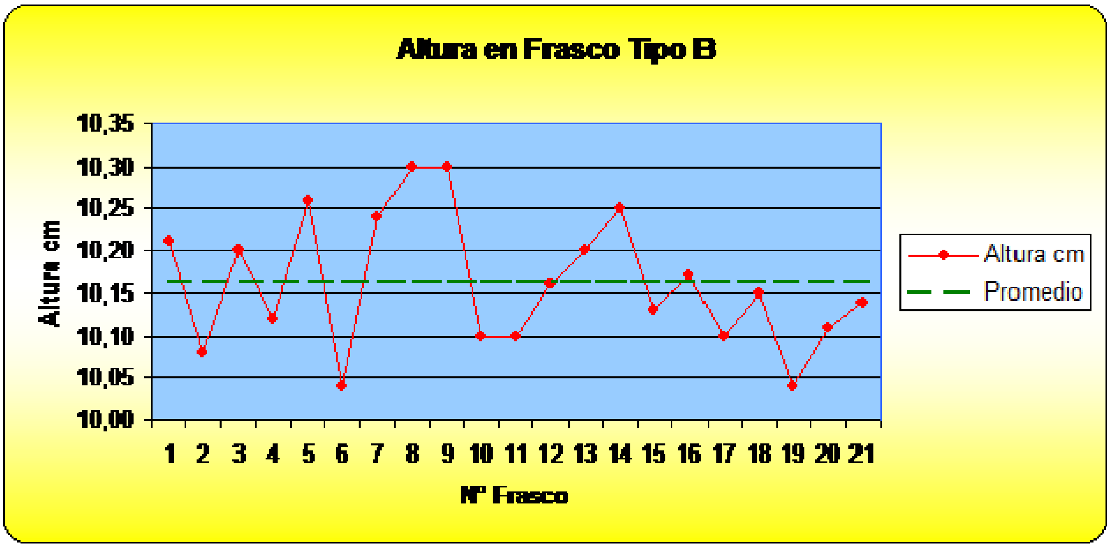

% Error de Altura en Frasco Tipo A
4,00
3,50
3,00
2,50
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
% Error
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
Nº Frasco
% Error

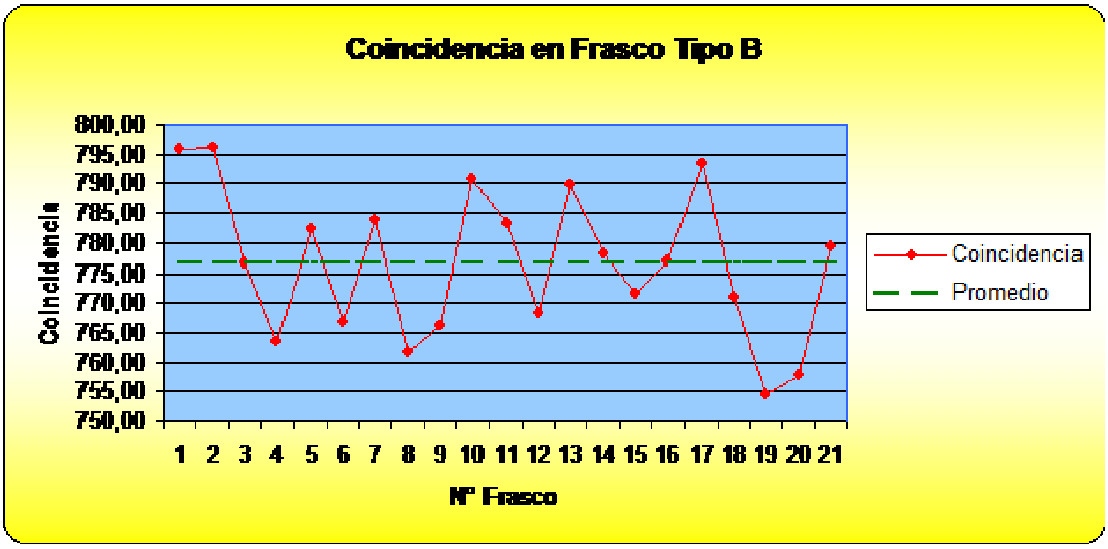
ANEXO G

BOTELLA TIPO B

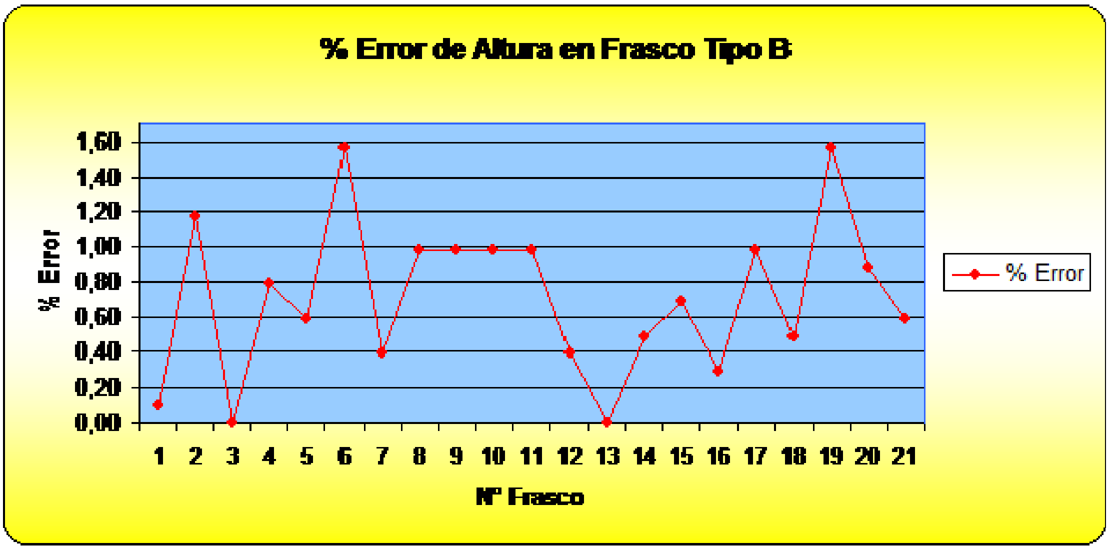
Altura Real cm 10,2

Nº Frasco	Altura cm	Coincidencia
1	10,21	795,94
2	10,08	796,18
3	10,20	776,64
4	10,12	763,57
5	10,26	782,19
6	10,04	766,67
7	10,24	783,87
8	10,30	761,76
9	10,30	766,12
10	10,10	790,85
11	10,10	783,24
12	10,16	768,26
13	10,20	789,94
14	10,25	778,09
15	10,13	771,46
16	10,17	777,05
17	10,10	793,35
18	10,15	770,96
19	10,04	754,52
20	10,11	757,82
21	10,14	779,45





Coincidencia en Frasco Tipo B
Coincidencia
800,00
795,00
790,00
785,00
780,00
775,00
770,00
765,00
760,00
755,00
750,00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
Nº Frasco
Coincidencia
Promedio



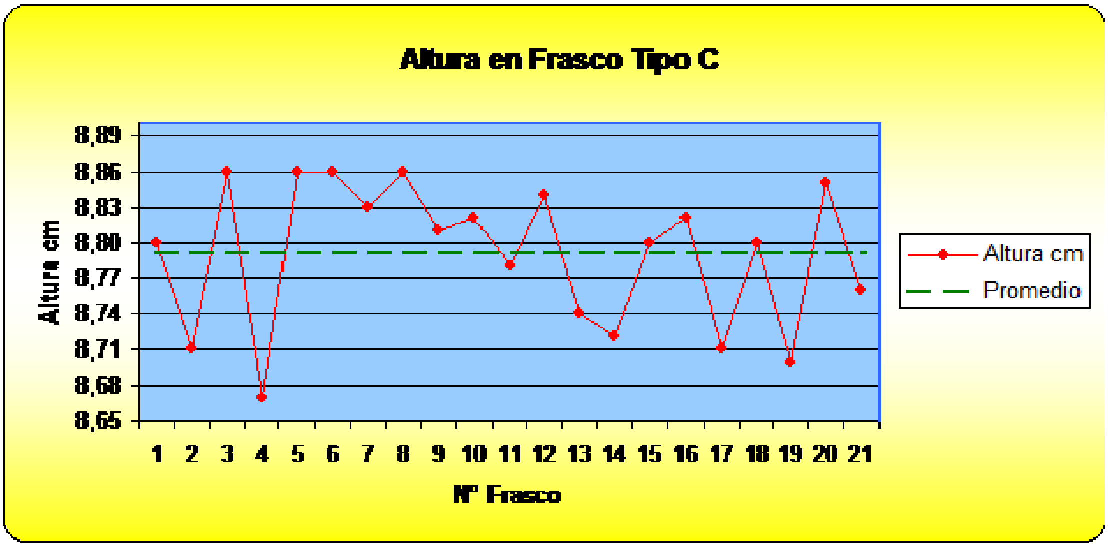
% Error de Altura en Frasco Tipo B
% Error
1,60
1,40
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
Nº Frasco
% Error

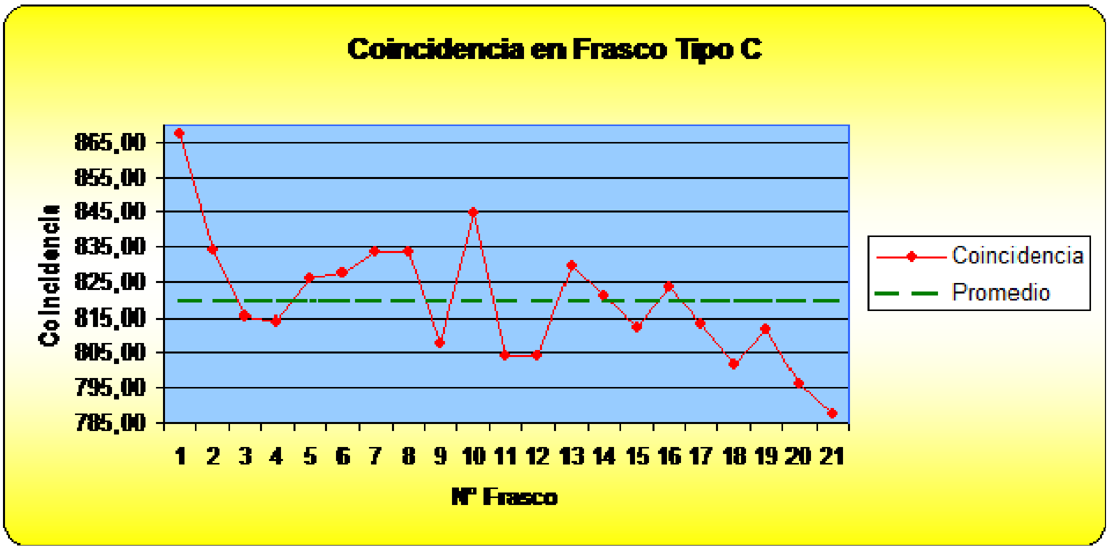
ANEXO H

BOTELLA TIPO C

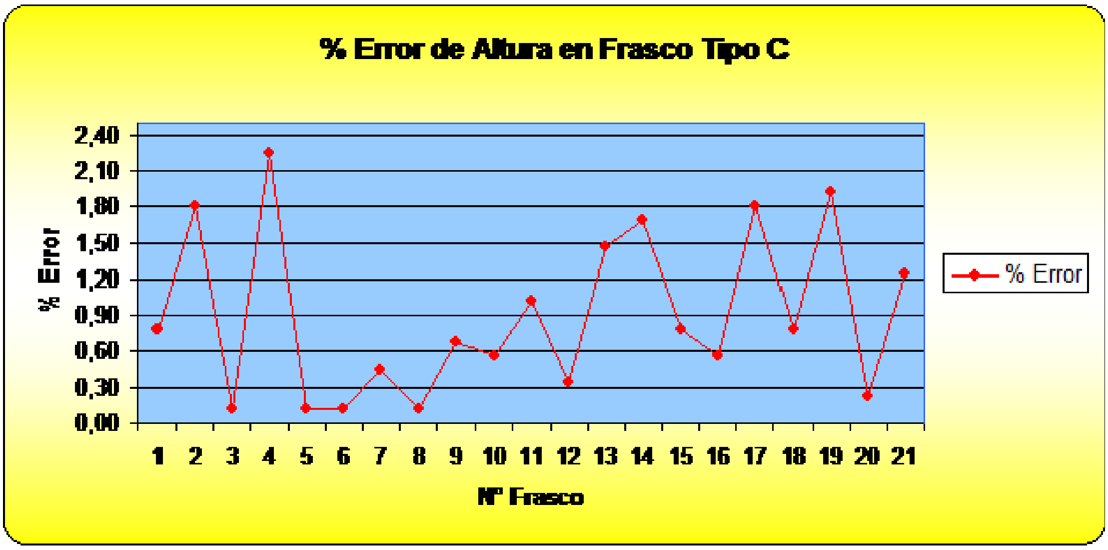
Altura Real cm 8,87

Nº Frasco	Altura cm	Coincidencia
1	8,80	867,36
2	8,71	834,06
3	8,86	815,25
4	8,67	813,88
5	8,86	825,92
6	8,86	827,69
7	8,83	833,75
8	8,86	833,67
9	8,81	807,52
10	8,82	844,50
11	8,78	804,18
12	8,84	804,00
13	8,74	829,67
14	8,72	821,16
15	8,80	812,20
16	8,82	823,52
17	8,71	813,46
18	8,80	801,91
19	8,70	811,98
20	8,85	796,14
21	8,76	787,31





Coincidencia en Frasco Tipo C
Coincidencia
865,00
855,00
845,00
835,00
825,00
815,00
805,00
795,00
785,00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
Nº Frasco
Coincidencia
Promedio



% Error de Altura en Frasco Tipo C
% Error
2,40
2,10
1,80
1,50
1,20
0,90
0,60
0,30
0,00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
Nº Frasco
% Error

BIBLIOGRAFÍA

1. Manual de usuario de LabView.

2. Hoja de datos del DSPIC30F4011.

3. Manual de referencia de la familia DSPIC30F.

4. Sistema de Visión Artificial, Daniel Martínez Barambio

5. Programación gráfica con LabView por Gary W. Johnson and Richard Jennings

6. Guía de Introducción a LabView en 6 Horas por NATIONAL INSTRUMENT

7. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/ramirez_r_ja/capitulo5.pdf

8. National Instruments, "NI-IMAQ Funtion Reference Manual"

9. http://www.itcr.ac.cr/publicaciones/tecnologia_marcha/pdf/tecnologia_marcha_19-2/revista_19-2_17-30.pdf

10. http://www.ni.com/pdf/newsletters/esa/spring_2001_esa.pdf

11. http://sauron.etse.urv.es/public/propostes/pub/pdf/398pub.pdf

12. http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW

13. catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/ramirez_r_ja/capitulo4.pdf

14. bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/758/2/T10518CAP6.pdf