



**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
INSTRUMENTACIÓN**

**“AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE REGISTRO DE UNA
IMPRESA INDUSTRIAL DE PAPEL CONTINUO UTILIZANDO
VISION ARTIFICIAL”**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN**

LUIS GONZALO REVELO ROBLES

LATACUNGA – ECUADOR

DICIEMBRE 2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos, que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por el Sr. LUIS GONZALO REVELO ROBLES, previo a la obtención de su Título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación.

Latacunga, Diciembre del 2008

Ing. Franklin Silva M.

Ing. Katya Torres V

AGRADECIMIENTO

Mi mas sincero agradecimiento a una gran persona, el Ingeniero Javier Garrido, quien me brindo total apertura y confianza para la ejecución de este proyecto dentro de su empresa; a la gente de PAPELOM; a Giovanni García por su colaboración durante las fases de montaje y pruebas de la máquina; a un gran amigo, el Ing. Diego Ortiz por compartirme de su conocimiento y tiempo para la elaboración del presente proyecto.

A la Escuela Politécnica del Ejército, por los conocimientos profesionales adquiridos, a los Ingenieros Franklin Silva y Katya Torres, por su acertada dirección y recomendaciones durante el desarrollo del proyecto.

DEDICATORIA

A mi Abuelita, que en paz descanse por su gran amor, a mis padres, pilares fundamentales en mi vida, a mis amigos de toda una vida, por su apoyo y consuelo en los momentos más difíciles.

Gonzalo Revelo

AUTORIZACION

Yo, LUIS GONZALO REVELO ROBLES autorizo la publicación de los capítulos de la presente tesis “AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE REGISTRO DE UNA IMPRENTA INDUSTRIAL DE PAPEL CONTINUO UTILIZANDO VISION ARTIFICIAL” en la Biblioteca Virtual de la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA.

Gonzalo Revelo
CI 1802826022

CONTENIDO

CAPITULO I	FUNDAMENTOS	
1.1	ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1	PROCESO DE IMPRESIÓN DEL PAPEL.....	2
1.1.2	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA IMPRENTA MEGSA.....	2
1.1.3	SISTEMA DE AUTOMATICO DE REGISTRO.....	3
1.2	MARCO TEORICO.....	4
1.2.1	Detección de Borde.....	4
1.2.2	Coincidencia con Modelo.....	4
1.2.3	Coincidencia Geométrica.....	4
1.2.4	Mediciones Dimensionales.....	4
1.2.5	Inspección de Color.....	5
1.2.6	Análisis Partículas Binarias.....	5
1.2.7	Reconocimiento de Caracteres Ópticos.....	5
1.2.8	Lectura de Instrumentos.....	5
1.2.9	Histograma.....	5
1.3	FUNDAMENTOS DE UNA IMAGEN DIGITAL.....	6
1.3.1	Propiedades de una Imagen Digital.....	7
1.3.1.1	Resolución de Imagen.....	7
1.3.1.2	Definición de Imagen.....	7
1.3.1.3	Número de Planos.....	7
1.3.2	Tipos de Imágenes.....	8
1.3.2.1	Escala de Grises.....	9
1.3.2.2	Color.....	9
1.3.2.3	Imágenes Complejas.....	9
1.3.3	Fundamentos de un Sistema de Visión.....	10
1.3.3.1	Campo de Visión (FOV).....	10
1.3.3.2	Distancia de Trabajo (WD).....	11
1.3.3.3	Resolución.....	11

1.3.3.4	Profundidad de Campo (DOF).....	11
1.3.3.5	Tamaño del Sensor.....	11
1.3.3.6	Calidad de Imagen.....	12
1.3.3.7	Resolución/Contraste.....	12
1.3.3.8	Distorsión.....	13
1.3.3.9	Error de Perspectiva.....	14
1.3.4	Electrónica de un Sistema de Visión.....	15
1.3.4.1	Sensores de Luz Charge Coupled Device (CCD).....	15
1.3.4.2	Entrelazado versus Escaneo Progresivo.....	16
1.3.4.3	Velocidad de Cuadro versus Velocidad de Disparo.....	16
1.3.4.4	Ganancia.....	16
1.3.4.5	Gamma.....	17
1.4	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	17
1.4.1	Sistema de tiempo Real Nacional Instruments.....	18
1.4.2	Software de tiempo Real de Visión Artificial.....	18
1.4.3	Hardware de Tiempo Real de Visión Artificial.....	18
1.4.4	Compact Vision.....	19
1.5	SISTEMAS DE CONTROL P.I.D.....	19
1.5.1	Ventajas de los Sistemas de Control.....	19
1.5.2	Características de respuesta y Configuración de un Sistema.....	20
1.5.2.1	Entrada y Salida.....	20
1.5.2.2	Sistema en lazo Abierto.....	20
1.5.2.3	Sistema en lazo Cerrado.....	21
1.5.2.4	Sistemas controlados por Computadora.....	21
1.5.2.5	Variable de Proceso, Set Point y Error.....	21
1.5.2.6	Control Proporcional Integral Derivativo PID.....	22
1.5.2.6.1	Ganancia Proporcional k_p	23
1.5.2.6.2	Constante de Integración.....	23
1.5.2.6.3	Constante Derivativa.....	23
1.6	VARIADORES DE FRECUENCIA.....	23
1.6.1	Utilización.....	25
1.6.2	Etapas de un Variador de Frecuencia.....	27

1.6.2.1	Etapa Rectificadora.....	27
1.6.2.2	Etapa Intermedia.....	27
1.6.2.3	Inversor.....	27
1.6.2.4	Etapa de Control.....	27
1.7	SENSORES Y TRANSDUCTORES.....	28
1.7.1	Clasificación de Sensores.....	28
1.7.2	Sensores Analógicos.....	29
1.7.2.1	Reluctancia variable.....	29
1.7.3	Sensores Discretos.....	30
1.7.3.1	Sensores de Luz.....	30
1.7.3.1.1	CCD y Cámara de video.....	31

CAPITULO II ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA.....	32
2.2	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.....	33
2.3	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	34
2.3.1	Selección de Sensores.....	34
2.3.1.1	Sensores de Reluctancia.....	36
2.3.2	Selección de Variadores de Frecuencia.....	38
2.3.2.1	Variador de Frecuencia para Motor Transportador de Papel.....	38
2.3.2.2	Variador de Frecuencia para Motor Cilindro Impresor.....	39
2.3.3	Selección Tarjetas de Adquisición de Señales.....	41
2.3.3.1	Tarjeta de Adquisición de Señales Analógicas.....	41
2.3.3.2	Tarjeta FireWire 1394.....	42
2.3.4	Selección Cámara Digital.....	43
2.3.4.1	Tecnología de la Cámara.....	43
2.3.4.2	Resolución.....	43
2.3.4.3	Definición.....	44
2.3.4.4	Cuadros por Segundo.....	44
2.3.4.5	Velocidad de Disparo.....	45
2.4	DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL EN LABVIEW.....	45
2.4.1	Adquisición y Procesamiento de Imagen.....	48

2.4.2	Control Motor Transportador de Papel.....	53
2.4.3	Control Motor Cilindro Impresor.....	54
2.5	DISEÑO DE LA INTERFACE HMI EN LABVIEW.....	55
2.5.1	Panel Frontal de Inicio.....	57
2.5.2	Panel frontal para papel 917 x 11,8”.....	57

CAPITULO III PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1	DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA.....	58
3.2	PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	59
3.2.1	Montaje de Equipos.....	60
3.2.2	Calibración Cámara.....	62
3.2.3	Configuración Canales Virtuales de Entrada y Salida.....	68
3.2.3.1	Canales Análogos Virtuales.....	69
3.2.3.1.1	Canales Análogos Virtuales de Entrada.....	69
3.2.3.1.2	Canales Virtuales de Salida.....	71
3.2.3.2	Canales Virtuales Digitales.....	72
3.2.4	Calibración y Ajuste Software de Control.....	73
3.2.5	Método de Corrección de Velocidad.....	77
3.2.6	Velocidad de los Motores.....	78
3.2.7	Paro Motores.....	79
4	SINTONIZACIÓN DE LAZOS DE CONTROL.....	79
5	ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO.....	80
6	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	82

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES.....	83
4.2	RECOMENDACIONES.....	86

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES.....	88
------------------------------------	-----------

ANEXOS.....	89
--------------------	-----------

PRESENTACION

La visión artificial es una parte de la inteligencia artificial que integra una acción de reconocimiento de eventos, rasgos que para el ser humano son tan comunes, para la máquina resulta ser el principio para tomar una decisión o varias decisiones, desde tiempos inmemoriales el ser humano fue captando el espacio tridimensional en un solo plano, desde pinturas rupestres, luego la fotografía, incluso llegó a entretenernos con la llegada de la televisión y sus continuos adelantos en lo que concierne a estándares de definición, en fin, todos guardan algo en común, el procesamiento de imagen desde su forma mas antigua hasta llegar a la era actual en donde a encontrado otro campo de utilidad, el de la automatización industrial.

El presente proyecto recoge todos estos principios y los enfoca hacia la automatización que hace décadas atrás llevaban cursos paralelos, hoy se encuentran gracias a la evolución y a la constante reinvención de otra herramienta crucial en la automatización, la computadora.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS

1.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Empresa PAPELOM ubicada en la ciudad de Ambato se dedica a la impresión de arte gráfica, como folletos, revistas, documentos comerciales tales como factureros, utilizando para la impresión de estas últimas bobinas de papel continuo.

El producto terminado o impresión depende mucho de los elementos mecánicos y la habilidad del prensista para hacer coincidir las guías de registro con el tercer orificio del borde inferior izquierdo de cada hoja, este proceso manual causa perdidas principalmente de material como también de tiempo.

Del análisis de la situación actual de la maquina se consideran los siguientes problemas:

- 1.** Disminución de calidad del producto
- 2.** Perdida de materia prima en promedio 10% del material proyectado por cada trabajo.
- 3.** Costos de Operabilidad deben incrementarse.
- 4.** Menor Productividad de la Imprenta.

1.1.1 PROCESO DE IMPRESIÓN DEL PAPEL

No en primera instancia el operador llega a hacer coincidir de manera correcta los registros por diferencia de velocidad entre los cilindros de transporte e impresión o a su vez por el papel mismo, este proceso debe repetirse para cada color, el documento o arte se impregna en el cilindro que contiene la placa que graba el papel, conforme se hecha andar la máquina y mientras esta graba el papel el prensista debe hacer coincidir los registros de los colores ajustando la velocidad de uno de los motores.

Este proceso demanda paciencia y tiempo y el desperdicio de materia prima es el resultado de esta operación, que en muchos de los casos no pueden ser reutilizadas agregándose ya un problema de tipo ecológico.

La empresa trabaja principalmente con papel continuo de 971 x 11 ó 971 x 8 ½ pulgadas de 75gr, La principal molestia se refiere al registro que no cuenta con un 100% de exactitud con la que se desea trabajar sobre el material y que es el causante de dicho desperdicio ya que cuando se trabaja con mas de un color no se consigue una reproducción fiel a la prueba de color en sus mayores detalles, la perdida del material para el trabajo es considerable tomando en cuenta que se realizan al día al menos tres diferentes trabajos.

1.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA IMPRENTA MEGSA

La empresa PAPELOM cuenta entres otras con una Imprenta Industrial de papel continuo marca MEGSA de fabricación argentina año 1989, por su año de fabricación la maquinaria no posee un amplio stock de repuestos de manera que a sufrido adaptaciones de funcionamiento para continuar con su operación.

La imprenta en mención es manejada por dos motores de AC a 220V, el motor que transporta el papel es de 1,5Hp y el motor del cilindro impresor de 1Hp,

además posee cilindros de transporte y tensión del papel, impresión, por ultimo un juego de engranes que regulan la velocidad del cilindro impresor.

Acorde al estudio de funcionamiento y operación se decidió implementar el siguiente sistema de automatización de registro para la imprenta en mención.

1.1.3 SISTEMA AUTOMATICO DE REGISTRO

El sistema en su conjunto compone de una PC especializada para procesar la imagen impresa y compararla con un patrón de registro, una cámara digital de alta resolución capta la imagen impresa hasta el más mínimo detalle y la envía al computador, el PC analiza la imagen y determina si debe aumentar o disminuir la velocidad de los motores de impresión.

OBJETIVOS:

- Optimizar el registro.- Este el punto más importante que persigue el proyecto, conseguir que el registro se mantenga en la posición correcta en todo el tiraje de impresión.
- Economizar papel.- Al cumplir con el primer objetivo se reduce el papel que debe ser desechado por no cumplir con el encuadre perfecto que se basa en el registro, en aproximadamente %10.
- Economizar tinta.- Se complementa con el objetivo anterior y dan como resultado un tratamiento ecológico de la imprenta con sus desperdicios.
- Mayor Calidad.- El arte propuesto al cliente coincida fielmente con el producto terminado.

1.2 MARCO TEORICO

Un Sistema de Visión Artificial es la técnica por la cual a través de sensores fotoeléctricos se percibe el mundo exterior, el color, la forma, la distancia y las imágenes en tres dimensiones.

El color depende, en parte, de la longitud o longitudes de onda de las ondas luminosas incidentes, que pueden ser simples o compuestas, y la luminosidad aparente de un objeto depende de la amplitud de las ondas luminosas, por tanto la digitalización de estos parámetros se traducen en una función de los mismos. Por lo tanto una maquina de visión puede cumplir con diversas funciones tales como:

1.2.1 Detección de Borde

Esta técnica consiste en detectar a lo largo de una línea de píxeles discontinuidades, se utiliza para hallar fronteras de objetos.

1.2.2 Coincidencia con Modelo

Consiste en localizar regiones de interés de una imagen con una referencia modelo, sus aplicaciones son: alineamiento, medición, inspección.

1.2.3 Coincidencia Geométrica

Es utilizada para reconocer lugares, modelos geométricos, también para la medición, inspección, alineamiento y clasificación de los mismos.

1.2.4 Mediciones Dimensionales

Es utilizada para obtener: distancias, ángulos y áreas.

1.2.5 Inspección de Color

Esta técnica utiliza lógica difusa para comparar colores, textura.

1.2.6 Análisis Partículas Binarias

Se basa en identificación por patrones en tablas de imágenes, su aplicación se usa en identificar y clasificar diminutos objetos, requiere de un preentrenamiento.

1.2.7 Reconocimiento de Caracteres Ópticos

Su aplicación principal es leer texto de matrículas, código de barras, clasificación de correo, lecturas de paquetes.

1.2.8 Lectura de Instrumentos

Esta técnica es utilizada en:

- Lectura de Instrumentos Analógicos de medición.
- LCD de 7 segmentos.
- Código de Barras.

1.2.9 Histograma

Es una representación gráfica del total de número de píxeles con una misma tonalidad (0 a 255 tonalidades) de los colores Rojo, Verde y Azul que posee una imagen digitalizada a 24bits, sirve para identificar varios componentes como luminosidad, tono y saturación.

No solo puede utilizarse una sola de las técnicas mencionadas a la vez, al contrario se las puede combinar dependiendo de las necesidades del proceso en

cada etapa, las limitaciones en caso de utilizar varias técnicas a la vez es el tiempo de procesamiento de análisis como por ejemplo.

TECNICA	Velocidad de Procesamiento (ms)
Histograma	0.91
Reconocimiento de Caracteres	3.3
Coincidencia Geométrica	93.0
Clasificación de Objetos	7.5

Tabla 1.01

Velocidad de procesamiento promedio para distintas técnicas de procesamiento digital de imagen

Los valores presentados corresponden al algoritmo matemático utilizado por el software NI Vision y por la velocidad de procesamiento del computador (1.8Mhz).

1.3 FUNDAMENTOS DE UNA IMAGEN DIGITAL

Una imagen digital es un arreglo en dos dimensiones que representan intensidad lumínica, para el propósito del procesamiento el término imagen se refiere a la imagen digital, una función bidimensional que representa intensidad lumínica.

$$f(x, y)$$

f = Luminosidad del punto (x, y)

(x, y) = coordenadas de un cuadro, punto elemental (píxel).

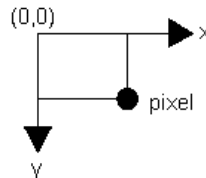


Figura 1.01

Arreglo de una imagen digital, las coordenadas (0,0) inician en la parte superior izquierda de la imagen

1.3.1 Propiedades de una Imagen Digital

La digitalización de imágenes posee tres propiedades básicas: Resolución de Imagen, Definición de Imagen, Número de Planos.

1.3.1.1 Resolución de Imagen

Es el número de filas y columnas de píxeles, entonces se dice que una imagen esta compuesta por m píxeles a lo largo del eje horizontal y n píxeles a lo largo del eje vertical, es decir tiene una resolución de $m \times n$.

1.3.1.2 Definición de Imagen

Es la cantidad de tonalidades o intensidad de un píxel, esta dado por N , un píxel puede tener 2^N valores.

N = bit de intensidad (bit depth)

N	2^N	rango
8	256	0 a 255
16	65536	0 a 65535 ó -32768 a 32768

Tabla. 1.02

Rango de tonalidad o intensidad perteneciente a una imagen con una definición de 8 y 16 bits

1.3.1.3 Número de Planos

Corresponde al número de arreglos, una escala de grises es compuesta por un plano.

Un color verdadero esta compuesto de tres planos:

- Componente Rojo **R**.
- Componente Verde **G**.
- Componente Azul **B**.

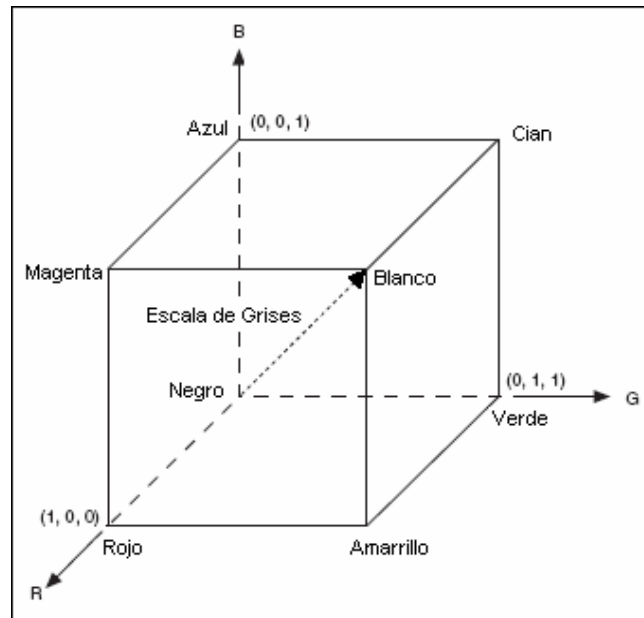


Figura 1.02
Cubo RGB

Entonces se dice que es una imagen RGB, hay otra definición HSL que se define por tonalidad, saturación y luminosidad.

1.3.2 Tipos de Imágenes

Existen tres tipos de imágenes digitales:

- Escala de Grises
- Color
- Imágenes Complejas

1.3.2.1 Escala de Grises

Esta compuesta por un simple plano de píxeles, son de 8 o 16 bits de definición.

1.3.2.2 Color

Son imágenes RGB o HSL, tienen 4 planos los cuales son:

- Alpha (no usado)
- **R**ed o **H**ue
- **G**reen o **S**aturation
- **B**lue o **L**uminance

Cada plano ocupa 32bits de definición

1.3.2.3 Imágenes Complejas

Contienen información de la frecuencia de una imagen en escala de grises. Se crea una imagen compleja aplicando la transformada Rápida de Fourier (FFT) a una imagen en escala de grises.

Cada píxel posee una parte real y otra imaginaria, se puede extraer cuatro componentes de una imagen compleja:

- Parte real
- Parte imaginaria
- Magnitud
- Fase

1.3.3 Fundamentos de un Sistema de Visión¹

Un Sistema de visión se basa principalmente en la utilización adecuada de las características de las partes que lo componen software y hardware, en lo que respecta al software el tratamiento de imagen y en hardware mas concretamente a la cámara, todo esto engloba un conjunto de principios adecuados de parámetros que deben ser conocidos por el ingeniero de aplicación. Citaremos los más indispensables.

1.3.3.1 Campo de Visión (FOV)

FOV es la porción del objeto que el sensor de la cámara abarca, es decir el espacio físico a bien procesar o inspeccionar, conociendo este parámetro se puede saber si el tamaño del lente utilizado va a proporcionarnos la mayor cantidad de detalle posibles, la ecuación siguiente se puede utilizar para determinar la distancia de trabajo, el tamaño del lente, la distancia focal se refiere al lente que de igual manera la podemos determinar en la formula, para su mejor utilización el campo de visión debe ser conocido, así como el tamaño del sensor, para alternar los otros dos parámetros y así encontrar el lente y la distancia correctas de trabajo.

$$FOV = \frac{SS * WD}{FL}$$

Ecuación 1.01

Formula para encontrar el campo de visión

FOV = Fiel of View

SS = Sensor Size

WD = Distance

FL = Focal Length

1.' PDF Fundamental Parametric Vision System, Edmund Industrial Optics, Section 1 to 3, Mov 2000.

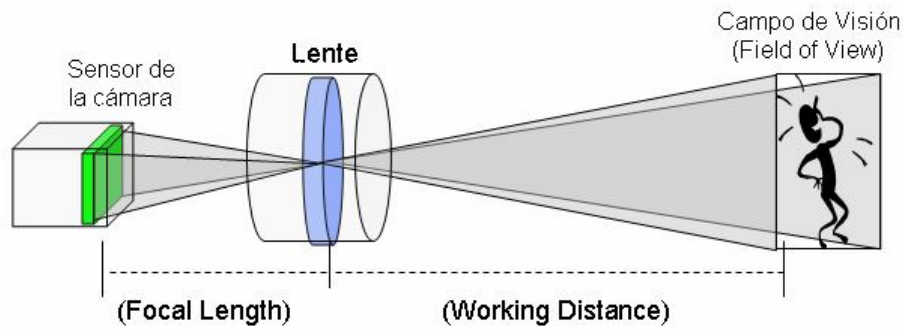


Figura 1.03
Representación de la distancia focal y distancia de trabajo

1.3.3.2 Distancia de Trabajo (WD)

Distancia desde el frente del lente de la cámara al objeto de inspección, se debe encontrar una distancia óptima para el lente obtenga la mayor nitidez de detalle, los detalles de una imagen digital marcan la diferencia de una buena regulación del proceso.

1.3.3.3 Resolución

Tamaño de la mínima característica, el mínimo detalle que debe ser distinguida por el sistema de imagen.

1.3.3.4 Profundidad de Campo (DOF)

Depth of Field o profundidad de campo es la máxima profundidad del objeto que puede ser mantenida enteramente en foco cuando los objetos presentan profundidad.

1.3.3.5 Tamaño del Sensor

Es el tamaño de un área activa del sensor de la cámara típicamente especificada en dimensiones horizontales.

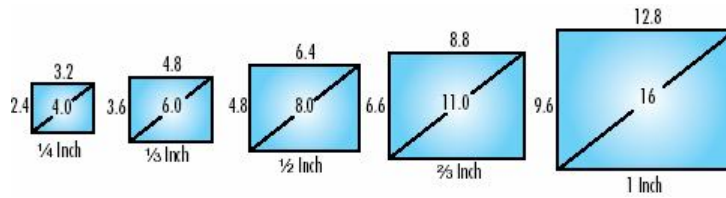


Figura 1.04
Tamaño de Sensores CCD

Este parámetro es importante en determinar la propia magnificación del lente requerido para obtener el campo de vista deseado.

La magnificación primaria de lentes (PMAG) esta definida por la siguiente ecuación:

$$PMAG = \frac{sensor\ size(mm)}{Field\ View(mm)} \quad \text{Ecuación 1.02}$$

1.3.3.6 Calidad de Imagen

Factor que incide en la buena calidad de imagen, un sistema de visión artificial debe crear suficientes imágenes de calidad para poder extraer de ellas la suficiente información del objeto, nótese que una imagen de calidad o calidad de imagen puede ser adecuada para un sistema e inadecuada para otro, hay varios factores los que determinan una buena calidad de imagen como son: resolución, distorsión, profundidad, perspectivas de error.

1.3.3.7 Resolución/Contraste

Resolución.- Es una medición de la habilidad del sistema de visión para reproducir con detalle el objeto (píxeles), una baja resolución es usualmente una imagen borrosa.

Contraste.- Es la diferencia entre el objeto y el fondo de sombras que pueda reproducir el sistema de vision, generalmente están representados en términos de decibelios (dB) en cámaras análogas y en bits en cámaras digitales.

En la **Figura 1.05(a)** observamos un ejemplo de cómo la imagen en blanco y negro es representada por el sistema de visión en una señal cuadrada, aquí se identifica detalles minúsculos del objeto, en (b) la señal cuadrada va tomando diferentes amplitudes lo que se conoce como el contraste, ambos procesos se realizan simultáneamente.

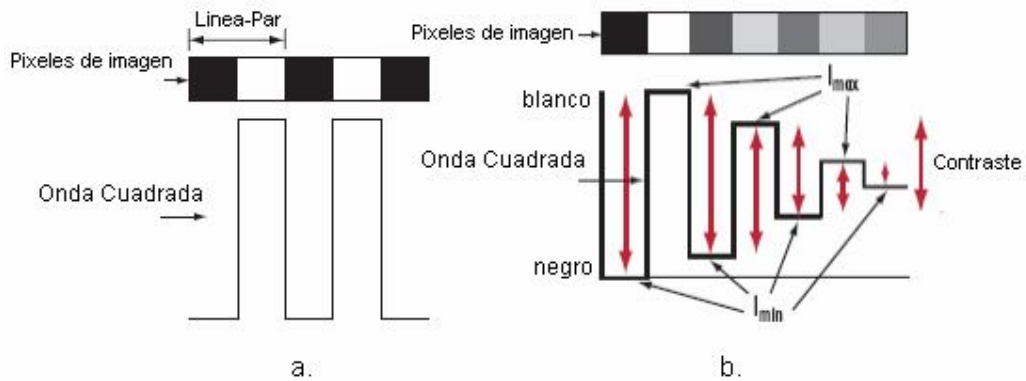


Figura 1.05
Representación grafica de la digitalización de imágenes

1.3.3.8 Distorsión

Es un error óptico que puede expresarse en porcentaje, generalmente es causado por la mala implementación del lente óptico. Causa perdida de detalles e incluso traslape de imagen. Su solución es la regulación del mismo.

$$\% = \frac{AD - PD}{PD} * 100$$

Ecuación 1.03
Porcentaje de Distorsión

AD = Distancia actual

PD = Distancia Predecida

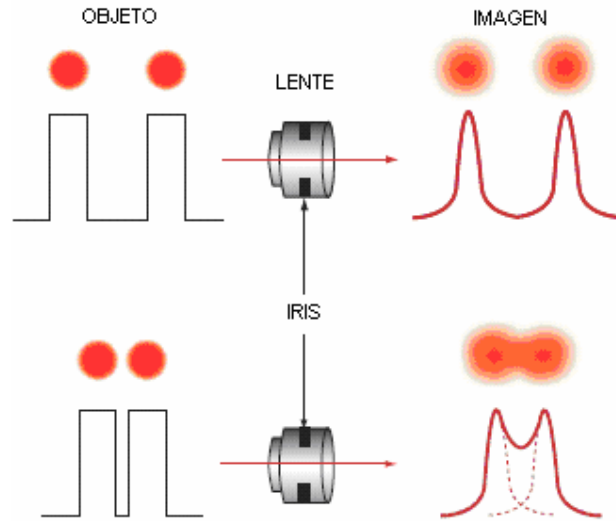


Figura 1.05

Ajuste de imagen utilizando lentes focales

1.3.3.9 Error de Perspectiva

Es común en el humano como percibe el mundo en 3D, los objetos se encuentran más cerca de lo que se estima (proximidad), de igual manera se presentan en los sistemas de visión donde su magnificación altera la distancia de trabajo, afectando más significativamente a objetos con profundidad. Un ejemplo de esto es la siguiente imagen.

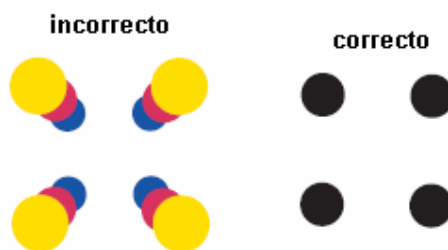


Figura 1.07

Error de Perspectiva

En el ejemplo de la figura asumimos un objeto con profundidad, de manera que al verlo desde la vista superior sus elementos deben encontrarse alineados, cuando esto sucede es una error de perspectiva, de igual forma sucede en elementos planos como el caso del papel la dimensión real del objeto se pierde.

1.3.4 Electrónica de un Sistema de Visión

La electrónica de un sistema de visión depende de la tecnología del equipo utilizado, es decir tipos de sensores utilizados por la cámara digital, modo de escaneo, velocidad de respuesta entre otros son las principales características que no pueden pasar por alto y que deben ser conocidos al momento de elegir el correcto hardware²

1.3.4.1 Sensores de Luz Charge Coupled Device (CCD)

Son chips de silicón sensibles a la luz son arreglados en forma de matriz dentro de la cámara dando origen a los píxeles de resolución de la cámara.

La luz que ingresa a la cámara es recolectada por esta matriz en pequeños potenciales, luego esta información es organizada y transmitida. El tamaño de los sensores es estándar: 1/4", 1/3", 1/2", 2/3", 1".

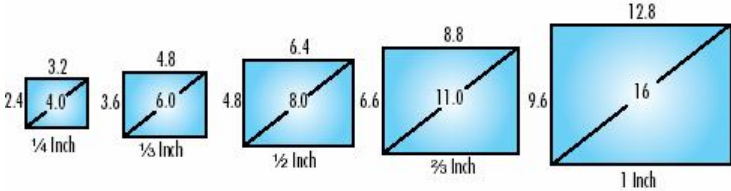


Figura 1.08
Tamaño de Sensores CCD

2. PDF. Fundamental Parametric Vision System, Edmund Industrial Optics, Section 4, Nov 2000.

1.3.4.2 Entrelazado versus Escaneo Progresivo

En entrelazado el chip es dividido en dos campos: impar y par que luego son integrados para formar la imagen, esta tecnología no tiene problemas a bajas velocidades pero en altas se produce un efecto de fantasma o borroso.

En Escaneo Progresivo lee los campos secuencialmente eliminando el problema de efecto borroso.

1.3.4.3 Velocidad de Cuadro versus Velocidad de Disparo

La Velocidad de Cuadro se refiere al número de cuadros completos compuestos en un segundo. La Velocidad de Disparo corresponde al tiempo de exposición del chip CCD que controla la cantidad de luz incidente.

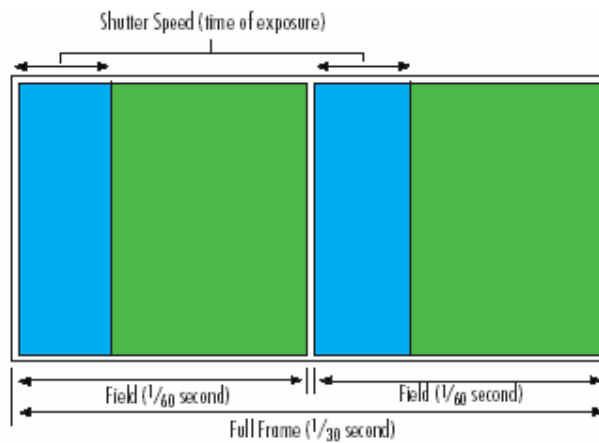


Figura 1.09

Ilustración entre Shutter Speed, Fields (campos) y Full Frame (cuadro completo)

1.3.4.4 Ganancia

La ubicación del valor de ganancia controla la amplificación de la señal que proviene desde el chip CCD.

1.3.4.5 Gamma

La ubicación de gamma controla la escala de grises reproducidos en la imagen si:

$\gamma = 1$ reproduce precisamente la escala de grises del objeto

$\gamma > 1$ silueta

$\gamma < 1$ suave

1.4 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Es un sistema mecánico, eléctrico-electrónico diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independientemente del control humano³.

El concepto de automatización está evolucionando rápidamente, en parte debido a que la investigación en electrónica y programación avanzan día a día. La automatización es el conjunto de dispositivos controlados automáticamente, dirigidos por microprocesadores y controlados por una computadora central, controlan válvulas, calderas y demás equipos a imaginar.

Cada industria utiliza máquinas automatizadas en la totalidad o en parte de sus procesos de fabricación. Como resultado, cada sector tiene un concepto de automatización adaptado a sus necesidades específicas.

1.4.1 Sistema de tiempo Real National Instruments⁴

La automatización industrial consiste en adquirir señales de un proceso o de una unidad de prueba, procesar dicha señal de acuerdo a una lógica de control, producir acciones correctivas y por último emitir resultados y reportes. Bajo esta filosofía National Instruments tiene un conjunto de completas herramientas para crear un sistema de control en tiempo real (RT) compuestos de hardware y software, de los que en particular en los últimos tiempos se destacan los de Visión Artificial.

1.4.2 Software de tiempo Real de Visión Artificial⁵

El software RT National Instruments de Visión Artificial es una herramienta de automatización desarrollada para procesar imágenes, cuyo gran éxito se da gracias a los microprocesadores de la actualidad cuyas características permiten velocidades asombrosas de procesamiento esta plataforma se basa en los siguientes puntos:

- Firmware
- Sistema Operativo y drivers
- Lab View real Time Engine
- Aplicación (programa realizado por el usuario)

1.4.3 Hardware de Tiempo Real de Visión Artificial

Contiene básicamente la siguiente arquitectura:

Procesador

Memoria

Módulos de entrada y salida.

Módulo de comunicación.

3,4. Instrumentación y Control, Número 2, Año 2, 2004, Ing Raul Segarra E. pp5

5,6. Instrumentación y Control, Numero 2, Año 2, 2004, Ing Raúl Segarra E. pp 5

Un Sistema de Visión debe poseer sin omisión esta estructura sea que la implementemos por nuestra propia cuenta ayudados por una PC y tarjetas PCI (entradas/salidas, comunicación IEEE1394) o elijamos un módulo armado como el mencionado a continuación.

1.4.4 Compact Vision⁶

Es un equipo diseñado para la adquisición y análisis de imágenes, permitiendo conectar hasta tres cámaras digitales IEEE 1394. Tiene extensiones para E/S digitales, trigger, monitor, comunicación serial y ethernet. Los programas son elaborados con LabView Imaq Vision y luego descargados a la memoria del módulo.



Figura 1.10
Modulo Compacto de Visión Artificial

1.5 SISTEMAS DE CONTROL P.I.D

Definición de un Sistema de Control⁷.- Es aquel formado por subsistemas y procesos unidos con el fin de controlar las salidas de los procesos.

1.5.1 Ventajas de los Sistemas de Control⁸

Con los sistemas de control podemos mover equipos grandes con una precisión que de otra forma seria imposible.

^{7,8} Sistema de control para Ingeniería, Primera Edición en español, México 2002, pp2

Construimos sistemas de control por las siguientes razones:

- Amplificación de potencia
- Control remoto
- Comodidad de forma de entrada
- Compensación por perturbaciones

1.5.2 Características de respuesta y Configuración de un Sistema

1.5.2.1 Entrada y Salida

La entrada representa una respuesta deseada, mientras que la salida es la respuesta real

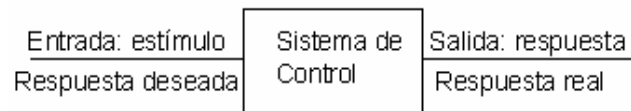


Figura 1.11
Sistema de Control

1.5.2.2 Sistema en lazo Abierto

No posee compensación alguna ante perturbaciones que se sumen a la señal de actuación del controlador.

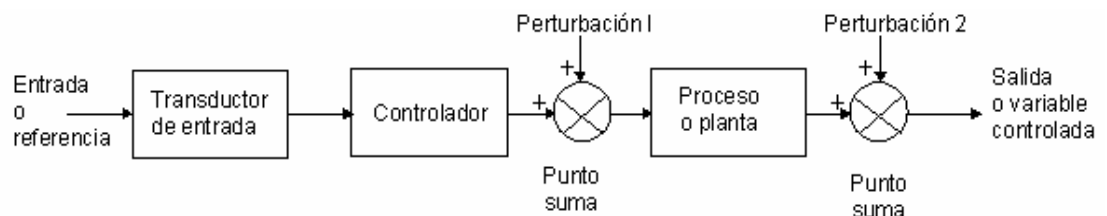


Figura 1.12
Sistema de control en lazo Abierto

1.5.2.3 Sistema en lazo Cerrado

Las desventajas presentes en los anteriores sistemas pueden ser superadas en estos sistemas.

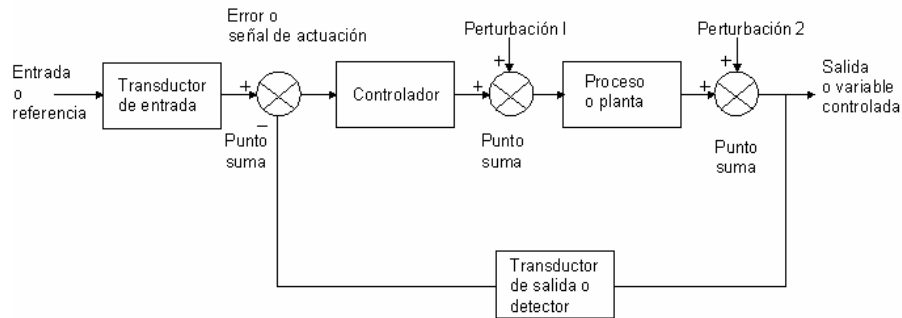


Figura 1.13
Sistema de Control en lazo Cerrado

1.5.2.4 Sistemas controlados por Computadora

En diversos sistemas modernos y con uso más frecuente el controlador es una computadora ó PC donde la programación depende de la aplicación, adicionalmente la PC debe poseer una tarjeta de adquisición de datos que administre las señales de entrada y salida. El lazo de control es compensado por la misma computadora, el software permite realizar ajustes de los parámetros de control necesarios en tiempo real par obtener la salida deseada, además presentan la ventaja de monitorear el procesos.

1.5.2.5 Variable de Proceso, Set Point y Error

Variable de proceso.- es la variable medida que se desea estabilizar o controlar, se abrevia PV.

Set Point.- es el valor deseado de la variable de proceso, valor al cual el controlador debe mantener.

Error.- es la diferencia entre el set point y la variable de proceso

$$E = SP - PV$$

1.5.2.6 Control Proporcional Integral Derivativo PID

Un PID es un controlador proporcional con acción integral y derivativa simultáneamente superpuesta. La acción proporcional entrega una potencia proporcional al error. La acción derivativa se adelanta a la variable del proceso, disminuyendo o aumentando si el caso lo amerita la potencia a entregar del controlador. La acción integral corrige el error estacionario alcanzando de esta manera el valor fijado o Set Point.

La ecuación generalizada para este tipo de controlador es la siguiente:

$$U(t) = K_p \left(E(t) + \frac{1}{T_i} \int E dt + T_d \frac{dE}{dt} \right)$$

Ecuación 1.04

Ecuación generalizada de un control PID

Donde:

$y(t)$	Variable de Proceso medida, por Ej. Temperatura
y_{sp}	Set point
$E(t) = y_{sp} - y(t)$	Error
$U(t)$	Salida de control (Ej. Potencia de calefacción)
K_p	Ganancia proporcional del control
T_i	Constante de Integración
T_d	Constante derivativa

1.5.2.6.1 Ganancia Proporcional K_p

Es aquella que es inversamente a la banda proporcional, se regula en función de la velocidad del sistema.

$$K_p = \frac{1}{Pb} \quad \text{Ecuación 1.05}$$

1.5.2.6.2 Constante de Integración T_i

La variación de este parámetro de control es proporcional al error.

$$\frac{dp(t)}{dt} = T_i e(t) \quad \text{Ecuación 1.06}$$

1.5.2.6.3 Constante Derivativa T_d

Es proporcional a la variación del error

$$p(t) = T_d \frac{de(t)}{dt} \quad \text{Ecuación 1.07}$$

1.6 VARIADORES DE FRECUENCIA



Figura 1.14
Variador de Frecuencia

El Variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor tanto de inducción (jaula de ardilla y rotor devanado), como de los motores

sincrónicos, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Para el caso de un motor sincrónico, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{120xf}{P} \quad \text{Ecuación 1.15}$$

Y cuando se trata de motores de inducción (de jaula de ardilla o de rotor devanado), se tiene:

$$N_m = \frac{120xf(1-s)}{P} \quad \text{Ecuación 1.16}$$

N_s = velocidad sincrónica (rpm)

N_m = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia de alimentación (Hz)

s = deslizamiento (adimensional)

P = número de polos.

Como puede observar en las ecuaciones la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad del eje, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina

Hay dos formas en las que puede trabajar un variador: espacio vectorial y manteniendo la razón Voltaje / Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación⁹, esta última configuración fue utilizada en el presente proyecto con la finalidad de evitar la saturación magnética

del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.

1.6.1 Utilización¹⁰

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos principales razones para el empleo de variadores de frecuencia. A continuación se mencionan diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad:

- Operación más suave.
- Control de la aceleración.
- Distinta velocidad de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables de proceso cambiantes.
- Permite operación lenta para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permite posicionamiento de alta precisión.
- Control del par (torque) o de la tensión mecánica

Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

Transportadoras. Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc

9. es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad

10. www.varimak.com/inverter.html

Bombas y ventiladores centrífugos. Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.

Bombas de desplazamiento positivo. Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.

Ascensores y elevadores.

Extrusoras. Se obtiene una gran variación de velocidades

Centrífugas. Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.

Prensas mecánicas y balancines. Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.

Máquinas textiles. Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo randómico para conseguir telas especiales.

Compresores de aire.

Pozos petroleros. Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

11. www.varimak.com/inverter.html

1.6.2 Etapas de un Variador de Frecuencia¹¹

Los variadores de frecuencia están compuestos por las siguientes etapas.

1.6.2.1 Etapa Rectificadora

Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

1.6.2.2 Etapa Intermedia

Filtros como condensadores y bobinas para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos y mejorar el factor de potencia.

Los fabricantes que utilizan bobinas en lugar del circuito intermedio tienen la desventaja de ocupar más espacio y disminuir la eficiencia del variador.

1.6.2.3 Inversor

Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos PWM. Actualmente se emplean IGBT's para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones para sobre corriente, sobre tensión, baja tensión, cortocircuitos, puestas a masa del motor, sobre temperaturas, etc.

1.6.2.4 Etapa de Control

Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc.

La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del motor y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) están aisladas galvánica mente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

1.7 SENSORES Y TRANSDUCTORES

La medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas se realiza empleando dispositivos denominados sensores y transductores. El transductor convierte una forma de energía en otra, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro o control.

Los sensores son transductores que proporcionan una señal eléctrica útil para la medición, estos pueden tener varias etapas de transducción. En el presente proyecto de automatización los sensores más utilizados y que se hará referencia son: reluctancia variable y Sensores de Luz (CCD).

1.7.1 Clasificación de Sensores

Algunos autores los clasifican en los siguientes grupos:

- Analógicos
- Digitales o Discretos
- Pasivos
- Activo

Activos.- La energía de salida es proporcionada por la variable medida, todo sensor absorbe parte de la energía ejemplo: termocupla

Pasivos.- La energía de salida es suministrada en su mayor parte por una fuente auxiliar de energía ejemplo galga extensiométrico.

1.7.2 Sensores Analógicos

Son aquellos sensores que entregan una salida analógica continua en el tiempo y que por medio de un transmisor entregan una señal en el orden de los 4 a 20mA ó a su vez de 0 a 10 Vdc, a este grupo pertenecen termopares, termistores, RTDs, tacómetros, reluctancia variable, etc.

1.7.2.1 Reluctancia variable¹²

Existen ciertos casos donde las condiciones físicas de operación requieren un sensor a prueba de casi todo. La solución acostumbrada son los sensores de reluctancia variable.

Funcionan de la siguiente manera: El campo de un imán permanente es deformado al paso de un objeto de alta reluctancia, como los dientes de un engrane metálico; este cambio en el campo induce un voltaje en una bobina colocada rodeando al imán.

La magnitud de este voltaje depende de la velocidad con la que el diente en nuestro ejemplo pasa frente al campo magnético y, cuando es suficientemente grande (4500 mm/seg), puede ser empleado en contadores o indicadores de velocidad directamente.

En nuestro medio usualmente se conocen estos sensores como de "Pick Up" magnético. Y, tienen forma de cilindro metálico, a manera de un tornillo.

12. www.profesormolina.com.ar



Figura 1.15
Sensores de Reluctancia

1.7.3 Sensores Discretos

Llamados también detectores porque advierten la ausencia o presencia del objeto generando señales binarias en niveles de tensión dc o ac. A este grupo pertenecen los sensores inductivos, fotoeléctricos, capacitivos, encoders, finales de carrera entre otros.

1.7.3.1 Sensores de Luz¹³

Estos sensores son muy usados en algunas industrias para contar piezas, detectar colores, etc. ya que su rayo de luz que puede ser usado en distancias de menos de 20 mm hasta varios metros, de acuerdo con los lentes ópticos empleados. Operan al detectar un cambio en la luz recibida por el foto detector.

Los foto detectores son típicamente fotodiodos o fototransistores, inclinándose los fabricantes por los primeros por su insensibilidad a campos de radiofrecuencia, que podrían causar interferencia. Algunos modelos de estos sensores son fabricados con inmunidad a la luz solar incidente o reflejada. Para ello emplean haces de luz modulada que únicamente pueden ser detectados por receptores sintonizados a la frecuencia de modulación.

A esta sub. clasificación pertenecen los siguientes sensores:

LDRs o Foto resistores (resistores variables por la incidencia de la luz)

Foto celdas o celdas fotovoltaicas

Fotodiodos

Fototransistores

CCD y camaras de video

1.7.3.1.1 CCD y Cámara de video¹⁴

La abreviatura CCD proviene del ingles Charge Couple Device, dispositivo Acoplador por Carga. El CCD es un circuito integrado.

La característica principal de este circuito es que posee una matriz de celdas con sensibilidad a la luz alineadas en una disposición físico-eléctrica que permite "empaquetar" en una superficie pequeña un enorme número de elementos sensibles y manejar esa gran cantidad de información de imagen (para llevarla al exterior del microcircuito) de una manera relativamente sencilla, sin necesidad de grandes recursos de conexiones y de circuitos de control.



14 pin DIP (Plastic)

Figura 1.16
Circuito Integrado CCD

13. www.profesormolina.com.ar

14. robots-argentina.com.ar

CAPITULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

El análisis y diseño en si es una actividad que incluye una amplia gama de procesos creativos y sistemáticos, en este capítulo el análisis y diseño se fundamenta en conceptos básicos que ya los hemos mencionado en el capítulo anterior para desarrollar un producto que nos permita mejorar el funcionamiento de una imprenta de papel continua con la ayuda del procesamiento de imágenes, en el proceso se desea simular la vista humana con una cámara digital y la toma de decisiones como lo haría un cerebro humano simularlo con la PC, todo este conjunto también debe responder a criterios de calidad por ello nos vemos comprometidos en describir detalladamente, especificaciones, requisitos del sistema para posteriormente seleccionar los componentes que ayudaran a realizar el presente proyecto.

2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA

Aprovechando las nuevas tecnologías para la automatización en procesamiento de imágenes y en acuerdo con la empresa la nueva plataforma de control permitirá un mejor desempeño de la imprenta, la cual se llevara de la siguiente manera:

- Diseño de un programa de control basado en el procesamiento de señales e imágenes capaz de ajustar automáticamente los motores de AC de la imprenta, residente en una PC.

- Utilización de sensores para garantizar la velocidad apropiada de los motores.
- Implementar el control de velocidad para los motores de traslación e impresión de papel a través de variadores de frecuencia.
- Generar la documentación técnica necesaria, planos eléctricos, respaldo de los programas, listado de parámetros de variadores de frecuencia, manual de operación y mantenimiento.

2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Para la elaboración del proyecto, el autor ha estimado plantear la solución del problema en el siguiente diagrama de bloques de la **Figura 2.1**.

B1.- Representa el PC que emplea el proyecto. Este se encargara de controlar el funcionamiento de la imprenta con las lecturas provenientes de los sensores y resultados arrojados por el procesamiento de imagen, además de tomar la decisión de paro total de ser necesario

B2.- Sensor de Reluctancia variable. Envía al PC magnitudes de voltaje para indicarle que la velocidad alcanzada es la correcta.

B3.- Cámara FireWire. Capta la imagen requerida, la digitaliza y la envía al PC para ser analizada y procesada.

B4.- Variador de Frecuencia para motor transportador de papel. Pretende controlar la velocidad del mismo desde el reposos hasta la velocidad optima de trabajo.

B5.- Motor Transportador. Se encarga de mover los cilindros donde se fija el papel que entra a la imprenta para ser impreso.

B6.- Variador de Frecuencia para motor cilindro impresor. El equipo ajustara la velocidad de impresión para hacer coincidir los registros de color.

B7.- Motor Impresor.- Mueve los engranes del cilindro impresor de papel, el que contiene la placa impresora.

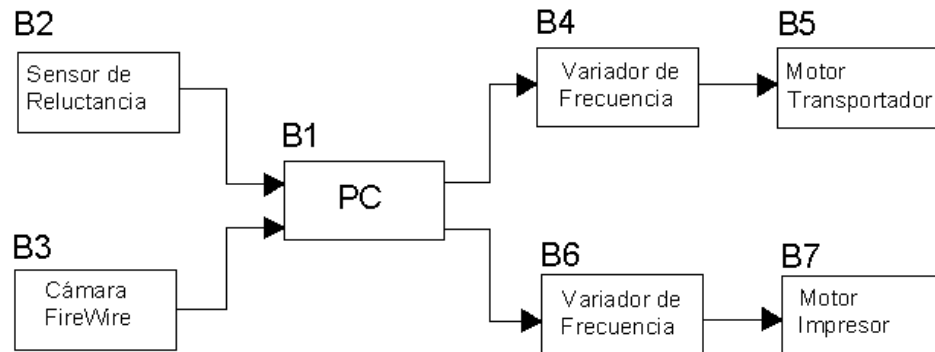


Figura 2.01
Diagrama de Bloques del Sistema

2.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Este aspecto busca principalmente que la automatización responda óptimamente a las necesidades del sistema a implementarse de manera técnica, estética y porque no decirlo también económicamente.

Para su mejor identificación y codificación de componentes se asignará la nomenclatura que posteriormente se empleará en los planos definitivos del proyecto. Ver **Anexos**.

2.3.1 Selección de Sensores

En un proceso industrial, la selección adecuada de los equipos, y de forma particular de los sensores, es un paso trascendental, puesto que definirá el buen funcionamiento del proceso y fundamentalmente garantizará la seguridad de las personas, que es el factor más importante.

Los sensores a utilizar en el presente proyecto son del tipo análogo y foto eléctricos (cámara) por lo que sus requerimientos de aplicación están sujetos a los siguientes puntos:

1. Presencia/ausencia

- Hay objeto o no
- El objeto esta en posición
- Detección de marcas

2. Medición e inspección

- Distancia
- Tamaño
- Discriminación de color

3. Características del objeto

- Tamaño
- Rango
- Velocidad
- Movimiento entre el sensor y el objeto
- Forma
- Acabado superficial

4. Requerimientos funcionales

- Tamaño del sensor
- Alimentación
- Tipo de salida
- Tiempo de respuesta
- Diagnóstico
- Activo con o sin luz (NA = normalmente abierto o NC = normalmente cerrado)
- Ajuste de sensibilidad

5. Características ambientales

- Contaminación del aire
- Temperatura

- Choques, vibración
- Inmersión en el agua
- Peligrosidad

6. Requerimientos del servicio

- Ajustabilidad
- Salidas reemplazables
- Desconexión rápida

7. Montaje físico

- Espacio restringido
- Mordazas, soportes, abrazaderas
- Pre cableado o cable conector

2.3.1.1 Sensores de Reluctancia

Para la selección de los sensores de reluctancia utilizados en el presente proyecto se consideraron los siguientes aspectos:

1. Tamaño del sensor
2. Alimentación
3. Tipo de Salida
4. Cable conector
5. Distancia de Sensado

Por la disponibilidad en el mercado se optó por un sensor de reluctancia variable honewell de propósito general, aquí sus características:

Diámetro	6,4 mm [0.250 in]
Rosca métrica disponible	M8
Especificaciones condiciones de prueba	Surface Speed = 25 m/s [1000 in/s] Gear = 20 DP [module 1.27] Air Gap = 0.127 mm [0.005 in] Load Resistance = 100 kOhm
Min. Voltaje salida (Pico a Pico)	12 Vp-p
Temperatura de Operación	-40 °C to 107 °C [-40 °F to 225 °F]
Frecuencia de Operación	60 kHz
Máx. Inductancia	16 mH
Resistencia	190 Ohm
Min. Velocidad de Superficie	0,75 m/s [30 in/s]
Actuador ideal	28 DP (module 0.90) ferrous metal gear
Montaje	1/4-40 UNS-2A
Vibración	Mil-Std 202F, Method 204D
Materia	Acero inoxidable
Distancia de aproximación de cubierta	23 mm [0.90 in]
Cableado	30 AWG Vinyl-insulated leads, 610 mm [24 in]
Peso	14 g [0.5 oz]

Tabla 2.01

Resultados del Proceso de Selección Sensor reluctancia Variable

2.3.2 Selección de Variadores de Frecuencia

2.3.2.1 Variador de Frecuencia para Motor Transportador de Papel

La selección de este equipo depende directamente de los parámetros eléctricos del motor a controlar, en el caso del motor transportador sus características son las siguientes.

Voltaje	220V
Corriente	6,47A
Frecuencia	60Hz
Velocidad	1720rpm
Potencia	1,5Hp
cosΦ	0,76

Tabla 2.02

Características eléctricas Motor Transportador de Papel

El variador seleccionado para esta aplicación es el LG drive serie iG, cuyo método de control es Tensión / Frecuencia con tecnología de espacio vectorial. Sus características técnicas se encuentran en el anexo E, Hojas de especificaciones técnicas.

En la **Tabla 2.02** se indican los resultados del proceso de selección.

Variador de Frecuencia	
Alimentación de Entrada	200~230 VAC
Corriente Nominal salida	4A
Frecuencia de entrada	50 ~ 60 Hz (5%)
Frecuencia salida	0 ~ 400 Hz
Motor Aplicable	200 ~230 V: hasta 1.5Kw
Tipos de Control	Tensión / Frecuencia con tecnología de espacio vectorial.
Conmutación	PMW con IGBT
Temperatura	-10 °C ~ 40 °C
Humedad	90 % RH máx.(sin condensar)
Altitud	abajo 1,000 m
Métodos de Frenado	Frenado DC Frenado Dinámico por Resistores
Protecciones	Sobrevoltaje, Bajo voltaje, Sobre corriente Sobrecalentamiento de driver, Sobre calentamiento motor Perdida entrada/salida de fases Perdida cableado entrada/salida Error comunicación, Perdida comando de velocidad Defecto de hardware
Rendimiento	90%
Entradas Analógicas	3 Multifunción: 0 ~ 10V ó 4 ~ 20 mA
Entradas Digitales	1 Multifunción: Pulso de salida 500Hz Voltaje de salida: 0 ~ 10V
Comunicación	ModBus - RTU

Tabla 2.03

Resultados del Proceso de Selección del Variador de Frecuencia para el Motor Transportador

2.3.2.2 Variador de Frecuencia para Motor Cilindro Impresor

Las características del motor impresor son las siguientes:

Voltaje	220V
Corriente	4,2A
Frecuencia	60Hz
Velocidad	1200rpm
Potencia	1Hp
cosΦ	0,60

Tabla 2.04

Características eléctricas motor Cilindro Impresor

Variador de Frecuencia	
Alimentación de Entrada	200~230 VAC
Corriente Nominal salida	4A
Frecuencia de entrada	50 ~ 60 Hz (5%)
Frecuencia salida	0 ~ 400 Hz
Motor Aplicable	200 ~230 V: hasta 1.5Kw
Tipos de Control	Tensión / Frecuencia con tecnología de espacio vectorial.
Conmutación	PMW con IGBT
Temperatura	-10 °C ~ 40 °C
Humedad	90 % RH máx.(sin condensar)
Altitud	abajo 1,000 m
Métodos de Frenado	Frenado DC Frenado Dinámico por Resistores
Protecciones	Sobrevoltaje, Bajo voltaje, Sobre corriente Sobrecalentamiento de driver, Sobre calentamiento motor Perdida entrada/salida de fases Perdida cableado entrada/salida Error comunicación, Perdida comando de velocidad Defecto de hardware
Rendimiento	90%
Entradas Analógicas	3 Multifunción: 0 ~ 10V ó 4 ~ 20 mA
Entradas Digitales	1 Multifunción: Pulso de salida 500Hz Voltaje de salida: 0 ~ 10V
Comunicación	ModBus - RTU

Tabla 2.05

Resultados del Proceso de Selección del Variador de Frecuencia para el Motor Cilindro Impresor

2.3.3 Selección Tarjetas de Adquisición de Señales

2.3.3.1 Tarjeta de Adquisición de Señales Analógicas

Uno de los aspectos requeridos para el presente proyecto es la adquisición de señales que el PC como cerebro de la automatización necesita, la recolección de señales de los sensores y posteriormente las acciones correctivas se realizarán por medio de este equipo, la selección del mismo se consideró tomando en cuenta los requerimientos del sistema:

- Dos entradas diferenciales
- Dos salidas Analógicas

La tarjeta a emplearse en el proyecto es una NI PCI-6024E. Las características técnicas se encuentran en el anexo F, Hojas de especificaciones técnicas.

ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7
DAC0OUT ¹	22	56	AIGND
DAC1OUT ¹	21	55	AOGND
RESERVED	20	54	AOGND
DIO4	19	53	DGND
DGND	18	52	DIO0
DIO1	17	51	DIO5
DIO6	16	50	DGND
DGND	15	49	DIO2
+5 V	14	48	DIO7
DGND	13	47	DIO3
DGND	12	46	SCANCLK
PF10/TRIG1	11	45	EXTSTROBE*
PF11/TRIG2	10	44	DGND
DGND	9	43	PF12/CONVERT*
+5 V	8	42	PF13/GPCTR1_SOURCE
DGND	7	41	PF14/GPCTR1_GATE
PF15/UPDATE*	6	40	GPCTR1_OUT
PF16/WFTRIG	5	39	DGND
DGND	4	38	PF17/STARTSCAN
PF19/GPCTR0_GATE	3	37	PF18/GPCTR0_SOURCE
GPCTR0_OUT	2	36	DGND
FREQ_OUT	1	35	DGND

¹ Not available on the 6023E

Figura 2.02
Terminales de conexión NI PCI-6024E

2.3.3.2 Tarjeta FireWire 1394

Para el procesamiento de imágenes es indispensable contar con un componente que se comuniquen con nuestro sensor de imagen es decir la cámara, para esto se optó por una tarjeta FireWire Advantek Networks que cumple con las siguientes prestaciones:

- Tarjeta PCI – IEEE 1394a
- Transferencia de Datos de 400Mbps.
- Ranuras 1394 (una a utilizar)

Las características técnicas se encuentran en los **Anexos**, Hojas de especificaciones técnicas.

2.3.4 Selección Cámara Digital

La selección de este equipo es una cámara digital Unibrain Fire-i basada en las especificaciones de la aplicación como también en fundamentos de parámetros y electrónica de la máquina de visión a implantar, se puede agregar que este dispositivo es la columna vertebral del proyecto, en la elección de la misma se considero las siguientes razones.

2.3.4.1 Tecnología de la Cámara

Comenzaremos explicando el por que? de una cámara digital para el proyecto.

Una cámara digital es inmune al ruido no así las cámaras análogas, su resolución es más precisa entre 10 a 16 bits de niveles de grises de resolución usan el mismo fundamento CCD (Charge Coupled Device) para adquirir imágenes como las análogas pero la digitalizan antes de enviarlas.

Los sensores CCD de una cámara analógica o digital están expuestas a dos campos de lectura: campo impar y campo par, cuando el objeto esta en movimiento causa en los sensores doble exposición de la imagen. De manera que una cámara con escaneo progresivo como es la seleccionada es útil para una aplicación donde el objeto esta en movimiento que en nuestro caso es el papel.

2.3.4.2 Resolución

La resolución necesaria para nuestra aplicación es de acuerdo a los cálculos siguientes:

Resolución del objeto de estudio:

En X:

$$\frac{W_{fov}}{W} * 2$$

En Y:

$$\frac{h_{fov}}{h} * 2$$

Wfov = ancho total de la imagen

hfov = alto total de la imagen

W = ancho del objeto de estudio

h = alto del objeto de estudio

Nota: Estas formulas aplican a objetos con profundidad.

Por las fórmulas anotadas tenemos:

papel	971x11	971x8 1/2
En X	51	39
En Y	43	43

Tabla 2.06

Resolución necesaria para cada tipo de papel utilizado por la imprenta megsa

La cámara seleccionada cuenta con una resolución de 640 x 480 píxeles

2.3.4.3 Definición

Es la cantidad de tonalidades que proporciona la cámara, en el caso del equipo seleccionado proporciona en modo RGB (Red Green Ble) 24bits y en monocromático 8 bits.

2.3.4.4 Cuadros por Segundo

Este es un parámetro muy importante de nuestra selección sin dejar de lado a los demás. En aplicaciones de alta velocidad puede ser ventajoso escoger una de veloz frame rate (cuadros por segundo) para adquirir más imágenes del objeto en movimiento, pero en nuestro caso el procesamiento de muchas imágenes restaría milisegundos importantes en la toma de decisiones y más bien debemos

ajustarnos con la velocidad de procesamiento de los PC s disponibles en el mercado. Aun así la cámara seleccionada cuenta con 30 cuadros por segundo.

2.3.4.5 Velocidad de Disparo

Corresponde al tiempo de exposición a menor tiempo de exposición mejor distinción del objeto, en las cámaras corresponde al parámetro "Shutter".

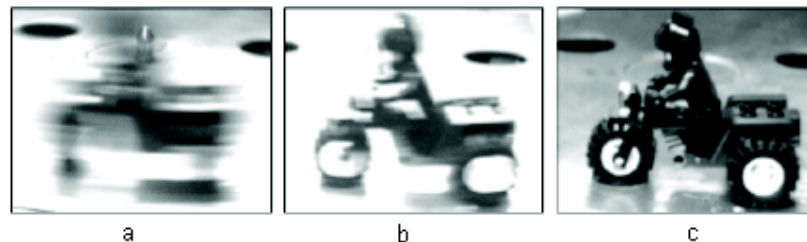


Figure 2.03

Imágenes del movimiento de una motocicleta usando una cámara de escaneo progresivo y usando tiempos de exposición de 33 ms, 10 ms, y 1 ms, respectivamente

La selección cuenta con 1/3400s-1/31s de tiempo de exposición

2.4 DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL EN LABVIEW

El Software de control esta diseñado en cierta forma siguiendo parámetros básicos de una arquitectura de diseño aplicables para cualquier tipo de programación, de manera que la integración del hardware y software sea funcional, esto se basa en los siguientes puntos:

- Aritmético-lógica
- Control
- Memoria
- Entrada y la salida

La aritmética –lógica se refiere a la capacidad de realizar cálculos matemáticos en el menor tiempo posible por nuestro software de control, la parte de control se refiere a la interpretación de estos resultados y convertirlos en señales eléctricas.

La memoria en este caso viene a constituir la capacidad del PC donde reside nuestro software para almacenar instrucciones y datos. Por ultimo están las entradas y salidas que permiten respectivamente que el software reciba y envíe datos.

LabView es un lenguaje de programación gráfico que utiliza iconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones, permite una programación modular esta característica al ser aprovechada acorta el tiempo de elaboración de proyectos, las instrucciones no se ejecuta paso a paso es decir es más flexible y de hecho se acomoda a las diferentes situaciones que se presenten con uso diario de la máquina, además en términos de kbits el mismo no es muy pesado como se suele decir, la gran ventaja con este tipo de programación es al momento de realizar las pruebas de campo, los errores son relativamente mas fáciles de encontrar y corregir permitiendo que se puedan agregar más código de necesitarse o suprimirse sin afectar partes mas delicadas del software.

LabView puede crear interfases de usuario utilizando un conjunto de herramientas y objetos, los programas de usuario en LabView se conocen como instrumentos virtuales VI's porque se trata de ambientar al usuario con su entorno de trabajo, es por esta razón que las interfases de usuario deben asemejarse lo más posible a un instrumento físico

Componentes Principales

Los Instrumentos virtuales están compuestos de tres elementos fundamentales:

- El diagrama de bloques
- El Panel frontal
- El icono y el panel de conectores

Panel Frontal

Es la interfase gráfica de usuario, es decir la parte del programa que interactúa con el usuario en ella se deberán introducir entonces todas las herramientas necesarias para que el usuario opere adecuadamente nuestro objeto real.

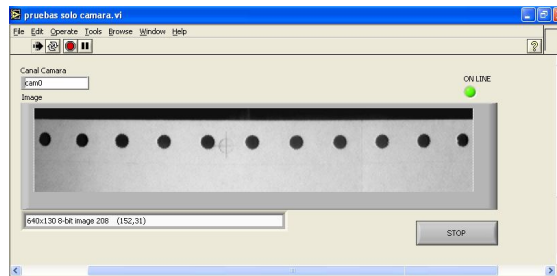


Figura 2.04

Ejemplo: Panel Frontal Adquisición de Imágenes en LabView 8.2

Diagrama de Bloques

Contiene el código de programación, con las estructuras internas similares a los lenguajes de programación basados en texto. El diagrama de bloques se parece a un diagrama de flujo de sentencias programáticas

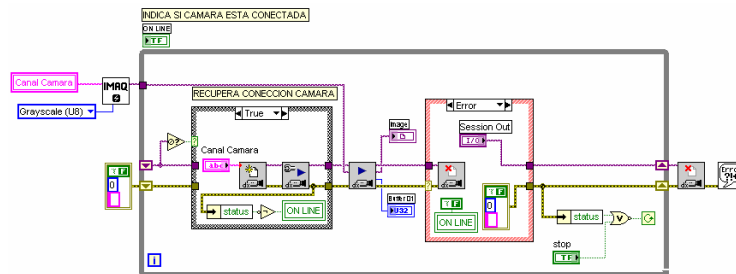


Figura 2.05

Diagrama de Bloques de Adquisición de Imagen en LabView 8.2

Entorno Externo

LabView está diseñado para soportar una completa comunicación con diversos dispositivos hardware de “control” externos, como GPIB, VXI, PXI, RS-232, RS-485, dispositivos DAQ, cámaras, etc.

2.4.1 Adquisición y Procesamiento de Imagen

Para la adquisición y procesamiento de imagen en LabView se necesita de las herramientas de IMAQ Vision, estas herramientas especializadas son un toolkit para el procesamiento de imagen, añadiéndose a la paleta tanto del panel frontal como del diagrama de bloques de LabView nuevas funciones como se ilustra a continuación.



Figura 2.06
Icono de Vision Paleta Panel Frontal

Una vez instalado el toolkit las herramientas Vision aparecen en la Paleta como se observa en la **Figura 2.06**.

Al hacer clic sobre esta se despliegan las opciones para visualizar la imagen desde la izquierda el primer icono es utilizado para representar un tipo de imagen

en el panel frontal, los siguientes dos iconos se utilizan para visualizar la imagen que capta la cámara, el cuarto y quinto icono despliegan funciones específicas que pueden utilizarse sobre la imagen adquirida.

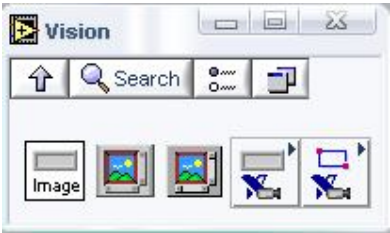


Figura 2.07

Opciones dentro de Icono de Vision Paleta Panel Frontal

En el Diagrama de Bloques igualmente como en el Panel frontal aparece el icono de vision como ilustra la figura siguiente:




Figura 2.08


Icono de Vision Paleta Diagrama de Bloques

Al hacer clic dentro de esta se observan las funciones para procesar la imagen.




El primer icono  contiene los modos de obtener, guardar y cerrar una sesión de imagen.




El segundo icono  despliega utilidades para manipular la imagen como calibración, manipulación de píxel, marcar una zona de interés.




El tercer icono  corresponde al procesamiento de imagen, aquí encontramos filtros, morfologías, histograma, procesamiento de colores, operadores lógicos entre imágenes y procesamiento de imagen utilizando dominio de la frecuencia.




El cuarto icono  guarda funciones propias de una máquina de visión como por ejemplo: detección de bordes, lectura de caracteres, análisis geométrico, obtención de medidas.



El quinto icono  corresponde a las funciones necesarias para la comunicación IEEE 1394, abrir una sesión, capturar imágenes del dispositivo FireWire, cerrar sesión, ya sea en alta velocidad como en baja velocidad.



El sexto icono  guarda funciones para los módulos NI1450 como son los CVS (Compact Vision Systems) de los cuales no hablaremos en este proyecto.

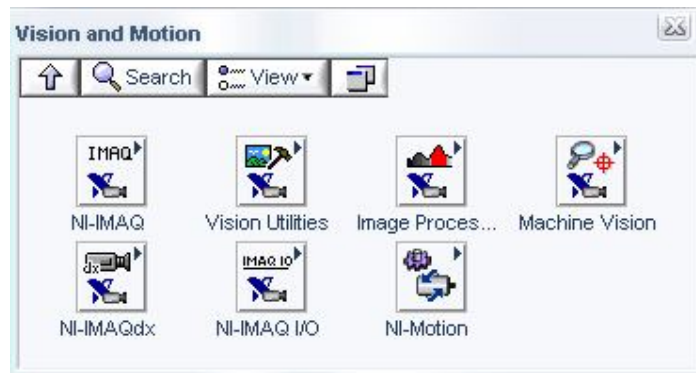


Figura 2.09

Opciones dentro de Icono de Vision Paleta Diagrama de Bloques

El diseño del software en lo que respecta a la adquisición de imagen se plantea en el siguiente esquema:

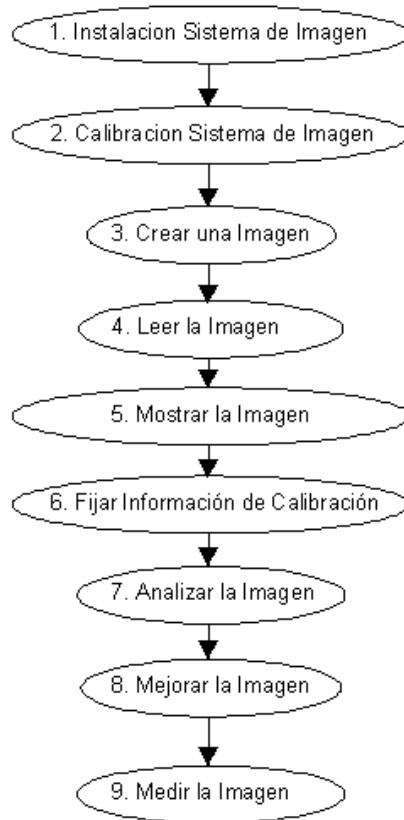


Figura 2.10
Esquema de Diseño Software de Control

EXPLICACION DE ESQUEMA

1. Determinar el tipo de equipo necesario para la adquisición, se refiere a la cámara que ya hemos seleccionado, adicionalmente aquí se añaden dos observaciones más.

Posicionamiento de la Cámara.- La cámara se colocará a una distancia de trabajo $WD = 200\text{mm}$ según lo calculado en la ecuación 1.01, donde $FL = 4,3\text{mm}$, $SS = 6,35\text{mm}$, $FOV = 280\text{mm}$, se tomo este valor por ser el mayor tamaño de papel a utilizar.

Configuración Dispositivo de adquisición.- Por medio de software se le dará a la cámara los parámetros necesarios requeridos por el sistema.

2. Significa Compensación de errores de perspectiva e iluminación.
3. Son los inicios propios de la programación esto refiere a parámetros tales como son definición, color, escala de grises necesarios para crear un espacio de memoria física necesaria para abrir una sesión.
4. Al crear el espacio de memoria necesaria se puede adquirir la imagen utilizando los iconos de adquisición de imagen en LabView, seleccionamos la fuente de la imagen en este caso de la cámara.
5. Mostrar la imagen un display en el Panel Frontal de LabView. Este paso se lo realiza en procesos que no demanden velocidad, en nuestro caso este paso consume tiempo valioso de procesamiento así que se lo suprime dentro del proceso
6. Lo que hemos dispuesto en los pasos anteriores se guarda en un espacio de memoria con el objetivo de que al abrir la aplicación nuevamente no se requiera hacer los pasos anteriores.
7. Obedece a que la imagen sea idónea para ser procesada, esto quiere decir que guarde el objeto de nuestro interés y que no sea tan pesada en bits para manipular, empieza los primeros pasos para el mejoramiento de la imagen.
8. La imagen se mejora utilizando segmentación, filtros, escala de grises, morfologías, el objetivo es optimizar la nitidez, enfatizar detalles o resaltarlos, remover píxeles indeseados, etc.
9. Una vez que la imagen es optima para extraer información, se procede a la medición de los parámetros de interés como son áreas, longitudes, lectura de caracteres, entre otras, la gama de posibilidades es variada gracias a las herramientas de procesamiento digital de imagen que posee LabView

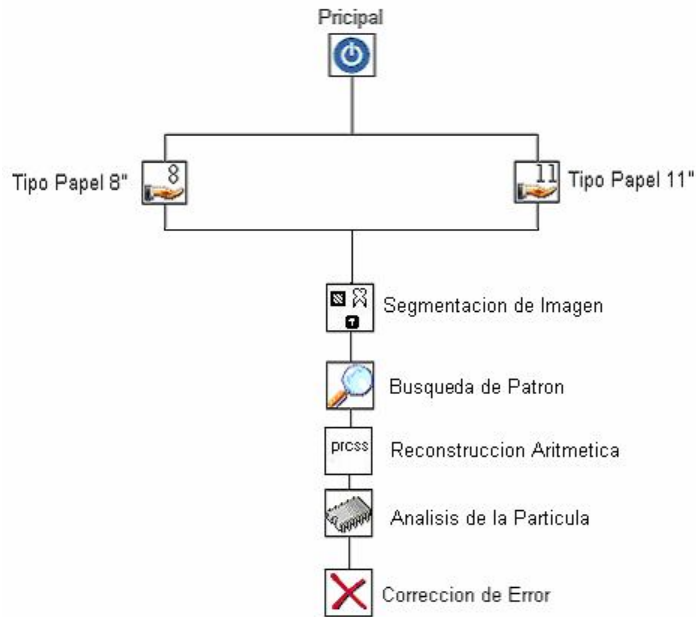


Figura 2.11
Esquema funcional Programa en LabView

2.4.2 Control Motor Transportador de Papel

El control de este motor se realiza por medio de uno de los variadores de frecuencia, que recibe un voltaje de 0 a 10 V y estos a su vez entregan la correspondiente frecuencia a los motores.

En el panel de usarlo se encuentra un control virtual como este:

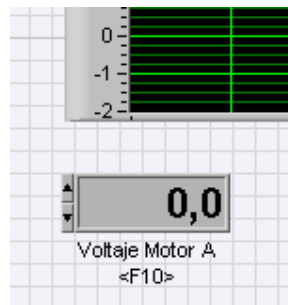


Figura 2.12
Aumentan o Disminuyen Velocidad Motor A de la Imprenta

Dentro de la lógica de programación del control virtual el mando de arranque depende de las siguientes emergencias:

- Pulsante de emergencia
- Error en el variador de frecuencia
- Cámara fuera de línea
- Sensores de Reluctancia fuera de línea

Este es un control libre de un lazo PID, el voltaje que se marca en este control virtual es el Set point del motor impresor.

2.4.3 Control Motor Cilindro Impresor

Por razones de operación de 0.0 a 1.2 voltios el voltaje del motor es controlado directamente por el voltaje aplicado al Motor de transporte de papel.

A partir de 1.3 voltios, el voltaje de este Motor es controlado automáticamente por un control PID. El voltaje recomendado de operación continúa esta entre 5.0 y 5.5 voltios, de esa manera se aprovecha la velocidad de la imprenta y se evita además posibles fallas porque la tinta de la imprenta no se comporta de igual manera cuando la velocidad sea demasiado grande.

Para ayudar a cuadrar el registro en el tercer orificio se aumenta o disminuye en el conteo de dientes del engrane, esto influye en la velocidad del cilindro impresor aumentando o disminuyendo su velocidad en un tiempo casi imperceptible pero muy significativo para el registro

EL control virtual para esa tarea es el siguiente es el siguiente:



Figura 2.13

Controles de registro de impresión para que sea visible en el indicador visual

La cámara realiza ajustes finos a la transformación que se produce del conteo de dientes del engrane a voltaje para el motor del cilindro impresor ya que por omisión se pudo haber sumado o restado dientes.

2.5 DISEÑO DE LA INTERFACE HMI EN LABVIEW

En términos generales la Interfase de usuario es un conjunto de componentes empleados por los usuarios para comunicarse e interactuar con las máquinas.

De manera que el usuario dirige a la máquina mediante instrucciones, iconos y menús manipulando directamente estos objetos visuales en el monitor.

Uno de los objetivos planteados por el presente proyecto es la creación de HMIs intuitivos que brinden las siguientes funciones:

- Ajuste de imagen utilizando el monitor
- Visualización del estado de funcionamiento de la imprenta
- Visualización de Errores y Alarmas.
- Generar información de producción, tales como: ingreso número de orificios del papel número de hojas impresas, velocidad de motores.

Para el efecto, empleando el mismo LabView se han diseñado las pantallas o páginas respectivas de conformidad para el usuario. El diseño de las HMI utilizó

la metodología empleada en la programación visual, que consiste de los siguientes pasos:

- ¹Diseño de las interfaces gráficas de cada página, utilizando botones, iconos y figuras que ayuden a deducir y facilitar la operación. Además, de acuerdo a los principios de la ingeniería de la usabilidad, que recomienda entre otros aspectos: utilizar colores de fondo de tonos pasteles, no exagerar el uso de colores, controles e imágenes, incluir solo la información necesaria y estandarizar los botones de comando en todas las páginas.
- Incluir las líneas de código que sean necesarias para las interfaces HMI. Se debe tener muy claro, que estas no deben incluir por ningún motivo líneas de programa que sean parte de la lógica de control del proceso, aun cuando esto sea posible. El paradigma de un HMI correcto, es que la máquina debe funcionar aun cuando el HMI se encuentre fuera de funcionamiento. En cambio, si es válido incluir acciones de parametrización y encendido/apagado, cuya lógica será validada por el controlador del proceso.
- Vincular los controles con las variables de control internas y provenientes de las tarjetas de adquisición de datos.

1.- RODRIGUEZ Jose Maria, TAPIA Fausto, Automatización y puesta en marcha de la máquina empacadora Cassoli pac600 de la planta productos familia Sancela del Ecuador S.A, Tesis ESPE-Latacunga, 2006,pp109

2.5.1 Panel Frontal de Inicio

La Pantalla de Inicio contiene la presentación del proyecto.

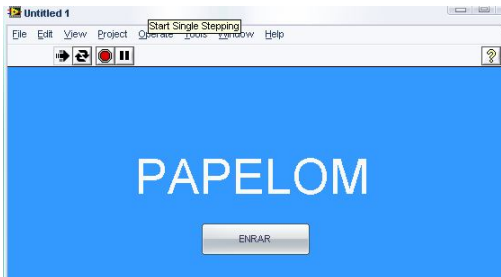


Figura 2.15
Pantalla de Inicio

2.5.2 Panel frontal para papel 917 x 11, 8”

La pantalla contiene los siguientes aspectos:

1. Estado de Funcionamiento
2. Ingreso numero de orificios del papel
3. Numero de Hojas a Imprimir
4. Hojas por minuto
5. Velocidad Motor Transportador de Papel (VMTP)
6. Regulación Previa Orificio (Velocidad Motor Cilindro Impresor)
7. Indicación Errores y Alarmas.

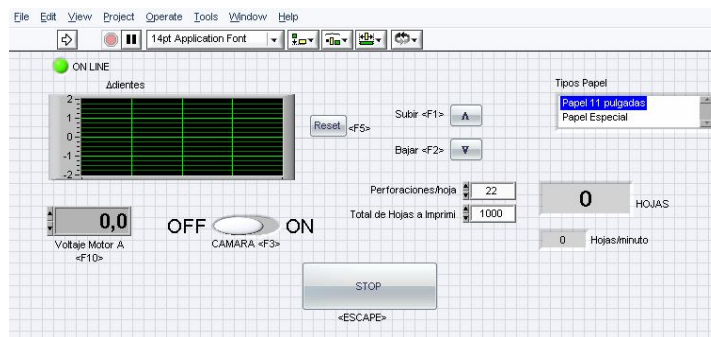


Figura 2.16
Panel Frontal Papel 917 x 11,8

CAPITULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA

El sistema esta compuesto por dos variadores LG serie IG 5 conectados a los motores de 1750 y 1200 rpm respectivamente para regular la velocidad necesaria de impresión y corrección de registro, ambos variadores poseen las mismas características eléctricas y electrónicas de funcionamiento indicadas en los **Anexos**.

La cámara digital Fire-i corresponde a la familia tipo firewire IEEE 1394, cuyo formato es de alta velocidad de comunicación.

El medio utilizado para comunicar la PC con los variadores es una tarjeta NI – PCI 6024E, mientras que para la comunicación con la cámara digital es una tarjeta PCI – IEEE 1394.

Una vez que el papel ha sido montado sobre el cilindro transportador es capturado por la cámara la que envía información codificada hacia el computador, la PC recibe la información de las fotografías tomadas en tiempo real, las mejora, filtra, procesa y determina la velocidad a aumentar o disminuir para que el proceso de impresión sea de la mejor calidad.



Figura 3.01
Imprenta Papel continuo Vista Frontal

3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES

A continuación se describen las actividades necesarias para la comprobación de los equipos.

Antes de comenzar a montar los equipos es necesario instalar el software de LabView completo es decir:

- LabView 8.2
- LabView NI Device Drivers
- LabView NI Vision 8.2
- LabView NI Vision 8.2.1 Acquisition Software, este proporciona los siguientes drivers para cámaras IEEE y cámaras industriales:

NI-IMAQ 3.7

NI-IMAQdx 3.0

NI-IMAQ I/O 2.0

3.2.1 Montaje de Equipos

El montaje de equipos consta de la instalación de tarjetas electrónicas PCI Firewire IEEE y 6024E que permiten la lectura de los equipos de adquisición de datos.

Para la instalación de las tarjetas, debemos apagar el PC y abrirlo:

1. Identificamos las ranuras PCI



Figura 3.02
MotherBoard

2. Hacemos coincidir los pines de las tarjetas con los de las ranuras, presionamos cuidadosamente las tarjetas.

Para este proyecto se requirió además de las tarjetas mencionadas expandir la capacidad de memoria RAM para cumplir con los requerimientos físicos del procesamiento de imagen, los slots de memoria RAM están a la derecha de los slots PCI.

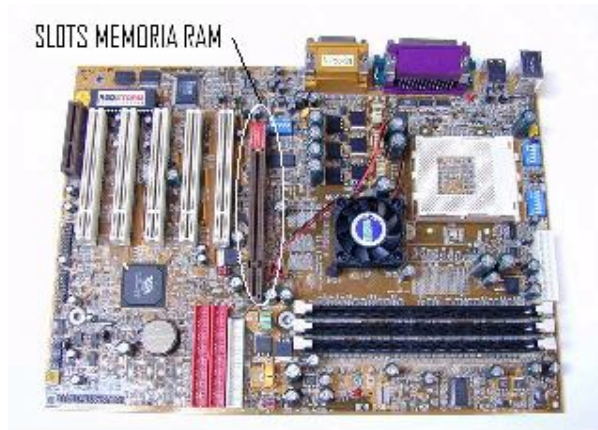


Figura 3.03
MotherBoard

El procedimiento para la instalación de la memoria es similar a la de las tarjetas PCI con la siguiente observación:

Este tipo de slot no es estándar en todas las PCs, varía con el modelo de la mainboard, así que se debe tener cuidado de adquirir una tarjeta de expansión que concuerde con las ranuras del slot, para esto podemos guiarnos con el tipo de modelo de memoria RAM que se encuentre instalada y adquirir una de mayor capacidad.

Superada la etapa de montaje de tarjetas en el PC, a continuación encendemos el PC, la memoria RAM la comprobamos ejecutando click derecho sobre Mi PC en propiedades debe constar la capacidad de memoria que hayamos instalado, luego ejecutamos el MAX (Measurement & Automation Explorer) hacemos clic sobre Devices and Interfaces and comprobamos que la tarjeta 6024E haya sido reconocida.

Una vez reconocidas las tarjetas de memoria y adquisición de datos comenzamos su comprobación y configuración.

3.2.2 Calibración Cámara

Conectada la cámara digital a una de las tres ranuras de la tarjeta PCI – IEEE 1394, el siguiente paso es hacer que el PC la reconozca como tal, así que procedemos de la siguiente manera:

- Hacemos clic derecho en Mi PC, elegimos Propiedades
- Clic sobre uñeta de Hardware.
- Clic sobre Administrador de Dispositivos.
- Buscamos Dispositivos de Imagen, clic sobre +.



Figura 3.04
Hardware Disponible de la PC

1. Encontramos cámara digital, clic derecho, seleccionamos actualizar controlador.

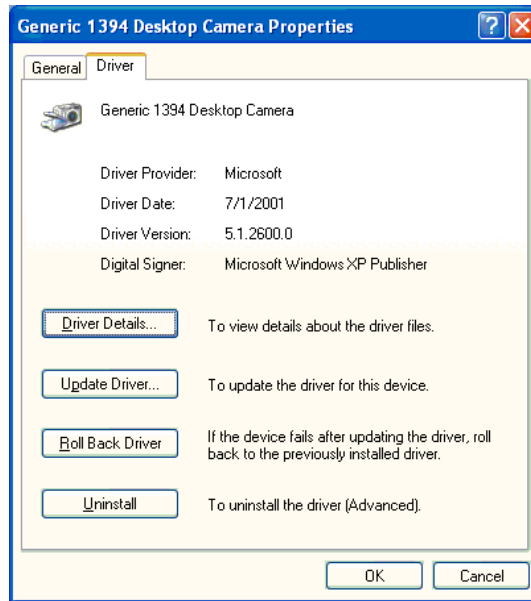


Figura 3.05
Propiedades del Dispositivo (CAMARA)

2. Seleccionamos instalar desde una ubicación específica, clic siguiente.
3. No buscar, seleccionare el controlador a utilizar, clic siguiente.
4. A continuación se despliega una pantalla con los controladores nacional instruments, los seleccionamos, clic siguiente.

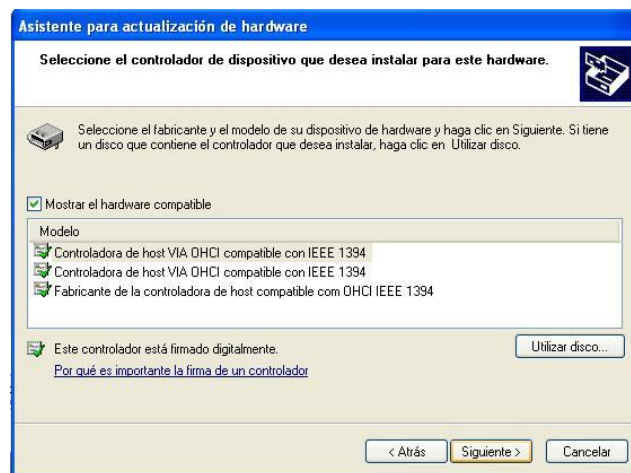


Figura 3.06
Selección de Controladores Disponibles

Finalizado este primer procedimiento nos dirigimos al explorador MAX.

En configuración, clic sobre My System

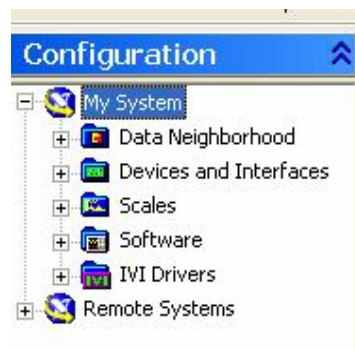


Figura 3.07
Configuración de MAX

Luego nos ubicamos sobre la carpeta de Devices and Interfaces, aparecerán todos los dispositivos conectados para nuestra aplicación, uno de los cuales es nuestra cámara digital, hacemos clic sobre esta, de manera que se habilita el canal para su utilización



Figura 3.08
Selección de dispositivo a configurar en MAX

Una vez habilitado el canal de utilización que por default es cam0, hacemos clic en Grab, esto nos permite mostrar lo que la cámara se encuentra captando en ese preciso momento

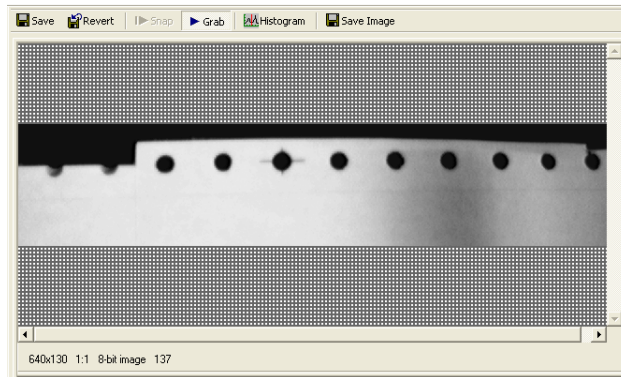


Figura 3.09
Visor de la Imagen captada por la cámara

En este instante hacemos un pequeño paréntesis para calibrar el lente de la cámara.



Figura 3.10
Ajuste lente focal

Al obtener la mejor nitidez de imagen seguimos con el procedimiento de calibración y prueba de la cámara. En la siguiente sección de la pantalla desplegada, debajo del visor de la cámara observamos los siguientes campos:

- General.
- Acquisition Parameters
- Camera Attributes
- Bayer Color

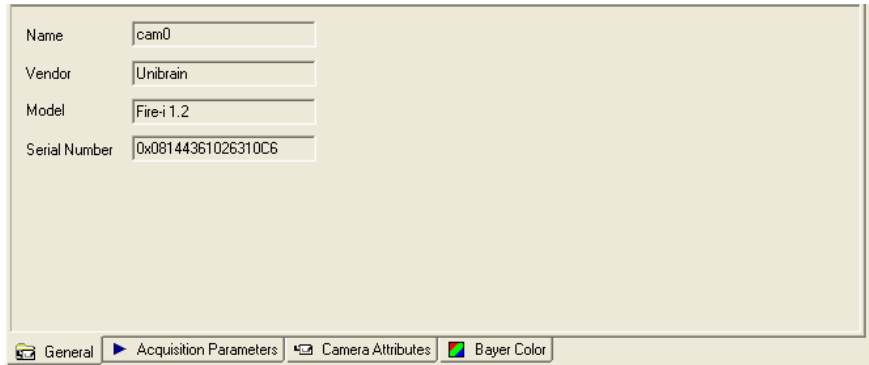


Figura 3. 11

Primer campo de configuración de la cámara

En el campo General muestra el nombre del canal, el fabricante, modelo y el número de serie del producto, estos datos son inalterables, los siguientes campos son los que nos interesa manipular.

El siguiente campo, Acquisition Parameters muestra las siguientes opciones.

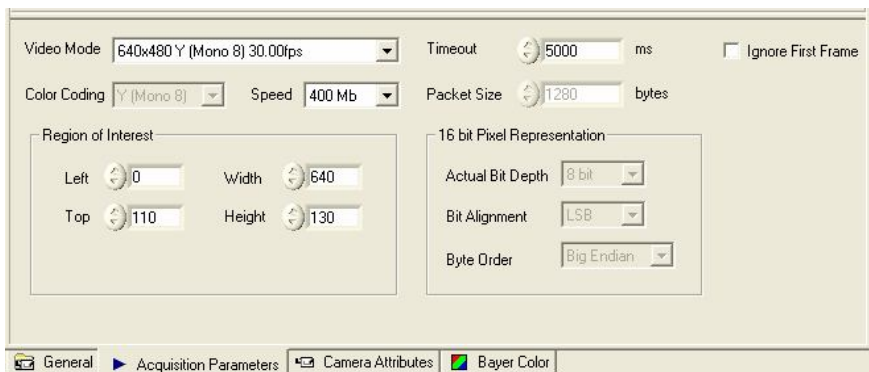


Figura 3. 12

Segundo campo de configuración de la camara

En el campo Video Mode seleccionamos Mono 8, 30fps esta selección obedece a las recomendaciones del procesamiento de imagen, en el que manifiesta que para una aplicación de alta velocidad no se debe elegir imágenes a color puesto que esto demora muy considerablemente su procesamiento, el número de bits analizados son demasiados y el tiempo de procesamiento aumenta exponencialmente.

La velocidad máxima de transmisión de este protocolo firewire es 400Mb de manera que no lo cambiaremos.

La Región de Interés puede ayudarnos a eliminar bits de la imagen que no necesitamos procesar.

Por últimos se encuentra Timeout, que corresponde al tiempo de inactividad de la cámara, en lo que respecta a si ocurre una desconexión de la misma, cumplido el período automáticamente se genera un código de error dentro de la aplicación, deteniendo la misma.

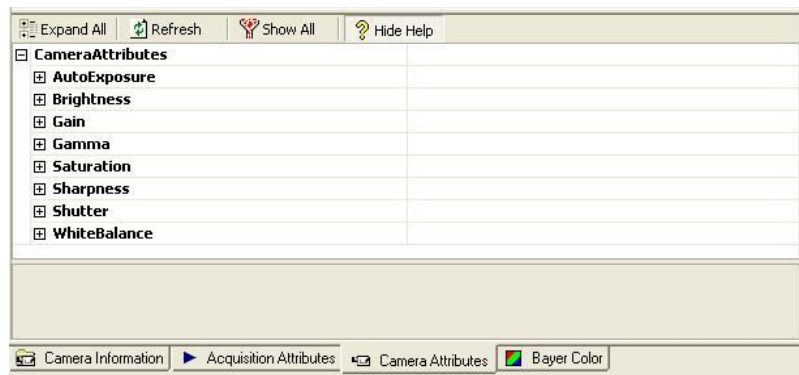


Figura 3. 13
Tercer campo de configuración de la cámara

El campo siguiente despliega atribuciones de la cámara, como son tiempo de exposición, brillo, ganancia, gamma, saturación, nitidez, tiempo de disparo, etc.

Para los cuales los valores por método de ajuste y prueba para este proyecto son los siguientes:

AutoEXposure: 425

Brightness: 128

Gain: 100

Gamma: 1

Saturation: 255

Sharpness: 50

ShutterSpeed: 0

WhiteBalanceUB: 120

WhiteBalanceVR: 120

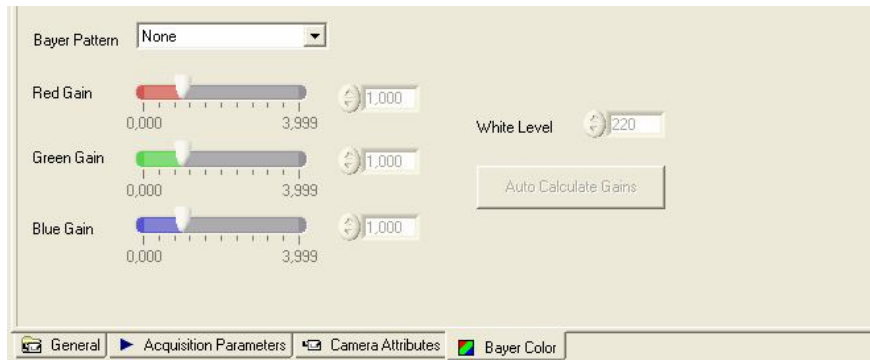


Figura 3. 14

Cuarto campo de configuración inutilizado

El siguiente campo Bayer Color es protegido por el fabricante, sirven de referencia para la aplicación, estos valores no pueden ser cambiados en este modelo de camara.

3.2.3 Configuración Canales Virtuales de Entrada y Salida

Instalada la tarjeta NI PCI-6024E en la PC, conectamos los sensores y variadores a la bornera de la tarjeta PCI en los siguientes pines:

- 68(+) y 34(-) sensor uno.
- 65(+) y 31(-) sensor dos.
- Desde V1 y MG del variador uno a los pines de la bornera 21 y 55 respectivamente.
- Desde V1 y MG del variador dos a los pines de la bornera 21 y 54 respectivamente.

Los terminales R, S, T del variador son su alimentación eléctrica, y los terminales U, V, W son la conexión al motor.

Culminada las conexiones de sensores, variadores de frecuencia y motores ejecutamos Measurement & Automation Explorer el cual carga los drivers de reconocimiento, una vez culminada la tarea, la tarjeta esta lista para utilizar, el primer paso antes de probar es configurar los canales análogos y digitales virtuales requeridos por nuestros sistema de automatización, su configuración lo detallo a continuación.



Figura 3.15
Bornera Tarjeta 6024E

3.2.3.1 Canales Análogos Virtuales

Dentro del presente proyecto se refieren a como deben ser configurados dentro del MAX los sensores de reluctancia y los motores de AC que en este caso están comandados por los variadores de frecuencia.

.

3.2.3.1.1 Canales Análogos Virtuales de Entrada

Son los sensores de reluctancia, que están conectados a la bornera de la tarjeta 6024E.

1. En el MAX sobre Data Neighborhood, ubicado dentro de My System se presiona el boton secundario del raton y se elige Create New.
2. Se abre un cuadro de dialogo en el que hay que escoger Virtual Channel y luego Finish.
3. Escoger Analog Input y luego Siguiente
4. En Channel Name escribir Input 1 y a continuación Siguiente
5. En la lista de sensores escoger Voltaje y a continuación Siguiente
6. En units dejar en Blanco y en Range escoger:
7. min: -10
8. max: 10
9. Dejar en blanco el cuadro Scientific Notation y a continuación Siguiente
10. Escoger No Scaling y a continuación Siguiente
11. Ahora se debe establecer la tarjeta que se esta usando
12. En DAQ hardware: Dev1: PCI-6024E
13. En channel: 0, es decir (+) ACH0, (-) ACH8, que son los pines 68 y 34 respectivamente de la tarjeta.
14. En Analog Input Mode: Differential
15. Presionar Finalizar.

Hemos finalizado la conexión y calibración del primer sensor de reluctancia. Para el segundo sensor de reluctancia Input 2 repetiremos los pasos 1 al 3, en el cuarto paso escribiremos Input 2, procedemos igual en los pasos 5 al 7, en el paso 8 hacemos los siguientes cambios:

En DAQ hardware: Dev1: PCI-6024E

En channel: 2, es decir (+) ACH2, (-) ACH10, que son los pines 65 y 31 respectivamente de la tarjeta.

En Analog Input Mode: Differential

Presionamos Finalizar

Al terminar con la configuración los probamos haciendo click sobre el canal creado, enseguida se desplegara en la pantalla al lado derecho las especificaciones técnicas del canal y también una opción de prueba que consiste en un pantalla tipo osciloscopio que al mover los engranes que sensan se deberá producir una forma de onda.

3.2.3.1.2 Canales Virtuales de Salida

Son los variadores de frecuencia conectados a la bornera de la tarjeta 6024E como especificaremos a continuación:

1. En el MAX sobre Data Neighborhood, ubicado dentro de My System se presiona el boton secundario del raton y se elige Create New.
2. Se abre un cuadro de dialogo en el que hay que escoger Virtual Channel y luego Finish.
3. Escoger Analog Output y luego Siguiente
4. En Channel Name escribir Output 1 y a continuación Siguiente
5. En la lista de sensores escoger Voltaje y a continuación Siguiente
6. En units dejar en Blanco y en Range escoger:
7. min: -0
8. max: 10
9. Dejar en blanco el cuadro Scientific Notation y a continuación Siguiente
10. Escoger No Scaling y a continuación Siguiente
11. Ahora s debe establecer la tarjeta que se esta usando
12. En DAQ hardware: Dev1: PCI-6024E
13. En channel: 0, es decir DAC0OUT con referencia AOGND, que son los pines 22 y 54 a conectar respectivamente en la tarjeta.
14. Presionar Finalizar.

Hemos finalizado la conexión y calibración del primer variador. Para el segundo repetiremos los pasos 1 al 3, en el cuarto paso escribiremos Output 2,

procedemos igual en los pasos 5 al 7, en el paso 8 hacemos los siguientes cambios:

En DAQ hardware: Dev1: PCI-6024E

En channel: 1, es decir DAC1OUT con referencia AOGND, que son los pines 21 y 55 a conectar respectivamente en la tarjeta.

Presionamos Finalizar

Para probar los canales creados procedemos como en los canales virtuales de entrada hacemos clic sobre estos y ejecutamos la opción test, al hacer esto notaremos que los motores comenzaran a obedecer una rutina de prueba del MAX.



Figura 3.16
Variadores de Frecuencia iG5

3.2.3.2 Canales Virtuales Digitales

En el presente proyecto el paro de emergencia es considerado entrada digital, se encuentra configurado de la siguiente manera.

1. En el MAX sobre Data Neighborhood, ubicado dentro de My System se presiona el boton secundario del raton y se elige Create New.
2. Se abre un cuadro de dialogo en el que hay que escoger Virtual Channel y luego Finish.
3. Escoger Digital I/O y luego Siguiente
4. En Channel Name escribir Stop Externo y a continuación Siguiente
5. En la lista escoger Read from Port y a continuación Siguiente.
6. Establecemos la tarjeta utilizada.
7. En DAQ hardware: Dev1: PCI-6024E
8. En Port: DIO, es decir DIO0 con referencia DGND, que son los pines 52 y 18 o 15 o 13 a conectar respectivamente en la tarjeta.
9. Presionamos Finalizar

3.2.4 Calibración y Prueba Software de Control

Para la calibración y prueba del software de control se procedió a varear los parámetros de la cámara con el objeto de encontrar los adecuados para que la imagen a procesar sea óptima.

La calibración del software comenzó en el MAX ajustando parámetros como:

- Area de Interes
- Velocidad de transmisión
- Modo de Video
- Brillo
- Ganancia

Al culminar este paso se debe cerrar el explorador para que al abrir el programa de aplicación no haya conflictos de recursos, abierta la aplicación en un principio se probó la comunicación del software con la cámara, a lo que fue satisfactoria.

Una vez comprobada la adquisición de imagen se procedió a manipular la imagen con ayuda de las subrutinas encontradas en las paletas de programación.

La primera manipulación fue una segmentación de la imagen puesto que se tiene que optimizar el recurso de la cámara y utilizar solamente lo que se va a procesar.

Esto se logro utilizando herramientas de procesamiento que LabView pone a disposición a sus usuarios.

Estas herramientas de trabajo son fáciles de utilizar y manipular a conveniencia del tipo de trabajo que se este realizando.

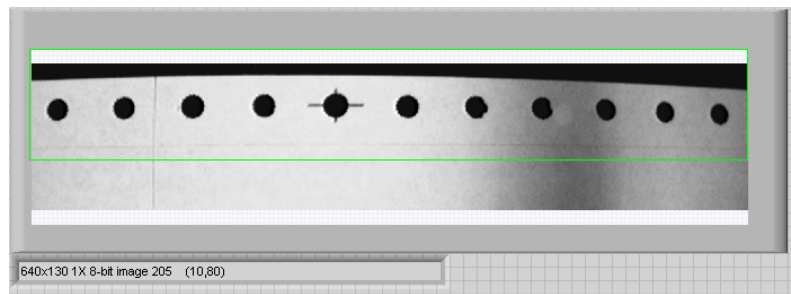


Figura 3.17

Ejemplo de segmentación de Imagen, recuadro verde

Lo que se encuentra dentro del recuadro verde es cortado de la imagen captada por la cámara y entregada al siguiente icono para su procesamiento, este recuadro puede ser a conveniencia del programador.

Luego de la segmentación se procede a buscar el patrón. El patrón es sobre el cual el software decide adelantar o retrasar la velocidad de los motores.

En un principio se deseo tomar una foto enmascarar el patrón y sobre este corregir, pero en primer lugar al enmascarar el área de importancia no siempre era el mismo y la programación era muy pesada de procesar volviéndose mas

lenta la corrección tomada, así que se decidió hacer un banco de parámetros como el mostrado.

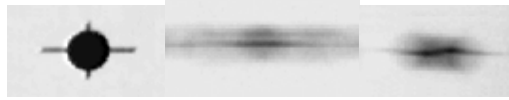


Figura. 3.18
Banco de Imágenes

Este banco o muestras de fotografías se obtuvo de 200 muestras a diferentes velocidades las cuales son buscadas y encontradas dentro de un tiraje completo de mas 1000 hojas.

La búsqueda del patrón también cuenta con etapas:

- Banco de patrones
- Encapsulamiento del área de interés
- Envió datos necesarios para procesamiento

Banco de Patrones.- Como ya mencionamos son las tres fotografías seleccionadas, además en esta etapa se resuelve el área donde se va analizar el patrón.

Encapsulamiento del área de interés.- una vez hallado el patrón se lo enmascara, consiste en aislar la imagen esto se hace por medio de otra imagen que se sobrepone al patrón y aísla lo que no es necesario, es decir:



Figura. 3.19
Mascara

El área en blanco es reemplazada por el patrón encontrado y lo demás es desechado, la mascara fue adquirida por pruebas experimentales ya que no existe una formula para aquello, tiene un área de 83 x 48 píxeles

Envío de datos.- aislado solo lo necesario, se procede a obtener coordenadas del objeto de interés para que posteriormente sea más rápido compararla con un radio perfecto que se obtuvo midiendo en píxel.

Concluida las etapas de segmentación y búsqueda del patrón, el siguiente paso es la reconstrucción aritmética.

La Reconstrucción Aritmética es una técnica del procesamiento de imagen que consiste en aclarar, mejorar y hasta en reconstruir una imagen borrosa.

Como el proceso es rápido se tenía dos opciones, la primera comprar una cámara de miles de dólares o por medio de software reconstruir la imagen, se opto por la segunda.

Básicamente en lo que consiste esta técnica es reconstruir la imagen a partir de un patrón, utilizando matemáticas de sumas y restas, multiplicaciones y divisiones, incluso por métodos matemáticos más avanzados como transformadas de fourier.

Se escogió las matemáticas simples por cuestión de velocidad de procesamiento y porque la imagen a procesar no es complicada como para aplicar matemáticas más avanzadas.

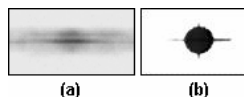


Figura. 3.20

Ejemplo reconstrucción de Imagen: (a) Imagen Capturada, (b) Imagen Reconstruida

Luego de la Reconstrucción matemática el siguiente paso es el Análisis de Partículas. En esta parte del proyecto la imagen capturada es considerada como una partícula.

La partícula es comparada con un patrón que proporciona el radio ideal del registro, si este radio aumenta disminuirá la velocidad del motor, si disminuye aumentara la velocidad.

Para determinar en cuanto debe aumentar o disminuir en voltaje se dispuso que el voltaje de corrección del controlador PID sea proporcional a la velocidad actual de los motores por cada 0,1 píxeles se aumente o disminuya en 0.01 Voltios.

3.2.5 Método de Corrección de Velocidad

Consta de dos controles PID enlazados, el primero se refiere al que controla los motores de impresión y transporte de motor.

El segundo control PID se refiere al radio que captura la cámara, cuyo set point es el radio del registro patrón.

Este segundo lazo viene hacer como un ajuste fino a la velocidad final de los motores ya que si bien es cierto que las velocidades prácticamente se mantienen constantes, no es cierto que esto sea lo suficiente para mantener cuadrado el registro

Es decir la maquina mantiene la velocidad pero no sabe si el registro esta correcto, aquí el diagrama:

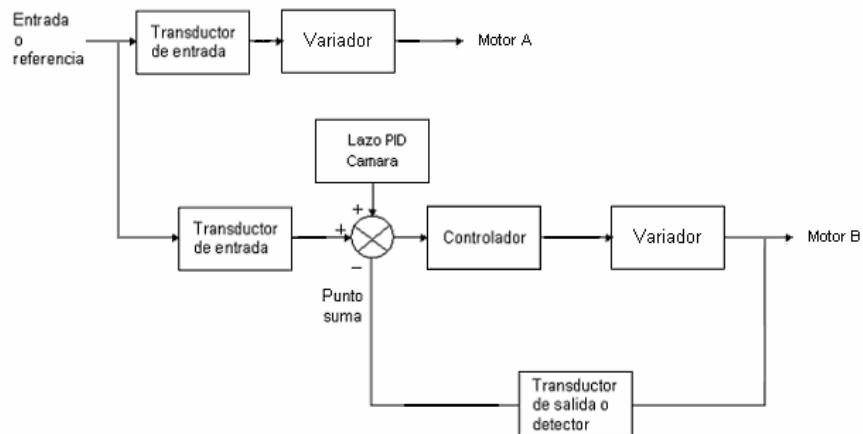


Figura. 3.21
Diagrama Control Programa Tesis

Mediante pruebas de campo se pudo determinar cuales son las variables correctas de ambos procesos PID.

Para el motor cilindro impresor se implemento una lazo cerrado PID, la programación es muy sencilla mas no su sintonización que la abordaremos mas adelante.

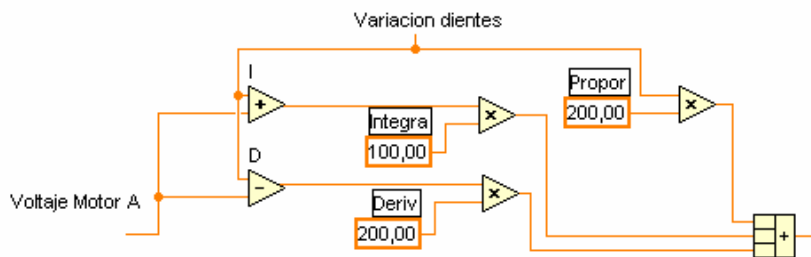


Figura 3.22
Constantes lazo PID

3.2.6 Velocidad de los Motores

Ajustados los parámetros de los variadores, el software de control puede escribir sobre el variador voltajes calculados u obtenidos del proceso y a la vez mantenerlos hasta que surja una nueva condición.

3.2.7 Paro Motores

Esta opción está contemplada para emergencias, dentro de la configuración de canales virtuales es una entrada digital, la que está conectada a un pulsador normalmente abierto.

4 SINTONIZACIÓN DE LAZO DE CONTROL

Para la sintonización de los lazos PID se utilizó el Método del Tanteo o Experimental para mejorar la estabilidad, precisión, exactitud y respuesta transitoria.

El sistema es retroalimentado por lo que es de lazo cerrado, de manera que los siguientes criterios citados a continuación fueron utilizados.

La variable a controlar es la velocidad del motor de transporte, el motor impresor será regulado por el mismo lazo PID, por tal motivo solo nos preocuparemos de un solo motor.

Comencé con K_p , T_i y T_d en valores mínimos, incremente K_p hasta obtener ligeras oscilaciones ante una perturbación.

En este punto aumente T_d hasta eliminar las oscilaciones, incremente K_p hasta provocar nuevamente oscilaciones.

Nuevamente ajuste T_d hasta contrarrestar las oscilaciones, estos dos últimos pasos los repetí hasta que T_d no elimino las oscilaciones, entonces los valores de K_p y K_d anotados anteriormente al último ajuste son los indicados.

Por último ajuste T_i para eliminar el error residual, así concluyo la sintonización del lazo de control PID del sistema quedando de la siguiente manera:

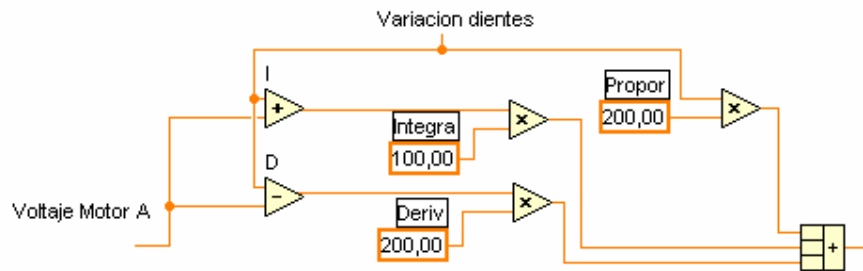


Figura. 3.23

Programación gráfica PID, valores integrales Kp, Kd, Ki encontrados



Figura 3.24

Ejecución Programa Controlador

5 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

Desde la implementación de la visión artificial a la máquina automatizada ha cumplido con las pruebas realizadas. Sin embargo, es pertinente justificar la inversión realizada por la empresa en los componentes implementados. Algunos componentes eléctricos fueron reutilizados como el caso de los motores AC.

En la **Tabla 3.02** se detalla por ítems el costo de los componentes en junio del 2007 El costo neto de los componentes es de 4190.90 dólares americanos.

PARTIDA A					
ITEM	DESCRIPCION DEL MATERIAL O EQUIPO	U.	CANT.	P. UNIT	VALOR TOTAL
1	PC, 2,8Ghz, 80Gb disco duro, Pantalla LCD	u	1	800	800,00
2	Sensores de reluctancia	u	2	62,50	125,00
3	IG Drivres LG	u	2	150	300,00
4	Conductor TTU 10 AWG	m	10	0,9	9,00
5	Mangueras	m	4	0,2	0,80
6	Gabinete de Laton	u	1	150	150,00
7	Tornillos	l	1	5	5,00
8	Tarjeta DAQ 6024E	u	1	780	780
TOTAL DE LA PARTIDA A:					2169,80
PARTIDA B					
ITEM	DESCRIPCION DEL MATERIAL O EQUIPO	U.	CANT.	P. UNIT	VALOR TOTAL
1	Camara Unibrain 400Mhz, lentes focales	u	1	300,00	300,00
2	Licencia NI Vision	u	1	450,00	450,00
3	Tarjeta Firewire IEEE1394A	u	1	35,00	35,00
4	Armazon	u	1	70,00	70,00
5	Memoria RAM 512	u	1	72,00	72,00
6	Actualizacion sistema operativo	u	1	15,00	15,00
TOTAL DE LA PARTIDA B:					942,00

PARTIDA C					
ITEM	DESCRIPCION DEL MATERIAL O EQUIPO	U.	CANT.	P. UNIT	VALOR TOTAL
1	Fuentes de Consulta				80,00
2	Movilización				20,00
TOTAL DE LA PARTIDA C:					100,00

ANALISIS DE COSTO	
PARTIDA A:	2.169,80
PARTIDA B:	942,00
PARTIDA C:	100,00
Materiales de oficina	300,00
Pago de Aranceles	700,00
TOTAL	4.211,80

Tabla 3.01
Detalle de costos de los componentes

Por lo tanto, el costo total del proyecto es la suma de los rubros de los componentes y de la mano de obra, obteniendo la cantidad de 5257.06 dólares americanos.

6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Al alcanzar la principal meta propuesta del proyecto, automatizar los registros de la imprenta por medio de visión artificial, se observo las siguientes limitaciones:

- No se puede llegar a la máxima velocidad de los variadores, esto es a causa del propio material, es decir los pliegos de hojas que al ser impresos a mayor velocidad llegan a romperse y la tinta no se impregna bien
- El sistema de visión artificial a mayores velocidades de trabajo no regula correctamente, esto es porque el hardware a disposición en especial la cámara es limitado.
- No puede ser utilizado en otro tipo de registro que no sea redondo, ya que los patrones cargados al programa son solo del tipo redondos.
- La regulación o calibración de los sensores de reluctancia deben realizarse manualmente, el programa de control no realiza esta acción puesto que es un factor mecánico aislado del controlado.
- El ajuste fino por medio de la visión artificial regula en dos tipos de papel de 11 y 8 pulgadas de ancho, en otros tamaños puede utilizarse pero no con la misma calidad.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al concluir con el presente proyecto se ponen a consideración las siguientes conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la elaboración del mismo, esperando que estas puedan a portar a futuro con proyectos de automatización utilizando procesamiento de imágenes.

4.1 CONCLUSIONES

- La visión artificial es un campo de la automatización que en nuestro país muy poco se lo ha desarrollado, sus aplicaciones son variadas y algunas resultan muy novedosas al implementarlas.
- Las aplicaciones de visión artificial pueden ser sencillas como leer un instrumento análogo, hasta mucho más complejos como escrudiñar dentro de una muestra de ADN.
- La experiencia de realizar proyectos de esta naturaleza enriquece, fortalece y aumenta conocimientos sobre cálculo, geometría, procesamiento digital puesto que sobre estas herramientas matemáticas se fundamenta el procesamiento de imágenes.

- La automatización ayudada por visión artificial es practica y sencilla en concepto de implementar, se debe tener cierto conocimiento de tipos de imágenes, conocimiento de la electrónica de aplicación esto es la cámara, y de algunos otros conceptos de fotografía.
- La visión artificial es parte de la inteligencia artificial pues al hecho de agregar una reacción al reconocimiento de objetos en las imágenes o detección de ciertos rasgos lo hace un sistema inteligente.
- Los fundamentos científicos de la visión artificial se relaciona con muchas otras tales como: las matemáticas en lo que concierne al campo de la optimización, geometría, con la física en el campo de la óptica, con el control automático, es decir robótica, en fin puede valerse de todos estos conocimientos adquiridos para constituirse como una nueva herramienta de investigación y desarrollo de tecnologías futuras que ayudaran al ser humano a interactuar mas con las maquinas.
- La visión artificial en lo que concierne a la automatización ayuda a mejorar procesos productivos, que puede ser simples en los que se requiera establecer la presencia o ausencia de objetos, medios como el control de calidad dado un patrón, más avanzados como clasificación o metrología.
- El espacio tridimensional es reproducido por dispositivos electrónicos analógicas que registran con precisión la imagen captada utilizando fluctuaciones de señal eléctrica que varían según los diferentes aspectos de la imagen luego esta es convertida a un formato entendible por la maquina, esto es digitalizar la imagen, este proceso se aplica independientemente si es una imagen a escala de grises, color o compleja, esta imagen digitalizada se compone de una matriz rectangular de píxeles que representan valores de intensidad, ordenados en una función bidimensional.

- Las pantallas HMI deben proporcionar al usuario la información necesaria del proceso, de manera que sea amigable y sencilla de entender, no debe incluir detalles técnicos.
- La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y la discusión sobre estas, hacen que día a día, se establezcan nuevos criterios de diseño de automatización industrial, gracias a esto es más seguro y confiable su implementación.
- Se debe trabajar con una resolución de 1024x780, ya que la imagen se nota de mejor manera y los datos del proceso saltan a la vista más rápidamente, esto no se logra en una menor resolución de pantalla.
- En la programación de los canales virtuales no se puede mezclar VIs express con programación tradicional porque se crea conflicto de ejecución.
- El error entre el set point y la variable medida encontrado debe ser muy bien tratado por la parte de control del programa de manera que el sistema no se convierta en un sistema oscilatorio y se pierda el control.
- Se debe cuidar de no saturar el buffer ya que el proceso de adquisición se hace lento y la corrección llega tarde.
- Mientras más ligera es la programación en bits de visión artificial la respuesta al proceso es mucho más veloz y certera.
- Cuando el tiempo de respuesta de un proceso es muy lento se debe utilizar muestreo de las señales involucradas cuidando siempre que este sea muy bien implementado (tiempo de muestreo, período).

- Este es un proyecto realizable en el cual se logro mantener el registro con visión artificial, si se desea hacer un control mas avanzado se podrá hacerlo con una cámara de mayores características técnicas.
- Durante la realización de este proyecto observe que para el ser humano es relativamente sencillo realizar una acción ayudado con la vista y llevar este regalo de la naturaleza hacia una maquina lleva su tiempo, porque hay que comprender desde sus inicios como trabaja el cerebro y ojo humano en conjunto para llegar al menos a simularlos en una simple acción, que puede ser trascendental par un proceso productivo pero nunca lograra igualar la visión humana.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo del cualquier proyecto de automatización es aconsejable guiarse por conceptos y normas de diseño apoyados en criterios fundamentados en la investigación y puestas en práctica.
- Antes de instalar cualquier equipo electrónico, se recomienda leer los manuales de uso del fabricante, esto ayuda a conocer que puede o no puede hacer el equipo ya en condiciones de trabajo.
- Para dimensionar la cámara a utilizar se recomienda leer los capítulos I y II del presente proyecto para tener una proyección mas clara de lo que se quiere automatizar ayudados con visión artificial.
- Es importante que la cámara se encuentre fija, bien iluminada, para que su respectiva calibración sea justa, precisa y lista para trabajar sobre ella y no perder tiempo valioso.

- Cuando la pantalla no tiene una mayor resolución, en propiedades del dispositivo se puede cambiar la frecuencia de trabajo, permitiendo cambiar a una resolución más alta.
- Cuando se arranca la maquina esta debe tener el papel continuo instalado, caso contrario se pierde todo control del proceso y la velocidad aplicada a los motores sube rápidamente, el paro de emergencia de estos es lenta y puede dañar los motores.
- Al realizar una automatización de alta velocidad como esta es aconsejable utilizar el procesamiento de imagen a escala de grises, puesto que si se utiliza colores el tiempo de procesamiento puede ser eterno cuando se espera una pronta acción, el procesar imágenes a color se aplica a procesos fijos como microscopios electrónicos, en procesos que no sea un factor importante la velocidad.
- No es recomendable utilizar visores de proceso en aplicaciones rápidas, estos solo se los utiliza en procesos lentos como mencionamos y para calibrar el proceso.
- Se recomienda una vez calibrado el proceso y luego de asegurarse de que la visión artificial hace su parte retirar los visores.
- Se recomienda que los patrones utilizados en cualquier aplicación de visión artificial sean mas pequeños que la imagen captada esto evita problemas de procesamiento.
- Al dimensionar los variadores se debe tener en cuenta su resolución, es decir cual mínimo valor puede alcanzar a leer, esto es importante puesto que dentro del proceso hay variaciones muy pequeñas que influyen en la calidad del producto.

- Se recomienda utilizar waveform graph para visualizar graficas de proceso ya que aligeran el buffer del computador.
- Se recomienda llevar un registro de pruebas para poder observar si existe o no avance en las pruebas de campo.
- No se debe apagar de golpe el computador, ya que se pierde la señal de control, en estos casos se debe reiniciar el computador el computador he instalar nuevamente el programa he ingresar nuevamente los parámetros en el MAX..
- Fijarse siempre que los sensores estén conectados y listos antes de usarse, esta recomendación también va para las cámaras.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- Manual IMAQ Vision Concepts, National Instruments, Junio 2003
- Manual IMAQ Vision for Labview User, National Instruments, Junio 2003
- Manual DAQ 6023E/6024E/6025E User
- Seminario Vision Artificial basado en PC, Ing. Ismael Minchala, Abril 2005
- Maloney Timothy J., "Electrónica Industrial Moderna", Tercera Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., México, 1997
- Robert A. Witte., "Electronic Test Instruments", Primera Edicion, Howard W. Sams and Company, Indiana, 1987.

- Paul B. Zbar., “Practicas de Electrónica Industrial”, Traducción de la primera edición inglesa por L. Ibáñez Morlán, Marcombo S.A, Barcelona, 1972.
- OMRON, “Sensores Inductivos, Capacitivos y Fotoeléctricos”, Diapositivas, 2005.
- Catálogo Starvert iG5 Variable-Speed AC and DC Motors 2004
- www.ni.com
- www.unibrain.com
- www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/sensores.htm
- es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocida
- www.lgis.com

ANEXOS

- A) GLOSARIO DE TÉRMINOS
- B) DIAGRAMA FUNCIONAL DE LA MAQUINA
- C) PLANOS ELECTRICOS
- D) PROGRAMA DE LABVIEW
- E) DATOS DE PARAMETRIZACIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD
- F) MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO