

1 MARCO TEÓRICO

1.1 CONCEPTOS APLICADOS AL SISTEMA CLASIFICADOR DE PIEZAS

1.1.1 VISIÓN

Visión es saber qué hay y en dónde mediante la vista .¹

Visión es un proceso que produce a partir de las imágenes del mundo exterior una descripción que es útil para el observador y que no tiene información irrelevante .²

1.1.2 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La visión humana solamente capta un pequeño rango conocido como “rango de luz visible” del espectro electromagnético.

Las ondas que forman este rango están comprendidas entre los 380 y 770 nanómetros de longitud de onda que se propagan a unos 300000 kilómetros por segundo .³

Todos los cuerpos están constituidos por sustancias que absorben y reflejan las ondas electromagnéticas, es decir absorben y reflejan colores. Cuando un cuerpo absorbe (no refleja) todos los colores del rango visible, el objeto aparece negro, cuando refleja todos los colores del espectro el objeto aparece blanco.

Los colores absorbidos desaparecen en el interior del objeto y los reflejados llegan al ojo humano. Los colores que visualizamos en imágenes son, por tanto, aquellos que los propios objetos no absorben, sino que los propagan.

¹ Aristóteles

² Minchala, Ismael, “Procesamiento Digital de Imágenes,” p.6

³ García Ivan, “Visión Artificial y Procesamiento de Imágenes usando Matlab,” p.21

1.1.3 IMÁGENES BIDIMENSIONALES

Las imágenes bidimensionales son el resultado de una proyección en perspectiva de escenas tridimensionales generalmente estas escenas son capturadas por un arreglo de sensores que reciben la luz y genera una carga eléctrica en el, correspondiente a la intensidad de luz, esa carga eléctrica es convertida en una señal eléctrica que representa la intensidad de luz recibida por cada pixel, esto quiere decir que cada pixel es un sensor, esta información es transmitida al controlador donde toda la matriz de pixeles es una función bidimensional $f(x, y)$ (*imagen digital*) donde x y y son coordenadas en el plano (imagen) y la amplitud f es la intensidad o nivel de gris en ese punto o pixel (unidad mínima de información de una imagen).⁴

1.1.4 RECONOCIMIENTO DE PATRONES

También llamado lectura de patrones, identificación de figuras y reconocimiento de formas.⁵ El punto esencial del reconocimiento de patrones es la clasificación. El resultado de la etapa de clasificación suele corresponder al último paso de un sistema de visión artificial. Es aquí donde un sistema de reconocimiento de características clasifica una imagen como una moneda de un valor determinado, o un sistema de reconocimiento biométrico facial identifica la imagen de un individuo como tal o cual persona.

Un sistema de reconocimiento de patrones completo consiste en un sensor que recoge las observaciones a clasificar, un sistema de extracción de características que transforma la información observada en valores numéricos, y un sistema de clasificación o descripción.

Uno de los métodos de clasificación de patrones o algoritmo de clasificación es la clasificación estadística.

⁴ García Ivan, "Visión Artificial y Procesamiento de Imágenes usando Matlab," p.31

⁵ Meyer Ernesto, "Reconocimiento de patrones,"

http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_de_patrones#cite_note-0

1.1.5 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

LAS PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS:

a) **Fluidez**

Se define como fluidez, la mayor o menor facilidad que encuentra un fluido a fluir o correr.

b) **Viscosidad**

La viscosidad viene dada por la mayor o menor resistencia de las moléculas de los fluidos a desplazarse unas sobre otras.

c) **Compresibilidad**

Facilidad de un fluido a comprimirse (reducir su volumen) al estar sometido a presión. Sin embargo esta compresibilidad es muy reducida en los líquidos, no así en los gases.

1.1.6 AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es una de las formas más antiguas que conoce el hombre y la utiliza para mejorar sus recursos físicos.

El diseño y mantenimiento adecuado de redes de aire comprimido y sus respectivos accesorios, juegan un papel muy importante en los procesos productivos involucrados cuya energía utilizada es el aire.

Para producir el aire comprimido se utiliza compresores que eleven la presión del aire al valor del trabajo deseado. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. El aire comprimiendo viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro el generador de aire comprimido tendrá una larga duración.

1.1.7 ACTUADORES

Los periféricos de salida o actuadores de un automatismo son dispositivos que realizan las funciones y tareas concretas cuando se reciben del sistema de control.

1.1.7.1 Actuadores Mecánicos

Son dispositivos que utilizan energía mecánica para su funcionamiento. En función de la fuente de energía utilizada pueden ser neumáticos o hidráulicos.

1.1.7.1.1 Actuadores Neumáticos

Funcionan mediante la energía mecánica que les proporcionan el aire comprimido. Los actuadores neumáticos se utilizan para transmitir pequeños esfuerzos a altas velocidades.

1.1.7.1.2 Actuadores Hidráulicos

Aprovechan la propiedad que tienen los líquidos de transmitir presión de manera uniforme a lo largo de todo el fluido cuando son comprimidos.

1.2 VISIÓN ARTIFICIAL

Muchas actividades cotidianas han sobrepasado los límites de la percepción del ojo humano; por esta razón en la industria se formó la necesidad de crear un sistema que permita supervisar de manera visual, precisa, automatizada y con calidad, sus tareas. Es así como nace la visión artificial.

1.2.1 QUE ES VISIÓN ARTIFICIAL

Es el conjunto de técnicas para obtener información útil de una o varias imágenes por medio de un dispositivo electrónico programable, para el control de un sistema automático.⁶

Los sistemas de visión artificial completan tareas de inspección con un alto nivel de flexibilidad y repetitividad; nunca se cansan, aburren o distraen y pueden trabajar en ambientes donde los inspectores humanos no podrían realizar la inspección visual.

En un ser humano, los ojos proporcionan al cerebro información del ambiente que lo rodea, basado en experiencias previas con objetos similares, interpreta la asociación entre las imágenes recibidas y es capaz de tomar decisiones. De forma similar, los sistemas de visión artificial ven al objeto por medio de una cámara, interpretan y procesan la imagen a través de una aplicación en un sistema computarizado.

Las oportunidades de aplicaciones de visión artificial se encuentran principalmente en tareas de inspección y ensamblaje, ya que estos son considerados trabajos repetitivos.

1.2.2 INICIOS DE LA VISIÓN ARTIFICIAL

De forma simultánea al avance tecnológico, se incrementó la necesidad de crear aplicaciones que cumplan tareas de inspección visual, que anteriormente solo podían realizar los seres humanos. Por ello dentro de la inteligencia Artificial surgió la necesidad de una nueva área: La visión por computadora, que tiene por objetivo, modelar imágenes bidimensionales para generar aplicaciones que permitan simular las capacidades visuales de los seres humanos.

⁶ Cancelas José, *"Introducción a la Visión por Computador,"*
http://isa.uniovi.es/~cancelas/doctorado/sis_percep0.ppt:

La visión artificial tuvo sus inicios en la década de 1970. Esta rama de la inteligencia artificial ha evolucionado muy rápidamente, gracias al avance de la capacidad de procesamiento y cálculo de las computadoras personales de nuestros tiempos.

Hasta hace unos años no era posible realizar los procesos de inspección visual en tiempo real debido a la limitada capacidad de las computadoras, las cuales no eran lo suficientemente rápidas para realizar los cálculos necesarios en las imágenes. Incluso hasta hace una década no era posible realizar la visualización de las imágenes debido al ancho de banda del bus ISA (Industry Standard Architecture). Los procesos en tiempo real en ese momento se debían hacer en procesadores especializados a bordo de placas, con el fin de poder alcanzar las velocidades requeridas, para la mayoría de aplicaciones.

Con la llegada del bus PCI (Peripheral Component Interconnect) y con la rápida evolución de los procesadores de los PC se ha podido visualizar las imágenes en tiempo real y realizar la mayoría de procesos en tiempos suficientemente cortos, para que sea posible resolver aplicaciones de visión en entornos científicos e industriales, con los resultados esperados en el tiempo requerido.

La evolución del hardware ha motivado el desarrollo de librerías de software que permiten realizar aplicaciones de visión por computadora, que pueden funcionar en entornos estándar, tanto de sistemas operativos como de procesadores.

El sistema operativo más utilizado en la actualidad en las aplicaciones de visión por computadora es Microsoft Windows, en cualquiera de sus versiones. Sin embargo existen aplicaciones desarrolladas en UNIX; últimamente se están desarrollando también aplicaciones de inspección visual por computadora en el sistema operativo Linux.

Hasta hace pocos años la implementación de sistemas de visión requería un extenso conocimiento del software de bajo nivel. Actualmente, el panorama ha cambiado radicalmente, ya que se encuentran disponibles numerosos entornos de programación escalables y fáciles de utilizar, que combinados con los nuevos procesadores, hacen más fácil la implementación de un sistema de visión.

La base del software de un sistema de visión es la interpretación y análisis de los píxeles. El resultado final puede ser, desde la medida de una partícula, hasta la determinación o lectura de una serie de caracteres (Object character to recognize – OCR), pasando por cualquier otro proceso que podamos necesitar sobre las imágenes.

1.2.3 VENTAJAS DE LA VISIÓN POR COMPUTADORA

La visión por computadora tiene claras ventajas en tareas que se realizan a grandes velocidades y en las que existe un alto grado de repetición, por ejemplo, en el proceso de inspección visual de una línea de ensamblaje que trabaje sin interrupción. En procesos en los que se necesita realizar una inspección visual de grandes volúmenes ya que los márgenes de error se ven reducidos debido a que se evitan factores externos como por ejemplo: cansancio visual y muscular, distracciones y enfermedades; además el personal necesario para ejecutar las revisiones o inspecciones es mucho menor por lo que resulta más económica y precisa que una realizada con inspectores humanos.

Otra ventaja en la automatización de las tareas de inspección visual es la ampliación del horario de trabajo sin que esto represente un costo elevado debido al pago de horas extras a inspectores humanos.

1.2.4 DESVENTAJAS DE LA VISIÓN POR COMPUTADORA

Considerando la capacidad visual de nuestros ojos y el cerebro, los sistemas artificiales correspondientes son totalmente primitivos. El rango de objetos que pueden manejar, la velocidad de interpretación y la susceptibilidad a problemas de iluminación; son ejemplos de las limitaciones de la tecnología actual.

Comparada con la visión humana, el costo de operación de la visión artificial es elevado para pequeños volúmenes de producción; además hay que considerar que los costos de reparación y mantenimiento del equipo pueden ser elevados.

1.2.5 VISIÓN HUMANA Y VISIÓN POR COMPUTADORA

Las principales diferencias entre la visión humana y la visión por computadora se encuentran concentradas en las características siguientes de la tabla I.

Tabla I. Cuadro comparativo

Característica	Visión Humana	Visión por Computadora
Procesamiento en paralelo	Si	No
Procesamiento Serial	No	Si
Perspectiva Tridimensional	Si	No
Perspectiva Bidimensional	No	Si
Fácil reconocimiento del color	Si	No

Fuente: Ramírez J, *"Desarrollo de una aplicación de inspección visual utilizando visión por computadora"*.

Como se puede observar en la tabla I, la visión humana es una actividad de procesamiento paralelo. En contraste, la gran mayoría de sistemas de visión artificial usan procesamiento serial en sus algoritmos.

La visión de los seres humana es naturalmente tridimensional. En cambio, la mayoría de sistemas de visión artificiales aún realizan procesamiento bidimensional.

Los seres humanos interpretamos imágenes de color, mientras que muchos de los sistemas de visión, aún trabajan con imágenes en escala de grises una de las razones es la gran cantidad de información en la imagen con color .

1.2.6 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

Los componentes fundamentales de un sistema de visión artificial son: los componentes de adquisición de imágenes, tarjetas capturadoras de video y el software necesario para desarrollar la aplicación.

1.2.6.1 Componentes de Adquisición de Imágenes

Son los componentes que se encargados de la captura y adquisición de las imágenes. En el marco de las aplicaciones de visión por computadora estas realizan un papel importante ya que las aplicaciones analizan las imágenes que se necesita obtener. En el mercado se pueden encontrar diferentes componentes que permiten la adquisición de imágenes como por ejemplo: las cámaras de video y las web cam.

1.2.6.2 Cámara

la cámaras es la encargada de capturar la imagen proyectada en un sensor integrado, para poder transferirla a un sistema electrónico y así poder ser interpretada, almacenada y/o visualizada. Este sistema electrónico puede ser un monitor para visualizar la imagen, un grabador de vídeo para almacenarla o un ordenador para visualizar, almacenar y procesar la imagen.

Las cámaras de video han tenido una rápida evolución en los últimos años, desde las primeras cámaras hasta las actuales, que están equipadas con sensores capaces de capturar imágenes en condiciones de poca luz.

Las cámaras que se utilizan en visión artificial poseen una serie de características específicas, como el control del disparo de la cámara para capturar las piezas que pasan por delante de la cámara exactamente en la posición requerida.

Las cámaras de visión artificial son más sofisticadas que las convencionales, pues brindan un completo control de los tiempos, señales de video, velocidad de captura y sensibilidad. Estos son factores fundamentales tanto en aplicaciones científicas como industriales.

1.2.6.3 Tarjetas Capturadoras de Video (frame grabbers)

Las tarjetas capturadoras han sido utilizadas desde hace mucho tiempo para poder capturar las imágenes a alta velocidad, el desarrollo de este tipo de placas de captura ha caminado en paralelo al rápido avance de la velocidad de los ordenadores. En el pasado estaban limitadas por la capacidad de procesamiento de los ordenadores, por lo que la mayoría de tarjetas capturadoras llevaban procesadores integrados.

En la actualidad los procesadores integrados son menos frecuentes y se utilizan en procesos donde se requiere una gran velocidad o una gran potencia de proceso que los ordenadores convencionales actuales aún no son capaces de proporcionar. Ofrecen una gran potencia de proceso y análisis, independizando al ordenador para que pueda realizar otras tareas de control.

Con la llegada del bus PCI al ordenador se aumentó la velocidad de transferencia y permitió realizar la visualización de la imagen en tiempo real sin necesidad de hardware gráfico adicional.

El bus PCI también permitió transportar la imagen desde la tarjeta hasta el procesador en tiempos relativamente cortos. Mediante los modernos procesadores se ha logrado hacer gran parte de los procesos en tiempo real.

1.2.7 SOFTWARE DE APLICACIONES DE VISIÓN POR COMPUTADORA

El software es un elemento muy importante en una aplicación de visión por computadora, pues es el encargado de analizar, procesar e identificar características de las imágenes.

Actualmente existe una gran variedad de aplicaciones comerciales que se utilizan para esta tarea, estas herramientas tienen numerosas funciones predefinidas que permite realizar una aplicación de visión por computadora sin un alto grado de complejidad.

1.3 ARQUITECTURAS DE LOS SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL

La arquitectura de un sistema de visión por computadora es la que define los componentes de hardware y software que se utilizaran para realizar la aplicación. Además definirá las limitantes y alcances de la aplicación.

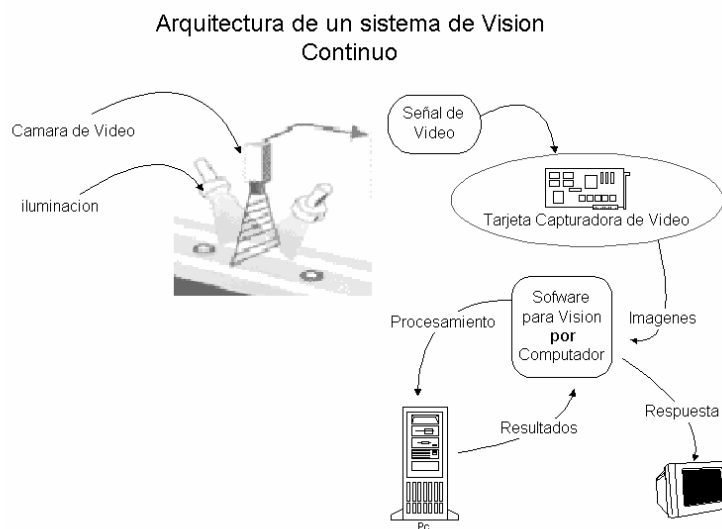
Dentro de los sistemas de visión por computadora se identifican tres arquitecturas: sistemas de monitoreo continuo, sistemas de monitoreo periódica y sistemas integrales de visión. Según las necesidades del proyecto a realizar se puede escoger una de ellas.

1.3.1 SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO

Son aquellos sistemas de visión que necesitan recibir una respuesta de la inspección visual en tiempo real. Esto implica que la retroalimentación de las imágenes que se analizan es continua.

Los sistemas de monitorea continuo se utilizan en aplicaciones en las que es crítico que exista una secuencia totalmente continua de imágenes, que únicamente se logra analizando una secuencia de video.

Figura 1. Arquitectura sistema visión computacional de inspección continuo



Fuente: Ramírez J, "Desarrollo de una aplicación de inspección visual utilizando visión por computadora".

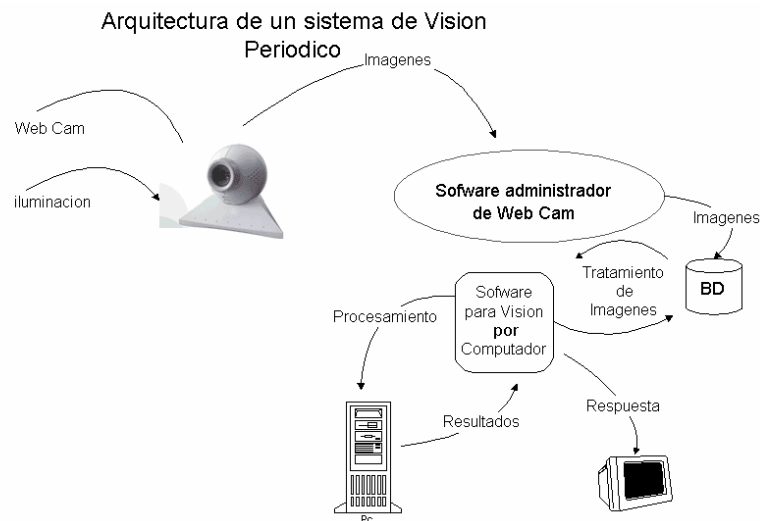
El proceso de captación de imágenes se logra por medio de secuencias de video utilizando cámaras que transmiten la señal a una tarjeta capturadora de video (ver figura 1), un software para visión por computadora tiene la tarea de realizar los procesos de análisis y decisión por medio de imágenes. El hecho de que la respuesta sea en tiempo real, implica que estos sistemas requieren equipos con capacidad de procesamiento alto.

1.3.2 SISTEMA DE MONITOREO PERIÓDICO

Los sistemas que realizan una inspección utilizando secuencia de imágenes que no son totalmente continuas, reciben el nombre de sistemas de inspección periódica.

Esta arquitectura es apropiada para aplicaciones en las que no se requiere una respuesta en tiempo real, ya que el tiempo de procesamiento y análisis no es crítico.

Figura 2. Arquitectura sistema visión computacional de inspección periódico



Fuente: Ramírez J, *"Desarrollo de una aplicación de inspección visual utilizando visión por computadora"*.

Al utilizar una web cam (Figura 2) para captar las imágenes se obtiene la capacidad de almacenar la imagen en el disco duro de la computadora, que se encargara de realizar el análisis en las imágenes. Un ejemplo es un sistema de detección de defectos en una línea de inspección de un producto que se mueve a través de una banda eléctrica a razón de un producto cada 4 segundos. El sistema utilizaría entonces una web cam para capturar una imagen cada 4 segundos, la almacene en disco, se realice el proceso de análisis de la imagen y se clasifique el producto en aceptado o defectuoso.

Se debe tener presente las limitantes que posee, por no contar con una secuencia completa de imágenes y no tener la capacidad de procesamiento necesaria para una respuesta más rápida.

Una ventaja que tiene esta arquitectura frente a la de monitoreo continuo es que el costo de la misma es menor.

1.3.3 SISTEMAS INTEGRALES DE VISIÓN

Se denomina sistemas de visión integrales aquellos sistemas que incorporan el hardware y el software para desarrollar aplicaciones de visión artificial en un mismo sistema.

Este tipo de componentes de reducidas dimensiones, están preparados para poder ser instalados en cualquier aplicación de visión con los mínimos requisitos de programación.

Un reducido tamaño es una característica fundamental para la implementación en un equipo que necesita la implementación de una cámara de visión artificial.

1.3.3.1 Cámaras Inteligentes

Son sistemas de visión integrados que tienen el aspecto de una cámara, pero que además de incorporar el sensor integran a su vez un procesador, memoria, y puertos de comunicación con el exterior como por ejemplo: Ethernet, I/O, RS-232. Como el resto de los sistemas integrados incluyen un paquete de software muy evolucionado que permite desarrollar aplicaciones sin necesidad de conocimientos de programación.

Figura 3. Sistema de visión de cámara Inteligente.



Fuente: ftp://ftp.ni.com/pub/branches/latam/nidays_2007/

Existen varias versiones de cámaras inteligentes (Figura 3) dependiendo de las características del sensor y del procesador que integren. Estas cámaras pueden ser monocromas, color, de alta velocidad y de alta definición. Los sistemas de alta definición son los que incorporan los procesadores más rápidos.

La programación de estos sistemas se hace a través de una computadora y una vez programado se descarga el programa a la cámara. Posteriormente se desconecta la computadora y la cámara puede funcionar de forma totalmente autónoma. La cámara puede incluir tantos programas como sean necesarios, con el fin de que si hay un cambio de aplicación en la línea de producción, se le pueda enviar una señal a la cámara, vía I/O, Serial o Ethernet, y de esta forma se cambie el programa ajustándola a la nueva pieza a inspeccionar.

La opción de comunicación Ethernet en este tipo de sistemas permite visualizar y controlar lo que están haciendo todas las cámaras inteligentes que hay en una planta desde cualquier ordenador de la fábrica que esté conectado en red. Incluso es posible controlar estos sistemas de forma remota vía Internet.

1.4 REPRESENTACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES

Una imagen puede definirse como una función bidimensional $f(x,y)$ donde x y y son coordenadas en el plano y la amplitud f es llamada intensidad o nivel de gris en ese punto. Por tanto, la adquisición de imágenes consiste en digitalizar la señal de video que contiene la imagen del objeto.⁷

Cuando una imagen es vista como una pareja ordenada (x,y) es conocida con el nombre de píxel o elemento de la imagen. Las propiedades de la imagen digital son:

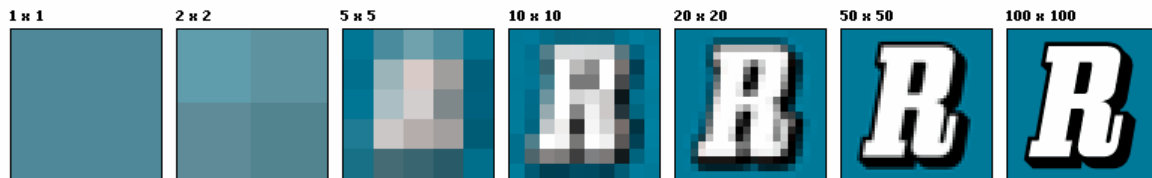
- **Resolución de imágenes:** Describe cuánto detalle puede observarse en una imagen, el término es comúnmente utilizado en relación a imágenes de fotografía digital, pero también se utiliza para describir cuán nítida hay en una imagen de fotografía convencional. Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual. Para las imágenes digitales almacenadas como mapa de bits, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles es decir cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho y el segundo es la cantidad de filas de píxeles es decir cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto.⁸

Para conocer el tamaño de una imagen conociendo el número total de píxeles en la imagen usualmente expresado como la cantidad de megapíxeles, que puede ser calculado multiplicando la cantidad de columnas de píxeles por la cantidad de filas de píxeles. Otras convenciones incluyen describir la resolución en una unidad de superficie. En la figura 4 se presentan unas secuencias de cómo se ve la misma imagen en diferentes resoluciones.

⁷ García Ivan, "Visión Artificial y Procesamiento de Imágenes usando Matlab," p.31

⁸ Quevedo A.; Garzón D., "Diseño y construcción de un modelo automático de visión artificial para el control de calidad en la impresión y liner de la tapa metálica".

Figura 4. Resolución de píxeles



Fuente: [http:// www.jaguar.edu.co](http://www.jaguar.edu.co)

- **Mapa de bits:** Es la representación binaria en la cual un bit o conjunto de bits corresponde a alguna parte de un objeto como una imagen muy utilizados en programación grafica (Labview) .

Un mapa de bits se asocia con objetos gráficos, fotografías o imágenes, en los cuales los bits son una representación directa de la imagen ver figura 5.

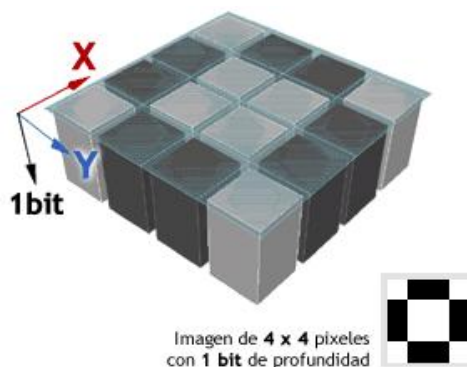
Sin embargo, este tipo de mapa puede emplearse para representar y mantener un seguimiento de cualquier cosa, donde a cada locación de bit se le asigna un valor o condición diferente principalmente para mejorar la imagen.

- **Profundidad del pixel:** Si las coordenadas del pixel determinan su posición en la imagen, la profundidad es la cantidad de memoria requerida para almacenar su color.

La profundidad de un pixel no se debe confundir con la posición de ese pixel en un eje Z imaginario (considerando los ejes X y Y como su posición en el plano).

Esta "profundidad" sólo representa cantidad de información, no posición espacial, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Píxel de 4x4 con un bit de profundidad



Fuente: [http:// www.pixelydixel.com](http://www.pixelydixel.com)

La unidad mínima de almacenamiento en la memoria de un computador es 1 bit, el cual puede tomar únicamente dos valores: **1** ó **0**. Por ello, los computadores, en lugar de usar el sistema decimal de numeración que se usa en la vida cotidiana, utilizan el sistema binario, como se observa en la figura 6.

Figura 6. Tipo de imagen para Bit

Profundidad de BIT (BIT X PÍXEL)	
1 BIT	: Dos tonos de blanco o negro, imágenes en línea
8 BIT	: 256 niveles de GRIS, imágenes de escala de grises
24 BIT	: 16 millones de Colores, imágenes en color

Fuente: [http:// hwww.gusgsm.com/imagen_mapa_bits](http://hwww.gusgsm.com/imagen_mapa_bits)

1.4.1 RELACIONES BÁSICAS ENTRE PÍXELES

La conectividad es un concepto importante utilizado para establecer los límites de los objetos en regiones dentro de una imagen digital, para que exista conectividad entre píxeles se tiene que cumplir:

1. Tienen que ser vecinos

2. Y sus niveles de gris satisfacen algún criterio de similitud (si son iguales o parecidos).

Dos píxeles pueden ser vecinos pero se dice que están conectados solo cuando tienen el mismo valor. Cuando se habla de píxeles conectados entre sí o yuxtapuestos, es necesario precisar el tipo de conexión o conectividad que se acepta como válida.⁹



Figura 7. Conectividad¹⁰

En principio, un píxel de una malla rectangular puede estar conectado con los ocho píxeles que le rodean en un espacio plano o solamente con los cuatro más cercanos como indica la Figura 7. Al presentarse un conjunto de píxeles cercanos ello dará lugar a hablar de una conexión de tipo 8 o de tipo 4 Vecindad como indica la Figura 8.

Figura 8. Formas de Conexión (a) y (b)¹¹



(a).Conectividad 4: Dos objetos!!!

(b).Conectividad 8: Un solo objeto

⁹ Minchala, Ismael, "Procesamiento Digital de Imágenes," p.55

¹⁰ Ídem, p.55

¹¹ Ídem p.55

1.4.2 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Se refiere a procesar las imágenes del mundo real de manera digital por medio de un computador. Es un tema muy amplio, en el que se incluyen estudios de física, matemáticas, ingeniería eléctrica, computación. Estudia los fundamentos conceptuales de la adquisición y despliegue de imágenes y con detalle los fundamentos teóricos y algoritmos del procesamiento como tal. Tiene además, como objetivo mejorar el estado de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desean hacer notar.¹²

- **Adquisición de la imagen:** Es el proceso mediante el cual se obtiene la imagen la cual puede ser una fotografía, radiografía, termografía, y los dispositivos de captura pueden ser una cámara digital, escáner, etc.
- **Pre-procesamiento:** Se utiliza con el fin de mejorar la calidad de la imagen obtenida, se emplean ciertos filtros digitales que eliminan el ruido en la imagen o bien aumentan el contraste en programas especializados como Matlab, Labview.
- **Segmentación:** Es el proceso que divide la imagen en objetos que sean de nuestro interés.
- **Medición (extracción de características):** Se realiza una medición objetiva de ciertos atributos de interés del objeto de estudio entre los que se podría mencionar el área, el tamaño, la forma, etc.
- **Reconocimiento:** Es el proceso que identifica los objetos, como por ejemplo una moneda, un logotipo de una tapa, la placa de un coche, etc.
- **Interpretación (clasificación):** De acuerdo a los valores obtenidos en las mediciones se lleva a cabo una interpretación del objeto.

¹² García Ivan, "Visión Artificial y Procesamiento de Imágenes usando Matlab," p.43
Jonathan David Cruz Varela

2 REQUERIMIENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE VISIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Se trata de montar un sistema de visión artificial en un entorno de producción continuo. Se tiene un grupo de objetos con el mismo logotipo insertado en los cuales se requiere verificar algún defecto superficial en el logotipo. Estos objetos viajarán por una cinta transportadora que se encuentra en una de las partes de la célula de fabricación. El sistema tiene que ser capaz de detectar el paso del objeto que viaja sobre la cinta transportadora, captar una imagen del objeto y procesarla para verificar el estado del logotipo. Dependiendo del resultado de la inspección, el objeto será expulsado o no de la banda transportadora. A continuación, se muestra en la Figura 10 un diagrama general del sistema de visión:

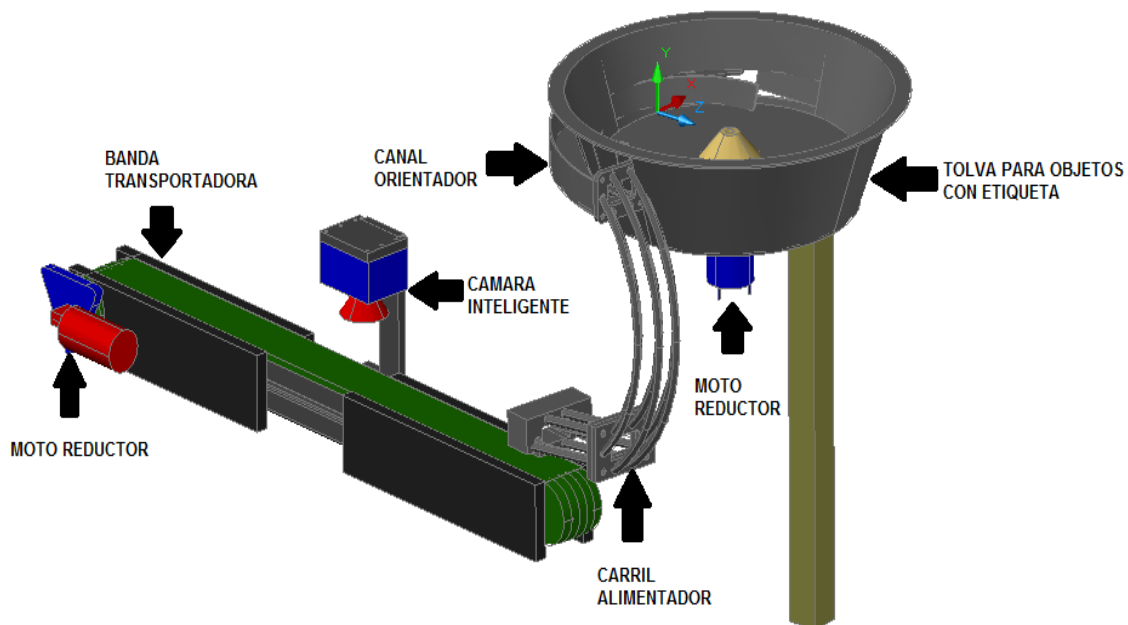


Figura 9. Diagrama del sistema

Habiendo observado los elementos de un sistema de visión artificial (Figura 10) se opto por utilizar una cámara inteligente con todo lo necesario para localizar, identificar e inspeccionar objetos, compactando así los elementos del sistema.

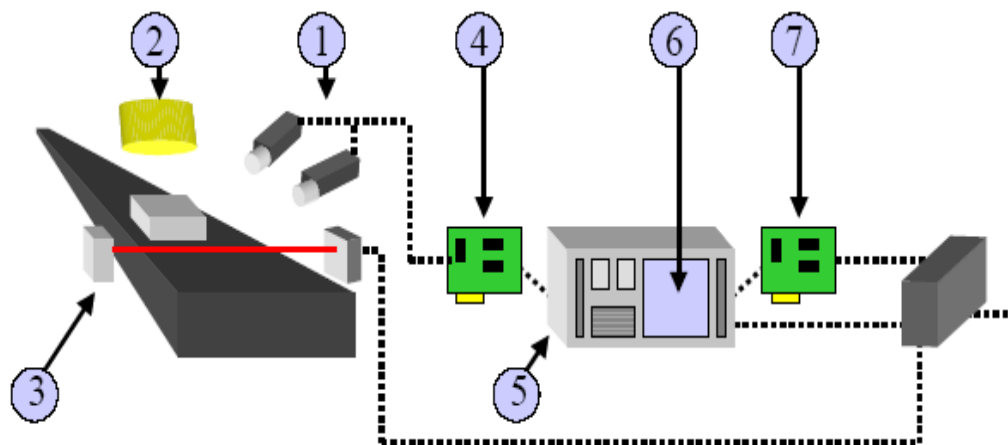


Figura 10. Sistema típico de visión artificial

1. Cámara
2. Iluminación
3. Sensor de posicionamiento
4. Tarjeta capturadora de vídeo
5. Ordenador
6. Software de visión
7. E/S y configuración de red

2.2 INSPECTOR I20

La figura 11 muestra el tipo de cámara inteligente de escala de grises utilizada, la cual fue escogida por la empresa ECUAinsetec auspiciante del proyecto y representante de las cámaras inteligentes de marca SICK. El sensor de visión Inspector inspecciona detalles de los componentes como el contorno, contraste y áreas en escala de grises, en cualquier posición u orientación.

Figura 11. Inspector I20



Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

Parámetros del inspector I20

- Alimentación de 24 V CD.
- Resolución: 384X384 píxeles.
- Consumo de corriente 450mA sin carga
- Intensidad de las salidas 100 mA/cada salida
- Distancia de exploración nominal/campo de visión (50mm/30x30mm²)
- Memoria para 16 programas de inspección diferentes.
- Carcasa metálica de aluminio, para uso industrial
- Protección IP67
- Operación autónoma después de la configuración
- Configuración con PC o botón de enseñanza (TEACH)

- Iluminación integrada: estándar o tipo domo, a elegir
- 4 entradas digitales
- 3 salidas digitales: Bien, mal y pieza no encontrada
- Salida de disparo para luminaria externa
- Salida Ethernet para supervisión en operación
- Insensible a cambios de posición o rotación de la pieza inspeccionada dentro del área de visión
- Buen desempeño ante cambios en la luz ambiental
- Temperatura de funcionamiento -20 °C....70 °C
- Disparador externo para iluminación externa TTL 5V

2.3 SOFTWARE SOPAS

SOPAS Inspector I20, ha sido diseñado para realizar aplicaciones de forma muy rápida y consistente, sin necesidad de conocimientos profundos de programación, SOPAS es un software de visión industrial específicamente diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones de visión tales como: alineación, medida, inspección, verificación de conexiones.

Este sistema no necesita conocimientos en lenguajes de programación, y facilita sus funciones a los programadores y a los clientes finales de sistemas de visión industrial, al tener un entorno que les permite reducir el tiempo de desarrollo y la puesta en funcionamiento de los sistemas.

Las funciones de SOPAS son completas para aplicaciones relacionadas con la industria del automóvil, textil, electrónica, empaquetado, farmacéutica, plástico.

Las ventajas obtenidas al utilizar SOPAS son:

- Algoritmo de Inspección de múltiples características hasta 32 regiones de inspección por objeto.

- Puede configurar hasta 16 objetos de referencia en la memoria del inspector
 - Permite la selección del objeto de referencia
 - Las regiones de interés se pueden inicializar con sus propios algoritmos de análisis de imagen.
 - Creación de informes que se pueden enviar a distintos destinos
 - Conexión simple con otras aplicaciones industriales tanto de hardware como de software.
- Genera una estadística del número de pulsos de disparo ignorados.
- Las funciones de procesado de imagen que permite realizar SOPAS son las siguientes:

Tabla II. Cuadro de funciones

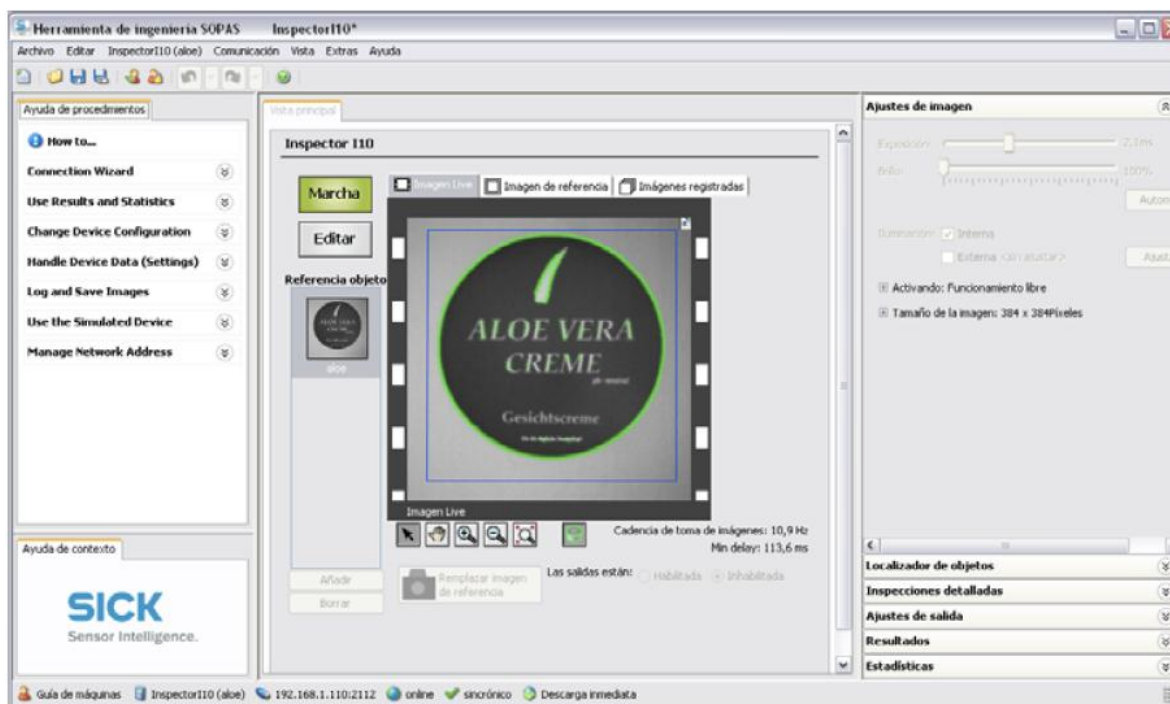
MEJORAMIENTO DE IMÁGENES	SI	NO
Proceso Aritmético: Suma, Resta, AND, OR, XOR, Min, Max.		✓
Manipulación: Inversión, Ecualización de Histograma		✓
Geometría: Espejo en X e Y, Rotación	✓	
Filtros de imagen	✓	
Segmentación de imagen	✓	
Medidas y Extracción de Características	✓	
Estadística: Histograma, Varianza, Suma, Promedio, Gráficos		✓
Geometría - Intersección de Líneas, Línea Perpendicular		✓
Distancia de un punto a una línea		✓
Formas Curva - Línea, Círculo, Manejo de píxeles en una imagen	✓	

Las herramientas de alto nivel que ofrece SOPAS, son funciones que vienen definidas dentro del software y que pueden utilizarse para desarrollar las aplicaciones que las requieran, a continuación se describen estas herramientas:

Localización del objeto

El localizador de objetos nos ayuda a buscar el patrón en una imagen. Durante su funcionamiento normal, el Inspector localiza el objeto buscando su contorno en la vista. Los contornos que se buscan se encuentran dentro de la región del localizador de objeto.

Figura 12. Captura de imagen del localizador de objetos



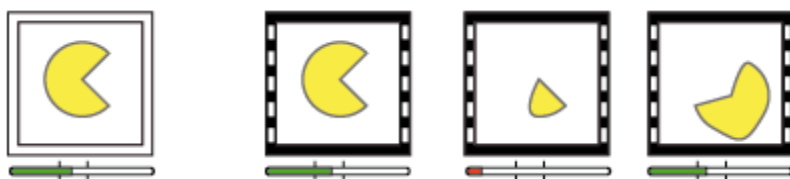
Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

Contador de píxeles

El Contador de píxeles cuenta el número de píxeles dentro de la región que tienen una intensidad (valor de escala gris) dentro de un umbral específico. No se tiene en

cuenta la posición de estos píxeles, solo la cantidad, cuando ajuste el umbral de intensidad, se destacarán los píxeles dentro de la legión que queden dentro del umbral (color amarillo).

Figura 13. Captura de imagen de la función contador de píxeles



Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

Un contador de píxeles puede ser de utilidad para efectuar las siguientes inspecciones de detalle:

- verificar la presencia de un agujero. Debería haber un número mínimo de píxeles oscuros.
- Medir el tamaño de un surco. El número de píxeles oscuros debería encontrarse dentro de un umbral determinado.

Contador de píxeles del borde

El contador de píxeles del borde es parecido al contador de píxeles, pero este tipo de inspección cuenta el número de píxeles del borde de la región. No se tiene en cuenta la posición de los bordes, solo el número de píxeles.

Figura 14. Captura de imagen de la función contador de píxeles del borde



Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

El ajuste Umbral del borde establece en qué medida debe diferir un píxel respecto a los circundantes para que se considere un píxel de borde, cuando modifique este ajuste, se destacarán los píxeles del borde dentro de la región.

El Contador de píxeles del borde puede ser de utilidad para las siguientes inspecciones de detalle:

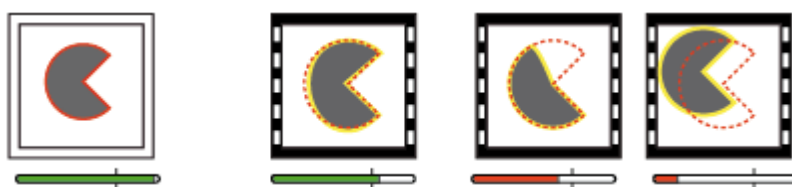
- Verificar la presencia de una fecha impresa. Debería haber un número mínimo de píxeles de borde.
- Verificar la presencia de un orificio (menos sensible a la luz ambiental que el contador de píxeles).

Contorno

La función Contorno compara los contornos de la región con los contornos de la misma región del objeto de referencia. Cuanto más coinciden los dos contornos, mayor es la puntuación de similitud.

El grado de similitud requerido entre los contornos aprendidos y los detectados. Este ajuste es un valor comprendido entre 0 y 100%; el valor máximo representa una "Similitud perfecta".

Figura 15. Captura de imagen de la función Contorno



Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

El ajuste Intensidad del borde establece en qué medida debe diferir un píxel respecto a los circundantes para que se considere un píxel de borde. Cuando se modifique

este ajuste, se destacarán los píxeles del borde dentro de la región, tenga en cuenta que este ajuste es común para todos los Contadores de píxeles del borde y los contornos del objeto de referencia.

Tenga en cuenta también que no se buscará el contorno en la inspección. Si el contorno dentro de la región del objeto inspeccionado tiene una posición o rotación diferente a la del objeto de referencia, el grado de similitud será menor.

El Contorno puede ser de utilidad para las siguientes inspecciones de detalle:

- Verificar que un logotipo impreso no esté manchado.
- Verificar la posición y la forma de un orificio.
- Verificar la posición del logotipo impreso
- Verificar el correcto ángulo de la pieza

Las aplicaciones que se pueden realizar son:

- Verificación de Montaje.
- Calibración de objetos.
- Detección de Imperfecciones.
- Presencia/Ausencia de objetos.
- Guiado de Robots.
- Firmas digitales.
- Identificación de placas de vehículos
- Códigos de Barras.
- OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres; opcional).

2.4 OBJETO A EXAMINAR

2.4.1 TAPA ROSCA PLÁSTICA

La tapa rosca plástica hoy en día hace mucho mas que proteger los productos acondicionados. No es preciso ser especialista para saber que esos accesorios de acondicionamiento asumieron el papel central en las estrategias de diferenciación frente a la competencia. La exploración de innovaciones que no se sitúan necesariamente en el campo de la funcionalidad y de la conveniencia.

Tomemos el ejemplo del creciente uso de tapas rosca plástica, visible en los mercados de bebidas. Al ofrecer innovaciones visuales a las cuales no se le dada gran importancia hasta hace poco tiempo atrás, las tapas con logo, precio, entre otros elementos que dependen del diseño de la impresión de la tapa rosca ya se ven como algo mas, capaz de influenciar en la decisión de compra además de ser un accesorio muy conocido por la mayoría de personas la empresa ECUAINSETEC decidió utilizar este elemento para la inspección del logotipo por la importancia que ha llegado a tener.

2.4.1.1 Tapa plásticas de 31 X 15 mm.

Es la tapa seleccionada por la empresa ECUAINSETEC ya que es una tapa que se comercializa en el Ecuador, por la variada cantidad de logotipos que hay en el mercado se opto por utilizar un logotipo de fabricación domestica para la realización de las pruebas con la cámara de visión.

3 DESARROLLO DEL SISTEMA MECÁNICO

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO ALIMENTADOR DE TAPAS

- El equipo diseñado debe ser capaz de alimentar y orientar tapas en procesos automáticos, para garantizar su inyección a una banda transportadora.
- La velocidad de producción dependerá de la velocidad de la banda (2.7 segundos) y de la cámara de visión artificial.
- El funcionamiento semiautomático, es con la finalidad de que el esfuerzo humano, la manipulación del producto y los costos sean menores. El equipo a diseñar no necesita mayor contacto humano sino el necesario para controlar y calibrar la maquina
- La capacidad de la tolva dependerá del criterio del autor.
- El tipo de producto, en un principio orienta y alimenta solamente tapas plásticas de 31 X 15 mm.
- La facilidad de montaje se obtiene con la modularidad, lo que permite el transporte del prototipo, objeto de este proyecto.
- El mantenimiento del prototipo debe dar facilidades, evitando que los elementos sean de difícil acceso.

3.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para solucionar el problema presentado en este capítulo, se plantean algunas alternativas, cada una de ellas presenta una solución para alimentar y orientar tapas. Estas alternativas se guían por las maquinas existentes actualmente en el mercado (consultadas en internet), ya que existe un gran número de aplicaciones en el campo industrial para los alimentadores de piezas como por ejemplo en el sector farmacéutico, de alimentos, de bebidas, de plásticos, y de cosméticos tomando en

cuenta esto nos centraremos solamente en los diferentes sistemas para la alimentación de plásticos especialmente para tapas.

Para el efecto, se plantean tres alternativas de solución:

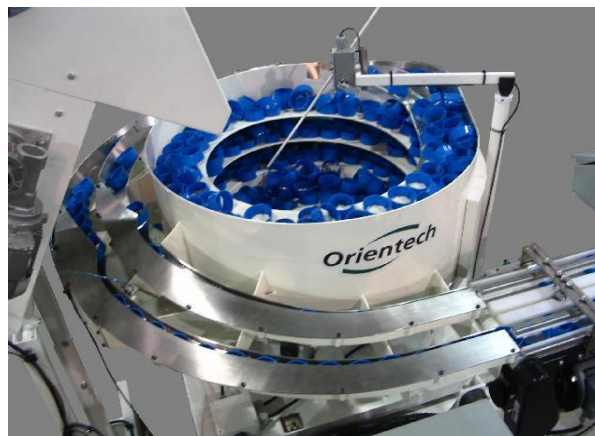
- Alternativa 1 (A1): Alimentador por Vibración
- Alternativa 2 (A2): Alimentador por Centrífuga
- Alimentador 3 (A3): Alimentador por soplado

3.2.1 ALIMENTADOR POR VIBRACIÓN (Alternativa 1)

Ellos son usados para alimentar y orientar piezas en equipamientos automáticos. Para alimentar y orientar partes, alimentadores vibratorios circulares y lineales. Los alimentadores vibratorios son aplicables en una extensa gama de productos de formas simples e intrincadas.

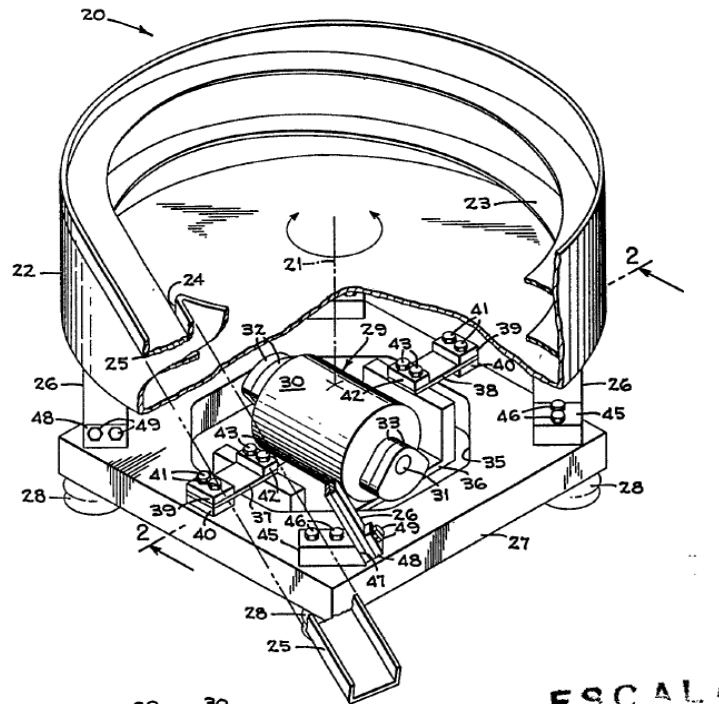
Los alimentadores vibratorios, se utilizan para alimentar tapas, balas, tuercas y otros componentes que necesitan una orientación y un conteo al salir de la tolva, principalmente en las fabricas que fabrican un gran número de series de elementos iguales.(Ver Figura 16,17)

Figura 16. Imagen de una tina vibradora



Fuente: <http://www.orientech.com>

Figura 17. Imagen de una tina vibradora patentada



Fuente: http://www.espatentes.com/pdf/0450489_A1.pdf

Ventajas.

- Tienen una alta eficiencia.
- Son de fácil manejo, ya que su control no es complejo para lograr la orientación y la alimentación.
- Permite que la alimentación del producto sea constante.
- El canal vibratorio de la tolva tiene un sega selector que permite clasificar las tapas que no se encuentran boca abajo y así evita el mal posicionamiento de las tapas.
- Gran fiabilidad gracias al principio de cascada (sistema patentado)

Desventajas.

- La construcción del orientador se dificulta, ya que su funcionamiento requiere de algunos elementos para lograr el correcto funcionamiento del mecanismo de orientación de las tapas, tanto los elementos de la tolva como

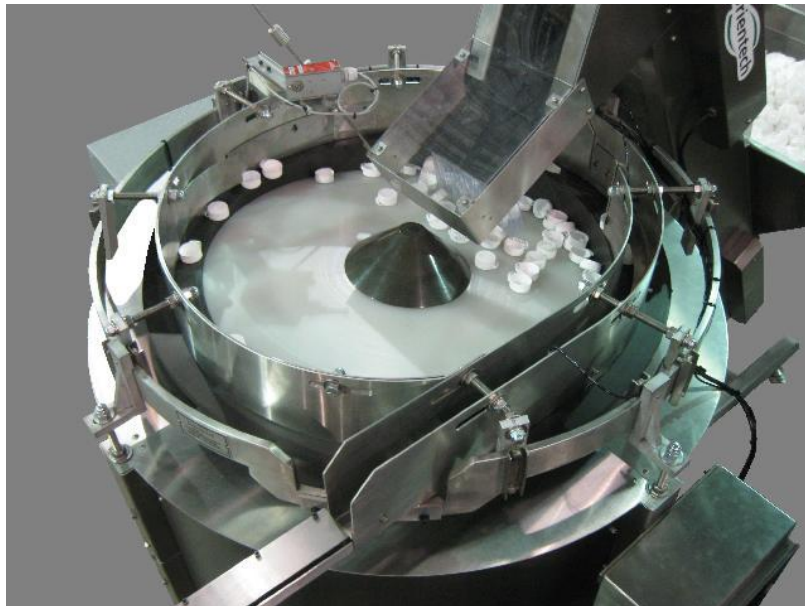
los elementos para el mecanismo de vibración y el canal deslizante, no se encuentran con facilidad en el mercado solamente con especificar los parámetros requeridos lo que hace necesaria la realización de planos de las piezas requeridas para su manufactura con un técnico especialista.

- Genera un ruido constante que puede afectar a las personas entre la tolva y el mecanismo de vibración.
- Este tipo de dispositivo no puede orientar uniformemente los objetos.
- La alimentación de las tapas no es instantánea

3.2.2 ALIMENTADOR POR CENTRIFUGA (Alternativa 2)

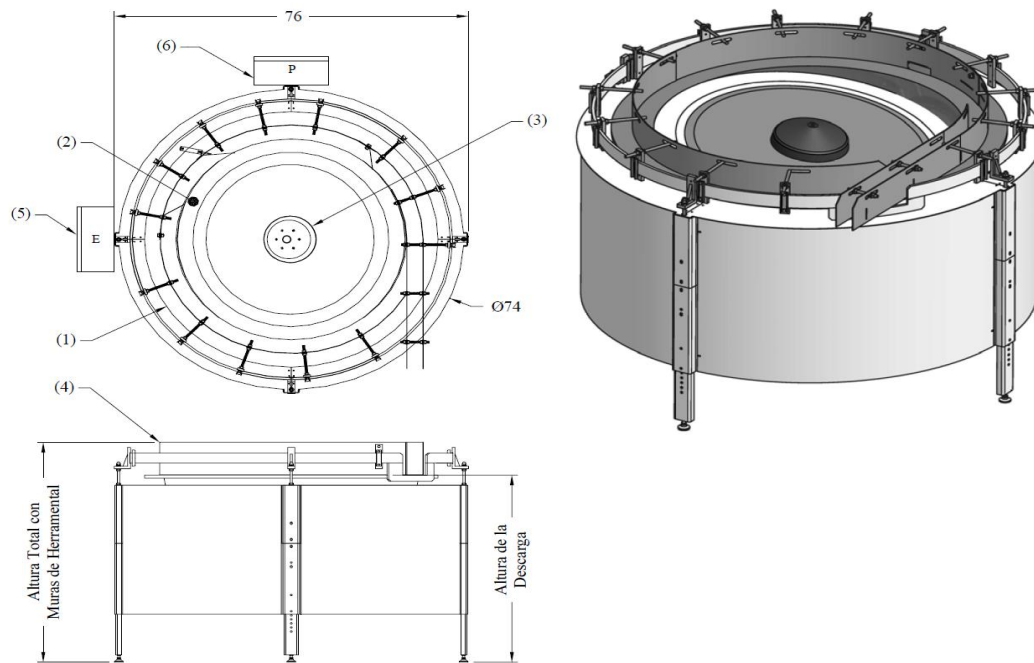
Los alimentadores rotativos o centrífugos generalmente son de alta producción, hay alimentadores circulares desde 150 mm a 1200 mm de diámetro, los tazones rotativos están contruidos en acero inoxidable AISI 301 O 316 y además tiene recubrimientos especiales dependiendo del producto a alimentar. (Ver Figura 18,19)

Figura 18. Imagen de un alimentador por centrifuga



Fuente: <http://www.orientech.com>

Figura 19. Alimentador por centrifuga orientech



Fuente: <http://www.orientech.com>

Ventajas

- Ahorro de tiempo
- Permite que la alimentación del producto sea uniforme gracias a su mayor velocidad
- Se puede controlar la velocidad de alimentación de tapas por medio de la fuerza centrífuga del disco inferior.
- En el disco superior de la tolva hay un soplador que ayuda a controlar que todas las tapas estén boca arriba para evitar el mal posicionamiento de las tapas
- Al ser de fácil manejo no necesita que el operador tenga mayor experiencia.

Desventajas.

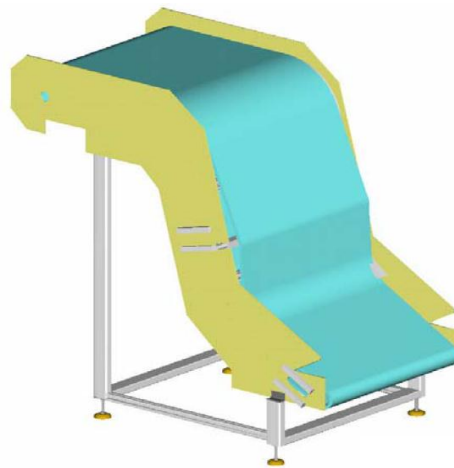
- La construcción del orientador se dificulta, ya que su funcionamiento requiere de algunos elementos para lograr el correcto funcionamiento del mecanismo de orientación de las tapas, ya que los discos de la tolva y el canal deslizante, no se encuentran con facilidad en el mercado solamente con especificar los parámetros requeridos lo que hace necesaria la realización de planos de las piezas requeridas para su manufactura con un técnico especialista.

3.2.3 ALIMENTADOR POR SOPLADO (Alternativa 3)

Los alimentadores por soplado generalmente son de mediana producción ya que su aplicación más común es orientar tapas por medio de bandas transportadoras inclinadas generalmente 70 grados al sistema de estampado.

Los tazones de alimentación están contruidos en acero inoxidable y su función es de contener las tapas que posteriormente serán transportadas por la banda de selección a un soplador que se encuentra en la parte superior. (Ver Figura 20,21)

Figura 20. Banda Inclinada



Fuente: <http://www.sapli.com>:

Figura 21. Fotografía de banda inclinada.



Fuente: <http://www.sapli.com>

VENTAJAS.

- Son máquinas de producción continua a gran escala.
- Producen una orientación de las tapas segura.
- El canal inclinado de la banda transportadora ayuda a que las tapas mal posicionadas caigan a la tolva para evita el mal posicionamiento de las tapas.
- La vida útil es larga, no necesitan de mayor mantenimiento.
- Son automáticas en su mayoría y no necesitan de un operador calificado.

DESVENTAJAS.

- Es maquinaria grande y ocupa demasiado espacio.
- Son equipos complejos, dependen de varios elementos auxiliares para su funcionamiento, por lo tanto su costo de construcción es muy alto para el medio.
- El rendimiento es menor para tamaños grandes de tapas.

3.3 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ADECUADA

La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas alternativas de solución a un mismo caso basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Es por ello que se recomienda el *método ordinal corregido de criterios ponderados*, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos, se basa en unas tablas en donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

- | | |
|-----|---|
| 1 | Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas |
| 0,5 | Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas |
| 0 | Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas |

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución).

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.¹³

3.3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Los criterios de evaluación a continuación mostrados fueron obtenidos por convenio entre el autor del presente trabajo y los representantes de la empresa (ECUAinsetec), los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- a) **Costo moderado**, ya que la maquina a diseñar debe tener un costo final más económico comparado con el costo de importación de una de estas maquinas
- b) **Tamaño**, debe permitir posicionarse fácilmente en el cuarto de ventas internas de ECUAinsetec
- c) **Bajo peso**, ya que la maquina debe ser transportable y debe de poder ser manejada por 1 o 2 personas, a veces en espacios muy reducidos
- d) **Facilidad de montaje**, con el fin de facilitar las tareas de armado, revisión, reparación o reposición
- e) **Estética**, de acuerdo a las exigencias del mercado, debe ser atractiva a la vista del cliente
- f)

A partir de estos datos iniciales se procede a la evaluación de alternativas en las tablas a continuación:

¹³ Riva Carles , “Diseño Concurrente,”pp. 59-60
Jonathan David Cruz Varela

Tabla III. Evaluación del peso específico de cada criterio

costo > tamaño = peso > montaje > estética							
Criterio	costo	tamaño	peso	montaje	estética	$\Sigma +1$	Ponderado.
costo		1	1	1	1	5	0,333
tamaño	0		0,5	1	1	3,5	0,233
peso	0	0,5		1	1	3,5	0,233
montaje	0	0	0		1	2	0,133
estética	0	0	0	0		1	0,067
					suma	15	1

Evaluación de los pesos específicos de las distintas alternativas para cada criterio:

Tabla IV. Evaluación del peso específico del criterio costo

alternativa 2 > alternativa 3 > alternativa 1					
Costo	alter. 1	alter. 2	alter. 3	$\Sigma +1$	ponderado.
alternativa 1		0	0	1	0,167
alternativa 2	1		1	3	0,500
alternativa 3	1	0		2	0,333
			suma	6	1

Tabla V. Evaluación del peso específico del criterio tamaño

alternativa 1 = alternativa 2 > alternativa 3					
Tamaño	alter. 1	alter. 2	alter. 3	$\Sigma +1$	ponderado.
alternativa 1		0,5	1	2,5	0,417
alternativa 2	0,5		1	2,5	0,417
alternativa 3	0	0		1	0,167
			suma	6	1

Tabla VI. Evaluación del peso específico del criterio **peso**

<i>alternativa 2</i> > <i>alternativa 1</i> > <i>alternativa 3</i>
--

Peso	alter. 1	alter. 2	alter. 3	$\sum +1$	ponderado.
<i>alternativa 1</i>		0	1	2	0,333
<i>alternativa 2</i>	1		1	3	0,500
<i>alternativa 3</i>	0	0		1	0,167
			suma	6	1

Tabla VII. Evaluación del peso específico del criterio **montaje**

<i>alternativa 2</i> > <i>alternativa 1</i> = <i>alternativa 3</i>
--

Montaje	alter. 1	alter. 2	alter. 3	$\sum +1$	ponderado.
<i>alternativa 1</i>		0	0,5	1,5	0,250
<i>alternativa 2</i>	1		1	3	0,500
<i>alternativa 3</i>	0,5	0		1,5	0,250
			suma	6	1

Tabla VIII. Evaluación del peso específico del criterio **estética**

<i>alternativa 1</i> = <i>alternativa 2</i> = <i>alternativa 3</i>
--

Estética	alter. 1	alter. 2	alter. 3	$\sum +1$	ponderado.
<i>alternativa 1</i>		0,5	0,5	2	0,333
<i>alternativa 2</i>	0,5		0,5	2	0,333
<i>alternativa 3</i>	0,5	0,5		2	0,333
			suma	6	1

Y el cálculo de la tabla de conclusiones:

Tabla IX. Conclusiones

A	costo	tamaño	peso	montaje	estética	Σ	Prio.
A1	0,167*0,333	0,417*0,233	0,333*0,233	0,250*0,133	0,333*0,067	0,286	2
A.2	0,500*0,333	0,417*0,233	0,500*0,233	0,500*0,133	0,333*0,067	0,469	1
A.3	0,333*0,333	0,167*0,233	0,167*0,233	0,250*0,133	0,333*0,067	0,244	3

La alternativa 2 es la mejor situada, a mucha distancia de la alternativa 1 y 3 en conclusión el equipo que se construirá en el presente trabajo, es una alimentadora centrífuga de tapas, ya que es la que cumple mucho mejor con los criterios requeridos.

3.4 CONSTRUCCIÓN DEL ALIMENTADOR CENTRÍFUGO DE TAPAS

El orientador para el alimentador centrífugo será construido de acuerdo con las especificaciones establecidas por la empresa ECUAINSETEC como son:

- *Capacidad Media de Producción.* El diseño de la maquina está establecida para alimentar 30 tapas por minuto.
- *Material de Construcción.* El material del cual será construida la estructura debe tener una altas resistencias a la corrosión, al desgaste, a la tención y maquinadle.
- *Tipo de Uniones.* Las unión que se utilizará en el diseño de este tipo de maquina será de tipo empernada debido a que este tipo de unión da facilidades de ser desmontado, y además genera facilidades de transporte. Salvo en ciertas piezas que deberán ser unidas por uniones soldadas.
- *Capacidad de Tolva.* La tolva debe ser capaz de contener 40 tapas

3.5 DISEÑO DE FORMA

Alimentación de Tapas, que corresponde a la parte inicial del proceso de clasificación de tapas, en la que comprende partes fundamentales como la tolva, el disco rotatorio con su respectivo motor reductor de velocidad y así mismo con su distribuidor de tapas hacia la zona de la banda transportadora.

En la figura 22 se muestra esquemáticamente cada uno de los elementos. Además este bosquejo deberá ir en la parte superior de toda la estructura para que por efecto de gravedad, las tapas lleguen al lugar indicado.

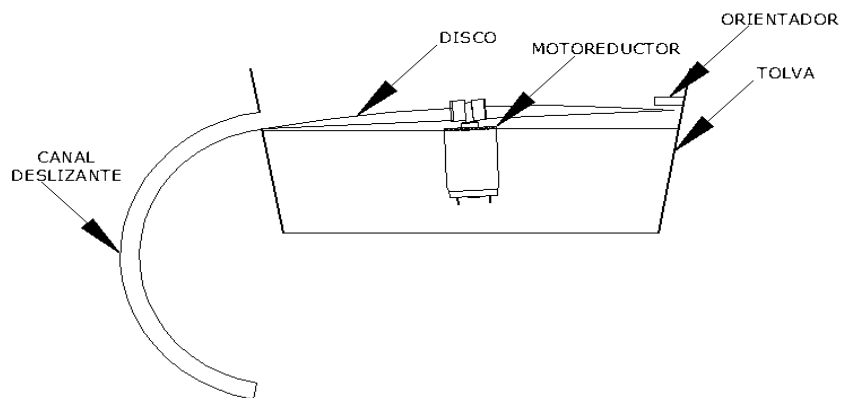


Figura 22. Bosquejo del sistema de alimentación.

El canal de orientación cuenta con una cuña (placa metálica) empotrada en la tolva que permite que las tapas sean movidas y que ingresen a la ceja en caso que estén boca abajo y posteriormente se deslicen por el carril alimentador todas las tapas boca arriba. (Ver Figura 23.).

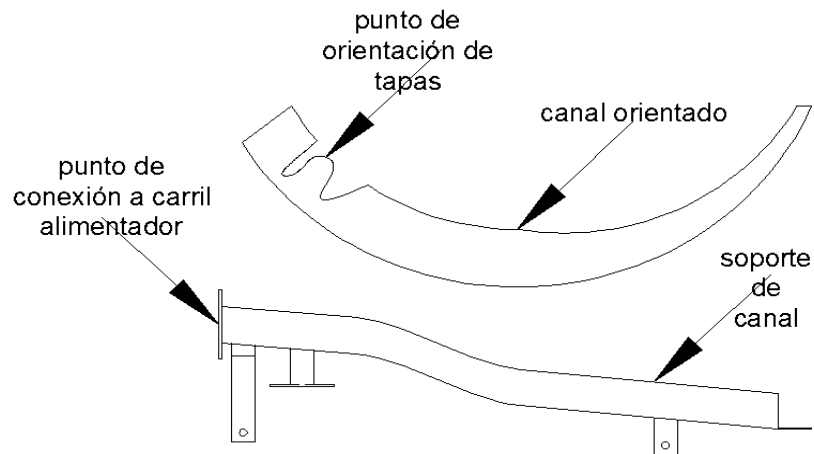


Figura 23. Conexión de canal orientador a carril deslizante

El carril de alimentación a más de deslizar las tapas al punto de conexión con la banda transportadora rota la tapa 180 grados para que la tapa que se encuentra boca arriba, es decir se da la vuelta y se visualiza el logotipo que será inspeccionado. (Ver Figura 24).

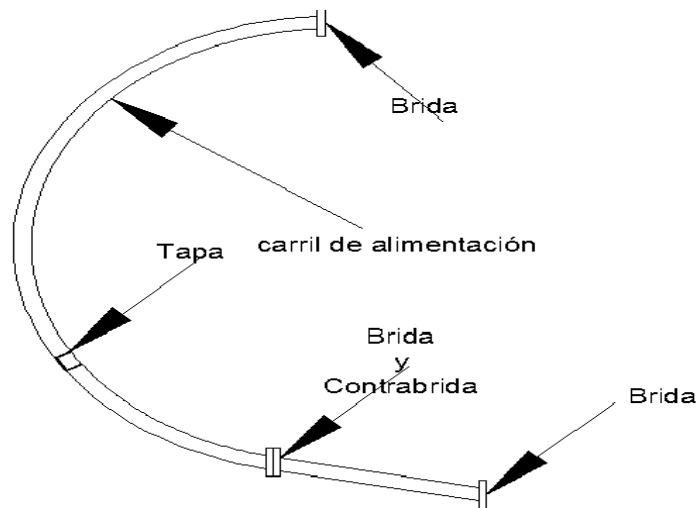


Figura 24. Carril deslizante de tapas

3.6 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE TAPAS

Una vez que se ha obtenido una idea más clara de lo que se desea realizar en el diseño, procederemos a calcular y a realizar los ajustes necesarios para consolidar las ideas y llevarlas a una forma más específica.

3.6.1 TOLVA

Procederemos por el primer paso en el que se realizará el sistema de alimentación de tapas el diseño de una tolva para la recolección de las tapas de plástico.

3.6.1.1 *Tamaño de la tolva*

La única carga que debe soportar la tolva es el peso de las tapas plásticas, para lo cual realizamos un cálculo sobre una de las tapas de plástico con un calibrador obtenemos las dimensiones de la tapa 31 x 15 mm:

Tomando en cuenta los datos facilitado por la empresa Floralpack Cía. Ltda. (Fabrica de tapas plásticas) y los datos de la balanza electrónica de ECUAINSETEC la masa de una tapa es de 5gr y la densidad de la resina es de $0.90 \frac{gr}{cm^3}$

$d = 31 \text{ mm}$ *Diámetro de la tapa*

$h = 15 \text{ mm}$ *Altura de la tapa*

$e = 1.5 \text{ mm}$ *Espesor de la tapa*

$m = 5gr$ *Masa de una tapa*

$\rho = 0.90 \frac{gr}{cm^3}$ *Densidad de la resina de plástico*

Con la masa de cada tapa procederemos a calcular el volumen de la misma.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{5 \text{ gr}}{0.90 \frac{gr}{cm^3}} = 5,5 \text{ cm}^3$$

Multiplicando ahora por un factor mínimo de $P = 40$ tapas un valor aceptable de capacidad de tapas en la tolva del prototipo y tomando en cuenta este criterio, el peso total de las tapas que se ejerce sobre la tolva es:

$$m_{Tapas} = m * P$$

$$= 0.005 \text{ kg} * 40 = 0.2 \text{ kg} = 200 \text{ gr}$$

$$Peso_{40Tapas} = 0.2 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 1,9 \text{ N}$$

$$V_{40tapas} = V * 40 = 5,5 \text{ cm}^3 * 40 = 220 \text{ cm}^3$$

Con la ayuda de la formula de volumen de un tronco de cono, obtendremos la capacidad de tapas que puede almacenar la tolva para comprobar si las 40 tapas, puede estar sin problemas.

$h = 4 \text{ cm}$ *Altura de tolva a disco*

$R = 11 \text{ cm}$ *Radio exterior de tolva*

$r = 10 \text{ cm}$ *Radio interior de tolva*

$$V = \frac{1}{3} * \pi * h (R^2 + r^2 + R * r)$$

$$V = \frac{1}{3} * \pi * 4 * (11^2 + 10^2 + 11 * 10) = 1386 \text{ cm}^3$$

Considerando que el volumen de la tapa, es de $5,5 \text{ cm}^3$ y que el recipiente contenedor tiene un volumen de 1386 cm^3 , entonces, se puede concluir la cantidad de tapas "N" que se pueden suministrar por carga es de:

$$N = \frac{V_C}{V_T} = \frac{1386 \text{ cm}^3}{5,5 \text{ cm}^3} = 252 \text{ tapas}$$

El contenedor está en capacidad de proporcionar 252 tapas aproximadamente por carga, sin embargo existe un desorden de las tapas y acabados dentro de la tolva que hace que la capacidad de la tolva disminuya dramáticamente por lo que se considera un factor 60%, valor encontrado mediante pruebas para evitar el rebosamiento de las tapas. Entonces la capacidad real de la tolva es:

$$\text{Numero de tapas real} = 252 * 0.60 = 151 \text{ tapas}$$

3.6.1.2 Material para la Tolva

Factores físicos. El tamaño de la tolva con una forma de tronco de cono para un volumen de 1386 cm^3 y un moderado peso de la tolva para un fácil transporte.

Factores mecánicos. Se busca un material con una buena resistencia a la tensión a la compresión, la carga aplicada en la tolva de $1,9N$, una buena ductilidad, tenacidad a la fractura, resistencia a la fatiga.

Factores de duración de los componentes. El material será expuesto a temperatura ambiente, necesita una alta resistencia a la corrosión, buenas propiedades de dureza para evitar el desgaste en la tolva que dañen la estética de la misma.

Fabricabilidad. Se necesita buenas propiedades de soldabilidad, mecanizado, corte, doblado en el material para la tolva.

Uno de los elementos comerciales que cumple con todos estos factores es el acero inoxidable AISI 430 ($S_u = 75 \text{ ksi}$) que se encuentran en el ANEXO B.

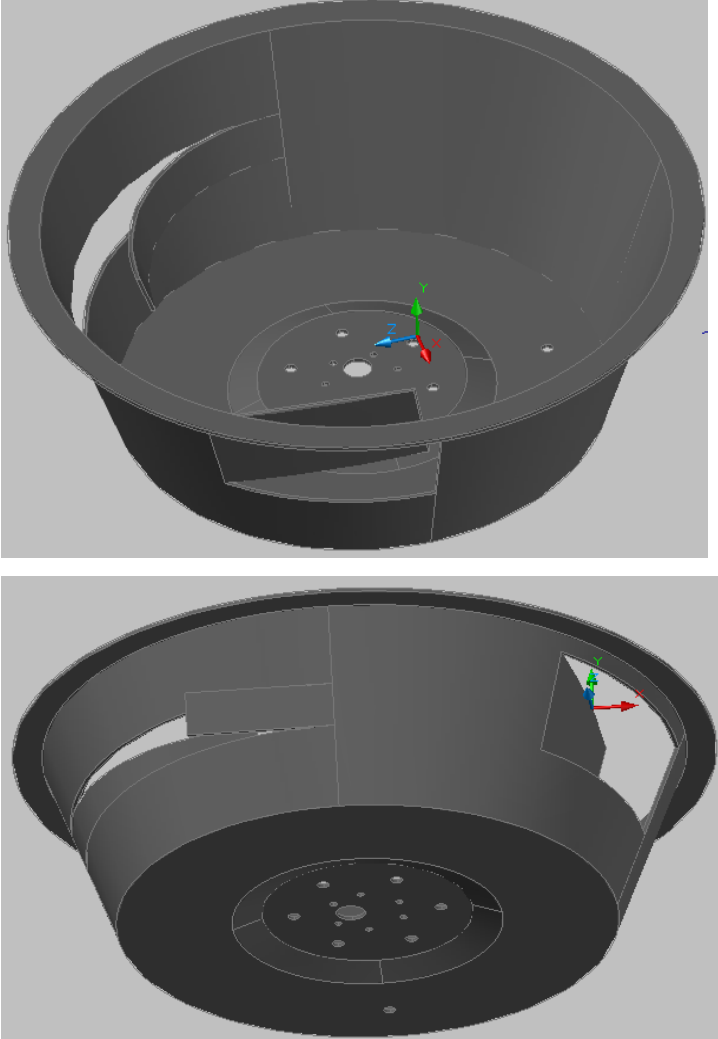
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p>TOLVA</p> 	<p>Tipo de Proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taladrado • Pulido <p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AISI 430 <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro interno: 200 mm • Diámetro externo: 220 mm • Altura: 70 mm • Espesor: 1.5 mm <p>Volumen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1386 cm^3 <p>Tipo de Motor :</p> <p>Moto reductor 12 VDC 120 RPM</p>

Figura 25. Tolva para alimentación de tapas

3.6.2 ACOPLES DE TRANSMISIÓN AL DISCO

Para la construcción de los acoples la velocidad del disco que se debe aplicar para producir la fuerza suficiente en las tapas sin que estas sufran defectos es de 150 rpm.

3.6.2.1 Material para acoples de transmisión

El material empleado, para la construcción de los acoples la poliamida comercialmente conocido como nylon tiene buenas propiedades mecánicas y resistencia a la abrasión. Son auto lubricantes y resistentes a la mayor parte de los productos químicos.

Todos los nylons son higroscópicos (absorben agua); la absorción de humedad reduce las propiedades mecánicas deseables e incrementa las dimensiones de la pieza. Se usa en partes estructurales, aparatos mecánicos como engranes y cojinetes, y en piezas que deben resistir desgaste, los nylons de uso más extendido son el Nailon 66 y el nailon 6 que aparecen en el ANEXO B.

3.6.2.2 Rodamiento para acoples de transmisión

Se busca un rodamiento de una hilera y ranura profunda, para soportar $1,9N$ ($Peso_{40Tapas}$) de carga radial y de empuje, de un eje que gira a 150 rpm. la duración de diseño debe ser de 1000h. El rodamiento será montado en un eje cuyo diámetro mínimo aceptable es de 17 mm.

P = carga equivalente

V = factor por rotación 1.2 si lo que gira es la pista exterior y 1 si lo que gira es la pista interior

R = carga radial aplicada

T = carga de empuje aplicada

X = factor radial

Y = factor de empuje

$$P = V * X * R + Y * T$$

Para cargas de empuje relativamente pequeñas X =1 y Y = 0 por lo que la ecuación de la carga toma la forma:

$$P_d = V * R = 1 * 1.9 N$$

$$L_d = (h) * (rpm) * \left(60 \frac{min}{h}\right) = (1000 h) * (150 rpm) * \left(60 \frac{min}{h}\right) = 9 \times 10^5 \text{ rev}$$

$$C = P_d * \left(\frac{L_d}{10^6}\right)^{1/k} = 1.9N * \left(\frac{9 \times 10^5 \text{ rev}}{10^6}\right)^{1/3} = 1.83N$$

Obsérvese que se trata de una carga radial pura, y que van a montar la pista interior en el eje a presión, y girara con él.

Se determino que la capacidad de carga dinámica básica requerida, C, era de 1.83N de acuerdo con la tabla del catalogo SKF del ANEXO A, para los datos de diseño y dos clases de rodamientos, se encontró que se podría usar un rodamiento 6003 o 6300. Ambos tiene una C nominal mayor que 1.83N.

Pero observe que el 6003 tiene un barreno de 17 mm y el 6300 tiene un barreno de 10 mm. El 6003 concuerda mas con el tamaño deseado de eje.

Resumen de datos para el rodamiento seleccionado

Numero de rodamiento: 6003, de una hilera de bolas, ranura profunda

Barreno: d = 17 mm

Diámetro exterior: D = 35 mm

Ancho: B = 10 mm

Capacidad de carga Dinámica Básica: C = 6,37 kN

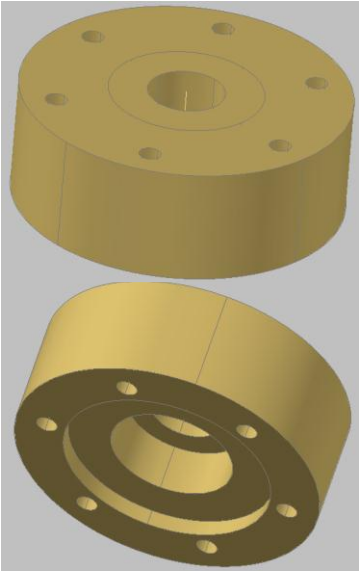
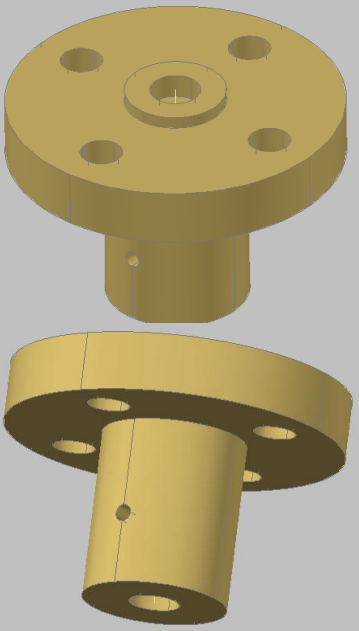
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="337 289 672 317">ACOPLE A LA TOLVA</p> 	<p data-bbox="808 289 1052 317">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="857 344 1062 371" style="list-style-type: none"> • Maquinado <p data-bbox="808 401 932 428">Material:</p> <ul data-bbox="857 455 1360 483" style="list-style-type: none"> • Resina de Poliamida (Nylon 6/6) <p data-bbox="808 512 1003 539">Dimensiones:</p> <ul data-bbox="857 567 1263 653" style="list-style-type: none"> • Diámetro externo: 75 mm • Diámetro interno: 17mm <p data-bbox="808 682 1117 709">Rodamiento de bolas:</p> <ul data-bbox="857 737 1279 823" style="list-style-type: none"> • Diámetro externo: 35 mm • Diámetro interno: 17 mm <p data-bbox="808 852 938 879">Sujeción:</p> <ul data-bbox="857 907 1328 934" style="list-style-type: none"> • Pernos cabeza hexagonal M5
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="354 1102 651 1129">ACOPLE AL DISCO</p> 	<p data-bbox="808 1102 1052 1129">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="857 1157 1062 1184" style="list-style-type: none"> • Maquinado <p data-bbox="808 1213 932 1241">Material:</p> <ul data-bbox="857 1268 1354 1295" style="list-style-type: none"> • Resina de Poliamida (Nylon6/6) <p data-bbox="808 1325 1003 1352">Dimensiones:</p> <ul data-bbox="857 1379 1263 1465" style="list-style-type: none"> • Diámetro externo: 17 mm • Diámetro interno: 6 mm <p data-bbox="808 1495 938 1522">Sujeción:</p> <ul data-bbox="857 1549 1328 1577" style="list-style-type: none"> • Pernos cabeza hexagonal M5

Figura 26. Acoples de Tolva

3.6.3 MOTO REDUCTOR

El motor que se debe seleccionar debe poseer las siguientes características técnicas que son mostradas en la Tabla X.

Tabla X. DATOS SOBRE EL MOTOR ELÉCTRICO SELECCIONADO

DATOS DE FABRICANTE	
Marca	POPOLU
Alimentación	12 V
Revoluciones	150 RPM
Consumo sin carga	300 mA
Consumo con carga	5A
Torque máximo	(14 kg-cm)
Dimensiones	37D X 54L mm

3.6.4 CANAL ORIENTADOR

Nos introduciremos a la elaboración de un canal o también conocido como canal orientador, que nos servirá para el reordenamiento de las tapas en una posición correcta para luego transportarlas hasta el punto de ataque.

Para el diseño de esta parte del sistema de alimentación cabe recordar que se debe diseñar para el tipo de tapa de 31 x 15 mm.

Entre las diferentes opciones que existen para el reordenamiento de tapas como:

1. Una seña selectora en el canal de un alimentador vibratorio
2. Un soplador en el canal de un alimentador centrifugo
3. Un canal inclinado para el canal de un alimentador por soplado

La opción a seleccionar para el reordenamiento de las tapas es la opción numero 1 por la forma de la tolva el material que se selecciona para este tipo de canal orientador, es el acero inoxidable 304L, no daña la tapa de plástico en el momento que el disco desplaza las tapas, el acero inoxidable 304L aparte de ser un elemento duro, ayuda a que se deslice la tapa con el giro del disco. A continuación en la Figura 27 del canal orientador mostraremos el arreglo que debe tener el canal para la reorganización de tapas.

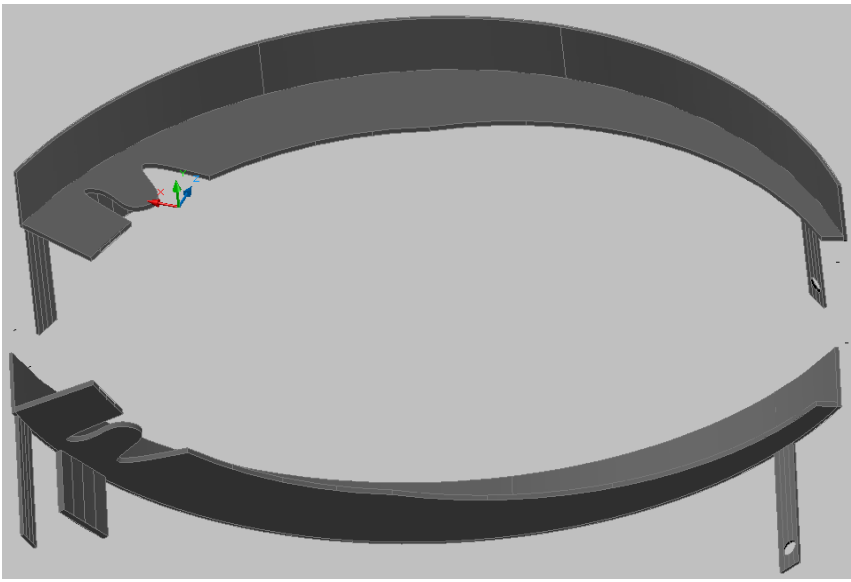
CANAL ORIENTADOR	Tipo de Proceso:
	<ul style="list-style-type: none"> • Fresado Material: <ul style="list-style-type: none"> • AISI 304L Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • Angulo de 156 grados con respecto al centro de la tolva. Sujeción: <ul style="list-style-type: none"> • Remaches

Figura 27. Canal Orientador

3.6.5 CARRIL ALIMENTADOR

Una vez que se ha diseñado hasta este punto, la tolva, el canal orientador, los acoples, se conoce el motor a implementar, es el momento de diseñar el canal de transporte de tapas hacia el punto de conmutación (ver página 56).

Definidas las partes críticas del alimentador, se necesita describir el canal de tapas. Esto no es nada más que una guía que está conectada desde el canal orientador hasta el punto de ataque en la banda. El principio de transporte que se hace a través de estas guías es por gravedad, por lo que se necesita el peso de la misma tapa para ser transportada por sí misma hasta el punto de conmutación

Estas guías a su vez están conectadas con la estructura de la banda transportadora para que no se produzca movimientos complejos o vibraciones en la operación de la máquina, a fin de que la estructura se vuelva más rígida gracias a las bridas mostradas en el despiece del carril alimentador

3.6.5.1 Material empleado para el canal alimentador

El material empleado debe ser lizo para que las tapas se deslicen con facilidad con buenas propiedades de ductilidad para realizar un doble con una dobladora de tubo uno de los materiales que cumple estos requerimientos es la varilla liza de 1/4.

El material empleado para las bridas del carril alimentador debe tener una buena dureza, una buena resistencia a la fatiga, resistencia a la tensión y una apariencia agradable uno de los materiales que cumple con los requisitos es el aluminio.

3.6.5.2 Soldadura empleada

El procedimiento de soldeo por arco con protección gaseosa es un proceso con una alta productividad, repetitividad y calidad a las uniones soldadas de aluminio. La única disyuntiva en la que nos podemos hallar es en la de soldar con electrodos fungibles MIG (Metal Inert Gas) o con electrodos no fungibles TIG (Tungsten Inert Gas). Para decidir cuál de los dos se emplea hay que ver cuál es el espesor de las uniones a efectuar.

El procedimiento MIG convencional se emplea para espesores de uniones entre 3 y 50 mm. El procedimiento TIG se emplea para espesores de entre 0.5 y 10 mm.

En la práctica, para los casos intermedios, siempre se opta por el procedimiento MIG dada su mayor productividad.

En nuestro caso, y en vista de los espesores con los que se trabaja superiores a los 4 mm, la mayor productividad y economía nos la proporciona el proceso de soldadura con electrodos fungibles MIG (Metal Inert Gas).

CARRIL ALIMENTADOR	
	<p>Tipo de Proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perforado • Doblado • Fresado • Proceso MIG <p>Material:</p> <p>CANAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Varilla calibrada 1/4" <p>BRIDAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluminio (ver ANEXO B) <p>BRIDA DE ACOUPLE A BANDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluminio (ver ANEXO B) <p>Dimensiones bridas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 48 x 36 x 5 mm • 60 x 40 x 5 mm • 65 x 30 x 24 mm <p>Sujeción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pernos cabeza hexagonal M5 • Tornillos M3

Figura 28. Carril Alimentador

3.6.5.3 Punto de conmutación

Es la zona donde llegan las tapas del canal orientador que verifica que estén boca arriba para luego deslizar las tapas por efecto de la gravedad y girarlas boca bajo gracias a la forma del canal deslizante, para que un soplador (soplador 1) presione las tapas que están boca abajo contra el vástago de un cilindro doble efecto que impide que salgan todas las tapas a la vez por el punto de conmutación existe además un cilindro de membrana que impide que salga más de una tapa a la vez.

Este cilindro (ver ANEXO F) está separado del vástago del otro cilindro lo suficiente para atrapar una tapa entre los dos para que se produzca la siguiente secuencia un soplador (soplador 1) se activa para que todas las tapas que se encuentren en el canal se desplacen contra el vástago del cilindro 400 ms después que se activa el soplador el vástago comienza a retroceder y la membrana del otro cilindro comienza a salir logrando capturar una tapa en el espacio que hay entre los dos cilindros la cual es expulsada inmediatamente por el soplador (soplador 2) a la banda transportadora.

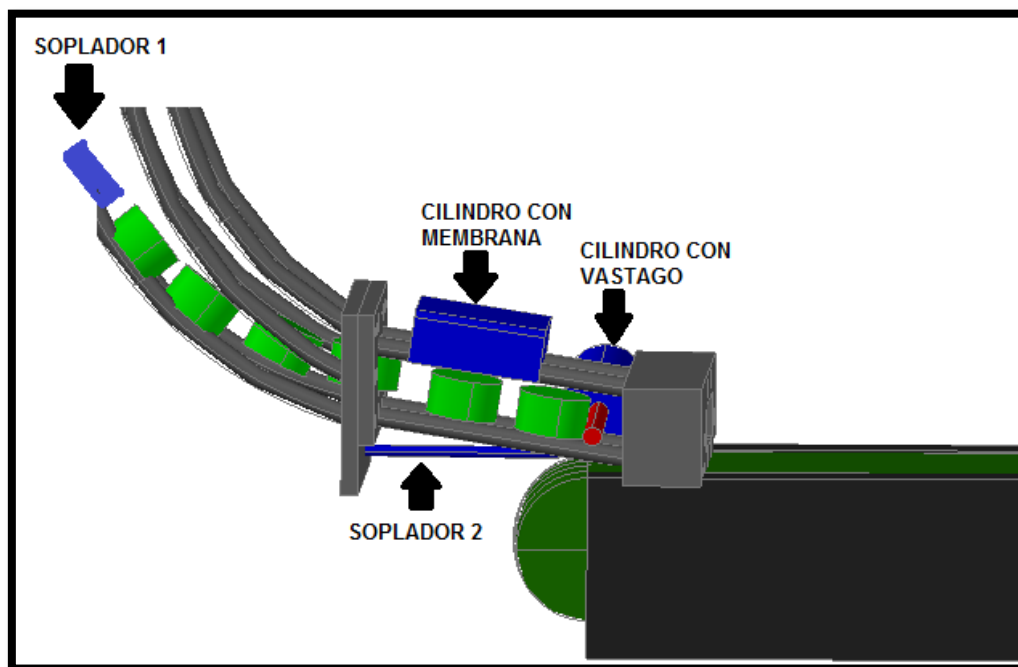


Figura 29. Paso 1._ Soplado contra el vástago con el soplador 1

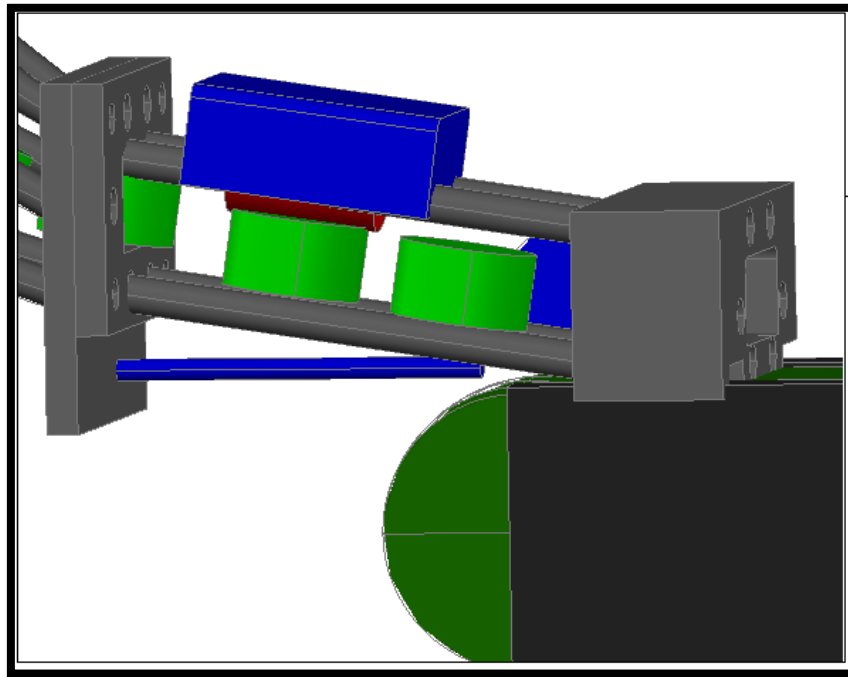


FIGURA 30. Paso 2._ Activación del cilindro de membrana y retroceso del vástago

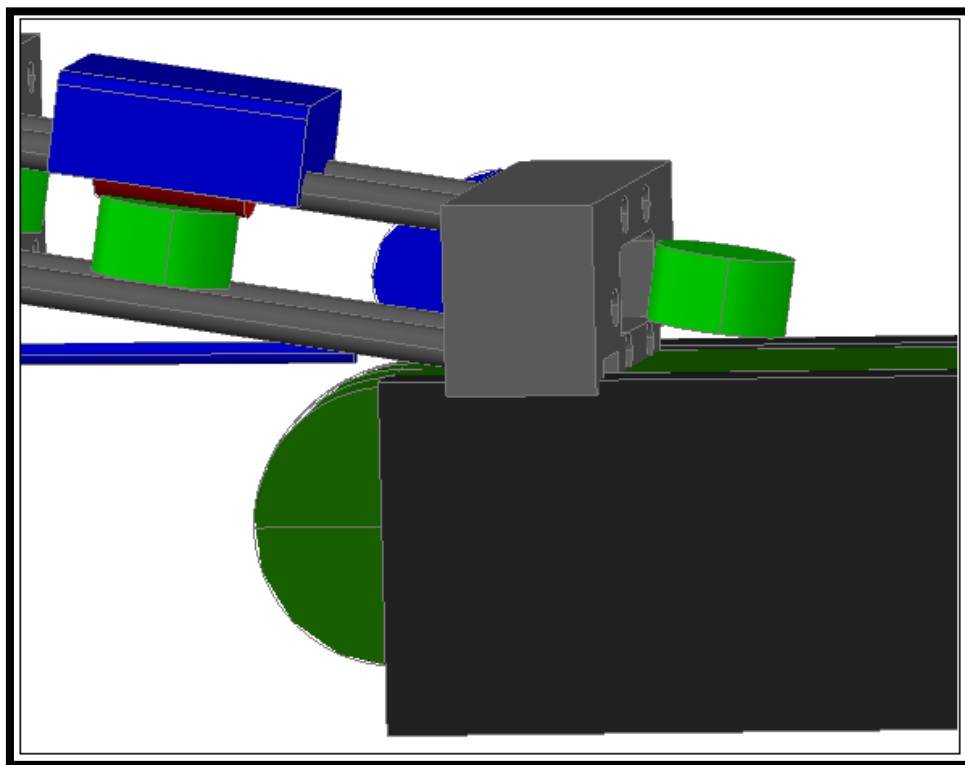


Figura 31. Paso 1._ Soplado de tapa a la banda por soplador 2

Para el diseño del punto de conmutación hay que considerar que la tapa con mayor uso en el país es la tapa de 31 x 15 mm por lo que le damos prioridad y el diseño se basa en esta medida dada.

3.7 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO DE BANDA TRANSPORTADORA

- La banda debe ser capaz de transportar tapas de 31 X 15 mm
- La banda debe ser capaz de soportar más de una tapa
- La Distancia de transporte debe ser de 63 cm
- La función requerida por parte de la banda es transportar tapas

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

- Contar con un sistema de ajuste apropiado para evitar problemas de tensión.
- Minimizar costos en tiempo y distancia.
- Minimizar curvas y terrenos irregulares.
- Seleccionar la longitud y el ancho del transportador apropiados.
- Cuando el diseño de la cinta indica restricciones de carga, éstos deben ser respetados y chequeados, mediante sistemas que eviten la sobrecarga de material.

3.8 TIPOS DE BANDAS

Dentro de los atributos listados anteriormente, encontramos una gran variedad de bandas entre las que podríamos nombrar:

Cintas con rodillos

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

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

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

Cintas con ruedas

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

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

Cintas planas

Este tipo está disponible en dos formatos comunes:

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

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

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

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

Cintas con cadenas

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

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

Cintas con listones

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

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

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

Cintas aéreas de carros

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

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

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

Cintas por cable enterrado

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

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

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

Cintas de carro sobre rieles

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

Los carros no son impulsados individualmente; en su lugar, avanzan mediante un tubo rotatorio entre los dos rieles, debido a ello también se llaman cintas de tubo rotatorio. Una rueda motriz, en la parte inferior del carro y formando un ángulo con el tubo, se apoya en él y convierte el giro del tubo en avance del carro.

La velocidad del carro es controlada regulando el ángulo de contacto entre la rueda motriz y el tubo una de las ventajas de este sistema con respecto a los vistos anteriormente es que se logra bastante precisión en el posicionamiento. Esta característica las permite usar para posicionar piezas para el procesado.

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

3.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Las ventajas que tienen las cintas transportadoras son:

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

Las desventajas son:

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

3.10 CARACTERÍSTICAS DE LA BANDA

- Banda de 63 cm por 3.5 cm
- Tapas plásticas de 31 mm de diámetro por 15 mm de altura con un volumen aproximado de $5,5 \text{ cm}^3$.
- Capacidad de transportar un mínimo de 10 tapas sin inspección

3.11 CRITERIO DE SELECCIÓN DE COMPONENTES

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

- Construcción sencilla, la estructura básica requiere de una banda con dos rodillos, uno acoplado a un motor y otro libre.
- Es apropiado para el desplazamiento de objetos con base plana.
- Para el sistema de transmisión de movimiento es apropiado utilizar un motor DC de 12 V con reductor para acoplarlo directamente al eje de un rodillo por motivos enunciados a continuación:
- Facilidad de controlar
- Es una máquina relativamente fácil de conseguir.

3.12 BANDA TRANSPORTADORA DE 63 X 3.5 cm

El segmento de la banda transportadora posee los siguientes componentes:

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

3.12.1 MOTOR

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

El eje del motor permite la transmisión de movimiento a una caja reductora mediante un tornillo sin fin. La caja reductora está conectada a éste por medio de un piñón que va acoplado al nuevo eje transmisor de tracción.

La amplificación del torque es proporcional a la reducción de velocidad y es dada por la relación de dientes de tornillo contra el número de dientes del engranaje por vuelta. (ver figura 32)

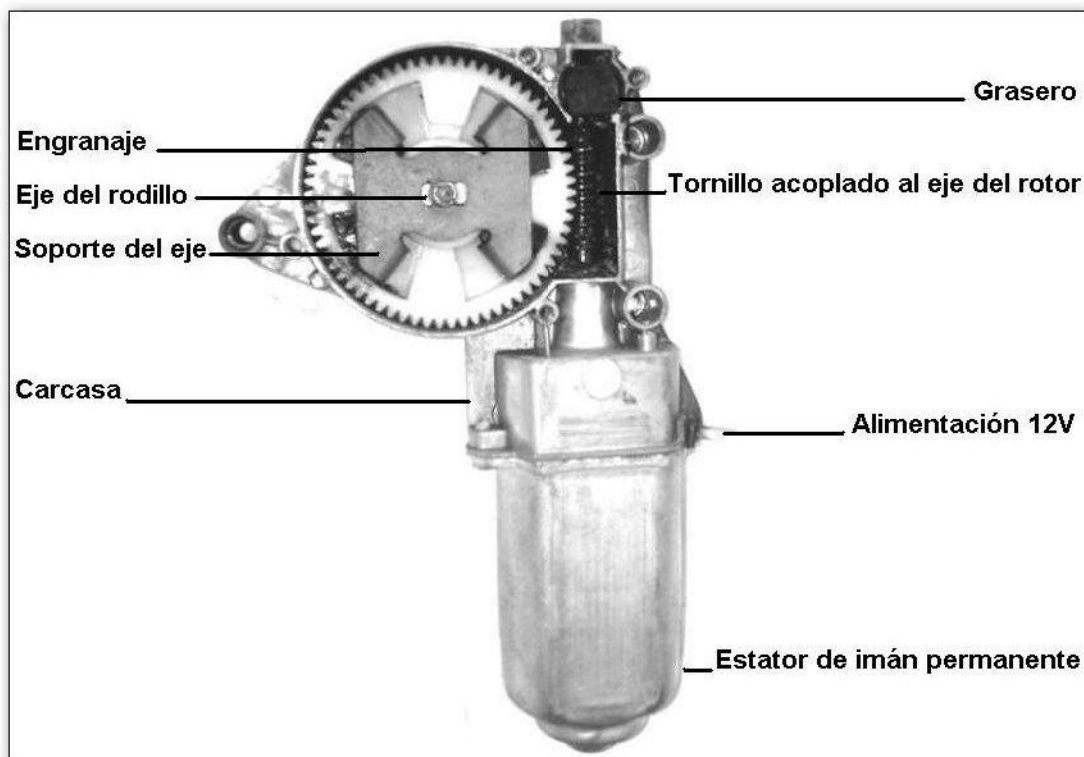


Figura 32. Motor DC

3.12.2 BASE

Como base se usó una plancha de aluminio de 35 x 80 cm para mejorar la estabilidad de la banda además de la presentación del modulo y el gabinete de control.

3.12.3 CAMA

La banda requiere de una estructura llamada “cama” que fue fabricada en un perfil de aluminio de 6 x 6 x 84 cm, con forma de canal.

La cama de la banda va instalada en la estructura rodante y soporta todos los equipos: motor, los ejes de los rodillos, los tensores de banda y los tensores laterales. (Ver Figura 33)

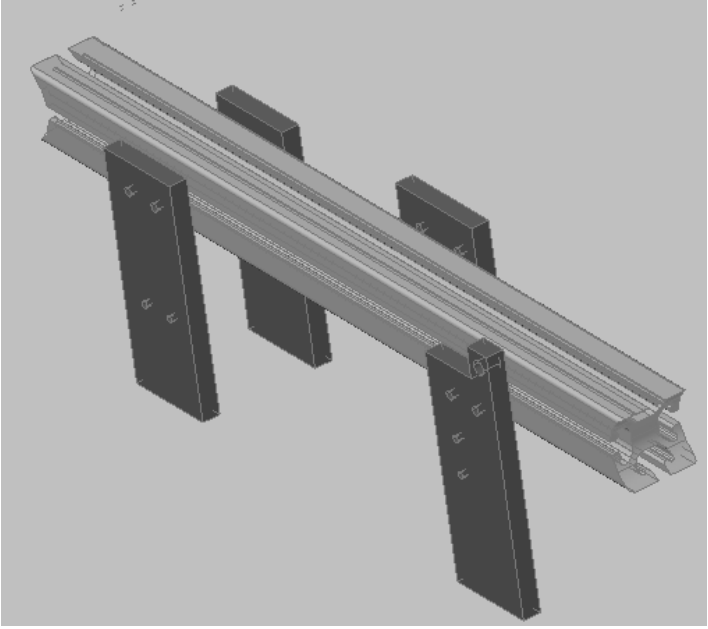
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="224 285 321 317">CAMA</p> 	<p data-bbox="959 285 1203 317">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="1003 342 1214 489" style="list-style-type: none"> • Perforado • Maquinado • Pulido <p data-bbox="959 510 1081 541">Material:</p> <ul data-bbox="1003 567 1179 598" style="list-style-type: none"> • Aluminio <p data-bbox="959 619 1154 651">Dimensiones:</p> <p data-bbox="959 672 1089 703">PERFIL :</p> <ul data-bbox="1003 728 1260 884" style="list-style-type: none"> • Largo: 84 cm • Ancho: 6 cm • Espesor: 6 cm <p data-bbox="959 905 1081 936">PATAS:</p> <ul data-bbox="1003 961 1289 1108" style="list-style-type: none"> • Largo: 780 mm • Ancho: 53 mm • Espesor: 10 mm <p data-bbox="959 1129 1089 1161">Sujeción:</p> <ul data-bbox="1003 1186 1365 1218" style="list-style-type: none"> • Pernos hexagonal M5

Figura 33. Cama de banda transportadora

3.12.4 RODILLOS

Los rodillos son estructuras cilíndricas de acero con ejes sujetos por pernos. El motor transmite el movimiento del eje y permite un desplazamiento uniforme. Se utilizaron rodillos torneados, a los cuales se adaptaron 2 rulimanes acoplados al interior del cilindro.

La banda tiene un rodillo fijo al eje del motor y uno libre en el otro extremo. (Ver Figura 34.)

3.12.4.1 Rodamiento para acoples de transmisión

Se busca un rodamiento de una hilera y ranura profunda,

$$Peso_{rodillo} = 0.450 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 4.41 \text{ N}$$

para soportar 4.41 N ($Peso_{rodillo}$) de carga radial, de un eje que gira a 150 rpm. la duración de diseño debe ser de 1000h. El rodamiento será montado en un eje cuyo diámetro mínimo aceptable es de 20 mm.

$k=3$ Para cargas radiales.

$$L_d = (h) * (rpm) * \left(60 \frac{\text{min}}{h}\right) = (1000 \text{ h}) * (150 \text{ rpm}) * \left(60 \frac{\text{min}}{h}\right) = 9 \times 10^5 \text{ rev}$$

$$C = P_d * \left(\frac{L_d}{10^6}\right)^{1/k} = 4.41 \text{ N} * \left(\frac{9 \times 10^5 \text{ rev}}{10^6}\right)^{1/3} = 4,25 \text{ N}$$

Obsérvese que se trata de una carga radial pura, y que van a montar la pista interior en el eje a presión, y girara con él. Se determino que la capacidad de carga dinámica básica requerida, C, era de 1.83 N de acuerdo con la tabla del catalogo SKF del ANEXO A para los datos de diseño y dos clases de rodamientos, se encontró que se podría usar un rodamiento 61904 o 6202. Cualquiera de ellos tiene una C nominal mayor que 1.83 N . Pero observe que el 61904 tiene un barreno de 20 mm y el 6202 tiene un barreno de 15 mm. El 61904 concuerda mas con el tamaño deseado de eje.

Resumen de datos para el rodamiento seleccionado

Numero de rodamiento: 61904, de una hilera de bolas, ranura profunda

Barreno: $d = 20 \text{ mm}$

Diámetro exterior: $D = 37 \text{ mm}$

Ancho: $B = 9 \text{ mm}$

Jonathan David Cruz Varela

Capacidad de carga Dinámica Básica: $C = 6,37 \text{ kN}$

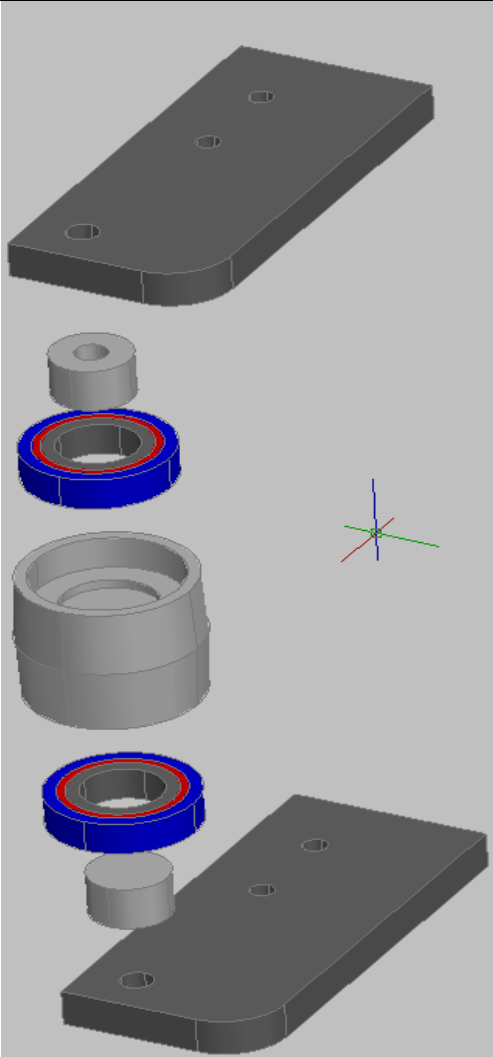
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p>RODILLO</p> 	<p>Tipo de Proceso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perforado • Maquinado • Pulido <p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acero 1080 <p>Dimensiones:</p> <p>RODILLO :</p> <ul style="list-style-type: none"> • D exterior: 45 mm • D interior: 37 mm <p>Masa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $m = 450 \text{ gr}$ <p>RODAMIENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 37 X 20 X 9 mm <p>FIJACIONES a</p> <p>RODAMIENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • D exterior: 20 mm • D interior: 8 mm <p>Sujeción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pernos hexagonal M8

Figura 34. Dibujo de los rodillos de la banda

3.12.5 ACOPLES

Los acoples son las uniones colocadas entre el eje del motor y el eje del rodillo. El eje del motor encaja en el rodillo gracias a un acople de acero y fijado en el rodillo.

Para fijar el acople de acero al eje del motor se empleó un elemento en forma de u contra el eje. (Ver Figura 35.)

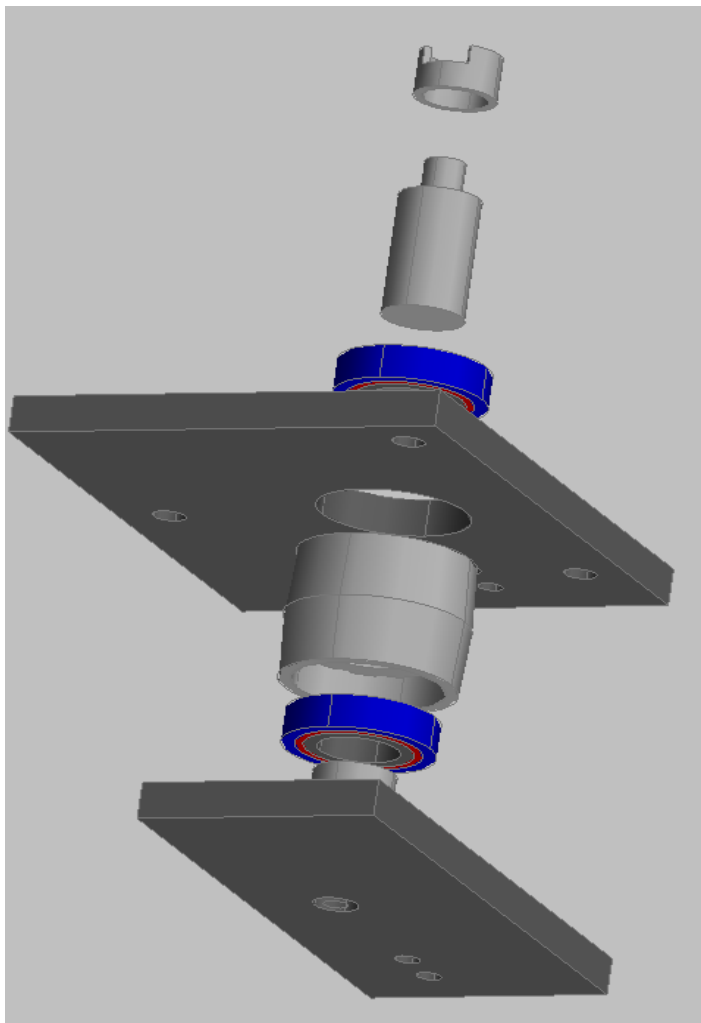
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="215 455 380 485">ACOPLES</p> 	<p data-bbox="932 455 1175 485">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="980 506 1187 535" style="list-style-type: none"> • Maquinado <p data-bbox="932 562 1057 592">Material:</p> <ul data-bbox="980 619 1192 648" style="list-style-type: none"> • Acero 1080 <p data-bbox="932 676 1127 705">Dimensiones:</p> <p data-bbox="932 732 1089 762">RODILLO :</p> <ul data-bbox="980 789 1284 873" style="list-style-type: none"> • D exterior: 45 mm • D interior: 20 mm <p data-bbox="932 900 1019 930">Masa:</p> <ul data-bbox="980 957 1182 987" style="list-style-type: none"> • m = 450 gr <p data-bbox="932 1014 1187 1043">RODAMIENTOS:</p> <ul data-bbox="980 1071 1256 1100" style="list-style-type: none"> • 37 X 20 X 9 mm <p data-bbox="932 1127 1354 1157">FIJACIÓN a RODAMIENTO y</p> <p data-bbox="932 1184 1003 1213">EJE:</p> <ul data-bbox="980 1241 1284 1325" style="list-style-type: none"> • D exterior: 20 mm • D interior: 16 mm <p data-bbox="932 1352 1170 1381">FIJACIÓN a EJE</p> <ul data-bbox="980 1409 1284 1493" style="list-style-type: none"> • D exterior: 20 mm • D interior: 16 mm <p data-bbox="932 1520 1062 1549">Sujeción:</p> <ul data-bbox="980 1577 1338 1606" style="list-style-type: none"> • Pernos hexagonal M8

Figura 35. Dibujo del acople entre rodillo y motor

3.12.6 BANDA

Las bandas son el medio por el que se desplazan las cargas del transportador. En el prototipo utilizamos una banda de PVC con una buena resistencia mecánica, resistencia a la intemperie y un buen agarre.

3.12.7 TENSORES DE BANDA

Los tensores de banda son tornillos ubicados a cada lado del eje del rodillo que están fijados a la estructura de la cama mediante dos tuercas que permiten tensar la banda. Al ajustar las tuercas, el rodillo se mantiene firmemente ajustado entre la estructura y la banda (Ver Figura 36).

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
<p data-bbox="215 1001 578 1031">TENSORES DE BANDA</p> 	<p data-bbox="987 1001 1230 1031">Tipo de Proceso:</p> <ul data-bbox="1036 1056 1247 1146" style="list-style-type: none"> • Perforado • Maquinado <p data-bbox="987 1167 1117 1197">Material:</p> <ul data-bbox="1036 1222 1214 1251" style="list-style-type: none"> • Aluminio <p data-bbox="987 1276 1182 1306">Dimensiones:</p> <p data-bbox="997 1331 1321 1360">TENSOR DE MOTOR:</p> <ul data-bbox="1036 1386 1321 1415" style="list-style-type: none"> • 140x110x10 mm <p data-bbox="987 1440 1344 1470">TENSOR OPUESTO DE</p> <p data-bbox="987 1495 1240 1524">EJE DE MOTOR:</p> <ul data-bbox="1036 1549 1305 1579" style="list-style-type: none"> • 140x60x10 mm <p data-bbox="987 1604 1354 1633">TENSORES TRASEROS</p> <ul data-bbox="1036 1659 1305 1688" style="list-style-type: none"> • 110x50x10 mm <p data-bbox="987 1713 1127 1743">Sujeción:</p> <ul data-bbox="1036 1768 1403 1797" style="list-style-type: none"> • Pernos hexagonal M6

Figura 36. Dibujo de los tensores de banda

3.13 GABINETE DE CONTROL DOBLE FONDO DE 40 x 30 x 18 cm

Dentro del gabinete de control se encuentra el control de velocidad del moto reductor del alimentador de tapas, el control del distribuidor electro neumático de tapas ,la fuente de la banda transportadora, el modulo de entradas y salidas del inspector I20, las fuentes de alimentación y las borneras.

3.13.1 CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTO REDUCTOR

3.13.1.1 Empleo en el proyecto

Dentro de la tolva se encuentra un disco rotativo acoplado a un motoreductor que al girar envía las tapas al canal orientador, para disminuir el rebosamiento de las tapas se necesita una velocidad variable del motoreductor.

3.13.1.2 Descripción de funcionamiento

La velocidad del disco rotativo de 0 a 150 RPM es controlada por una tarjeta de control. (Ver Figura 37.) La cual regula la velocidad del moto reductor por medio de un potenciómetro conectado a uno de los conversores A/D (ADC1) del microcontrolador ATMEGA8 el mismo que genera una señal PWM .

3.13.1.3 Programación

Para el control del moto reductor DC se emplea el PWM fase correcta a 10-bits con la configuración de los bits WGM13, WGM12, WGM11, WGM10 en los registros TCCR1A y TCCR1B con la tabla XI para el TIMER1 , considerando los parámetros de la tabla XII para conocer la frecuencia de la señal PWM con una frecuencia de oscilación del reloj de (Fc) 4 MHz, una resolución de 10 bits y un prescaler de 1 obtenemos una frecuencia de 1.95 KHz (4MHz/1/2046).

Tabla XI. Tipos de PWM atmega8

Mode	WGM13	WGM12 (CTC1)	WGM11 (PWM11)	WGM10 (PWM10)	Timer/Counter Mode of Operation ⁽¹⁾	TOP	Update of OCR1X	TOV1 Flag Set on
0	0	0	0	0	Normal	0xFFFF	Immediate	MAX
1	0	0	0	1	PWM, Phase Correct, 8-bit	0x00FF	TOP	BOTTOM
2	0	0	1	0	PWM, Phase Correct, 9-bit	0x01FF	TOP	BOTTOM
3	0	0	1	1	PWM, Phase Correct, 10-bit	0x03FF	TOP	BOTTOM
4	0	1	0	0	CTC	OCR1A	Immediate	MAX
5	0	1	0	1	Fast PWM, 8-bit	0x00FF	BOTTOM	TOP
6	0	1	1	0	Fast PWM, 9-bit	0x01FF	BOTTOM	TOP

Fuente: data sheet atmega8

Tabla XII. Valores máximos registrados al contador en el modo PWM y fórmulas para la frecuencia de la señal PWM

Resolución PWM	Máximo valor del contador	Frecuencia de la señal PWM
8-bit	255	$F_c/\text{Prescaler}/510$
9-bit	511	$F_c/\text{Prescaler}/1022$
10-bit	1023	$F_c/\text{Prescaler}/2046$

Fuente: Marcin Wiazania, " Programación del microcontrolador AVR utilizando Bascom".

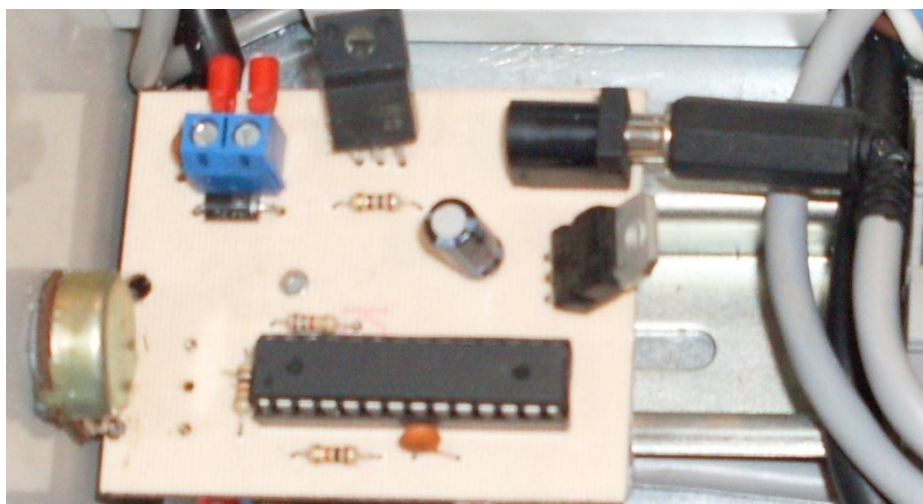


Figura 37. Fotografía de tarjeta de control de velocidad

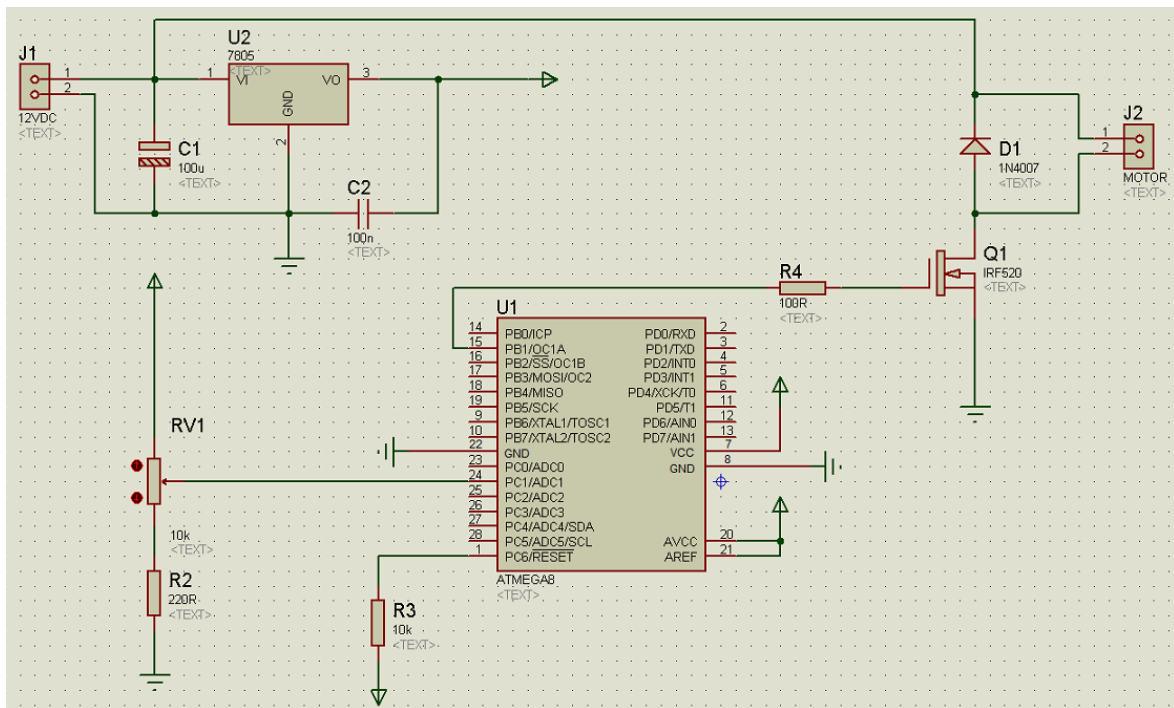


Figura 38. Circuito electrónico tarjeta de control de velocidad

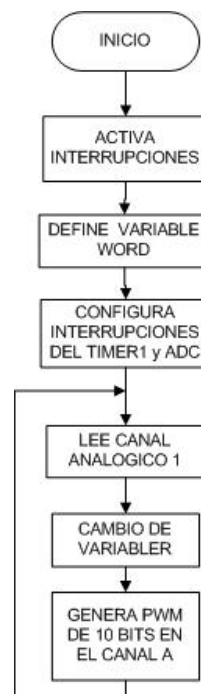


Figura 39. Diagrama de flujo programa principal

3.13.2 CONTROL DEL DISTRIBUIDOR DE TAPAS

3.13.2.1 Empleo en el proyecto

En el carril alimentador se encuentra el punto de conmutación (Ver pasos en figuras 29, 30, 31.), es el encargado de suministrar tapas a la banda transportadora en tiempos determinados.

3.13.2.2 Descripción de Funcionamiento

Se energiza el microcontrolador pic16f628a conjuntamente con el gabinete de control que activa el soplador 1 (Out_b1) después de 1600 ms y mantiene activo el soplador 1 durante 400 ms para desactivarlo 1600 ms, al haber transcurrido 30000 ms de haber activado el gabinete se activa la secuencia de los cilindros (Out_b0) el ultimo retardo se debe a que la cámara de visión necesita un tiempo para reconocer el entorno, el cilindro de membrana se activa durante 400 ms y el vástago del cilindro se comprime en el mismo instante para que un soplador 2 (soplador 1 y soplador 2 se activan con la misma electroválvula 3/2) expulse la tapa del canal deslizante a la banda transportadora donde un sensor fotoeléctrico PNP (Ver Anexo C) activa la In3 del modulo de E/S y la entrada del MICROCONTROLADOR (In_a0) lo que generara un retardo de 80 ms (retardo de la banda transportadora) en la cámara inteligente antes de que tome una fotografía y con el pulso de respuesta de la inspección en las salidas Out1 o el Out2 del modulo de E/S conocer el estado del logotipo en la entrada (In_a1) por medio de un opto acoplador para tomar la decisión de expulsar o no a la tapa 300 ms después del resultado de la inspección con el soplador 3 (Out_a2).



Figura 40. Sensor fotoeléctrico WT100-P1419

3.13.2.3 Programa

Se emplea la interrupción del TMR0 del microcontrolador pic16f628a para una temporización de 10 ms (milisegundos) con el reloj interno de 4 MHz y un divisor de frecuencia de 256 la ecuación que nos permite realizar el cálculo para conocer el valor que se debe cargar en el TMR0 es la siguiente:

$$\text{Temporización} = \text{Ciclo de instrucción} * (256 - \text{TMR0}) * \text{Divisor de Frecuencia} \quad (1)$$

Despejando de (1) tenemos:

$$256 - \text{TMR0} = \text{Temporización}(\text{en microsegundos}) / (1 \text{ us/cm} * \text{Div. de Frec.}),$$

(cm ciclos máquina) y reemplazando tendremos

$$256 - \text{TMR0} = 10000 \text{ us} / (1 \text{ us/cm} * 256)$$

$$256 - \text{TMR0} = 10000 / (256 \text{ cm})$$

$$256 - \text{TMR0} = 39,0625 \text{ cm}$$

$$256 - \text{TMR0} \sim 39 \text{ cm}$$

Eso significa que en TMR0 deberemos cargar $256-39=217$ y a partir de allí el TMR0 contará los 39 ciclos que faltan para desbordarse y producir la interrupción, y el tiempo que tardará en hacerlo es $9984\mu s$ aproximadamente 10 ms.

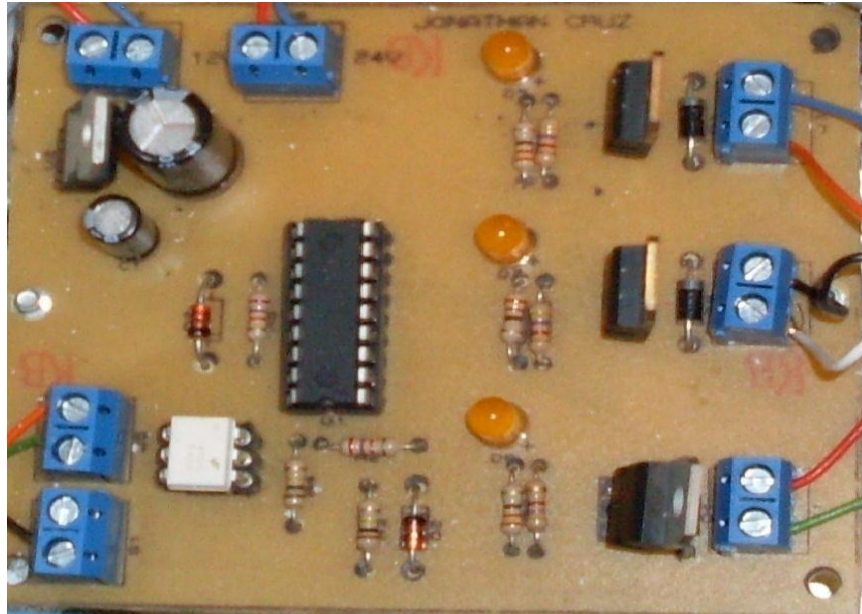
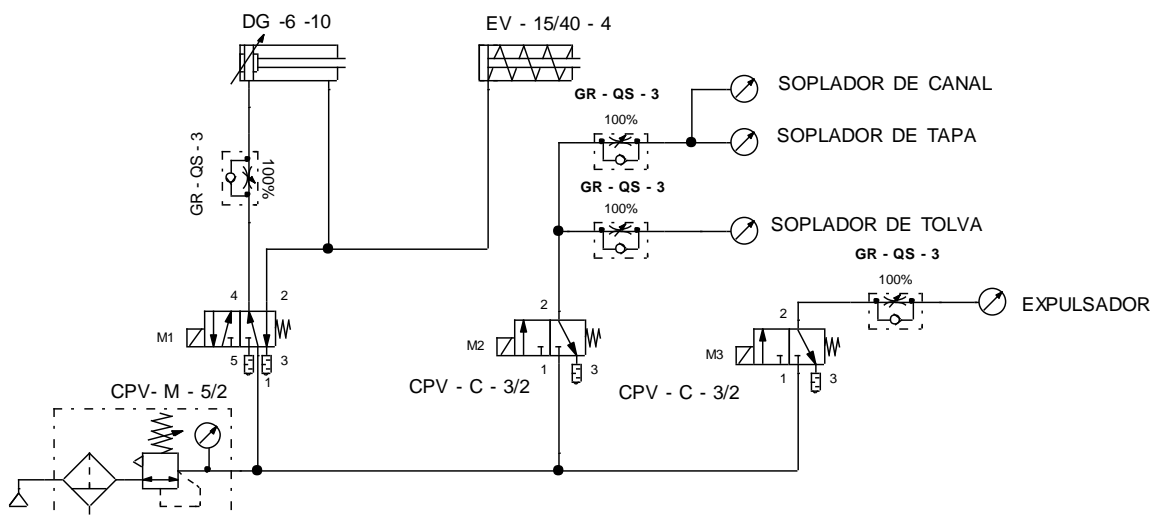


Figura 41. Fotografía de tarjeta de control



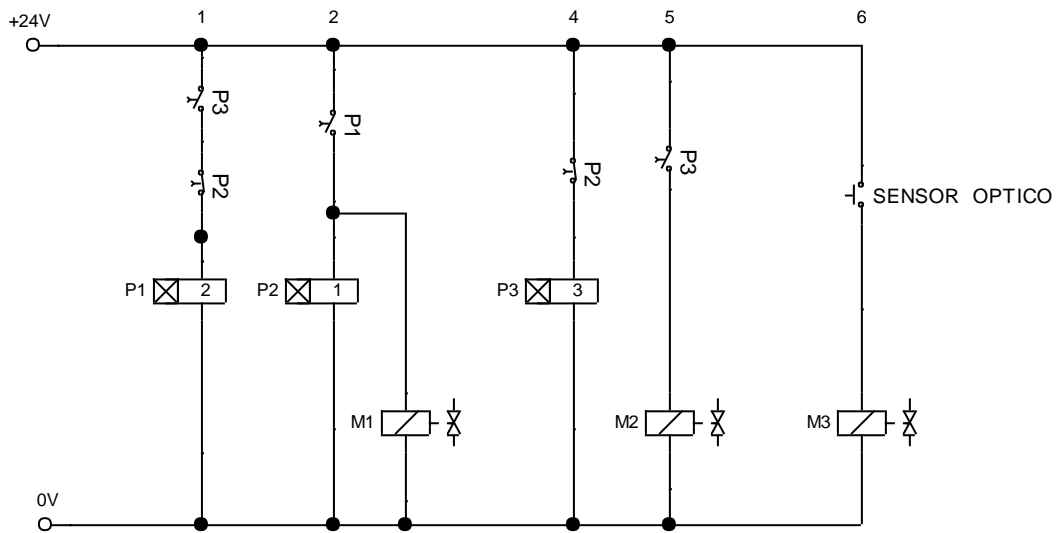


Figura 42. Circuito electro neumático

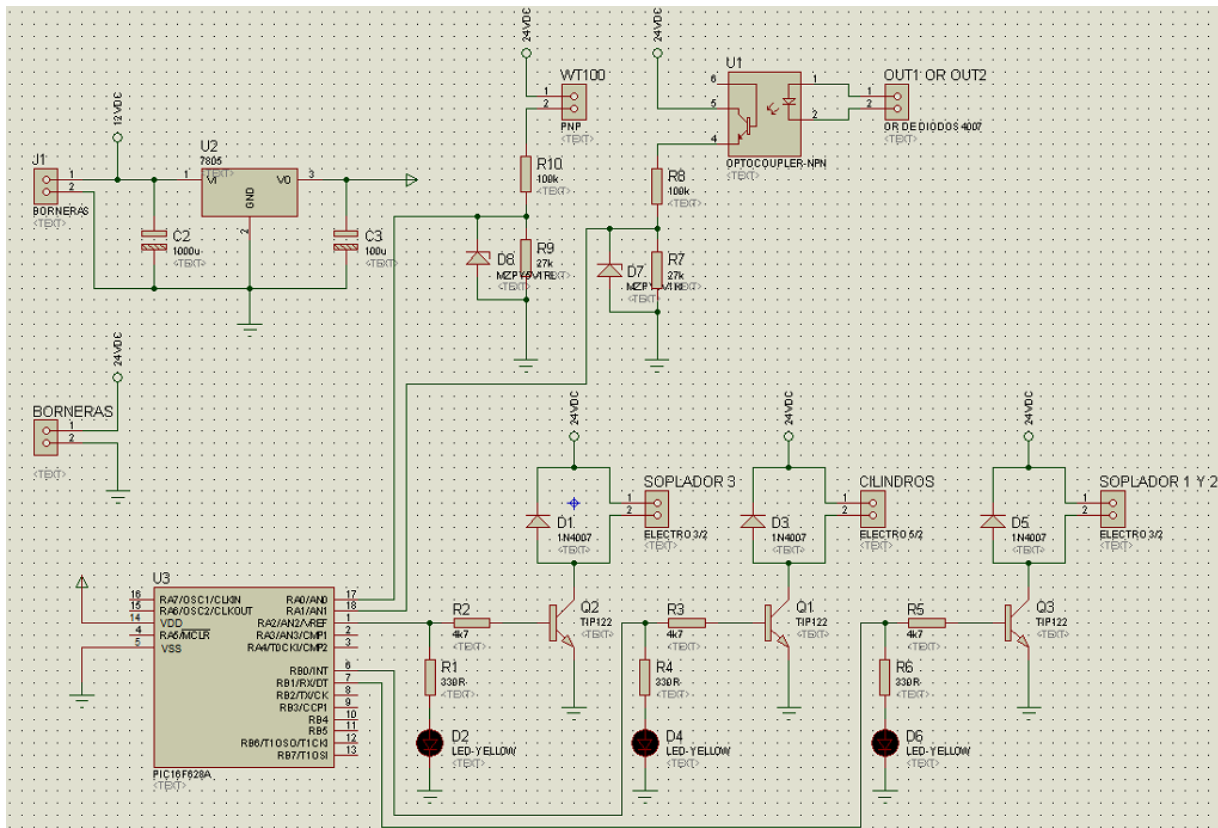
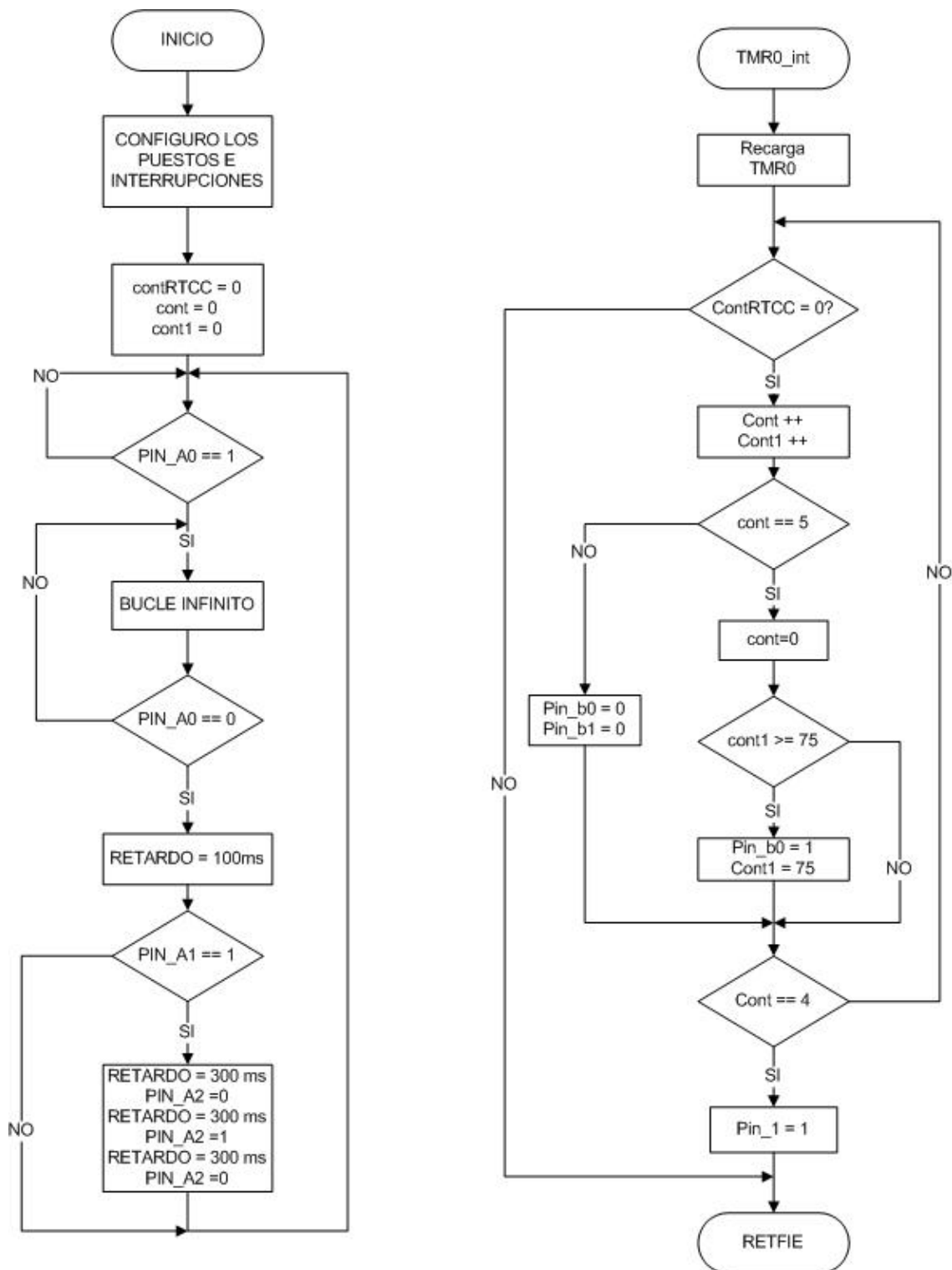


Figura 43. Circuito electrónico



(a) Configuración de puertos y temporización

(b) Programa principal

Figura 44. Diagrama de flujo: (a) configuración de puertos y temporización, (b) Programa principal

3.13.3 ACTIVACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La activación de la banda transportadora es por medio del botón de inicio de todo el sistema ya que la velocidad de la banda es constante y desde el inicio del proceso. (Ver Figura 45.)

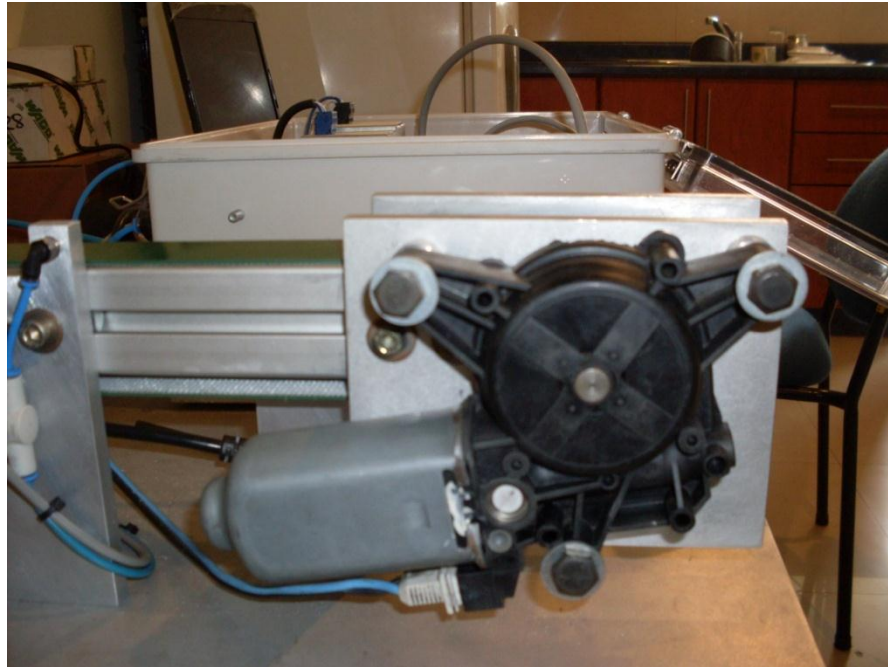


Figura 45. Fotografía del moto reductor de la banda transportadora

3.13.4 MODULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL INSPECTOR I20

El inspector I20 consta de un módulo de E/S que está incluido en la oferta de accesorios SICK para pruebas de configuración gráfico 6, la configuración del circuito eléctrico del modulo de entradas y salidas nos permite utilizar las entradas y salidas del modulo para la captura de la imagen y el control de calidad de las tapas. (Ver Figura 46 y Figura 47.)



Figura 46. Fotografía del modulo del inspector I20

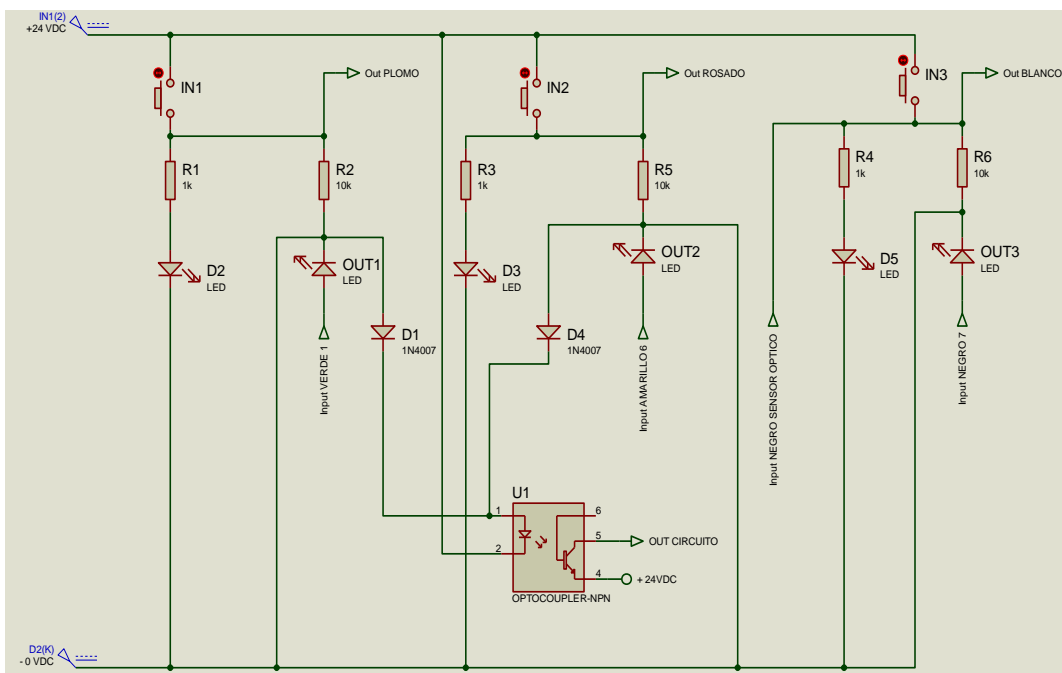


Figura 47. Circuito eléctrico modulo del inspector I20

3.13.5 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

La alimentación de energía para todos los elementos del gabinete de control se realiza por medio de dos fuentes de voltaje una de 12 Vdc/8A y una fuente de 24 Vdc/1.5A la fuente de 12 voltios alimenta al circuito de control de velocidad del moto

reductor del alimentador de tapas, al circuito del control del distribuidor electroneumático de tapas, al motoreductor de la banda transportadora, mientras que al modulo de entradas y salidas del inspector I20 (450mA) y las bobinas de las válvulas (180mA) se alimentan con la fuente electrónica de 24Vdc. (Ver Figura 48.)



Figura 48. Fotografía de fuentes de alimentación

3.13.6 BORNERAS

En las borneras de distribución se encuentra la alimentación de 120 V AC para la fuente de 12VDC Y 24VDC. (Ver Figura 49.)

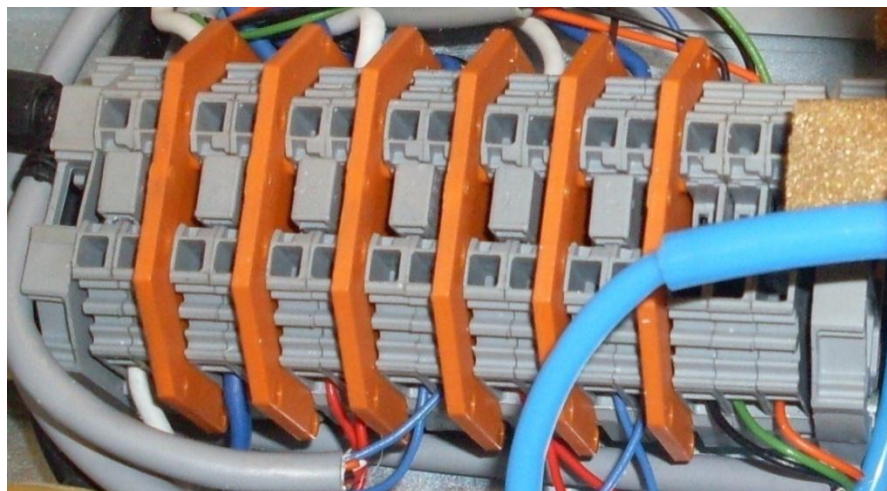


Figura 49. Fotografía de borneras

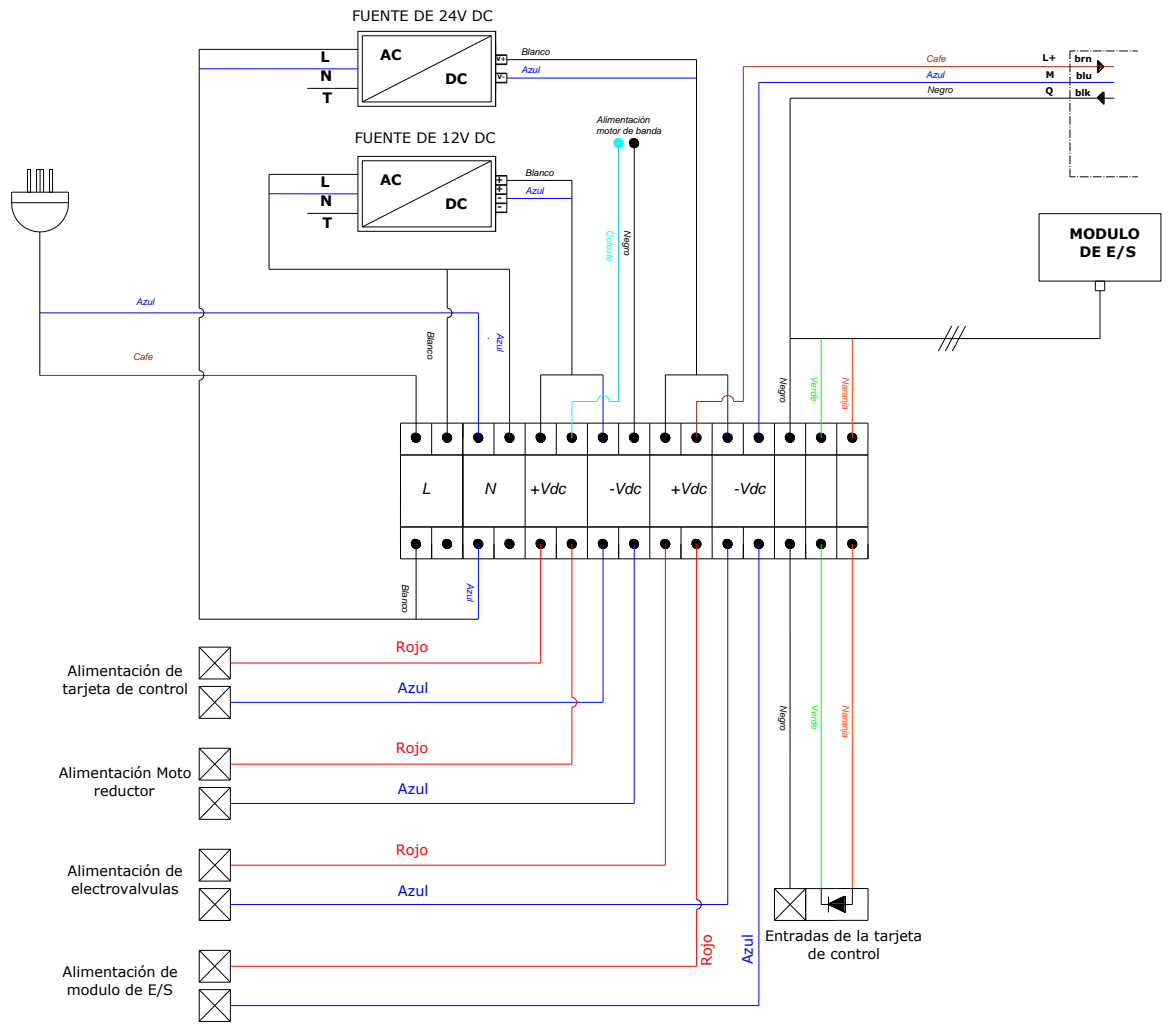


Figura 50. Plano eléctrico del gabinete de control

4 DATOS EXPERIMENTALES

4.1 PRUEBAS REALIZADAS

En esta sección se presentan las pruebas que se tuvieron que realizar para la verificación total del sistema completo de clasificador de tapas.

Las pruebas se dividen en dos secciones: las pruebas de software (captura de imagen y detalles a inspeccionar), las pruebas del sistema completo (banda en movimiento, sistema de iluminación, etc.) y los resultados de las pruebas realizadas con su porcentaje de eficiencia y de error.

4.1.1 PRUEBAS DE VIDEO

La primera prueba realizada en el área de video consiste en determinar las características de la cámara inteligente a usar ,esta cámara de marca SICK posee una resolución de 384 x 384 pixeles con una distancia de exploración nominal de 50 mm (con Domo) ,una campo de visión de 30×30^2 mm (con Domo)con una serie de funciones de medición como Contorno, Contador de pixels, Contador de pixels del borde , posee una fuente de luz de 6 LEDs de alta potencia y un anillo de luz (Domo) además posee una interfaz de Ethernet para su configuración para realizar esta parte, se utiliza el software SOPAS .

La parte de captura de imagen y detalles de inspección se realiza en la configuración del software SOPAS.

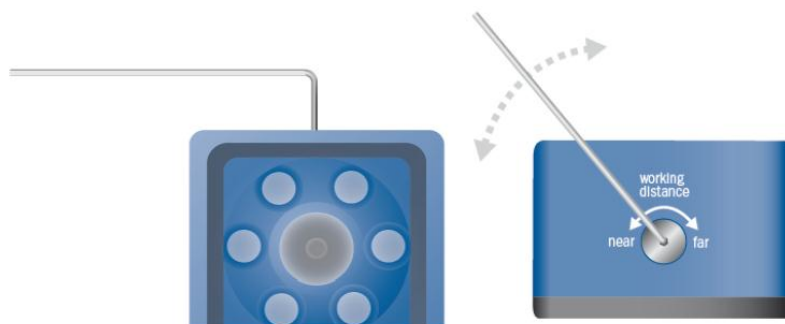
Mientras se realizaban las pruebas nos vimos en la necesidad de:

4.1.1.1 Ajustar el enfoque y la exposición

Para mejorar la calidad de la imagen colocamos la tapa delante del inspector de manera que se vea en la pestaña Imagen en directo, ya que si no se considera este factor la tapa aparece borrosa en la captura que realiza la cámara

Ajustamos el enfoque girando el tornillo de ajuste en la parte superior del inspector con una llave Allen de 2 mm. Ajustamos el enfoque hasta que la imagen quede bien enfocada. (Ver Figura 51.)

Figura 51. Dibujo demostrativo



Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

Ajustamos el parámetro Exposición hasta que la imagen sea nítida y puedan distinguirse fácilmente del fondo los rasgos de detalle del objeto. Si es necesario, ajuste la Ganancia para aumentar el brillo de la imagen, o presionando el botón Auto si desea que el Inspector ajuste automáticamente la exposición y la ganancia.

4.1.1.2 Realizar el aprendizaje de un objeto de referencia

Se utiliza un algoritmo que localiza el objeto para enseñarle a la cámara a reconocer los objetos que debe inspeccionar. En la interfaz gráfica de SOPAS el inspector capturará una imagen del objeto para utilizarla como referencia, y conmuta

para su visualización en Imagen en directo. Esto crea una Región de localización del objeto (rectángulo azul) en la imagen. El contorno que el Inspector encuentra en esta región se marca en verde. (Ver Figura 52.)

Figura 52. Selección de contorno



Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

Si resulta difícil hacer desaparecer elementos destacados en el fondo con el ajuste Intensidad del borde, se utiliza la Herramienta Máscara para tapar áreas de la región que quedan fuera del objeto.

4.1.1.3 Añadir una inspección de detalle

El software de la cámara de visión artificial cuenta con un conjunto de funciones para la inspección de detalles del logotipo. (Ver Figura 53.)

Figura 53. tipos de inspección



Fuente: Manual del Usuario SICK Inspector

Tomando en cuenta que el contador de píxeles del borde y el contador no les afecta la posición de la tapa en su inspección escogimos al contador de píxeles por la aplicación no tomamos en cuenta al inspector de contorno ya que la tapa debe estar en una sola posición para utilizar este tipo de inspección.

4.1.1.4 Datos Obtenidos del Video

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

La prueba consiste en contabilizar el número de píxeles negros que tiene el área seleccionada con el contador de píxeles del software SOPAS

Las pruebas fueron realizadas con 40 tapas en 30 pruebas consecutivas:

Tabla XIII. Datos de pruebas de video con SOPAS

Pruebas	Promedio Tapa A
1	24,75
2	24,79
3	24,78
4	24,77
5	23,78
6	24,77
7	24,79
8	24,79
9	24,78
10	24,79
11	24,78

12	24,77
13	24,78
14	24,77
15	24,75
16	24,79
17	24,79
18	24,78
19	24,79
20	24,74
21	24,75
22	24,76
23	24,78
24	24,74
25	24,76
26	24,73
27	24,79
28	24,78
29	24,79
30	24,78
Media	24,73
Mediana	24,78
Moda	24,79
Varianza	0,033
Error %	0,24%

Con la tapa tipo A cuyo número de píxeles negros es de 24,79 en la tapa patrón, se obtuvo una media de 24,73 una mediana de 24,78 una moda de 24,79, cabe señalar que 35 tapas del total de 1200 tapas de este tipo fueron rechazadas de la banda por no estar dentro del rango de selección.

El valor del porcentaje de error para el tipo de tapa A, es 0.24%, de manera general se puede decir que los resultados fueron muy satisfactorios, ya que el porcentajes de error es aceptable.

4.1.2 PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO

Para realizar las pruebas del sistema completo se unió el alimentador de tapas la banda transportadora, el canal deslizante, el gabinete de control y la cámara.

En esta etapa se pudo comprender que la mejor forma de realizar las capturas de las tapas no es con la entrada I3 del modulo de E/S que captura la imagen manualmente.

Es mejor por medio de un sensor óptico que de la señal a la cámara para que realice la toma.

En la etapa de funcionamiento nos pudimos dar cuenta que el retardo de activación de la cámara por medio de un sensor óptico era muy pequeño y la cámara tomaba antes de que pase la tapa entonces se opto por configurar un tiempo mayor de retardo en el inspector I20.

Uno de los problemas que surgieron en estas primeras pruebas, fue el estancamiento de las tapas en la lámina de acero inoxidable de la tolva donde se opto por soldar una pequeño lámina de acero en el disco giratorio para que libere a las tapas estancadas.

A medida que se iban realizando más pruebas, los inconvenientes seguían presentándose; como por ejemplo el tiempo de activación del cilindro en el punto de ataque era muy reducido lo que causaba que las tapas se atoren entre el vástago y el canal se pensó en reducir el caudal que llega a la cámara del cilindro para

aumentar el tiempo de activado del cilindro y que la tapa pueda salir sin problemas no resulto por lo cual se tuvo que cambiar los tiempos del TIMER0 del MICROCONTROLADOR para que la electroválvula que activa el vástago se demore más tiempo en desactivarse.

En el transcurso de las pruebas nos dimos cuenta que avía una pérdida de tapas de la tolva debido a la forma de la lamina de acero inoxidable donde fue necesario limar los bordes de la lamina para reducir la perdida de tapas.

4.1.2.1 Datos Obtenidos del Sistema

Para poder obtener resultados plausibles se decidió realizar 30 pruebas con 40 tapas depositadas en la tolva para tres diferentes partes del proceso.

Tabla XIV. Datos de la tolva

Pruebas	Total de tapas direccionadas	Tapas direccionadas	Tapas perdidas	Error 100%
1	40	37	3	7,5%
2	40	40	0	0
3	40	38	2	5%
4	40	40	0	0
5	40	36	4	10%
6	40	40	0	0
7	40	40	0	0
8	40	35	5	12,5%
9	40	40	0	0
10	40	40	0	0
11	40	39	1	2.5%
12	40	37	3	7,5%
13	40	38	2	5%
14	40	40	0	0
15	40	40	0	0
16	40	40	0	0
17	40	35	5	12,5%
18	40	40	0	0
19	40	40	0	0

20	40	39	1	2.5%
21	40	36	4	10%
22	40	35	5	12,5%
23	40	40	0	0
24	40	38	2	5%
25	40	40	0	0
26	40	35	5	12,5%
27	40	38	2	5%
28	40	37	3	7,5%
29	40	39	1	2.5%
30	40	40	0	0
	Total	1152	48	112,5
	Media	38	2	4,1%

Tabla XV. Datos del orientador de tapas

Pruebas	Total de tapas orientadas	Tapas orientadas UTN	tapa atoradas en diente	Error 100%
1	40	39	1	2.5%
2	40	40	0	0
3	40	39	1	2.5%
4	40	40	0	0
5	40	39	1	2.5%
6	40	37	3	7.5%
7	40	38	2	5
8	40	39	1	2.5%
9	40	39	1	2.5%
10	40	40	0	0
11	40	35	5	12,5%
12	40	36	4	10%
13	40	39	1	2,5%
14	40	37	3	7.5%
15	40	38	2	5%
16	40	39	1	2.5%
17	40	40	0	0
18	40	38	2	5%
19	40	35	5	12,5%
20	40	35	5	12,5%
21	40	37	3	7.5%
22	40	40	0	0

23	40	38	2	5%
24	40	37	3	7.5%
25	40	40	0	0
26	40	40	0	0
27	40	38	2	5%
28	40	39	1	2.5%
29	40	40	0	0
30	40	40	0	0
	Total	1151	49	75
	Media	38	2	3,9%

Tabla XVI. Datos del dosificador de tapas

Pruebas	Total de tapas dosificadas	Tapas dosificadas	Exceso de tapas en banda	tapa atoradas en cilindro	Error 100%
1	40	39	0	1	2.5%
2	40	39	1	0	2,5%
3	40	38	1	1	5%
4	40	40	0	0	0
5	40	39	0	1	2.5%
6	40	39	1	0	2,5%
7	40	40	0	0	0
8	40	39	1	0	2,5%
9	40	39	0	1	2.5%
10	40	39	1	0	2,5%
11	40	39	0	1	2.5%
12	40	39	1	0	2,5%
13	40	38	1	1	5%
14	40	40	0	0	0
15	40	39	0	1	2.5%
16	40	39	1	0	2,5%
17	40	40	0	0	0
18	40	39	1	0	2,5%
19	40	39	0	1	2.5%
20	40	39	1	0	2,5%
21	40	39	1	0	2,5%
22	40	40	0	0	0
23	40	40	0	0	0
24	40	38	1	1	5%
25	40	39	0	1	2.5%

26	40	39	1	0	2,5%
27	40	40	0	0	0
28	40	38	1	1	5%
29	40	39	1	0	2,5%
30	40	38	1	1	5%
	Total	1172	16	12	52,5
	Media	39	1	0	2,2%

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizadas las pruebas y obteniendo la valoración de las mismas, podemos decir que las 40 muestras usadas representan un número considerable para su análisis.

Debido a que los valores de media, mediana y moda en cada uno de los grupos en las 30 pruebas de tapas en los cuales hace referencia nuestro análisis, son similares entre sí, se puede decir que tienen una distribución uniforme, por lo tanto los valores a obtener en las pruebas tienen una mayor probabilidad de coincidir con el número de píxeles de la tapa patrón. Consecuentemente, la dispersión del número de píxeles con respecto a la tapa patrón de cada tipo de tapa es mínima tomando en cuenta que la varianza es apenas de 0,033 en promedio.

El porcentaje de error relativamente bajo nos demuestra que el sistema implementado nos brinda unos resultados confiables; y mucho más considerando que siendo la cámara uno de los elementos significativos para el éxito de este proyecto, es configurable para tener una mayor exactitud.

Tomando en cuenta las pruebas realizadas en el sistema completo llegamos a obtener un error total de 10,2% el cual se podría considerar como un valor máximo ya que este porcentaje es la suma de los promedios de las peores condiciones en otras palabras para que se de este error tiene que haber un exceso de tapas en la

banda, tapas atoradas en el cilindro, tapas atoradas en diente y tapas perdidas de la tolva.

4.3 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO

Analizar como las tapas van por la banda transportadora desarrollando una trayectoria lineal, permite conocer el comportamiento del sistema para un mejor comportamiento de la cámara inteligente y conocer la cantidad de tapas por unidad de tiempo que se es capaz de clasificar.

Si se considera que las electroválvulas en el punto de conmutación están en capacidad de activar los cilindros cada 2 segundos, lo que indica que el punto está en capacidad de conmutar 30 TPM (TAPAS POR MINUTO).

$$TPM = \left(\frac{1 \text{ TAPA}}{2 \text{ seg}} \right) \times \left(\frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right) \times (1 \text{ Punto de Ataque}) = 30 \text{ TPM}$$

Si se tiene en cuenta que en la medida que hayan tapas en la banda transportadora a una velocidad constante, aunque con el tipo de motor que se suministra (100 RPM aproximadamente), el avance de las tapas es de:

Se requiere calcular la velocidad angular del motor de la banda transportadora:

$$w = \left(\frac{100 \text{ RPM} \times \left[\left(\frac{2 \pi}{60} \right) (\text{rad/seg}) \right]}{1 \text{ RPM}} \right) = 10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Como el radio que describe la parte curva de la banda es de 22.5 mm = 0.0225 m, se tiene que la velocidad lineal de avance es de:

$$v = 0.0225 \text{ m} \times \left(10 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}\right) = 0.225 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Es decir que la banda transportadora avanza 225 mm por segundo lo que indica un desplazamiento adecuado ya que no va provocar una velocidad excesiva en el número de tapas en la banda transportadora que exceda la frecuencia de inspección de la cámara de visión artificial.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El canal ordenador con una trampa mecánica implementada permite disminuir el número de sensores para la verificación de la posición de la tapa bocarriba.
- El punto de conmutación mejora la estabilidad en la salida de las tapas a la banda transportadora.
- Los sopladores en el punto de conmutación permiten aumentar la velocidad del número de tapas entregadas a la banda transportadora.
- La implementación de la cámara de visión artificial inspector I20 es una muy buena opción para la inspección de defectos superficiales para grandes volúmenes de producción.
- El gabinete de control cuenta con un fácil manejo para el encendido y apagado del sistema clasificador de tapas con un solo botón además de una tapa transparente para visualizar los tiempos de conmutación en los led's realizando la estética del producto.

- La banda de PVC tienen un buen agarre para evitar el desbordamiento de las tapas en la banda transportadora a 225 mm/s.
- Un desbaste en los tambores cilíndricos de forma que el diámetro disminuya ligeramente en ambos lados con simétrica logra impedir que la banda de PVC se salga del tambor al rotar, dado que así la banda apriete más por el centro evitando que se remuerda.
- El sistema clasificador de tapas está funcionando en la empresa ECUAinsetec como modulo demostrativo cumpliendo con las expectativas de la empresa patrocinadora de promocionar sistemas de automatización con visión artificial.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para utilizar la cámara de visión artificial en distancias mayores a 5 cm se recomienda desactivar el anillo de luz debido a que distorsiona la imagen.
- En caso de que el usuario de la maquina necesite otra medida de tapas, se recomienda que se realice cambios en el canal deslizante y en la tolva, ya que éstos, son diseñados para una medida de mayor uso de 31 x 15 mm.
- En un sistema industrial o aplicación, se puede añadir una rejilla sobre el alimentador de tapas para evitar pérdida de tapas por rebosamiento.
- Para expulsar las tapas atoradas en el diente se puede utilizar un soplador para impulsarlas al disco.

- Si va utilizar tapas de diferentes dimensiones (altura) procure calibrar antes el cilindro de membrana para que sujete la tapa y así obtener un buen funcionamiento del punto de ataque .
- Procure utilizar elementos que estén dentro del campo de visión de 30 x 30 mm² a una distancia de 50 mm para obtener mejores resultados de la inspección.
- Tenga muy en cuenta el tiempo de respuesta mínimo ≥ 10 ms ya que es el tiempo mínimo que se tarda en activar una de las salidas Out 1 , Out 2 , Out 3 y puede aumentar dependiendo del número de características que se quiera verificar en la tapa rosca plástica, variando así el numero de tapas por minuto que podría llegar a inspeccionar.
- Para periodos de activación largos de la banda transportadora se recomienda utilizar un sensor de presencia en el punto de ataque que controle la activación del motor utilizado en la banda transportadora para evitar el calentamiento del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- [1] Mott Robert L, "*Diseño de elementos de maquinas,*" Cuarta Edición. Editorial Prentice-Hall. México. 2006..
- [2] Riba Carles," *Diseño concurrente,*" Primera Edición. Editorial Edicions UPC. España. 2002..
- [3] Shigley Joseph, " *Diseño en ingeniería mecánica,*" Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. México. 1980..
- [4] Auria José, Ibáñez Pedro, Ubieto Pedro, "*Dibujo Industrial Conjuntos y Despieces,*" Segunda Edición. Editorial Paraninfo. España. 2000..
- [5] Wildi Theodore, " *Maquinas Eléctricas Y Sistemas de Potencia,*" Sexta Edición. Editorial Pearson. México. 2007..
- [6] Creus Antonio, "*Neumática e Hidráulica,*" Primera Edición. Editorial Prentice-Hall. México. 2008..
- [7] García Iván, "*Visión Artificial y Procesamiento Digital de imágenes usando Matlab,*" Primera Edición. Ibarra. 2008..
- [8] Ponce Pedro, Sampe Javier, "*Maquinas eléctricas y técnicas modernas de control,*" Primera Edicion. Editorial Alfaomega. Mexico. Enero 2008.
- [9] Wiazania Marcin," *Programación del microcontrolador AVR utilizando Bascom,*" Primera Edición, Editorial Wydawnictwo BTC. Polonia. 2004.
- [10] Cerna Wilson, Quezada Carlos, "*AutoCAD 2009 para todos,*" Primera Edicion. Editorial Megabyte. Peru. Septiembre 2008..
- [11] Cetinkunt Sabri, "*Mecatronica,*" Primera Edicion. Editorial Patria. Mexico. 2007..
- [12] Johnson Dave,"*Fotografía digital,*" Primera Edición. Editorial McGraw-Hill. México. 2000..
- [13] Luzadder Warren, "*Fundamentos de Dibujo en Ingeniería,*" Novena Edición. Editorial Prentice-Hall. Mexico.1988..

- [14] Bolton W, "*Mecatronica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica,*" Tercera Edición. Editorial Alfaomega. México, febrero 2006..
- [15] Giesecke Frederick , Mitchell Alva, Cecil Henry, Leroy Ivan, "*Dibujo Técnico,*" Sexta Edición. Editorial Limusa. México. 1992..
- [16] Malvino Albert, Bates David "*Principios de Electrónica,*" Séptima Edición. Editorial McGraw-Hill. España. 2007
- [17] "Neumatica smc International Training" Segunda Edición. Editorial Thomson - Paraninfo.España.2003
- [18] Beer Ferdinand , Johnston Russell, Jr."*Mecánica de Materiales*" Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill, Colombia. junio 2001.
- [19] Gonzalez R.; Woods Richard, "*Digital Image Processing,*" Second Edition. Editorial Prentice-Hall. United States of America. 2002..
- [20] Relf Christopher, "*Image Acquisition and Processing with LabVIEW,*" first Edition. Editorial Crc Press. United States of America. 2004..
- [21] Russ John , "*The Image Processing Handbook,*" Third Edition. Editorial Crc Press . United States of America. 1999.
- [22] Instituto Ecuatoriano de Normalización "*Código de Dibujo Técnico-Mecánico*" Quito, Ecuador 1981.
- [23] Juez, Scharkus, Lebert,"*Prontuario de metales, tablas para la industria metalurgica,*" Tercera Edición. Editorial Reverte. España. 1984.

Tesis:

- [24] Bedoya I.; Quisirumbay D., "*Diseño y construcción de una maquina semiautomática selladora de fundas plásticas con una capacidad de treinta sellos por minuto,*" Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Jun. 2007.
- [25] Paucar L.; Peña V., "*Diseño de dos bandas trasportadoras de 100x10cm y dos de 30x10cm con motores controlados con dsPICs,*" Proyecto de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2008.

- [26] Emmanuel Sánchez., *“Automatización de una maquina industrial cerradora de tapas,”* Proyecto de titulación, Unidad Azcapotzalco, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Mexico, D.F. Jun. 2009.
- [27] Quevedo A.; Garzón D., *“Diseño y construcción de un modelo automático de visión artificial para el control de calidad en la impresión y liner de la tapa metálica ,”* Proyecto de titulación, Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería de Diseño & Automatización Electrónica, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia. Nov. 2006.
- [28] Romero A., *“Diseño de una maquina llenadora lineal para botellas tipo pet,”* Proyecto de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2005.
- [29] Sánchez D.; Motivar D., *“Simulación del proceso de ensamble de tapas pico,”* Proyecto de titulación, Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería de Diseño y Automatización, Bogotá, D.C., Colombia. 2006.
- [30] Pogo L., *“Construcción de un Transportador Neumático para Tapas Corona ”* Proyecto de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 1991.
- [31] Pacheco G., *“Diseño de un Sistema Roscador de Tapas Inviolables”* Proyecto de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2008.
- [32] Curipoma A *“Aplicación de la visión con LabView para la Detección de Frascos entre 50 y 120 milímetros de altura, ”* Proyecto de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2009.
- [33] Ramírez J, *“Desarrollo de una aplicación de inspección visual utilizando visión por computadora,”* Proyecto de titulación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, junio. 2006.
- [34] Rodríguez M.; Cortez C., *“Máquina Automática de Llenado y Sellado de Envases tipo Pet para Condimentos en Polvo,”* Proyecto de titulación, Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería de Diseño y Automatización, Bogotá, D.C., Colombia. 2007.

- [35] López J.; Morillo M., *"Diseño y construcción de un remolque con capacidad para dos motocicletas,"* Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Feb. 2009.
- [36] Coque E.; Monteros M., *"Diseño y construcción de un sistema modular para elevación de cargas en edificios de estructura de acero en construcción,"* Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Jun. 2009.
- [37] Moreno E., *"Diseño de una maquina empacadora dosificadora y selladora de fundas para arroz,"* Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Ene. 2010.
- [38] Ramirez H.; Vallejo C., *"Diseño y simulación en inventor de una maquina desbobinadora de flejes de acero,"* Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. May. 2010.
- [39] Cordero M.; Haro A., *"Diseño de una mesa quirúrgica manual y un equipo de suministro de anestesia para clínicas y hospitales"* Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Ago. 2010.

Artículos presentados en conferencias:

- [40] Minchala, Ismael, Presentación curso *"Procesamiento Digital de Imágenes,"* National Instruments. Ecuador, 2009.

Artículos Internet:

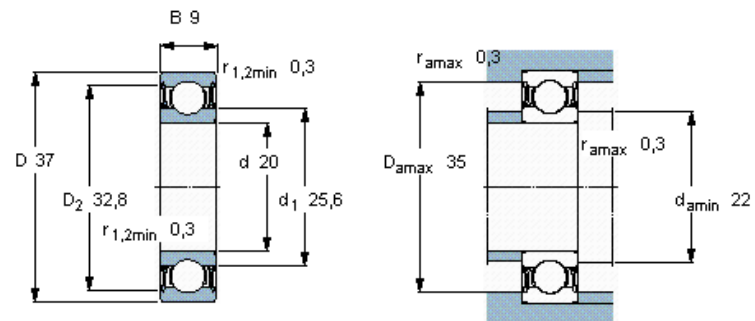
- [41] Meyer Ernesto, *"Reconocimiento de patrones,"* [Online]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_de_patrones#cite_note-0. España 2006.
- [42] Cancelas José, *"Introducción a la Visión por Computador,"* [Online]. Disponible: http://isa.uniovi.es/~cancelas/doctorado/sis_percep0.ppt. España 2008.
- [43] *"Manual del Usuario SICK Inspector,"* [Online]. Disponible: http://www.sick.com/es/es-es/home/products/product_news/vision/Pages/inspector_i20.aspx. Alemania, 2009.

ANEXO A

RODAMIENTOS SELECCIONADOS

Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera, obturaciones rozantes de baja fricción en ambos lados

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	C	C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm		kg	-
20	37	9	6,37	3,65	0,156	43000	20000	0,038	61904-2RZ

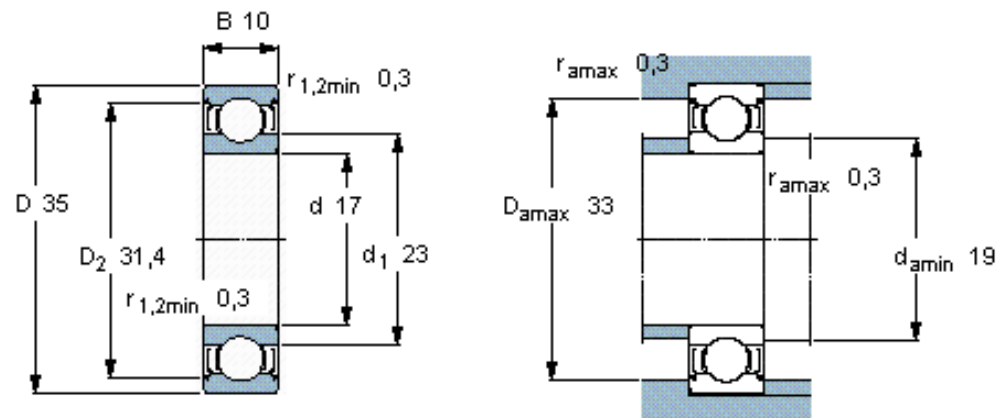


Factores de cálculo

k_r 0,02
 f_0 15

Deep groove ball bearings, single row, shield on both sides

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P_u	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	-
17	35	10	6,37	3,25	0,137	45000	22000	0,039	6003-2Z *



Calculation factors

 $k_r = 0,025$
 $f_0 = 14$

ANEXO B

TABLA DE PROPIEDADES MECÁNICAS

APÉNDICE 6 PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Designación del material		Condición	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en pulgadas)
Número AISI	UNS		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
Aceros austeníticos							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Duro total	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Duro total	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
Aceros ferríticos							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25
Aceros martensíticos							
410	S41000	Recocido	75	517	40	276	30
416	S41600	Q&T 600	180	1240	140	966	15
		Q&T 1000	145	1000	115	793	20
		Q&T 1400	90	621	60	414	30
431	S43100	Q&T 600	195	1344	150	1034	15
440A	S44002	Q&T 600	280	1930	270	1860	3
Aceros endurecidos por precipitación							
17-4PH	S17400	H 900	200	1380	185	1280	14
		H 1150	145	1000	125	862	19
17-7PH	S17700	RH 950	200	1380	175	1210	10
		TH 1050	175	1210	155	1070	12

A-20 Propiedades típicas de plásticos seleccionados.

Material	Tipo	Resistencia a la tensión		Módulo de tensión		Resistencia a la flexión		Módulo de flexión		Resistencia al impacto IZOD (ft·lb/in de muesca)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
Nylon 66	Seco	21.0	146	1200	8700	32.0	221	1100	7900	
30% de vidrio	50% de H.R.	15.0	102	800	5500					
ABS	Mediano impacto	6.0	41	360	2480	11.5	79	310	2140	4.0
	Alto impacto	5.0	34	250	1720	8.0	55	260	1790	7.0
Polycarbonato	Uso general	9.0	62	340	2340	11.0	76	300	2070	12.0
Acrílico	Estándar	10.5	72	430	2960	16.0	110	460	3170	0.4
	Alto impacto	5.4	37	220	1520	7.0	48	230	1590	1.2
PVC	Rígido	6.0	41	350	2410			300	2070	0.4-20.0
										(varía ampliamente)
Polimida	Relleno de grafito en polvo al 25%	5.7	39			12.8	88	900	6210	0.25
	Relleno de fibra de vidrio	27.0	186			50.0	345	3250	22 400	17.0
	Laminado	50.0	345			70.0	483	4000	27 580	13.0
Acetal	Copolímero	8.0	55	410	2830	13.0	90	375	2590	1.3
Poliuretano	Elastómero	5.0	34	100	690	0.6	4			No se rompe
Fenólico	General	6.5	45	1100	7580	9.0	62	1100	7580	0.3
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (aprox. 30% de vidrio en peso)										
	Trenzado, molde contacto	9.0	62			16.0	110	800	5520	
	Moldeado a presión en frío	12.0	83			22.0	152	1300	8960	
	Moldeado a compresión	25.0	172			10.0	69	1300	8960	

A-14 Propiedades típicas de aceros al carbón y de aleación

Material AISI núm.	Condición†	Resistencia máxima, s_u		Resistencia a la cadencia, s_y		Porcentaje de alargamiento
		ksi	MPa	ksi	MPa	
1020	Recocido	57	393	43	296	36
1020	Laminado en caliente	65	448	48	331	36
1020	Estirado en frío	75	517	64	441	20
1040	Recocido	75	517	51	352	30
1040	Laminado en caliente	90	621	60	414	25
1040	Estirado en frío	97	669	82	565	16
1040	WQT 700	127	876	93	641	19
1040	WQT 900	118	814	90	621	22
1040	WQT 1100	107	738	80	552	24
1040	WQT 1300	87	600	63	434	32
1080	Recocido	89	614	54	372	25
1080	OQT 700	189	1303	141	972	12
1080	OQT 900	179	1234	129	889	13
1080	OQT 1100	145	1000	103	710	17
1080	OQT 1300	117	807	70	483	23
1141	Recocido	87	600	51	352	26
1141	Estirado en frío	112	772	95	655	14
1141	OQT 700	193	1331	172	1186	9
1141	OQT 900	146	1007	129	889	15
1141	OQT 1100	116	800	97	669	20
1141	OQT 1300	94	648	68	469	28
4140	Recocido	95	655	60	414	26
4140	OQT 700	231	1593	212	1462	12
4140	OQT 900	187	1289	173	1193	15
4140	OQT 1100	147	1014	131	903	18
4140	OQT 1300	118	814	101	696	23
5160	Recocido	105	724	40	276	17
5160	OQT 700	263	1813	238	1641	9
5160	OQT 900	196	1351	179	1234	12
5160	OQT 1100	149	1027	132	910	17
5160	OQT 1300	115	793	103	710	23

*Otras propiedades aproximadamente iguales para todos los aceros aleados y al carbón.

Módulo de elasticidad a tensión = 30 000 000 lb/in² (207 GPa)

Módulo de elasticidad a cortante = 11 500 000 lb/in² (80 GPa)

Densidad = 0.283 lb_m/in³ (7680 kg/m³)

†OQT significa templado y enfriado en aceite. WQT significa templado y enfriado en agua.

APÉNDICE 9 PROPIEDADES TÍPICAS DEL ALUMINIO

Aleación y tratamiento	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Resistencia al corte		Resistencia a la fatiga	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
1060-O	10	69	4	28	43	7	48	3	21
1060-H14	14	97	11	76	12	9	62	5	34
1060-H18	19	131	18	124	6	11	121	6	41
1350-O	12	83	4	28	28	8	55		
1350-H14	16	110	14	97		10	69		
1350-H19	27	186	24	165		15	103	7	48
2014-O	27	186	14	97	18	18	124	13	90
2014-T4	62	427	42	290	20	38	262	20	138
2014-T6	70	483	60	414	13	42	290	18	124
2024-O	27	186	11	76	22	18	124	13	90
2024-T4	68	469	47	324	19	41	283	20	138
2024-T361	72	496	57	393	12	42	290	18	124
2219-O	25	172	11	76	18				
2219-T62	60	414	42	290	10			15	103
2219-T87	69	476	57	393	10			15	103
3003-O	16	110	6	41	40	11	121	7	48
3003-H14	22	152	21	145	16	14	97	9	62
3003-H18	29	200	27	186	10	16	110	10	69
5052-O	28	193	13	90	30	18	124	16	110
5052-H34	38	262	31	214	14	21	145	18	124
5052-H38	42	290	37	255	8	24	165	20	138
6061-O	18	124	8	55	30	12	83	9	62
6061-T4	35	241	21	145	25	24	165	14	97
6061-T6	45	310	40	276	17	30	207	14	97
6063-O	13	90	7	48		10	69	8	55
6063-T4	25	172	13	90	22				
6063-T6	35	241	31	214	12	22	152	10	69
7001-O	37	255	22	152	14				
7001-T6	98	676	91	627	9			22	152
7075-O	33	228	15	103	16	22	152		
7075-T6	83	572	73	503	11	48	331	23	159

Nota: Propiedades comunes:

Densidad: 0.095 a 0.102 lb/pulg³ (2635 a 2829 kg/m³)

Módulo de elasticidad: 10 a 10.6 × 10⁶ psi (69 a 73 GPa)

Resistencia a la fatiga a 5 × 10⁶ ciclos

ANEXO C

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SENSOR FOTOELÉCTRICO

Technical specifications		WT100-	N1419	N3419	N4419	P1419	P3419	P4419
Scanning distance typ. max.	4 ... 140 mm ¹⁾							
Operating distance	10 ... 100 mm ¹⁾							
Adjustment of operating distance	Potentiometer							
Light source, light type	LED, red light, 680 nm ²⁾							
Light spot diameter	Approx. 8 mm at 90 mm distance							
Supply voltage V_s	DC 10 ... 30 V ³⁾							
Ripple	± 10 % ⁴⁾							
Power consumption	≤ 30 mA ⁵⁾							
Switching outputs	NPN: open collector: Q							
	PNP: open collector: Q							
Signal voltage PNP HIGH / LOW	V _s - 1.8 V / approx. 0 V							
Signal voltage NPN HIGH / LOW	Approx. V _s / < 1.8 V							
Switching mode	Light-/dark-switching via rotary switch							
Output current I _a max	100 mA							
Response time	≤ 0.5 ms ⁶⁾							
Switching frequency	1,000 Hz ⁷⁾							
Connection type	Cable, PVC, 2 m ⁸⁾							
	Connector, M8, 3-pin							
	Connector, M8, 4-pin							
VDE protection class	⊕							
Circuit protection	V _s connections reverse-polarity protected / In-/outputs short-circuit protected / Outputs overcurrent and short-circuit protected							
Enclosure rating	IP 65							
Ambient temperature operation	-25 °C ... +55 °C							
Ambient temperature storage	-40 °C ... +70 °C							
Weight	Approx. 53 g							
	Approx. 9 g							
Housing material	ABS, PC							

ANEXO D

MATERIALES PARA TARJETAS DE CONTROL

CONTROL DEL DISTRIBUIDOR DE TAPAS

Lista de materiales:

Resistencias a 1/4W

- 3 4.7 k Ω (R1, R7, R10)
- 3 330 Ω (R6, R8, R9)
- 2 27 k Ω (R2, R5)
- 2 100 k Ω (R3, R4))

Condensadores

Electrolíticos 1000uF (C2)

Electrolíticos 100uF (C1)

Semiconductores

- 3 Diodos 1N4007 (D1, D4, D8)
- 3 LED Amarillo (D5, D6, D7)
- 2 Zener de 5.1 V (D2, D3)
- 3 Transistor TIP 122 (Q1, Q2, Q3)
- 1 Optoacoplador- NPN-4N25 (U3)

Circuitos integrados

- 1 Regulador 7805 (U2)

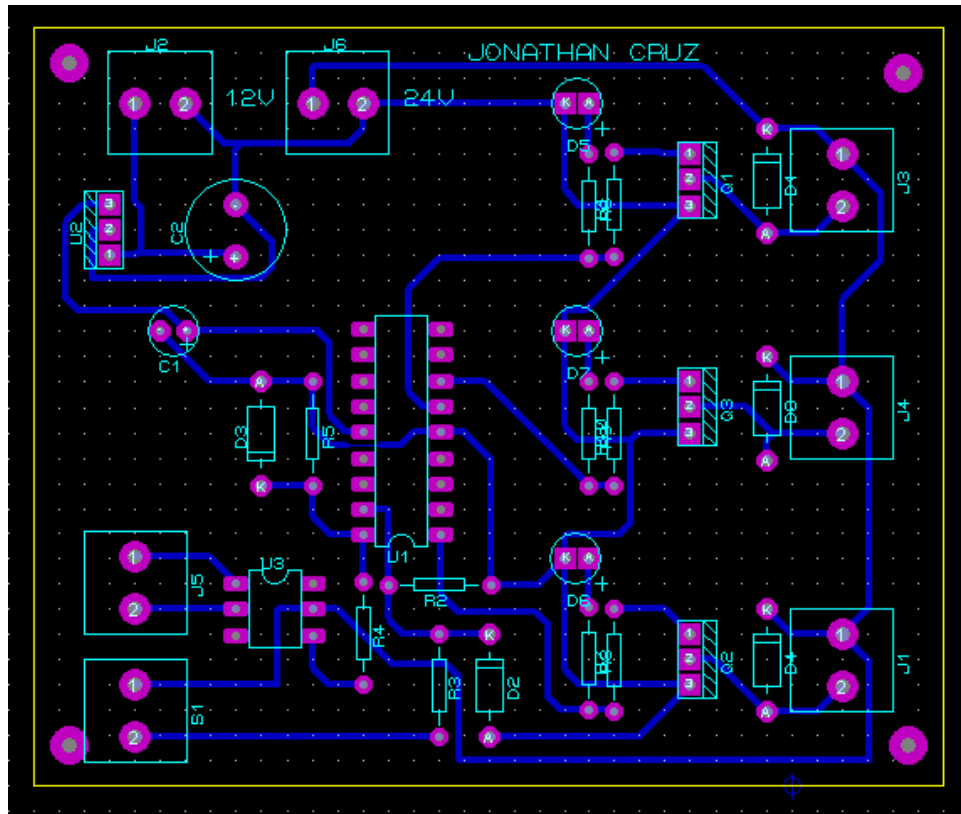
Microcontrolador

- 1 PIC16F628A

Varios

- 7 Conector de tornillo de 2 pines

CIRCUITO IMPRESO



PROGRAMA PRINCIPAL

```
//Programa: CONTROL DE TIEMPOS DEL DISTRIBUIDOR DE TAPAS
#include <16F628A.h>                //PIC utilizado
#fuses INTRC_IO,NOBODT,NOMCLR,NOLVP    //Configuracion de fusibles
#use delay(clock=4000000)           //Velocidad del cristal
#use standard_io(b)
#byte portb=0x08
int contRTCC= 0;                    //Registro auxiliar
int cont=0;
int16 cont1=0;
//int cont0=0;
#int_RTCC                          //Interrupcion por TMR0
void RTCC_isr(){
```

```

contRTCC++; //incrementa contador
if(contRTCC==30){ //complementa el estado de la salida
    contRTCC=0x00; //si han transcurrido 400ms
    cont++;
    cont1++;
    if (cont==5){
        if(cont1>=75){ // 30seg
            output_high(pin_b0);
            cont1=75;
        }
        output_high(pin_b1); //400ms activo el pin_b1
        cont=0;
    }
    else{
        output_low(pin_b0);
        output_low(pin_b1);
        if(cont==4) //1600ms
        {
            output_high(pin_b1);
        }
    }
}
set_RTCC(217); //recarga el TRM0
}

void main() {
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_256); //configura timer0
    set_RTCC(217); //Carga el TRM0
    enable_interrupts(INT_RTCC); //habilita interrupciones del timer
    enable_interrupts(global); //y en general
    output_low(pin_b0); //inicia con LED apagado
    set_tris_a(0x03);
    do{
        if (input(PIN_A0)){ //primer evento sensor optico

```

```
do{
}while(input(PIN_A0));
delay_ms(100);           // retardo de banda configurado en camara con 80ms
if (input(PIN_A1)){     // respuesta de opto acoplador en salida out1 out2
output_low(PIN_A2);
delay_ms(300);
output_high(PIN_A2);
delay_ms(300);
output_low(PIN_A2);
}
}
}while(TRUE);          //Repito el bucle

}
```

CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTO REDUCTOR

Lista de materiales:

Resistencias a 1/4W

- 1 10 k Ω (R2)
- 1 220 Ω (R1)
- 1 100 Ω (R3)
- 1 Potenciómetro de 50K Ω (J1)

Condensadores

- 1 Cerámico de 100 nF (C1)
- 1 Electrolítico de 100uF/25V (C2)

Semiconductores

- 1 Diodo 4007 (D1)
- 1 Transistor MOSFET IRF1Z44N (Q1)

Circuitos integrados

- 1 Regulador 7805 (U2)

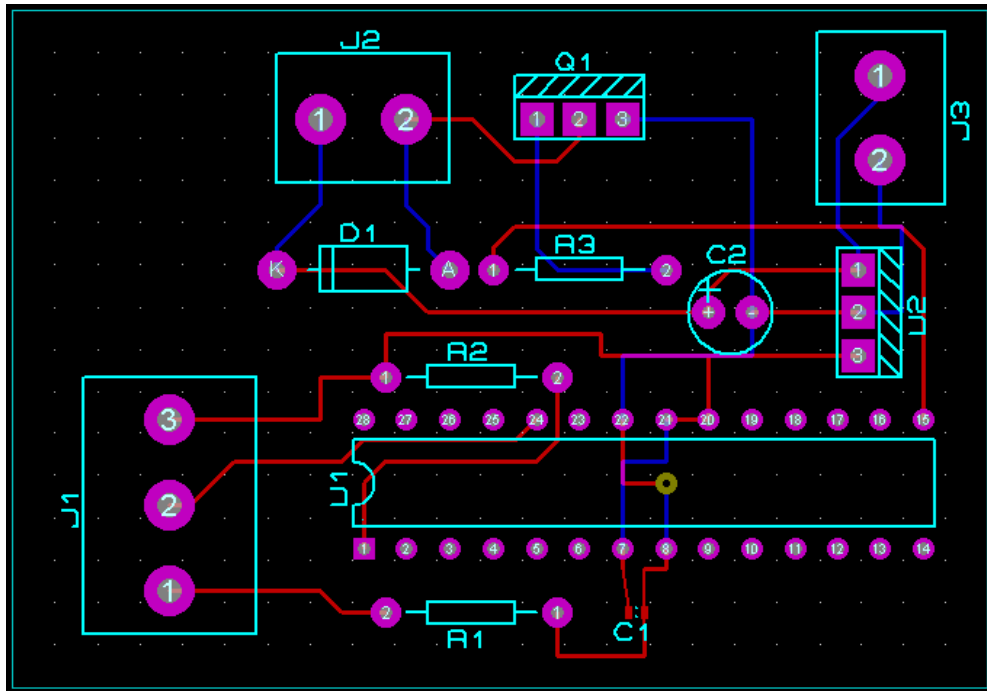
Microcontrolador

- 1 ATMEGA8 (U1)

Varios

- 2 Conector de tornillo de 2 pines
- 1 Conector de tornillo de 3 pines

CIRCUITO IMPRESO



PROGRAMA PRINCIPAL

```

$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 4000000
Enable Interrupts
Tccr1a = &B10100001      'configuración bits WGM11, WGM10 fase correcta
Tccr1b = &B00000010     'configuración bits WGM13, WGM12 fase correcta
Config Timer1 = Pwm , Pwm = 10 , Compare A Pwm = Clear Down , Compare B Pwm =
Disconnect , Prescale = 1    ' 1,95 KHZ
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal  'Configura conversor ADC
Start Adc
Dim A As Word
Do
  A = Getadc(1)           'lee canal analogico 1 en variable
  Pwm1a = A              'carga A con valor para PWM de 10 bits, fase correcta.
  Waitms 100            'Retardo
Loop
End                       'end program

```

ANEXO E

CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROVÁLVULAS

Datos técnicos generales: CPV10											
Función de válvula	Válvula de 5/2 vías		2 válvulas de 3/2 vías Posición de reposo			Válvula de 5/3 vías Posición central	2 válvulas de 2/2 vías Posición de reposo		Tobera de aspiración		
	monoestable de conmutación rápida	biestable	abierta	cerrada	1 abierta 1 cerrada	cerrada	cerrada	1 abierta 1 cerrada		Con impulso de expulsión	
Código de pedido para funciones de válvulas	M	F	J	N	C	H	G	D	I	A	E
Construcción	Válvula de corredera de accionamiento electromagnético (electroválvula)										
Tamaño [mm]	10										
Diámetro nominal [mm]	4										
Lubricación	No necesita lubricación, exento de sustancias agresivas para la laca										
Tipo de fijación	Mediante multipolo neumático										
	En el dorso										
	Sobre perfil H										
Posición de montaje	Indiferente										
Accionamiento manual auxiliar	Pulsador, enclavamiento o cubierto										
Caudal nominal sin racores [l/min]	400										
Conexiones neumáticas ¹⁾											
Conexión neumática	Mediante placa final										
Conexión de alimentación 1/11	G ¹ / ₈										
Conexión de escape 3/5	G ³ / ₈ (G ¹ / ₄)										
Utilizaciones 2/4	M7										
Conexión de aire de pilotaje 12/14	M5 (M7)										
Conexión de escape del aire de pilotaje 82/84	M5 (M7)										
Presión de funcionamiento [bar]											
Código de pedido para funciones de válvulas	M	F	J	N	C	H	G	D	I	A	E
Sin alimentación de pilotaje	3 ... 8										
Con alimentación de pilotaje P ₁ =P ₁₁	-0,9 ... +10										
Presión de pilotaje P ₁₂ =P ₁₄	3 ... 8										

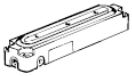
Datos eléctricos	
Compatibilidad electromagnética del terminal de válvulas CP con conexión CP	Emisión de interferencias según NE 61 000-6-4, „Emisión de interferencias en entornos industriales” A prueba de interferencias ¹⁾ controlado según NE 61 000-6-2, „A prueba de interferencias en entornos industriales”
Protección contra descargas eléctricas (protección contra contacto directo o indirecto según NE 60204-1/IEC 204)	Mediante unidad de conexión a la red PELV
Clase de protección contra explosiones	Según directiva UE 94/9/CE, II 3 G/D EEx nA II T5 -5°C < Ta < +50°C T 80°C IP65 Homologación según UL 429, CSA 22.2 n° 139
Certificación CE	Según norma UE 89/336/CEE
Tensión de funcionamiento [V]	24 DC (+10/-15%)
Flancos (sólo con IC y MP)	Aumento de la tensión en mínimo 0,4 V/ms para alcanzar la fase de corriente de elevada intensidad
Ondulación residual [Vss]	4
Consumo eléctrico [W]	0,6 (0,45 bei 21 V); (con CPV10-M11H... 0,65)
Tiempo de utilización con pilotaje auxiliar P ₁ = P ₁₁	100% -0,9 ... +10
Clase de protección según NE 60 529	IP65 (todas las variantes de transmisión de señales, equipo montado)
Humedad relativa	95% sin condensación
Resistencia a vibraciones	según DIN/IEC 68/NE 60 068 parte 2-6
Resistencia a golpes	según DIN/IEC 68/NE 60 068 parte 2-27
Resistencia a choques permanentes	según DIN/IEC 68/NE 60 068 parte 2-29

Función de válvula					
Código	Símbolo	Tamaño			Descripción
		10	14	18	
M		■	■	■	Válvula monoestable de 5/2 vías
F		■			La válvula agrupable F tiene un sistema de servopilotaje modificado que permite obtener tiempos de conexión y desconexión más cortos. Válvula agrupable F: ■ Disponible únicamente para tamaño 10 ■ Reposición por muelle neumático
J		■	■	■	Válvula de impulsos de 5/2 vías
C		■	■	■	2 válvulas de 3/2 vías, monoestables ■ Normalmente cerradas ■ Reposición por muelle neumático
N		■	■	■	2 válvulas de 3/2 vías, monoestables ■ Abiertas en reposo ■ Reposición por muelle neumático ■ Con estas válvulas, la función de una válvula de 5/3 vías con centro a presión se obtiene con la posición inicial abierta.
H		■	■	■	2 válvulas de 3/2 vías, monoestables ■ Posición de reposo 1 abierta en reposo (pilotaje 12), 1 cerrada en reposo (pilotaje 14) Para movimientos óptimos de los cilindros. Corresponde a la función M (5/2 vías, monoestable) al activar simultáneamente ambas bobinas. Dado que puede aplicarse presión o descarga independientemente en cada lado del émbolo, el movimiento del cilindro es más rápido. ■ Reposición por muelle neumático

ANEXO F

CARACTERÍSTICAS DE ACTUADORES NEUMÁTICOS

CILINDRO DE MEMBRANA:

Función	Ejecución	Tipo	Superficie de sujeción [mm]	Carrera [mm]
Simple efecto	Módulo de sujeción paralelepípedo			
		EV	10x30	3
			15x40	4
			15x63	4
			20x75	5
			20x120	5
			20x180	5

Condiciones de funcionamiento: módulo de sujeción, ejecución rectangular

Superficie de sujeción	10x30	15x40	15x63	20x75	20x120	20x180
Presión de funcionamiento [bar]	≤ 6		2 ... 6			
Temperatura ambiente [°C]	-20 ... +40					

Fuerzas [N]: módulo de sujeción, ejecución rectangular

Superficie de sujeción	10x30	15x40	15x63	20x75	20x120	20x180
Fuerza de sujeción con 6 bar, carrera de 1 mm	95	195	350	660	1 100	1 690
Fuerza de sujeción con 6 bar, carrera máxima	80	165	290	600	1 000	1 480

Pesos [g]: módulo de sujeción, ejecución rectangular

Superficie de sujeción	10x30	15x40	15x63	20x75	20x120	20x180
Peso del producto	20	45	65	130	190	270

CILINDRO DOBLE EFECTO :

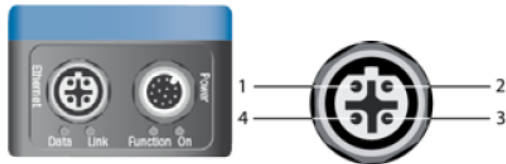
Bestellbezeichnung (siehe Tabelle oben)	Teile-Nr. + DG + Kolben- ϕ + Hublänge + Sonderausführung <i>Bestellbeispiel: Kolben-ϕ 6 mm, Hublänge 80 mm = 2458 DG-6-80</i>
Medium	gefilterte, geölte oder gefilterte, nicht geölte Druckluft
Bauart	Kolbenzylinder
max. zulässiger Betriebsdruck	8 bar
Temperaturbereich	-20 bis +80° C
Werkstoffe	Lager- und Abschlußdeckel: Al, eloxiert bzw. Ms vernickelt; Zylinderrohr: Al, eloxiert; Kolbenstange: X 20 Cr 13; Dichtungen: Perbunan
Gewichte	Grundgewicht: 0,039 kg; Gewicht pro 10 mm Hub: 0,0064 kg
Kolben- ϕ	6 mm
Standard-Hublängen	10, 25, 40, 50, 80 mm
Hublänge min.-max.	1 bis 80 mm
Schubkraft bei 6 bar	15 N (\approx 1,5 kp)
Rückzugskraft bei 6 bar	11 N (\approx 1,1 kp)
Anschluß	M 5

ANEXO G

CARACTERÍSTICAS DE CÁMARA DE VISIÓN INSPECTOR I20

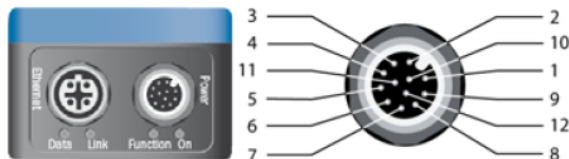
29.2 Conectores del Inspector

Ethernet, 10/100 Mb/s



Pines del conector M12 Ethernet de 4 pines del Inspector.		
Pin	Señal	Descripción de la señal
1	Tx+	Transmisión +
2	Rx+	Recepción +
3	Tx-	Transmisión -
4	Rx-	Recepción -

Entrada/salida alimentación



Descripción de los LED del Inspector			
LED	Modo	Color	Descripción
Datos (<i>data</i>)	Todos	Amarillo	Datos Ethernet
Enlace (<i>Link</i>)	Todos	Verde	Enlace Ethernet
Función (<i>Function</i>)	Funcionamiento / edición	Azul	No encontrado
		Rojo	Inspección de detalle no realizada
		Verde	Pieza OK
		Apagado	No se realiza ninguna inspección
	Aprendizaje externo	Parpadeo	Enfoque de la imagen. Cuanto más alta la frecuencia, mejor enfoque.
		Verde	No hay movimiento en el campo de visión.
		Azul	Hay movimiento en el campo de visión.
En cualquier momento	Rojo, con parpadeo lento	Datos de dispositivo guardados en la memoria Flash.	
			Error fatal

Pines del conector de entrada/salida de alimentación M12 de 12 pines del Inspector			
Pin	Color*	Señal	Descripción de la señal
1	Marrón	Alimentación	Suministro de alimentación de 24 V
2	Azul	GND	Tierra 0 V
3	Blanco	In3	Trigger/Disparador de imagen + selección de objeto externa (24 V)
4	Verde	Out1	Salida 1. Objeto no localizado (tipo B)
5	Rosa	In2	Aprendizaje externo + selección de objeto externa (24 V)
6	Amarillo	Out2	Salida 2. Inspección no realizada (tipo B)
7	Negro	Out3	Salida 3. Pieza OK (tipo B)
8	Gris	In1	Selección de objeto externa (24 V)
9	Rojo	Ext trigger	Trigger Disparador externo, iluminación externa (5 V TTL)
10	Violeta	In4	Encoder + selección de objeto externa (24 V)
11	Gris/rosa	TRB	Reservada
12	Rojo/azul	TRA	Reservada

* Colores válidos para el tipo de cable DOL-1212-G02MA/G05MA.

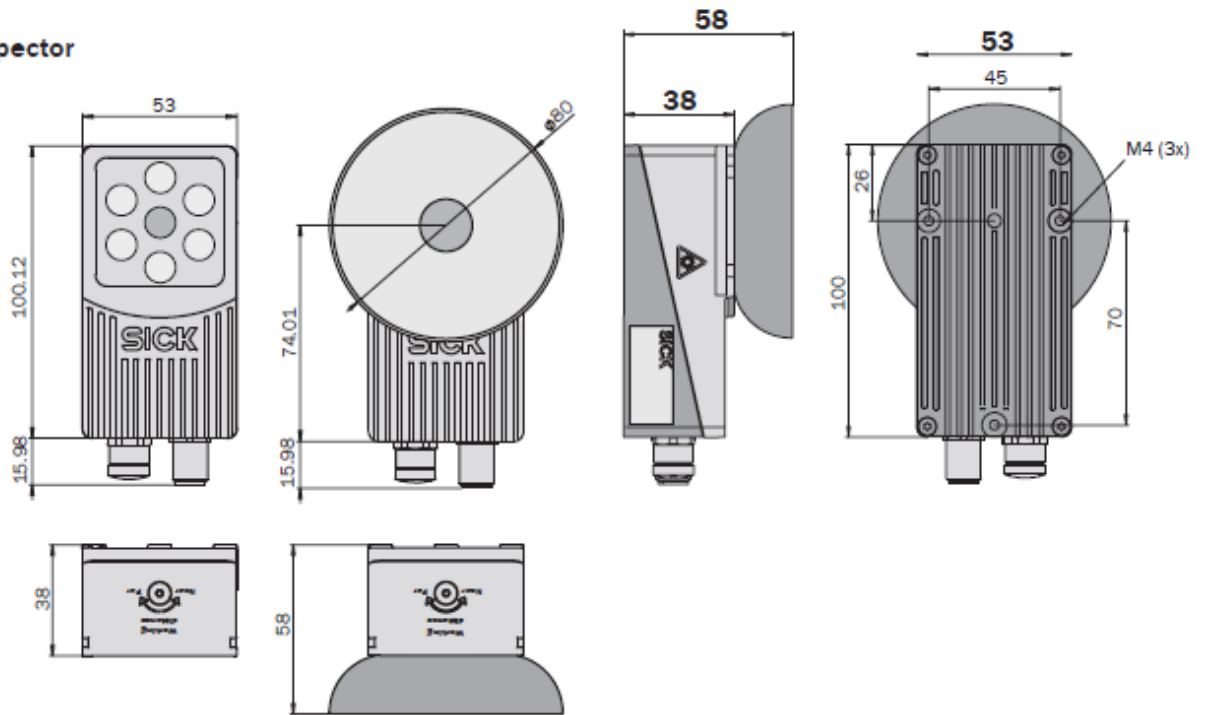
29.4 Especificaciones técnicas

		VSPI-1R111 Standard	VSPI-1D111 Dome	VSPI-2F111 Flex	VSPI-2D111 Dome
Distancia nominal de exploración*	50 ... 200 mm, f 6 mm	x		x	
	50 mm, f 4,3 mm		x		x
Campo de visión*	20x20 ... 72x72 mm ² , f 6mm	x		x	
	30x30 mm ² , f 4,3 mm		x		x
Lentes intercambiables				x	
Funciones de medición	Localizador de objetos, contorno, contador de píxeles, contador de píxeles del borde	x	x	x	x
Inspección de múltiples características	32 regiones de inspección por objeto	x	x	x	x
Número de objetos de referencia	16	x	x	x	x
Funciones del PC	Registro, emulador, historial	x	x	x	x
Resolución	384x384 píxeles	x	x	x	x
Fuente de luz	6 LED de alta potencia	x	x	x	x
	Anillo de luz	x		x	
	Cúpula de luz		x		x
Tensión de alimen-	24V ±20% DC	x	x	x	x

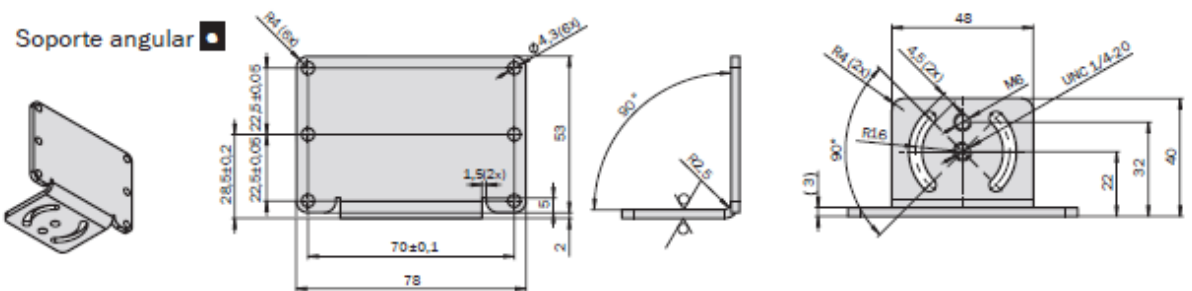
		VSPI- 1R111 Standard	VSPI- 1D111 Dome	VSPI- 2F111 Flex	VSPI- 2D111 Dome
tación VS					
- Rizado residual	< 5 V	X	X	X	X
- Consumo de corriente	< 450 mA sin carga	X	X	X	X
Salidas de conmutación	(tipo B) 24 V	X	X	X	X
- Objeto no detectado, objeto detectado pero incorrecto, objeto detectado y correcto		X	X	X	X
- Intensidades de salida IA	100 mA	X	X	X	X
- Tiempo de respuesta	≥ 10 ms	X	X	X	X
- Salidas con expresiones lógicas				X	X
Disparador externo para iluminación externa	5 V TTL	X	X	X	X
Entradas de conmutación	24 V	X	X	X	X
- Disparador externo		X	X	X	X
- Encoder		X	X	X	X
- Aprendizaje externo		X	X	X	X
- Selección del objeto de referencia		X	X	X	X
Caja de extensión de E/S					
	4 entradas para la selección de objetos de referencia			X	X
	Hasta 16 salidas			X	X
Interfaz	Ethernet	X	X	X	X
Temperatura ambiente	Funcionamiento: 0 ... 45 °C	X	X	X	X
	Almacenamiento: -20 °C ... 70 °C	X	X	X	X
Material de la carcasa	Aluminio con ventana de plástico	X	X	X	X
Grado de protección	IP 67	X	X	X	X
Peso	350 g	X		X	
	400 g		X		X
Resistencia a sacudidas	Sacudida de 15 g, periodo de 6 ms semisinusoidal.	X	X	X	X

*Con iluminación interna. El Inspector puede trabajar a 1000 mm de distancia con iluminación externa

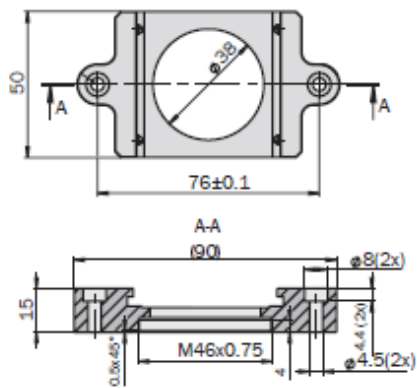
Inspector



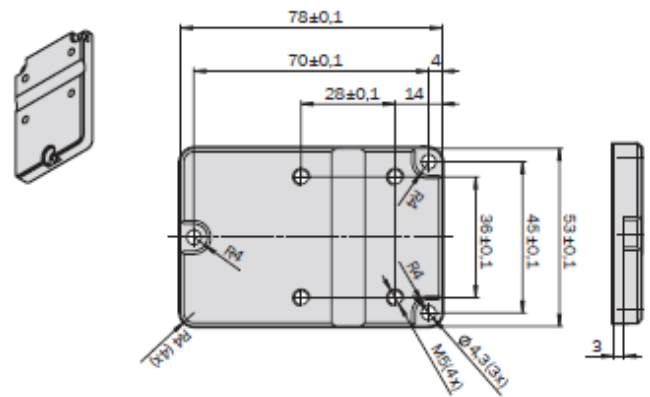
Soportes



Adaptador de luz/filtro



Adaptador universal



ANEXO H
PLANOS INDUSTRIALES DEL SISTEMA MECÁNICO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRONICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN MECATRONICA**

TEMA

**CLASIFICADOR AUTOMÁTICO DE TAPAS ROSCA DE PLÁSTICO
PARA PROCESOS DE PRODUCCIÓN CONTINUA, BASADO EN LA
INSPECCIÓN DE DEFECTOS SUPERFICIALES**

AUTOR: Jonathan David Cruz Varela

DIRECTOR: Ing. Jorge Terán

Ibarra - Ecuador

2010

DECLARACIÓN

Yo, Jonathan David Cruz Varela, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Jonathan David Cruz Varela

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jonathan David Cruz Varela, bajo mi supervisión.

Ing. Jorge Terán
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento:

A la Empresa ECUAinsetec la cual fue la gestora, promotora y patrocinadora de este proyecto lo que la hace dueña de todos créditos e ingenieros, por su disposición y colaboración en la realización de este proyecto.

A Gerardo Castro, Ingeniero Mecánico, accionista de ECUAinsetec, por su apoyo incondicional.

A Paúl Villalta, Ingeniero Electromecánico, por su gran colaboración y motivación.

Al Ingeniero Jorge Terán, Director del proyecto por su gran colaboración y orientación

A patricio Quiroz, jefe del departamento de mantenimiento de ECUAinsetec, por su colaboración y valiosa orientación en este proyecto.

DEDICATORIA

A mi mamá Ivonne Elizabeth Varela Tafur a mi papa a Tarcila Varela a mi hermano y hermana por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	MARCO TEÓRICO	1
1.1	CONCEPTOS APLICADOS AL SISTEMA CLASIFICADOR DE PIEZAS	1
1.1.1	VISIÓN	1
1.1.2	ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	1
1.1.3	IMÁGENES BIDIMENSIONALES	2
1.1.4	RECONOCIMIENTO DE PATRONES	2
1.1.5	PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	3
1.1.6	AIRE COMPRIMIDO.....	3
1.1.7	ACTUADORES.....	4
1.1.7.1	Actuadores Mecánicos	4
1.1.7.1.1	Actuadores Neumáticos	4
1.1.7.1.2	Actuadores Hidráulicos	4
1.2	VISIÓN ARTIFICIAL.....	4
1.2.1	QUE ES VISIÓN ARTIFICIAL.....	5
1.2.2	INICIOS DE LA VISIÓN ARTIFICIAL.....	5
1.2.3	VENTAJAS DE LA VISIÓN POR COMPUTADORA.....	7
1.2.4	DESVENTAJAS DE LA VISIÓN POR COMPUTADORA	8
1.2.5	VISIÓN HUMANA Y VISIÓN POR COMPUTADORA.....	8
1.2.6	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL.....	9
1.2.6.1	Componentes de Adquisición de Imágenes.....	9
1.2.6.2	Cámara	9
1.2.6.3	Tarjetas Capturadoras de Video (frame grabbers).....	10
1.2.7	SOFTWARE DE APLICACIONES DE VISIÓN POR COMPUTADORA	11
1.3	ARQUITECTURAS DE LOS SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL	11
1.3.1	SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO	12
1.3.2	SISTEMA DE MONITOREO PERIÓDICO.....	13
1.3.3	SISTEMAS INTEGRALES DE VISIÓN.....	14
1.3.3.1	Cámaras Inteligentes	14

1.4	REPRESENTACIÓN DIGITAL DE IMÁGENES	16
1.4.1	RELACIONES BÁSICAS ENTRE PÍXELES	18
1.4.2	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	20
2	REQUERIMIENTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE VISIÓN	21
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	21
2.2	INSPECTOR I20	22
2.3	SOFTWARE SOPAS.....	24
2.4	OBJETO A EXAMINAR.....	30
2.4.1	TAPA ROSCA PLÁSTICA	30
2.4.1.1	Tapa plásticas de 31 X 15 mm.....	30
3	DESARROLLO DEL SISTEMA MECÁNICO	31
3.1	CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO ALIMENTADOR DE TAPAS	31
3.2	ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	31
3.2.1	ALIMENTADOR POR VIBRACIÓN (Alternativa 1)	32
3.2.2	ALIMENTADOR POR CENTRIFUGA (Alternativa 2).....	34
3.2.3	ALIMENTADOR POR SOPLADO (Alternativa 3).....	36
3.3	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ADECUADA	38
3.3.1	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	39
3.4	CONSTRUCCIÓN DEL ALIMENTADOR CENTRÍFUGO DE TAPAS	42
3.5	DISEÑO DE FORMA.....	43
3.6	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE TAPAS	45
3.6.1	TOLVA.....	45
3.6.1.1	Tamaño de la tolva.....	45
3.6.1.2	Material para la Tolva.....	47
3.6.2	ACOPLES DE TRASMISIÓN AL DISCO.....	49
3.6.2.1	Material para acoples de transmisión.....	49
3.6.2.2	Rodamiento para acoples de transmisión	49
3.6.3	MOTO REDUCTOR.....	52
3.6.4	CANAL ORIENTADOR	52
3.6.5	CARRIL ALIMENTADOR.....	53

3.6.5.1	Material empleado para el canal alimentador.....	54
3.6.5.2	Soldadura empleada	54
3.6.5.3	Punto de conmutación	56
3.7	CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO DE BANDA TRANSPORTADORA	58
3.8	TIPOS DE BANDAS.....	59
3.9	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	63
3.10	CARACTERÍSTICAS DE LA BANDA.....	63
3.11	CRITERIO DE SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	63
3.12	BANDA TRANSPORTADORA DE 63 X 3.5 cm	64
3.12.1	MOTOR	64
3.12.2	BASE	65
3.12.3	CAMA	65
3.12.4	RODILLOS	66
3.12.4.1	Rodamiento para acoples de transmisión	67
3.12.5	ACOPLES.....	68
3.12.6	BANDA	70
3.12.7	TENSORES DE BANDA.....	70
3.13	GABINETE DE CONTROL DOBLE FONDO DE 40 x 30 x 18 cm	71
3.13.1	CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTO REDUCTOR.....	71
3.13.1.1	Empleo en el proyecto	71
3.13.1.2	Descripción de funcionamiento	71
3.13.1.3	Programación.....	71
3.13.2	CONTROL DEL DISTRIBUIDOR DE TAPAS.....	74
3.13.2.1	Empleo en el proyecto	74
3.13.2.2	Descripción de Funcionamiento	74
3.13.2.3	Programa	75
3.13.3	ACTIVACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA	79
3.13.4	MODULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL INSPECTOR I20	79
3.13.5	FUENTES DE ALIMENTACIÓN	80
3.13.6	BORNERAS.....	81

4	DATOS EXPERIMENTALES	83
4.1	PRUEBAS REALIZADAS	83
4.1.1	PRUEBAS DE VIDEO	83
4.1.1.1	Ajustar el enfoque y la exposición	84
4.1.1.2	Realizar el aprendizaje de un objeto de referencia	84
4.1.1.3	Añadir una inspección de detalle	85
4.1.1.4	Datos Obtenidos del Video	86
4.1.2	PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO	88
4.1.2.1	Datos Obtenidos del Sistema	89
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	92
4.3	ANÁLISIS DE RENDIMIENTO	93
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1	CONCLUSIONES	94
5.2	RECOMENDACIONES	95
	BIBLIOGRAFÍA	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura sistema visión computacional de inspección continuo.....	12
Figura 2. Arquitectura sistema visión computacional de inspección periódico.....	13
Figura 3. Sistema de visión de cámara Inteligente	15
Figura 4. Resolución de píxeles	17
Figura 5. Píxel de 4x4 con un bit de profundidad.....	18
Figura 6. Tipo de imagen para Bit.....	18
Figura 7. Conectividad.....	19
Figura 8. Formas de Conexión (a) y (b).....	19
Figura 9. Diagrama del sistema.....	21
Figura 10. Sistema Típico De Visión Artificial.....	22
Figura 11. Inspector I20.....	23
Figura 12. Captura de imagen del localizador de objetos.....	26
Figura 13. Captura de imagen de la función contador de pixeles.....	27
Figura 14. Captura de imagen de la función contador de pixeles del borde.....	27
Figura 15. Captura de imagen de la función Contorno.....	28
Figura 16. Imagen de una tina vibradora.....	32
Figura 17. Imagen de una tina vibradora patentada.....	33
Figura 18. Imagen de un alimentador por centrifuga.....	34
Figura 19. Alimentador por centrifuga orientech.....	35
Figura 20. Banda Inclined.....	36
Figura 21. Fotografía de banda inclinada de floralpac.....	37
Figura 22. Bosquejo del sistema de alimentación.....	43
Figura 23. Conexión De Canal Orientador A Carril Deslizante.....	44
Figura 24. Carril Deslizante De Tapas.....	44
Figura 25. Tolva para alimentación de tapas.....	48
Figura 26. Acoples de Tolva.....	51
Figura 27. Canal Orientador.....	53
Figura 28. Carril Alimentador.....	55
Figura 29. Paso 1._ Soplado contra el vástago con el soplador 1.....	56

Figura 30. Paso 2. Activación del cilindro de membrana y retroceso. del vástago..	57
Figura 31. Paso 3. Soplado de tapa a la banda por soplador 2.....	57
Figura 32. Motor DC.....	65
Figura 33. Cama de banda transportadora.....	66
Figura 34. Dibujo de los rodillos de la banda.....	68
Figura 35. Dibujo del acople entre rodillo y motor.....	69
Figura 36. Dibujo de los tensores de banda.....	70
Figura 37. Fotografía de tarjeta de control de velocidad.....	72
Figura 38. Circuito Electrónico tarjeta de control de velocidad.....	73
Figura 39. Diagrama de flujo Programa Principal.....	73
Figura 40. Sensor fotoeléctrico WT100-P1412.....	75
Figura 41. Fotografía de tarjeta de control.....	76
Figura 42. Circuito Electroneumático.....	77
Figura 43. Circuito Electrónico.....	77
Figura 44. Diagrama de flujo: (a) configuración de puertos y temporización , (b) Programa principal.....	78
Figura 45. Fotografía del motor reductor de la banda transportadora.....	79
Figura 46. Fotografía del módulo del inspector I20.....	80
Figura 47. Circuito Eléctrico módulo de.....	80
Figura 48. Fotografía de fuentes de alimentación.....	81
Figura 49. Fotografía de borneras.....	81
Figura 50. Plano eléctrico del gabinete de control.....	82
Figura 51. Dibujo demostrativo.....	84
Figura 52. Selección de contorno.....	85
Figura 53. Tipos de inspección.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Cuadro comparativo.....	8
Tabla II. Cuadro de funciones.....	25
Tabla III. Evaluación del peso específico de cada criterio.....	40
Tabla IV. Evaluación del peso específico del criterio costo.....	40
Tabla V. Evaluación del peso específico del criterio tamaño.....	40
Tabla VI. Evaluación del peso específico del criterio peso.....	41
Tabla VII Evaluación del peso específico del criterio montaje.....	41
Tabla VIII Evaluación del peso específico del criterio estética.....	41
Tabla IX. Conclusiones.....	42
Tabla X. Datos Sobre El Motor Eléctrico Seleccionado.....	52
Tabla XI. Tipos de PWM atmega8.....	72
Tabla XII. Valores máximos registrados al contador en el modo PWM y fórmulas para la frecuencia de la señal PWM	72
Tabla XIII. Datos de pruebas de video con SOPAS.....	86
Tabla XIV. Datos de la tolva.....	89
Tabla XV. Datos del orientador de tapas.....	90
Tabla XVI . Datos del dosificador de tapas.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. RODAMIENTOS SELECCIONADOS.....	101
ANEXO B. TABLA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIALES.....	103
ANEXO C. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR FOTOELÉCTRICO.....	107
ANEXO D. MATERIALES PARA TARJETAS DE CONTROL.....	108
ANEXO E. CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROVÁLVULAS.....	114
ANEXO F. CARACTERÍSTICAS DE ACTUADORES NEUMÁTICOS.....	116
ANEXO G. CARACTERÍSTICAS DE CÁMARA DE VISIÓN INSPECTOR I20.....	117
ANEXO H. PLANOS INDUSTRIALES DE SISTEMA MECÁNICO.....	121

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo construir un clasificador automático de tapas rosca plásticas, para procesos de producción continua basado en la inspección de defectos superficiales para la empresa ECUAinsetec. En base a la utilización de la visión artificial se propuso la inspección de los defectos superficiales en el logotipo de las tapas y en base a los mecanismos conocidos en la industria de alimentadores de tapas se propuso utilizar uno de esos mecanismos además de una banda transportadora y un sistema electroneumático para la inspección de las tapas. En el capítulo uno se realiza un breve estudio de los conceptos aplicados al sistema clasificador de piezas a la visión por computadora y a los requerimientos fundamentales de un sistema de visión con la finalidad de conocer los elementos necesarios para la implementación del sistema. En el capítulo dos, se habla de los requerimientos fundamentales del sistema de visión. En el capítulo tres, una vez planteados y determinados los parámetros de funcionamiento, se buscan alternativas de alimentadores de tapas, se describen ventajas y desventajas de los tipos de máquinas alimentadoras, para finalmente seleccionar la más adecuada, también el diseño de forma para luego describir los elementos para su construcción, se consideran los factores básicos de una banda transportadora para su desarrollo, se muestra la estructura interna del gabinete de control. En el capítulo cuatro una vez diseñado el prototipo se procede a efectuar las pruebas de campo y al análisis de resultados. En el capítulo cinco terminada la construcción de la máquina se desarrolla las conclusiones y recomendaciones. En los anexos se incluyen dibujos industriales y figuras que reúnen aspectos importantes empleados en el diseño del prototipo.

ABSTRACT

The objective of this work is to build an automatic classifier of plastic tops for processes of continuous production based on the inspection of superficial defects for the company ECUAinsetec. Based on the utilization of the artificial vision, the inspection of the superficial defects in the logotypes of the tops was proposed and based on the known mechanisms in the feeder industry of tops, it was proposed to use one of those mechanisms besides a production line and an electro-pneumatic system for the inspection of the tops. In chapter one, a short study of the concepts applied to the classifier systems for the pieces on sight by computer was carried out and to the basic requirements of a system on sight in order to know the elements which are necessary for the implementation of the system. In chapter two, the basic requirements of the system on sight were discussed. In chapter three, after posing and determining the parameters of the functioning, alternatives for the top feeders were sought, advantages and disadvantages of the kinds of feeder machines were described and finally the most appropriate one was chosen as well as the design and after that, the elements for its construction were described. The basic factors of a production line were considered for its development; the internal structure of the control cabin was shown. In chapter four after designing the prototype, the field proofs and the analysis of the results were analyzed. In chapter five, after finishing the construction of the machine, the conclusions and recommendations were developed. In the annexes, industrial drawings and figures were included showing important aspects used in the design of the prototype.

PRESENTACIÓN

Se pretende resaltar los fundamentos y una aplicación para sistemas de visión artificial para el control en procesos industriales de producción, y así coadyuvar al fortalecimiento y mayor desarrollo de la industria Nacional.

Los detectores se utilizan cada vez más para mejorar los procesos de fabricación automatizada. Todos los parámetros decisivos para la calidad y la eficiencia se controlan cada vez con mayor frecuencia con detectores

En el mercado de detectores para sistemas de automatización de procesos de fabricación, los sistemas de procesamiento de imágenes representan el sector más innovador. Los equipos modernos utilizan sistemas de cámaras inteligentes y compactas para identificar tipos de piezas y verificar su orientación y calidad. Este tipo de detectores consiguen realzar la oferta de sistemas de manipulación y alimentación de piezas.

Los sistemas de procesamiento de imágenes se transformaran en partes indispensables de la oferta de los proveedores de sistemas de manipulación.