





**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL  
DE UNA BANDA TRANSPORTADORA DE PRODUCTOS  
ALIMENTICIOS, BASADO EN LA TECNOLOGÍA RFID**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**JEREMMY MENTOR GARCÉS PÉREZ**

**DIRECTOR: ING. ROGER PEÑAHERRERA**

**QUITO – ECUADOR**

**2015**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2015  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo **JEREMY MENTOR GARCÉS PÉREZ**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Jeremy Mentor Garcés Pérez

C.I. 172560904-2

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE UNA BANDA TRANSPORTADORA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS, BASADO EN LA TECNOLOGÍA RFID**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero en Mecatrónica** fue desarrollado por **Jeremmy Garcés**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

---

Roger Peñaherrera

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 170922334-9

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por tantas bendiciones, por ser mi fuerza y mi optimismo, la sabiduría y el camino correcto para lograr mis metas.

A mi madre por el inmenso amor, apoyo, confianza, enseñanzas y consejos que han sido el principal pilar y mi motivación para conseguir mis sueños y ser mejor cada día, una madre ejemplar la que admiro tanto y de la cual me siento tan orgulloso.

A mi padre, porque gracias a él sé que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo, por estar siempre preocupado por mí y ser un ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.

A mi hermano, por el incondicional apoyo y fuerza que me manifiesta, y me motiva a lograr más triunfos, por ser el mejor hermano, en quién puedo confiar siempre.

A mi novia, la mujer de mi vida, mi fiel compañera, consejera, mi apoyo, mi fuerza, mi motivo para ser mejor cada día. Por tanta paciencia, por tanto amor que me ha brindado, por llenar mi vida de total felicidad, su ayuda ha sido indispensable para lograr un triunfo más.

Al Ing. Roger Peñaherrera, Director de tesis, por su asesoramiento, paciencia, voluntad y apoyo para realizar con éxito el presente trabajo y poder alcanzar el título anhelado.

A cada una de las autoridades y profesores de la Universidad Tecnológica Equinoccial, por brindarme su valioso aporte académico logrando una sólida formación universitaria

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1    RFID (Identificación por Radio Frecuencia) .....	3
2.1.1    Concepto del rfid .....	4
2.1.2    Características de un sistema rfid .....	4
2.1.2.1    Tipos de comunicación .....	4
2.1.2.2    Códigos y modulación .....	4
2.1.2.3    Colisiones .....	5
2.1.3    Control de errores .....	5
2.1.4    Control de paridad.....	6
2.1.5    Factores importantes en el diseño del sistema rfid .....	6
2.1.6    Funcionamiento.....	7
2.1.7    Tipos de sistemas de rfid.....	8
2.1.8    Componentes del rfid .....	10
2.1.8.1    Etiquetas (tag) .....	10
2.1.8.1.1    Etiqueta pasiva .....	11
2.1.8.1.1.1    Funcionamiento de una etiqueta pasiva.....	11
2.1.8.1.2    Etiqueta activa .....	12
2.1.8.2    Antena .....	14

2.1.8.2.1	Circuito integrado.....	15
2.1.8.2.2	Elemento almacenador de energía .....	15
2.1.9	Rango de frecuencias y velocidades.....	16
2.1.10	Rfid id 20 .....	16
2.1.10.1	Funcionamiento .....	17
2.1.10.2	Protocolos y opciones.....	18
2.2	BANDA TRANSPORTADORA .....	20
2.2.1	Componentes.....	20
2.2.1.1	Tambor de accionamiento .....	21
2.2.1.2	Tambor de reenvío .....	21
2.2.1.3	Rodillos.....	22
2.2.1.4	Tensores de la banda .....	22
2.2.1.5	Motorreductores dc.....	23
2.2.1.5.1	Principios de funcionamiento .....	24
2.2.1.5.2	Características motorreductores dc .....	24
2.2.5.1.3	Ventajas.....	25
2.2.2	Clasificación bandas transportadoras .....	27
2.2.2.1	Aplicaciones.....	28
2.2.3	Bandas transportadoras lisas o pdv. ....	29
2.2.4	Características banda transportadora .....	29
2.3	DISPLAY TFT TOUCH LCD 3.2.....	29
2.3.1	Características .....	30
2.4	PROCESSING .....	31
2.4.1	Características .....	31
2.4.2	Arduino y processing.....	31
2.4.2.2	Ventajas.....	32



2.4.2.3	Desventajas.....	33
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>34</b>
3.1	ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	34
3.2	DISEÑO MECÁNICO .....	35
3.2.1	Descripción de funcionamiento de la banda transportadora .....	36
3.2.2	Selección de materiales para la banda transportadora .....	37
3.2.2.1	Selección de banda transportadora.....	37
3.2.2.2	Selección actuador eléctrico .....	38
3.2.3	Estudio cinemático .....	39
3.3	Diseño electrónico y de control .....	64
3.3.1	Descripción de funcionamiento de los periféricos electrónicos .....	65
3.3.2	Selección de materiales para el control de la banda transportadora.....	67
3.3.2.1	Selección controlador para banda transportadora .....	67
3.3.2.2	Selección del rfid .....	68
3.3.2.3	Selección del software para el diseño mecánico .....	69
3.3.2.4	Selección del software para el diseño electrónico. ....	70
3.3.4	Control de la banda transportadora.....	74
3.3.5	Adquisición y procesamiento de datos por el rfid .....	75
3.3.6	Sistema de control de existencias de productos .....	79
3.3.7	Almacenamiento de datos en processing.....	80
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>81</b>
4.1	PRUEBAS MECÁNICAS Y DE POTENCIA .....	81
4.2	PRUEBAS DE SOFTWARE Y CONTROL .....	84
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>89</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	89

5.2 RECOMENDACIONES.....	91
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Selección de la banda transportadora .....	38
<b>Tabla 2.</b> Selección actuador eléctrico.....	39
<b>Tabla 3.</b> Selección controlador para banda transportadora.....	67
<b>Tabla 4.</b> Selección rfid .....	68
<b>Tabla 5.</b> Selección del software para el diseño mecánico .....	69
<b>Tabla 6.</b> Selección del software para el diseño electrónico .....	70
<b>Tabla 7.</b> Índice de eficiencia en relación a los pesos transportados.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura del RFID.....	3
<b>Figura 2.</b> Principio de funcionamiento .....	7
<b>Figura 3.</b> Sistema RFID.....	7
<b>Figura 4.</b> Envío y recepción de frecuencias .....	8
<b>Figura 5.</b> Tipos de frecuencias generadas por RFID.....	9
<b>Figura 6.</b> Componentes de un sistema RFID .....	10
<b>Figura 7.</b> Componentes de un TAG .....	10
<b>Figura 8.</b> Estructura de una etiqueta pasiva.....	11
<b>Figura 9.</b> Funcionamiento de una etiqueta pasiva.....	12
<b>Figura 10.</b> Funcionamiento de una etiqueta activa.....	13
<b>Figura 11.</b> Características de etiquetas activas y pasivas.....	14
<b>Figura 12.</b> Emisión de la onda de una antena.....	15
<b>Figura 13.</b> Componentes de una antena.....	16
<b>Figura 14.</b> Bandas de frecuencia y usos en etiquetas RFID .....	16
<b>Figura 15.</b> Antena RFID ID-20.....	17
<b>Figura 16.</b> Funcionamiento del RFID .....	18
<b>Figura 17.</b> Diagrama del circuito del RFID ID – 20.....	19
<b>Figura 18.</b> Distribución de los pines .....	20
<b>Figura 19.</b> Características operacionales y físicas .....	20
<b>Figura 20.</b> Banda Transportadora .....	21
<b>Figura 21.</b> Tensor de la banda .....	23
<b>Figura 22.</b> Funcionamiento del motorreductor dc.....	24
<b>Figura 23.</b> Características del motorreductor DC .....	25
<b>Figura 24.</b> Estructura L298N .....	26
<b>Figura 25.</b> Conexión con arduino .....	27
<b>Figura 26.</b> Bandas con tejido sintético (EP) y bandas con cables de acero (ST).....	27
<b>Figura 27.</b> Bandas Rugosas.....	28
<b>Figura 28.</b> Banda con nervios .....	28

<b>Figura 29.</b> Aplicaciones .....	28
<b>Figura 30.</b> Display TFT LCD 3.2.....	30
<b>Figura 31.</b> Arduino y Processing .....	32
<b>Figura 32.</b> Metodología del Diseño Mecatrónico .....	34
<b>Figura 33.</b> Diseño de la banda transportadora en SolidWorks .....	36
<b>Figura 34.</b> Diagrama funcionamiento del control mecánico .....	37
<b>Figura 35.</b> Esquema de la zona de transporte. ....	40
<b>Figura 36.</b> Diagrama de tensiones para banda transportadora .....	45
<b>Figura 37.</b> Representación de las tensiones T1, T2.....	45
<b>Figura 38.</b> Diagrama de cuerpo libre del rodillo.....	50
<b>Figura 39.</b> Diagrama de cuerpo libre rodillo. Reacciones en A y B. ....	51
<b>Figura 40.</b> Diagrama de fuerzas que actúan sobre la viga de la mesa de soporte de la banda transportadora .....	54
<b>Figura 41.</b> Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores de la viga de la mesa de la banda transportadora.....	56
<b>Figura 42.</b> Tipo de soporte de columna (empotrada – empotrada) .....	61
<b>Figura 43.</b> Diseño del circuito electrónico de control en Proteus .....	65
<b>Figura 44.</b> Diagrama de proceso de control .....	66
<b>Figura 45.</b> Menú inicio display TFT touch .....	71
<b>Figura 46.</b> Interfaz display TFT touch.....	71
<b>Figura 47.</b> Parámetros modelo TFT utilizado librería UTFT. ....	72
<b>Figura 48.</b> Parámetros interfaz librería Utouch.....	73
<b>Figura 49.</b> Programación Arduino, librerías utilizadas .....	73
<b>Figura 50.</b> Comandos encendido y apagado del motor.....	74
<b>Figura 51.</b> Control del motor mediante driver L298 .....	75
<b>Figura 52.</b> Algoritmo gráfico: Lectura de datos.....	76
<b>Figura 53.</b> Comandos adquisición de datos por el RFID .....	77
<b>Figura 54.</b> Velocidad de transmisión de datos en serie.....	78
<b>Figura 55.</b> Validación e impresión de datos en el display TFT .....	78
<b>Figura 56.</b> Algoritmo control de existencias .....	80
<b>Figura 57.</b> Registro de coordenadas (x,y) .....	81
<b>Figura 58.</b> Recepción de la señal de inicio en el driver L298N del motor.....	83

<b>Figura 59.</b> Estructura ensamblada en su totalidad .....	83
<b>Figura 60.</b> Ingreso del producto a la zona de lectura .....	84
<b>Figura 61.</b> HMI control de existencias. ....	84
<b>Figura 62.</b> Almacenamiento de datos.....	85
<b>Figura 63.</b> Datos almacenados en archivo de texto, generados en processing. ....	85
<b>Figura 64.</b> Capacidad de memoria Arduino 2560.....	86
<b>Figura 65.</b> Correcta colocación del tag en el producto .....	87
<b>Figura 66.</b> Funcionamiento control de la banda transportadora y control de adquisición de datos .....	87
<b>Figura 67.</b> Interfaz en conjunto parte mecánica y lector de información. ....	88
<b>Figura 68.</b> Sistema Inhabilitado.....	88

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Cálculo ancho de la banda.....	40
<b>Ecuación 2.</b> Cálculo de holgura de la banda .....	40
<b>Ecuación 3.</b> Cálculo <i>de la banda completamente cargada</i> .....	41
<b>Ecuación 4.</b> Velocidad de la banda.....	41
<b>Ecuación 5.</b> Cálculo de la tensión Efectiva .....	42
<b>Ecuación 6.</b> Cálculo del peso rodillos + peso banda transportadora .....	42
<b>Ecuación 7.</b> Cálculo tensión necesaria para mover una banda vacía.....	43
<b>Ecuación 8.</b> Cálculo razón de la carga .....	43
<b>Ecuación 9.</b> Cálculo tensión para mover la carga horizontalmente .....	44
<b>Ecuación 10.</b> Cálculo tensión para elevar o bajar la carga .....	44
<b>Ecuación 11.</b> Cálculo tensión adicional .....	46
<b>Ecuación 12.</b> Cálculo tensión en el lado tenso .....	46
<b>Ecuación 13.</b> Cálculo de torque .....	46
<b>Ecuación 14.</b> Cálculo velocidad del rodillo.....	47
<b>Ecuación 15.</b> Cálculo potencia de la banda.....	47
<b>Ecuación 16.</b> Cálculo del ángulo de contacto rodillo y banda.....	48
<b>Ecuación 17.</b> Cálculo longitud de la banda.....	49
<b>Ecuación 18.</b> Momento tensionante rodillo matriz .....	52
<b>Ecuación 19.</b> Cálculo diámetro del rodillo.....	53
<b>Ecuación 20.</b> Cálculo esfuerzo admisible .....	57
<b>Ecuación 21.</b> Cálculo módulo de reacción.....	57
<b>Ecuación 22.</b> Cálculo velocidad angular .....	58
<b>Ecuación 23.</b> Cálculo velocidad lineal de las poleas.....	58
<b>Ecuación 24.</b> Potencia de diseño.....	59
<b>Ecuación 25.</b> Ángulo de contacto de la banda.....	59
<b>Ecuación 26.</b> Cálculo de la longitud de la banda .....	60
<b>Ecuación 27.</b> Cálculo diseño de columnas .....	61
<b>Ecuación 28.</b> Cálculo carga crítica de pandeo.....	61
<b>Ecuación 29.</b> Cálculo módulo de elasticidad de aluminio .....	62

<b>Ecuación 30.</b> Cálculo carga admisible .....	62
<b>Ecuación 31.</b> Cálculo de la constante de la columna.....	63



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Coeficiente de fricción del Acero.....	95
<b>Anexo 2.</b> Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y arco de contacto. ....	95
<b>Anexo 3.</b> Motor DC 24v.....	96
<b>Anexo 4.</b> Datos para seleccionar rodamientos.....	97
<b>Anexo 5.</b> Propiedades sección cuadrada.....	98
<b>Anexo 6.</b> Propiedades de las áreas para las columnas .....	99
<b>Anexo 7.</b> Código de programación en Arduino.....	100
<b>Anexo 8.</b> Sistema EDINn OEE (Eficiencia en el proceso).....	110
<b>Anexo 9.</b> Factor de seguridad de servicio .....	111
<b>Anexo 10.</b> Correas trapeciales .....	112

## RESUMEN

El presente trabajo muestra el proceso de diseño y desarrollo de un sistema de control de una banda transportadora basada en el sistema RFID. En la primera sección del proyecto se analizan las especificaciones requeridas de funcionamiento y las tecnologías disponibles para el desarrollo del mismo. En la segunda sección del proyecto se seleccionan los componentes que cumplen con la función requerida, se implementan actuadores, controladores y sistemas que permitan lograr el óptimo funcionamiento del sistema, con el uso de un display interfaz touch lograremos supervisar todo el mecanismo, su funcionamiento, adecuación e información, con el arduino mega 2560 se controla el sistema en su totalidad garantizando el funcionamiento íntegro del proyecto y mediante el RFID se adquiere la información de cada producto con su respectivo tag, para almacenar dicha información en una base de datos. Se realizan pruebas de funcionamiento para determinar posibles errores y corregirlos. Una vez ensamblado y aprobado el sistema en la tercera sección del proyecto, se demuestra cada una de las funciones que cumple, su capacidad de control, supervisión y adquisición de datos.

## **ABSTRACT**

This work presents the design process and development of a system controlling a conveyor belt based on RFID. In the first section of the required performance specifications and technologies available for its development are analyzed. In the second section of the project components that meet the required function is selected, actuators, controllers and systems to achieve optimal system performance, using a touch display interface implemented achieve oversee the entire mechanism, functioning, adequacy and information, with arduino mega 2560 the system is controlled entirely by ensuring the full functioning of the project and through the RFID information is acquired each with its own tag to store this information in a database. Function tests are done to find and correct errors. Once assembled and approved the system in the third section of the project, demonstrated each of the functions performed, their ability to control, monitoring and data acquisition.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El avance tecnológico ha modificado, mejorado y optimizado el control y manejo de sistemas electrónicos, mecánicos y electromecánicos. Por esta razón el principal enfoque es la automatización de proceso.

La tecnología RFID (Identificación por Radio Frecuencia), se utiliza para el control, identificación y rastreo de objetos y recursos humanos, algunos artículos como prendas de vestir, libros, CD, etc. Son identificados por medio de ondas electromagnéticas con equipos especiales de lectura de etiquetas RFID. También esta tecnología es considerada como el sucesor del código de barras, debido a que el usuario puede identificar los productos de manera grupal y no individual, con ello el ahorro en tiempo y dinero es logrado. Es decir en inventarios se pueden localizar en segundos cientos de productos, en cambio con el código de barras tiene que ser de manera individual.

Las funciones básicas de una plataforma RFID son:

- Controlar todo tipo de dispositivos RFID y capturar los datos con rapidez y eficacia.
- Controlar en tiempo real la ubicación de las etiquetas.
- Controlar de forma centralizada de todas las fuentes internas y externas de los datos RFID.
- Asegurar la coherencia de los datos obtenidos a través de las diferentes partes de la cadena de suministro.
- Enviar información a dispositivos cuando sea necesario (Grabar un chip).
- Posibilidad de implementar con redes WLAN IEEE 802.11, incorporando un servicio de red wireless unificadas, permitiendo centralizar servicios de seguridad, datos, telefonía y video.

En busca de mejorar el rendimiento mecánico, conjuntamente se implementa un sistema de transporte de productos, mediante la banda o cinta transportadora, lo que permite que el sistema sea completo y rápido.

Existen varios aspectos importantes a tomar en cuenta para el diseño de la banda transportadora:

- Material a transportar: características.
- Peso.
- Distancia de transporte.
- Recursos energéticos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un sistema prototipo orientado a la gestión de microempresas comerciales, que por medio de módulos se optimizará el control de ventas y stock, basado en teledetección utilizando tags de identificación con tecnología RFID (Identificador por radio frecuencia).

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar y desarrollar un sistema basado en RFID, para el control de existencias aplicado a un inventario.
- Diseñar y construir un prototipo mecánico de una banda transportadora de productos alimenticios.
- Determinar el tipo de requisitos e información que el sistema debe manejar para llevar un control preciso de existencias.
- Implementar el sistema mecánico con la tecnología RFID.

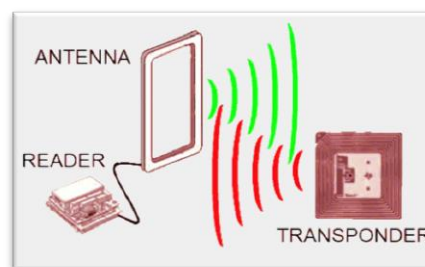
## **2. MARCO TEÓRICO**

Este capítulo es el grupo central de conceptos y teorías que se utilizó para formular y desarrollar el proyecto de tesis, contiene ideas básicas que forman la base de los argumentos científicos utilizados en este proyecto. Por medio de una investigación preliminar sobre documentos y libros para tomar decisiones en el diseño del proyecto y para orientar el análisis de los datos recogidos.

## 2.1 RFID (Identificación por Radio Frecuencia)

En los últimos años, la tecnología RFID ha entrado al "mainstream" tecnológico gracias a su creciente difusión en aplicaciones de cadena de suministro motivada por las iniciativas de las cadenas de autoservicio y departamentales.

La premisa básica de RFID es que a partir de la identificación de un ítem en forma electrónica a través de ondas de radiofrecuencia, una computadora puede rastrear ese ítem sin intervención humana. El seguimiento de un ítem a través de eventos clave a lo largo de su "vida", permite automatizar su circulación a través de la cadena de abastecimientos. RFID posibilita "armonizar" el flujo de información y productos en la cadena de abastecimiento para responder más rápidamente a las demandas de los consumidores. Por consiguiente, cómo mantenerse delante de los competidores y anticiparse al mercado son las preguntas que sólo las empresas que implementen RFID podrán responder.



**Figura 1.** Estructura del RFID

Fuente: (Kelly Jeff, 2004)



### **2.1.1 CONCEPTO DEL RFID**

La identificación por radiofrecuencia o RFID por sus siglas en inglés (radio frequency identification), es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector o reader vinculado a un equipo de computación, se comunica a través de una antena con un transponder (también conocido como tag o etiqueta) mediante ondas de radio.

### **2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA RFID**

#### **2.1.2.1 TIPOS DE COMUNICACIÓN**

La comunicación de un sistema RFID, se basa en la comunicación bidireccional entre un lector y una etiqueta, por medio de ondas de radiofrecuencia.

Dependiendo de la frecuencia de operación del sistema RFID se puede clasificar en dos tipos de comunicación:

- Por acoplamiento electromagnético (inductivo).
- Por la propagación de ondas electromagnéticas.

#### **2.1.2.2 CÓDIGOS Y MODULACIÓN**

La transferencia de datos entre el lector y la etiqueta, en un sistema RFID, consta de tres bloques básicos:

- Lector: codifica la señal y la modula.
- Medio de transmisión: transfiere la información.
- Etiqueta: remodula la señal y la decodifica.

Por lo tanto el transmisor procesa la señal y lo envía por un canal.

La modulación se deriva de tres tipos de modulado:

- AM: modulación de amplitud.
- FM: modulación de frecuencia.
- PM: modulación de fase.

### **2.1.2.3 COLISIONES**

Un lector de etiquetas RFID puede identificar a muchas etiquetas en su alcance debido a esto, el lector se configura para que otorgue prioridades y pueda darle a cada etiqueta su tiempo para ser leída y así evitar que dos o más etiquetas se lean al mismo tiempo, esto se logra transmitiendo un bit a la vez en forma de árbol y con ello eliminamos las colisiones.

Para el sistema de RFID es necesario que cuente con alta seguridad, debido a sus aplicaciones que deben tener ciertos parámetros de seguridad y defensa cuando quiera ser violado o atacado contra los siguientes módulos de ataque:

- Lectura no autorizada, para conseguir una copia de la etiqueta y copiar su información o bien modificar su operación.
- Colocar una etiqueta extraña en zona de lectura y obtener acceso no autorizado con el fin de obtener servicios de rastreo de forma gratuita.
- Escuchar sin ser advertido en comunicaciones de radio y enviar datos, imitando una etiqueta portadora original con la intención de hacer fraude.

### **2.1.3 CONTROL DE ERRORES**

El control de errores se utiliza para reconocer errores en la vía de transmisión, existe riesgo de pérdida de información, es por ello que hay que evitar errores durante la transmisión de información, ya que podría llegar incompleta o alterada, esto se puede corregir por ejemplo con una

retransmisión cuando previamente se compruebe error en la trama del envío, la método utilizado es:

#### **2.1.4 CONTROL DE PARIDAD**

Método que incorpora un bit de paridad en cada byte transmitido, resultado de nueve bits enviados por cada byte de información. Antes de la transmisión de datos se tomará la decisión para aceptar si se establece una paridad par o impar, para asegurar que el emisor y receptor están realizando el control de acuerdo con una misma selección.

#### **2.1.5 FACTORES IMPORTANTES EN EL DISEÑO DEL SISTEMA RFID**

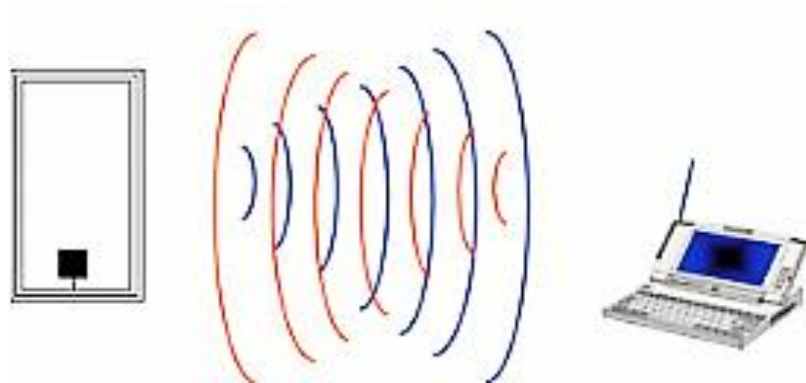
Como se puede observar un sistema RFID debe tener en cuenta diversos factores importantes para su diseño, y así poder utilizar el sistema de acuerdo a lo que se requiere, los puntos más importantes para el diseño de un RFID son:

- Rango de alcance, para poder mantener la comunicación lector – etiqueta.
- Velocidad del lector –etiqueta, rapidez del flujo de datos
- Tamaño de la etiqueta.
- Robustez para no captar interferencias.
- Frecuencia RF usada entre lector y transponedor.
- Rango de información y la capacidad de procesamiento que tiene el transponedor:
  - ✓ Low–end: 16 Bits
  - ✓ Mid-range: 32 bits
  - ✓ High-end: 512 bits
- Cantidad de información transmitida, con memorias de más de un bit, la comunicación entre lector y etiqueta tiene dos formas:
  - ✓ Half –dúplex: Cuando la comunicación es simultánea.
  - ✓ Sistemas secuenciales: La transmisión es de uno en uno.

## 2.1.6 FUNCIONAMIENTO

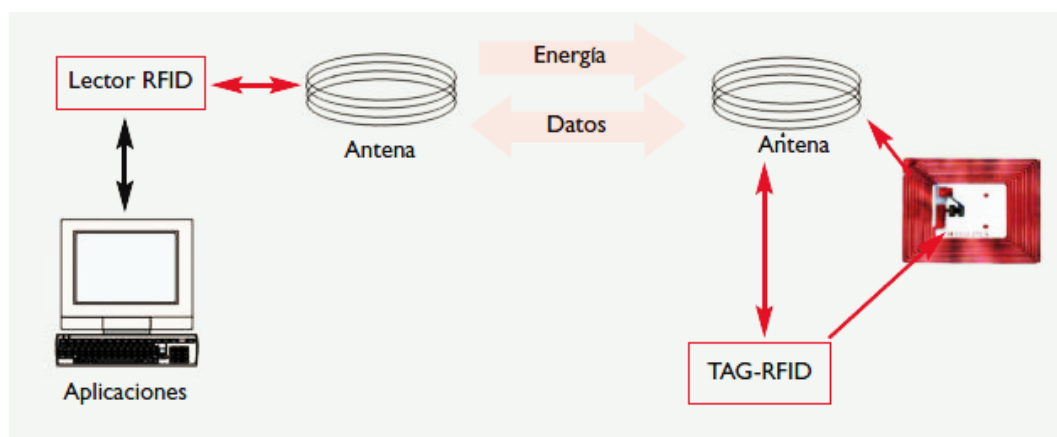
El modo de uso de la tecnología RFID es similar al tradicional código de barras. Al producto que se desea identificar se le añade una etiqueta y se utiliza un lector conectado a un ordenador para obtener la información de identificación automáticamente.

El principio de funcionamiento es el siguiente: el lector emite una señal electromagnética que al ser recibida por la etiqueta hace que ésta responda mediante otra señal en la que se envía codificada la información contenida en la etiqueta.



**Figura 2.** Principio de funcionamiento

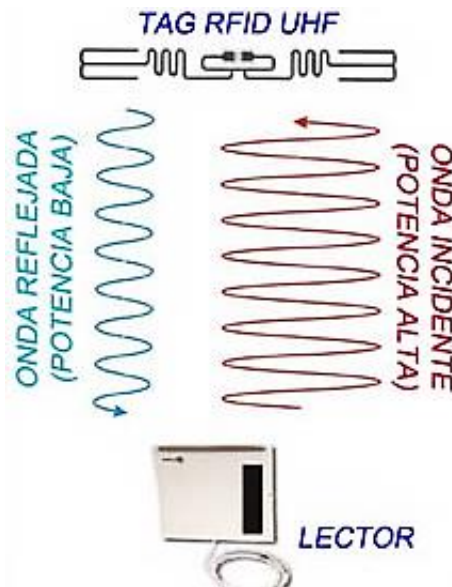
Fuente: (Mastropietro, 2012)



**Figura 3.** Sistema RFID

Fuente: (Mastropietro, 2012)

El circuito RFID que contiene los datos del objeto se encuentra adherido o colocado en un lugar específico, el mismo se encargará de generar una señal de radiofrecuencia con dichos datos, esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y pasarla en un formato digital a la aplicación específica que utiliza RFID.



**Figura 4.** Envío y recepción de frecuencias

Fuente: (Alan Gidekel, 2008)

### 2.1.7 TIPOS DE SISTEMAS DE RFID

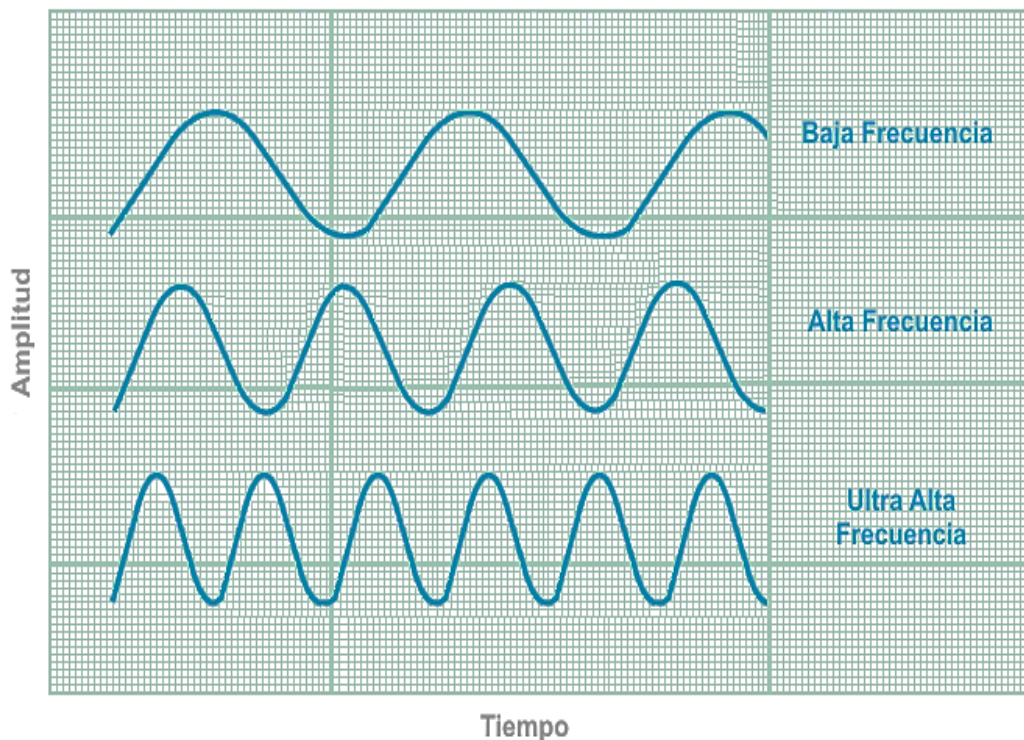
Existen actualmente diversos sistemas de RFID operando en distintas frecuencias, y cada uno de ellos presenta ventajas y desventajas en relación a los otros, por lo que resulta necesario analizar la aplicación, para determinar cuál de ellos se adapta mejor a las condiciones y exigencias que se planteen.

125 KHz, operando en la banda de LF (low frequency), es el sistema menos susceptible a los líquidos y metales, su velocidad de comunicación es baja, lo que lo hace deficiente para operar en entornos donde haya más de un tag presente en el campo de la antena: Su rango máximo de lectura no supera los 50 cm.

13.56 MHz, utiliza la banda de HF (High frequency), su respuesta en presencia de líquidos es buena, la velocidad de comunicación es aceptable para sistemas estáticos o de baja velocidad, su rango máximo de lectura es alrededor de un metro, sus principales aplicaciones se encuentran en librerías, identificación de contenedores y 'smart cards'.

868 - 928 MHz, opera en la banda de UHF (ultra high frequency), sus principales inconvenientes se encuentran en la interferencia provocada por metales y líquidos. Entre sus puntos positivos está el rango de lectura (que alcanza hasta nueve metros), su velocidad de lectura (1200 Tags/seg.) y el bajo costo de los tags..

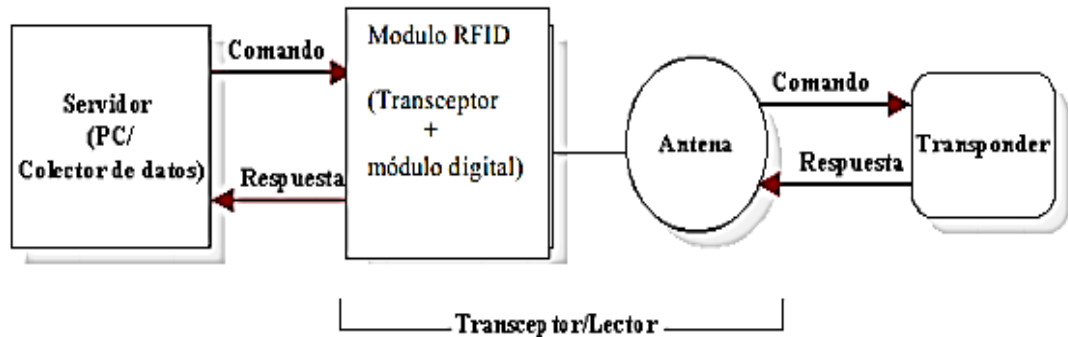
2.4 - 5.8 Ghz, trabaja en la banda de UHF, si bien su velocidad de transmisión es buena, su rango de lectura no es mayor a 2 metros. Este tipo de sistemas no se encuentran muy difundidos y su aplicación principal se encuentra en sistemas de tele-peaje.



**Figura 5.** Tipos de frecuencias generadas por RFID

Fuente: (Salecnc, 2010)

## 2.1.8 COMPONENTES DEL RFID

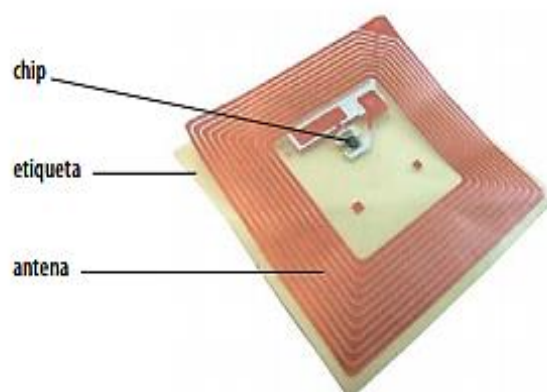


**Figura 6.** Componentes de un sistema RFID

Fuente: (Alan Gidekel, 2008)

### 2.1.8.1 ETIQUETAS (TAG)

Una etiqueta RFID consta de un microchip montado sobre un sustrato PET flexible con una antena incorporada. Este sustrato o “inlay” es luego instalado en una etiqueta con adhesivo de base. A pesar de que los chips son pequeños, las antenas no lo son. Ellas necesitan ser lo suficientemente grandes como para captar la señal emitida por el lector. La antena permite que una etiqueta pueda leerse a una distancia de tres metros o más, incluso a través de distintos materiales. El tamaño de la antena tiende a determinar el tamaño de una etiqueta RFID.



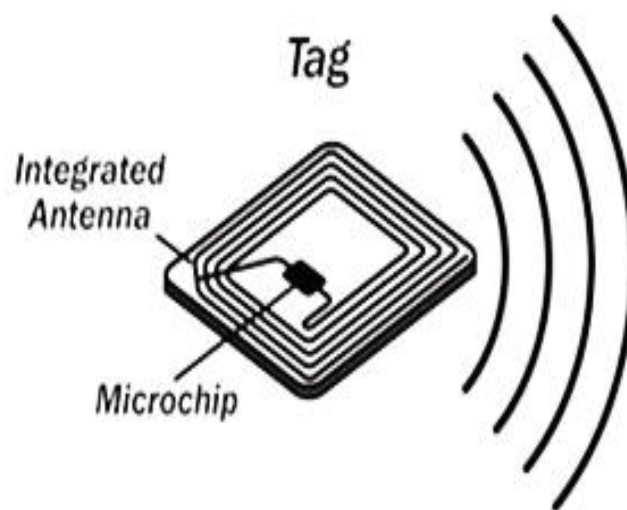
**Figura 7.** Componentes de un TAG

Fuente: (Alan Gidekel, 2008)

### 2.1.8.1.1 ETIQUETA PASIVA

Etiquetas pasivas también conocidas como transponders, no tienen integrado un sistema de energía, por lo que absorben el campo electromagnético generado por los lectores RFID. La señal transmitida por los lectores provee la energía suficiente para alimentar el chip de la etiqueta y enviar una señal de respuesta (Lalley, 2004). Las antenas para este tipo de etiquetas deben ser diseñadas tanto para absorber la energía, como para transmitir la señal de respuesta.

Las etiquetas pasivas tienen un corto alcance de lectura, que va desde centímetros hasta pocos metros, dependiendo de las frecuencias de transmisión y el diseño de las antenas. Este tipo de etiquetas se utilizan principalmente en la industria manufacturera y en implantes.



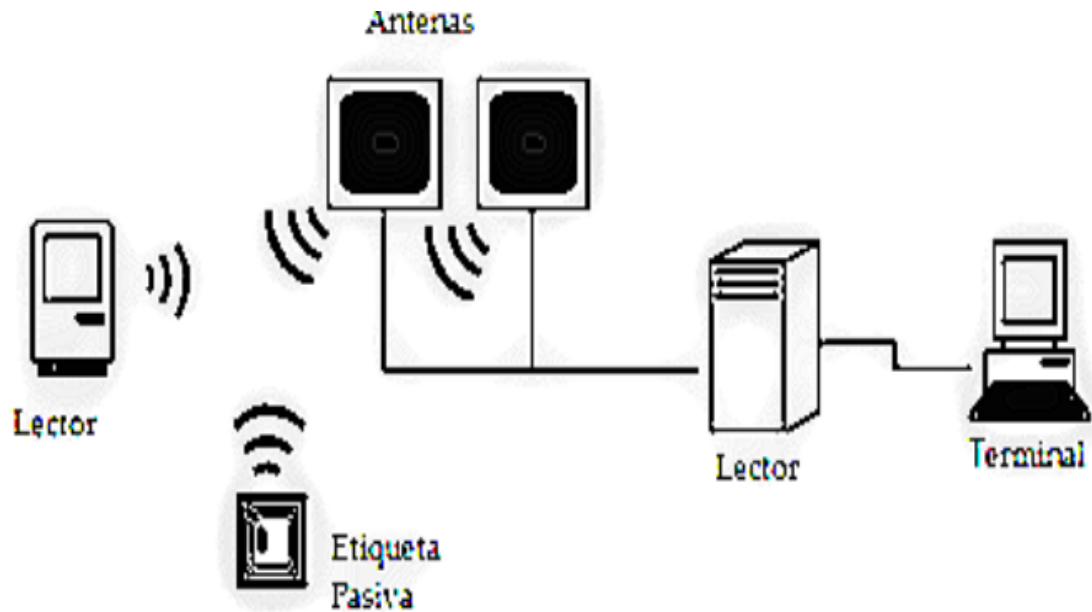
**Figura 8.** Estructura de una etiqueta pasiva

Fuente: (Alan Gidekel, 2008)

#### 2.1.8.1.1.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA ETIQUETA PASIVA

Las etiquetas pasivas no requieren de una batería para su funcionamiento, ya que se alimenta del campo magnético creado por el lector, este tipo de etiquetas tiene menor rango de comunicación, pero son las etiquetas con mayor uso.





**Figura 9.** Funcionamiento de una etiqueta pasiva

Fuente: (Alcántara José, 2007)

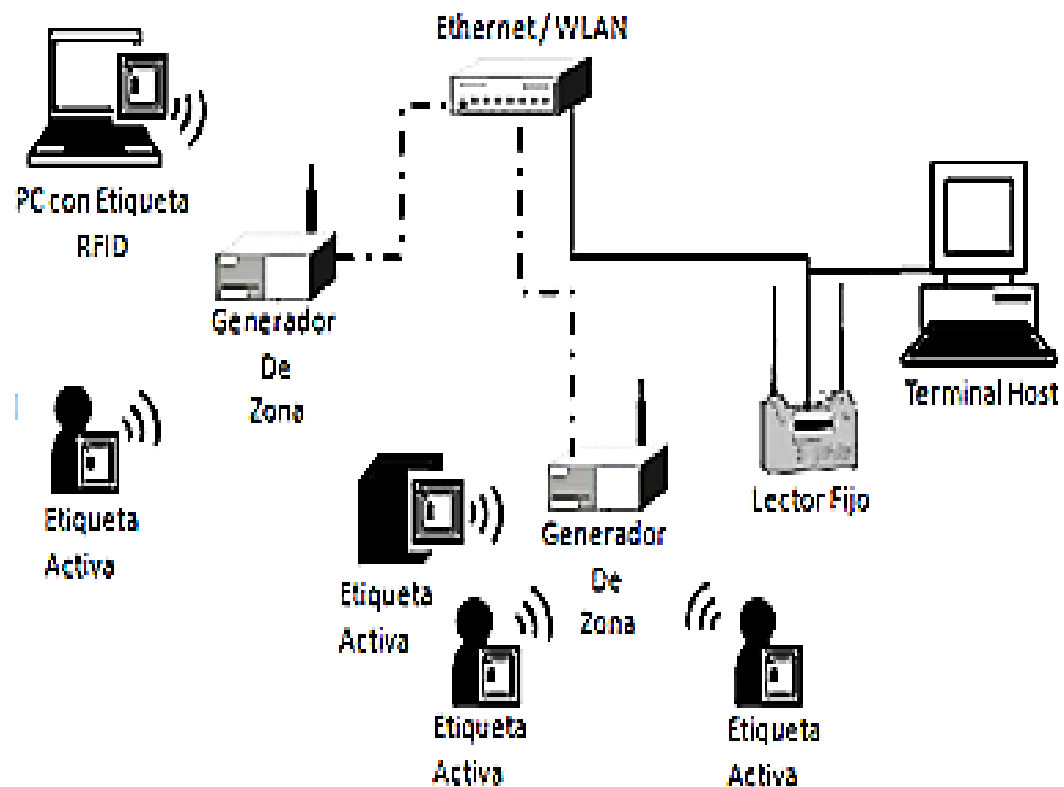
#### 2.1.8.1.2 ETIQUETA ACTIVA

Las etiquetas activas tienen integrado su propio sistema de alimentación, transmitiendo continuamente una señal, la cual es recogida por los lectores. Esto incrementa significativamente los rangos de lectura hasta en cientos de metros respecto de las etiquetas pasivas “El rendimiento y fiabilidad también es mayor que las etiquetas pasivas, siendo más efectivas en entornos con altos niveles de interferencias”. (Ramakrishnan y Deavours, 2006).

“Debido a la autonomía de las etiquetas activas, es posible integrar sensores (temperatura, humedad, luz, vibración, etc.) y sistemas de almacenamiento con mayores capacidades y funcionalidades, aunque se aumente sensiblemente el tamaño de las etiquetas”. (Tapia, Cueli et al. 2007).

##### 2.1.8.1.2.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA ETIQUETA ACTIVA

Las etiquetas activas cuentan con una batería interna, el cual permite alcanzar distancias de lectura y escritura muy altas entre las etiquetas y los lectores RFID.



**Figura 10.** Funcionamiento de una etiqueta activa

Fuente: (Alcántara José, 2007)

El funcionamiento de las etiquetas activas ocurre cuando los lectores y generadores de zona transmiten una señal codificada de radiofrecuencia a cada identificador de zona, funciona como repetidor de la señal y las etiquetas responden con una señal de identificación de forma periódica, es decir, cada determinado tiempo, hasta que la vida de la batería llegue a su fin (aproximadamente 5 a 7 años). Si cada generador o lector activan la etiqueta, ésta proporcionará su número de identificación, ubicación y datos contenidos en ella, si estos no lo activan, las etiquetas solo transmiten dicha información ante un evento previamente programado. El lector captura los datos de la etiqueta y los almacena o envía al ordenador el cual procesa y almacena los datos.

	RFID Activo	RFID Pasivo	Pasivo Asistido por Batería
Fuente de Energía	Interna	La energía se transfiere del lector al tag por radio frecuencia	El tag usa su batería para encenderse, los datos se transfieren del lector al tag y viceversa por radio frecuencia
Batería Interna	Sí	No	Sí
Disponibilidad de Energizar el Tag	Continuo	Sólo en el campo del lector	Sólo en el campo del lector
Intensidad de la Señal requerida del Lector al Tag	Muy baja	Muy alta	Moderada
Intensidad de la Señal disponible del Tag al Lector	Alta	Muy baja	Moderada
Alcance	Largo alcance (100 mts. o más)	Corto alcance (hasta 10 mts.)	Alcance moderado (hasta 100 mts.)
Capacidad de Detección	Capacidad para monitorear de forma continua los datos de la etiqueta (tag)	Capacidad para leer y transferir los valores del sensor sólo cuando la etiqueta es energizada por lector	Capacidad para leer y transferir los datos de la etiqueta sólo cuando la etiqueta recibe señal de radio frecuencia del lector

**Figura 11.** Características de etiquetas activas y pasivas

Fuente: (Corrales Santiago, 2006)

### 2.1.8.2 ANTENA

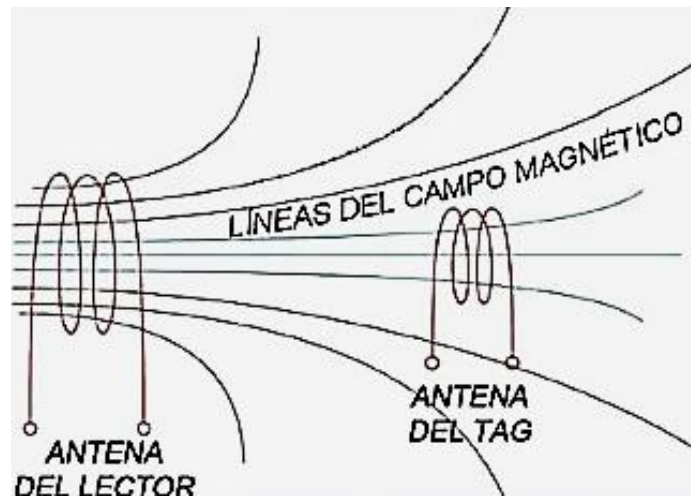
Las antenas son las que transforman las corrientes en ondas y las ondas en corrientes oscilantes.

“Las antenas crean un campo de acción a su alrededor, tridimensional que se llama Haz, el propósito de una antena es la capacidad de aumentar el radio de acción y también aumentar la densidad de campo electromagnético lo máximo posible. Es decir que cuanto más alcance y más denso sea su campo mejor leerá”. (Botero, González et al. 2009).

Las diferencias entre las distintas antenas RFID existentes se resumen en dos características:

- Para acción corta o acción larga: se selecciona en función de la amplitud requerida para realizar la lectura.

- Para alta o baja densidad de campo: se selecciona en función de la naturaleza de los productos y de la cantidad a leer al mismo tiempo.



**Figura 12.** Emisión de la onda de una antena

Fuente: (Ochoa Carlos, 2012)

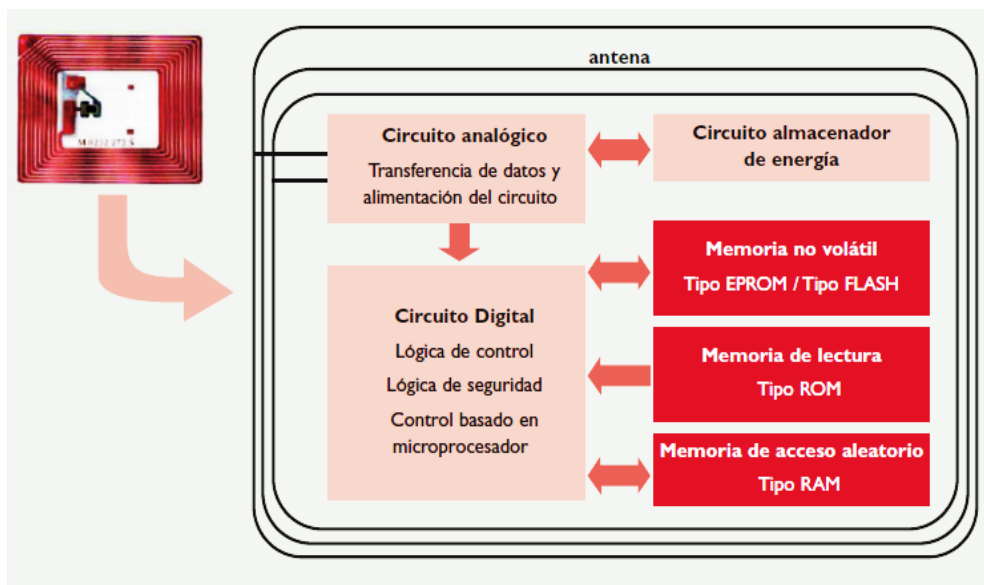
#### **2.1.8.2.1 CIRCUITO INTEGRADO**

Es un circuito mixto analógico-digital. La parte analógica se encarga de controlar la alimentación y la comunicación por radiofrecuencia. Por otro lado, la parte digital gestiona la información almacenada en la etiqueta.

#### **2.1.8.2.2 ELEMENTO ALMACENADOR DE ENERGÍA**

Es necesario incluir un elemento para alimentar al circuito. En función del elemento usado se muestran las etiquetas activas y las pasivas. La principal ventaja es un mayor rango de lectura al poder emitirse la información con mayor potencia.

Los componentes mencionados han de protegerse del ambiente exterior, por lo que en función de la aplicación habrá de elegirse el encapsulado adecuado. El más sencillo es en una lámina de plástico. No obstante los fabricantes ofrecen innumerables encapsulados, incluso a medida del cliente.



**Figura 13.** Componentes de una antena

Fuente: (Ochoa Carlos, 2012)

### 2.1.9 RANGO DE FRECUENCIAS Y VELOCIDADES

Banda de frecuencia	Características	Aplicaciones típicas
Baja 100-500 KHz	Lectura para corta y media distancia Sistemas con tags económicos Velocidad de lectura baja	Control de acceso Identificación de animales Control de existencias Inmovilizadores de automóviles
Intermedia 10-15 MHz	Lectura para corta y media distancia Potencialmente barato Velocidad de lectura media	Control de acceso Tarjetas inteligentes
Alta 850-950 MHz 2.4-5,8 GHz	Lectura para corta y media distancia Velocidad de lectura alta Línea de vista requerida Tecnología cara	Supervisión en sistemas ferroviarios y automotriz. Acceso y control de peaje

**Figura 14.** Bandas de frecuencia y usos en etiquetas RFID

Fuente: (Ochoa Carlos, 2012)

### 2.1.10 RFID ID 20

Se trata de un pequeño módulo con antena incorporada, que detecta cuando se le acerca un tag RFID y devuelve a través del puerto serie su código de

identificación. Las principales características de este dispositivo, que podemos ver en la figura de abajo, se listan a continuación:

- Alimentación de 5 V
- Frecuencia de lectura: 125 KHz
- Permite conexiones en serie a 9600 baudios y con puertos de tipo RS-232
- Es capaz de leer los tags RFID a una distancia de 200 mm aproximadamente
- El tamaño del dispositivo es de 38x70x7 mm.



**Figura 15.** Antena RFID ID-20

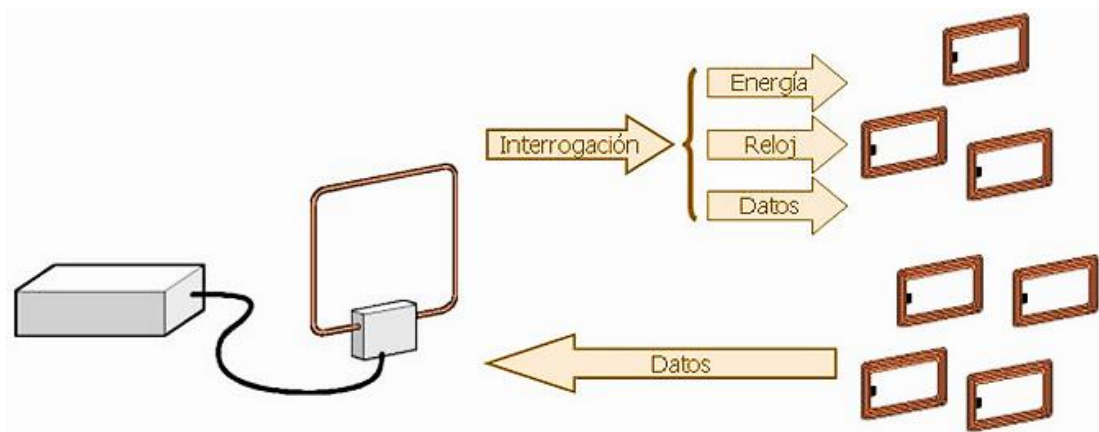
Fuente: (ID- Innovations Datasheet, 2013)

### **2.1.10.1 FUNCIONAMIENTO**

Son necesarios tres elementos básicos: una etiqueta electrónica o tag, un lector de tags y una base de datos. Las etiquetas electrónicas llevan un microchip incorporado que almacena el código único identificativo del producto al que están adheridas. El lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia al tag, que éste capta a través de una pequeña antena. Estas ondas activan el microchip, que, mediante la micro antena y la radiofrecuencia, transmite al lector cual es el código único del artículo. En definitiva, un equipo lector envía una señal de interrogación a un conjunto de productos y estos responden enviando cada uno su número único de identificación. Por este motivo, se dice que la tecnología RFID es una tecnología de auto-identificación. Una vez que el lector ha recibido el código

único del producto, se podría transmitir a una base de datos, donde se han almacenado previamente las características del artículo en cuestión: fecha de caducidad, material, peso, dimensiones.

De este modo se hace posible consultar la identidad de una mercancía en cualquier momento y fácilmente durante toda la cadena de suministro.



**Figura 16.** Funcionamiento del RFID

Fuente: (Alan Gidekel, 2008)

#### 2.1.10.2 PROTOCOLOS Y OPCIONES

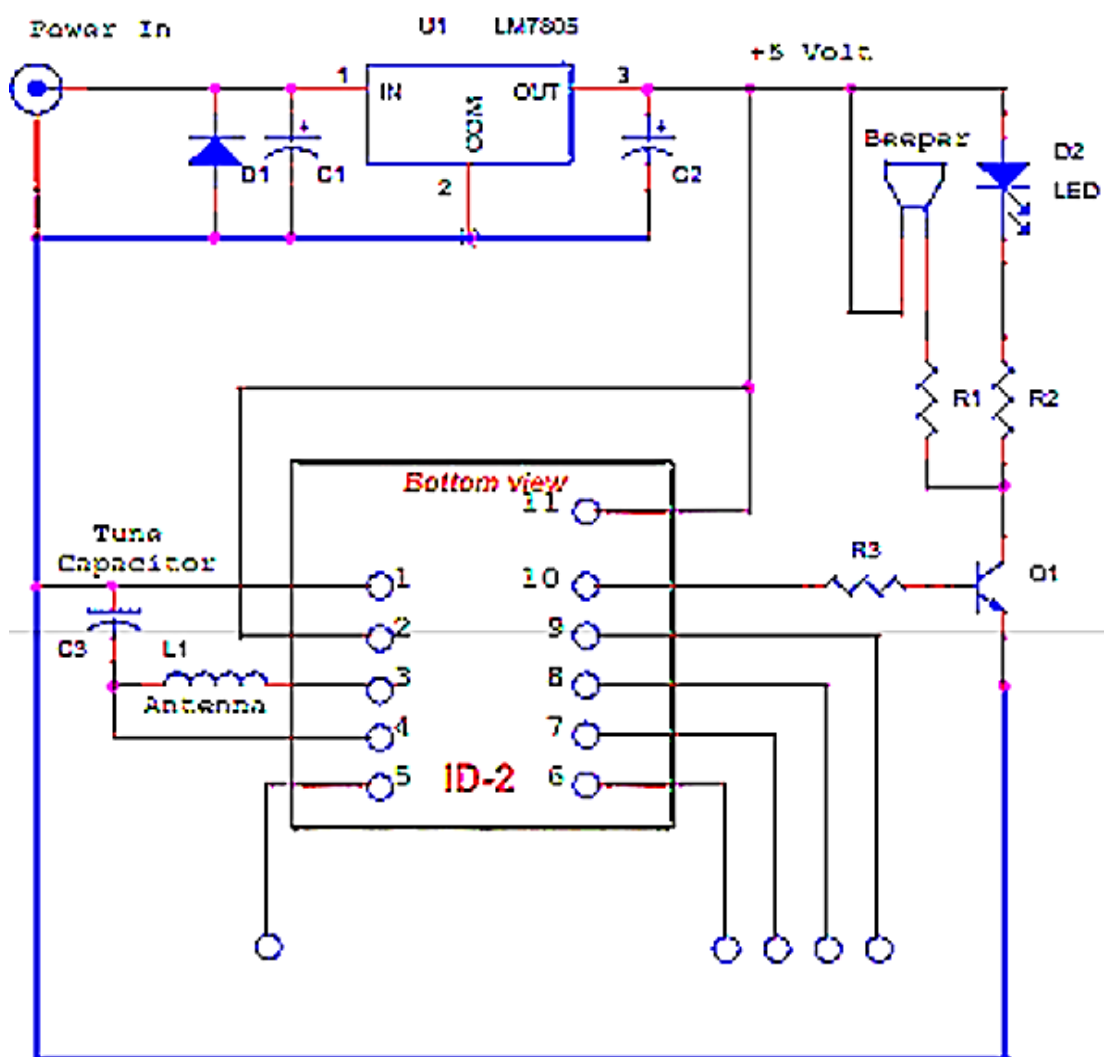
Normalmente el sistema de modulación usado es modulación de amplitud (AM) con codificación tipo Manchester NRZ.

Para conseguir mayor alcance y más inmunidad al ruido eléctrico se utilizan sistemas más sofisticados. En algunos casos se divide la frecuencia del reloj de recepción.

La mayor parte de los sistemas tienen una memoria EEPROM (ROM programable borrable) donde se almacenan datos. En algunos casos llevan datos grabados de fábrica y en otros también hay datos que puede grabar el usuario.

Algunos sistemas utilizan Encriptación de clave pública para conseguir mayor seguridad ante posibles escuchas maliciosas.

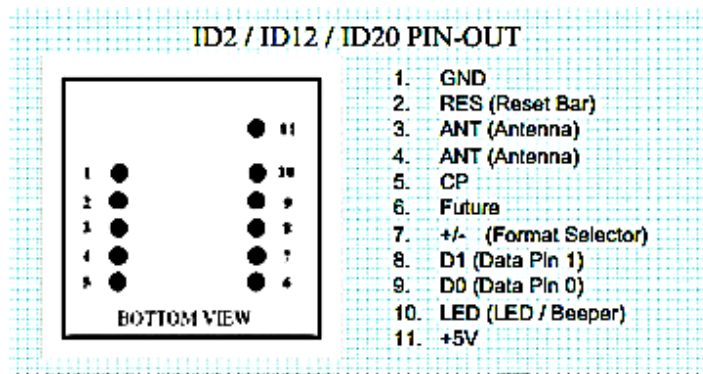
Por otro lado se puede encontrar sistemas anticolidión que permiten leer varias tarjetas al mismo tiempo. En caso de que varias tarjetas estén en el rango de alcance del interrogador y dos o más quieran transmitir al mismo tiempo, se produce una colisión. El interrogador detecta la colisión y manda parar la transmisión de las tarjetas durante un tiempo. Después irán respondiendo cada una por separado por medio de un algoritmo bastante complejo.



**Figura 17.** Diagrama del circuito del RFID ID – 20

Fuente: (ID- Innovations Datasheet, 2013)





**Figura 18.** Distribución de los pines

Fuente: (ID- Innovations Datasheet, 2013)

**Operational and Physical Characteristics**

Parameters	ID-2RW	ID-12RW	ID-20RW
Read Range	N/A (no internal antenna)	12+ cm (Unique Format)	15+ cm (Unique Format)
Dimensions	21 mm x 19 mm x 6 mm	26 mm x 25 mm x 7 mm	40 mm x 40 mm x 9 mm
Frequency	125 kHz	125 kHz	125 kHz
Card Format	Temec Q5555	Temec Q5555	Temec Q5555
Read Encoding	Manchester modulus 64	Manchester modulus 64	Manchester modulus 64
Power Requirement	5 VDC @ 13mA nominal	5 VDC @ 30mA nominal	5 VDC @ 50mA nominal
I/O Output Current	+/-200mA PK	-	-
Voltage Supply Range	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V	+4.6V through +5.4V
Coil Detail	L = 0.6mH - 1.5mH, Q = 15-30	-	-

**Figura 19.** Características operacionales y físicas

Fuente: (ID- Innovations Datasheet, 2013)

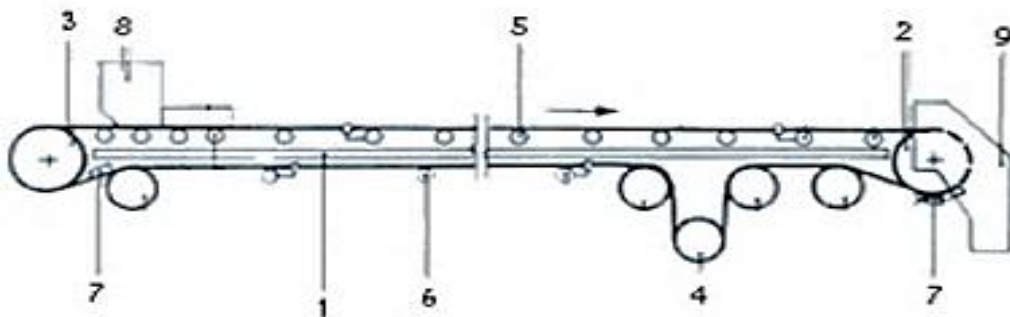
## 2.2 BANDA TRANSPORTADORA

Es uno de los sistemas de transporte continuo más utilizados en la industria, tanto para el transporte de cargas aisladas o bultos, como para materiales a granel. El procedimiento consiste en una cinta sin fin más o menos flexible, accionada por un motor, sobre la que se transportan las cargas tanto horizontalmente como con cierta inclinación.

### 2.2.1 COMPONENTES

- Estructura de soporte(1)
- Tambor de accionamiento(2)

- Tambor de reenvío(3)
- Tambor de estiramiento(4)
- Soporte de la correa en el tramo flotante(5)
- Soporte de la correa en el tramo de retorno(6)
- Sistemas de limpieza de la correa(7)
- Carga del transportador (8)
- Descarga del transportador (9)
- Distancia de transición



**Figura 20.** Banda Transportadora

Fuente: (Robert Mott, 2006)

### 2.2.1.1 TAMBOR DE ACCIONAMIENTO

La cinta es arrastrada por cualquier tabor extremo accionado a su vez por un motor. La transmisión del movimiento se consigue por adherencia entre la banda y el tambor.

### 2.2.1.2 TAMBOR DE REENVÍO

Son necesarios para poder tensar las bandas. Mediante un desplazamiento de estos tambores que van montados en el extremo opuesto a aquel donde se instala el tambor de accionamiento, se consigue un tensado que tiene como misión facilitar el retorno de la banda, una vez que ha realizado el recorrido de trabajo.

### **2.2.1.3 RODILLOS**

Los rodillos son uno de los componentes principales de una cinta transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de recubrimientos de la banda, con la consiguiente reducción de la vida de la misma.

#### **2.2.1.3.1 FUNCIONES DEL RODILLO**

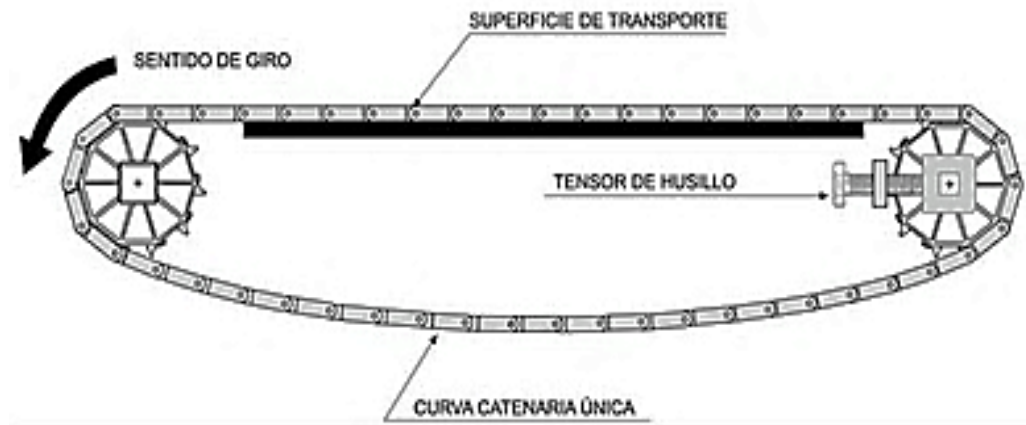
- Soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal inferior. Los rodillos del ramal superior situados en la zona de carga, deben soportar además el impacto producido por la caída del material.
- Contribuir al centrado de la banda, por razones diversas la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a descentrarla de su posición recta ideal. El centrado de la misma se logra, en parte, mediante la adecuada disposición de los rodillos, tanto portantes como de retorno.

### **2.2.1.4 TENSORES DE LA BANDA**

#### **2.2.1.4.1 FUNCIONES DE LOS TENSORES DE LA BANDA**

- Lograr el adecuado contacto entre banda y tambor motriz, para que se efectúe la transmisión de fuerza desde el tambor a la banda, impidiendo el patinaje. Para ello es necesario aplicar una fuerza de valor adecuado en el lado de salida de la banda.
- Evitar derrames de material en las proximidades de los puntos de carga, motivados por falta de tensión en la banda.

- Compensar las variaciones de longitud producidas en la banda. Estas variaciones son debidas a cambios de tensión en la banda, producidos ya sea por variaciones en el caudal de la cinta o durante el arranque y frenado.



**Figura 21.** Tensor de la banda

Fuente: (Robert Mott, 2006)

### 2.2.1.5 MOTORREDUCTORES DC

Los motores de corriente continua más comunes son actuadores muy potentes que giran a demasiada velocidad como para poder utilizarlos en muchas aplicaciones robóticas. Por esa razón se emplean los reductores habitualmente basados en engranes (también llamados engranajes).

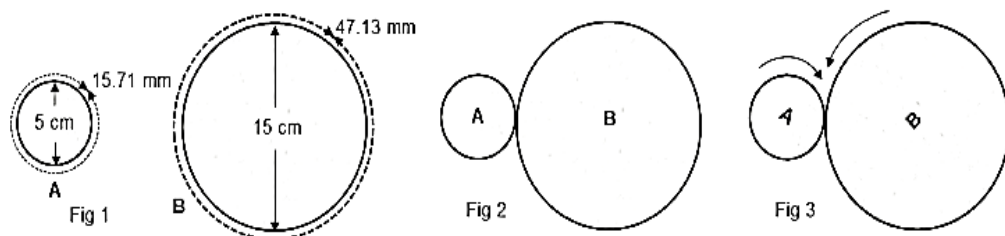
Los reductores o motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos). Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad.

### 2.2.1.5.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación se dan los principios básicos de un reductor o motorreductor de velocidad:

Supongamos que la rueda "A" tiene un diámetro de 5 cm. Su perímetro será entonces de  $5 \times 3.1416 = 15.71$  cm. El perímetro es la longitud total del envolvente de la rueda. Una rueda "B" de 15 cm de diámetro y 47.13 cm de perímetro ( $15 \times 3.1416$ ) está haciendo contacto con el perímetro de la rueda "A".

Con esta relación tres a uno (diámetro de la rueda "B" tres veces más grande que el diámetro de la rueda "A") se ha logrado disminuir la velocidad de rotación de la rueda "B" a la tercera parte de la velocidad de la rueda "A". La velocidad transmitida es inversamente proporcional al diámetro de la rueda.



**Figura 22.** Funcionamiento del motorreductor dc

Fuente: (Robert Mott, 2006)

### 2.2.1.5.2 CARACTERISTICAS MOTORREDUCTORES DC

- Potencia, en HP, de entrada y de salida.
- Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.
- PAR (o torque), a la salida del mismo, en KG/m.
- Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

## Especificaciones del fabricante

Elemento	Parámetros	Voltaje de trabajo		
		DC 3 V	DC 5 V	DC 6 V
Motor (Sin Caja reductora)	RPM	125 RPM		
	Corriente	80 – 100 mA		
Caja reductora	Relación	48:1		
	Velocidad sin carga	125 RPM	200 RPM	230 RPM
	Velocidad con carga	95 RPM	180 RPM	220 RPM
	Torque de salida	0.8 Kg.Cm	1 Kg.Cm	1.1 Kg.Cm
	Corriente	110 – 130 mA	120 – 140 mA	130 – 150 mA
	Dimensiones	66mmX26.6mm		
	Peso	50gr		
	Ruido	<65dB		

**Figura 23.** Características del motorreductor DC

Fuente: (Robert Mott, 2006)

### 2.2.5.1.3 VENTAJAS

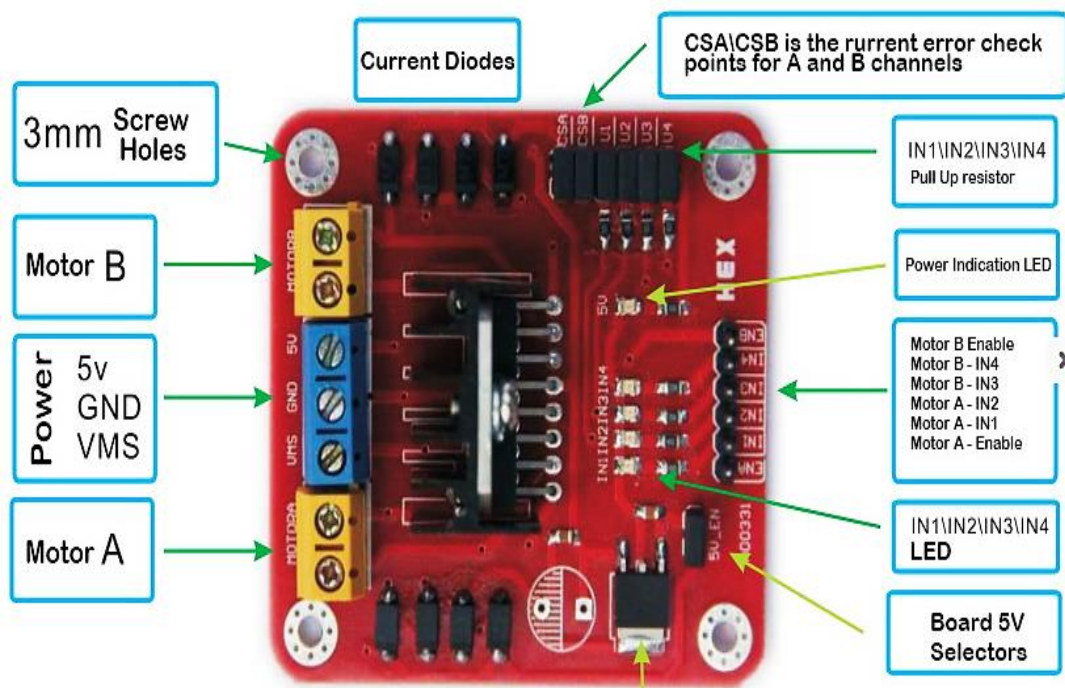
- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta potencia y par torsional de transmisión.
- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.

### 2.2.5.1.4 DRIVER MOTORREDUCTOR (L298N MÓDULO ARDUINO)

El módulo controlador L298N, puede controlar directamente dos motores de corriente continua 3-30V, y proporcionar una interfaz de salida de 5V, un solo chip, provee un chip que puede controlar fácilmente la velocidad del motor DC y dirección y también controlar el motor paso a paso de dos fases.

### Características:

- Suministro de voltaje para los motores  $V_s$ : 5 V ~ 35 V;
- Corriente máxima de salida  $I_o$ : 2 A
- Voltaje necesario para activar el driver  $V_{ss}$ : 5 V ~ 7 V (se puede tomar el poder dentro de la junta 5 V)
- Control de voltaje de entrada de la señal:
  - ✓ Baja:  $-0.3V \leq V_{in} \leq 1,5 V$
  - ✓ Alto:  $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$
- Activar señal de voltaje de entrada:
  - ✓ Baja:  $-0,3 \leq V_{in} \leq 1,5 V$  (señal de control no es válido)
  - ✓ Alto:  $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$  (señal de control activo)
- Consumo máximo de energía: 20 W (cuando la temperatura  $T = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ )
- Temperatura de almacenamiento:  $-25 \text{ }^\circ\text{C} \sim 130 \text{ }^\circ\text{C}$



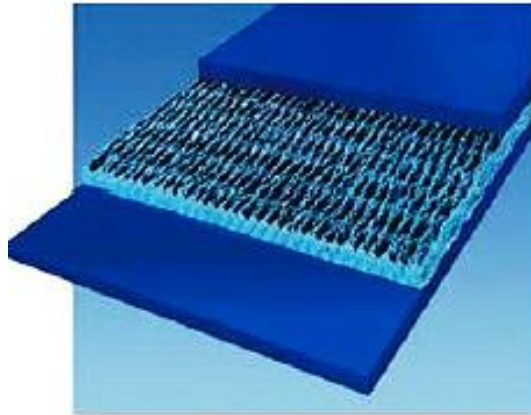
**Figura 24.** Estructura L298N

Fuente: (Delgado, 2009)



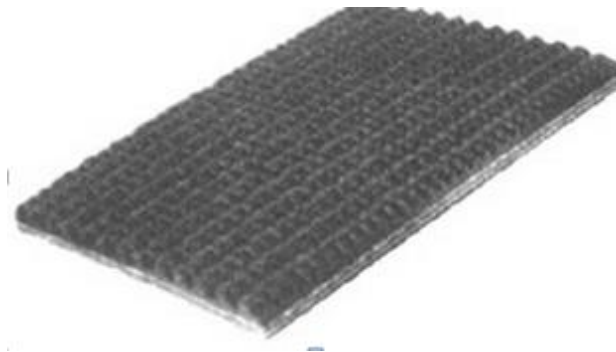






**Figura 27.** Bandas Rugosas

Fuente: (Mendez, 2006)



**Figura 28.** Banda con nervios

Fuente: (Mendez, 2006)

### 2.2.2.1 APLICACIONES

Lisa	Para instalaciones horizontales y de pequeño ángulo de inclinación.
De superficie rugosa	Para evitar el desplazamiento de las piezas transportadas.
Con pestañas onduladas y salientes, y con nervios en "V"	Para instalaciones de elevado ángulo de inclinación, a fin de impedir el corrimiento del material.

**Figura 29.** Aplicaciones

Fuente: (Robert Mott, 2006)

### **2.2.3 BANDAS TRANSPORTADORAS LISAS O PDV.**

Las bandas lisas son para instalaciones horizontales y con un pequeño ángulo de inclinación. Las calidades de sus recubrimientos y su carcasa exterior, pueden combinarse adecuadamente según las exigencias de funcionamiento. La fabricación estándar abarca anchos desde 400 a 1600 mm. Para utilizaciones específicas se pueden fabricar hasta un ancho de 2200 mm con bandas reforzadas.

### **2.2.4 CARACTERÍSTICAS BANDA TRANSPORTADORA**

Las bandas transportadoras tienen varias características importantes que respaldan su aplicación en la industria y que se muestran a continuación:

- Alta resistencia mecánica longitudinal, flexibilidad en direcciones longitudinal (en tambores) y transversal (en apoyos de rodillos), elevada resistencia al desgaste y a la desestratificación por reiterados dobleces, poca elasticidad y alta resistencia a la humedad.
- Proporcionan un método eficaz para el manejo de materiales mediante el cual los materiales no se extravían con facilidad.
- Se pueden utilizar para fijar el ritmo de trabajo siguiendo rutas fijas.

## **2.3 DISPLAY TFT TOUCH LCD 3.2**

TFT\_3.2 es un LCD TFT Módulo WideScreen, con una interfaz de 40 pines, la pantalla incluye un controlador SSD1289, que es un soporte para la interfaz de datos de 16 bits.

TFT 320 está diseñado con un controlador de contacto en el mismo. El toque IC es ADS7843, y la interfaz táctil se incluye en la salida de 40 pines. Otra extensión útil en el TFT01 es la ranura para tarjetas SD. Utiliza el modo SPI para operar la tarjeta SD, la interfaz SPI incluye en la salida 40 pines.

Este LCD tiene una calidad de visualización superior, nitidez en la imagen, gran cantidad de pixeles.

Además cuenta con interfaz touch permitiendo al usuario interactuar directamente con el sistema.



**Figura 30.** Display TFT LCD 3.2

Fuente: (Solomon Systech, 2005)

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS

- Pantalla LCD TFT Ref. S95300A320 x 240 pixels, 3.2"65K colores
- Backlight a LED blanco
- Ángulo de visión amplio
- Permite control total para crear formas gráficas, texto y números
- Controlador del LCD SSD1289 on-board
- Controlador touch XPT2046 on-board
- Conector para tarjetas de memoria SD
- Conector de 40 pines que proporciona las señales de los buses de datos del LCD, touchscreen, tarjeta micro SD chip de memoria flash (Chip no incluido)
- Interface en modo de 16 bits
- Voltaje de alimentación: 3.3 V
- Tamaño total: 94 mm x 65 mm x 16 mm aprox.

## **2.4 PROCESSING**

Processing es un dialecto de Java diseñado para el desarrollo de animaciones y aplicaciones gráficas de todo tipo.

Es un software libre, disponible en las plataformas (Mac OS, Linux, Windows).

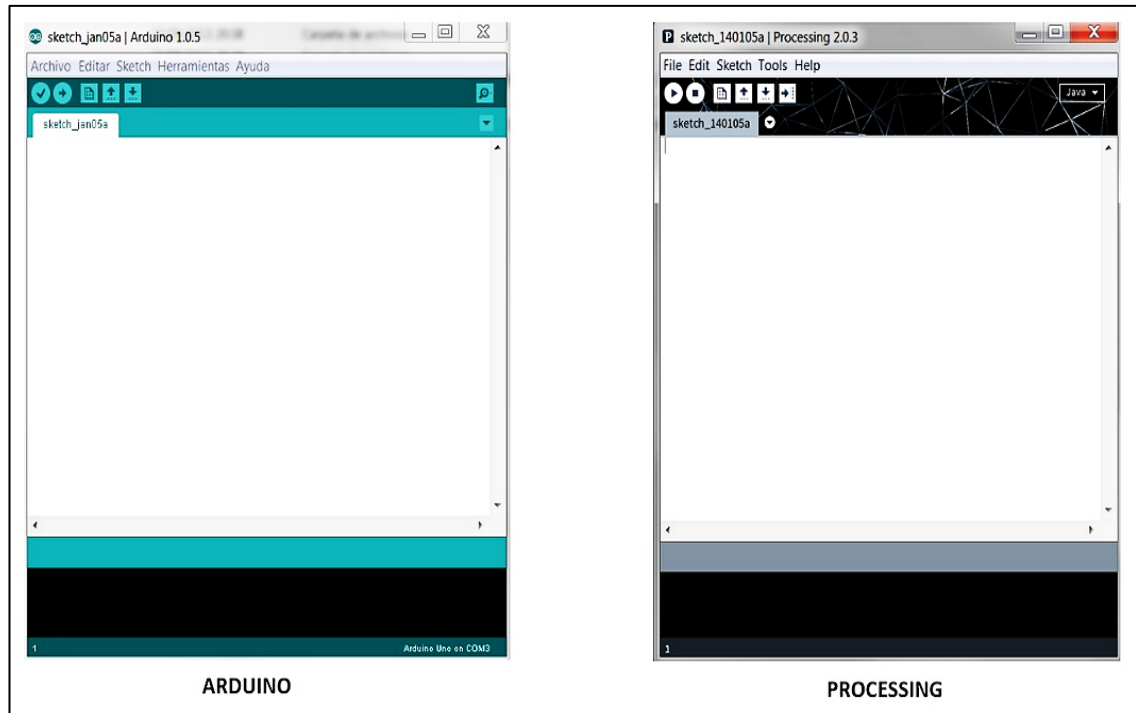
### **2.4.1 CARACTERÍSTICAS**

- Dispone de su propio ambiente de desarrollo interactivo.
  - ✓ Al guardar una aplicación, se genera un directorio con ese nombre y el fichero de la aplicación se almacena dentro con la extensión .pde.
  - ✓ Los nombres de los ficheros tienen un máximo de 64 caracteres sin espacios. Se pueden crear más ficheros asociados a la misma aplicación (gestión de pestañas). Estos ficheros tendrán la misma extensión .pde, pero también pueden tener la extensión .java
- Escalable: se puede combinar la programación de processing con las librerías propias de Java.
- Permite dos formas de programación: básica y orientada a objetos.

### **2.4.2 ARDUINO Y PROCESSING**

Es muy común usar Processing con Arduino para crear un entorno de visualización de datos mucho más atractivo visualmente y con más funciones que si se usa únicamente el Monitor Serial del ambiente de desarrollo interactivo de Arduino.

La interfaz creada en processing es muy amigable con el usuario, permitiendo además la interacción directa HMI (Maquina – Humano).



**Figura 31.** Arduino y Processing

Fuente: (Casey Reas, 2014)

#### 2.4.2.1 COMUNICACIÓN ARDUINO Y PROCESSING

Arduino puede usar su puerto serial (emulado vía USB) para comunicarse con otro hardware, generalmente a la PC, a través del monitor serie del software de Arduino o un programa en lenguaje Processing.

#### 2.4.2.2 VENTAJAS

- Simplifica la programación de las aplicaciones, al estar todo el código de control desde la aplicación.
- Una vez programada la tarjeta esta puede ser usada en diferentes aplicaciones sin necesidad de re programar la tarjeta.
- Gran cantidad de librerías que implementan el protocolo que permite controlar la tarjeta desde diferentes ambientes de programación como Processing, Python, C++, ActionScript, PureData, Perl, C#.

### 2.4.2.3 DESVENTAJAS

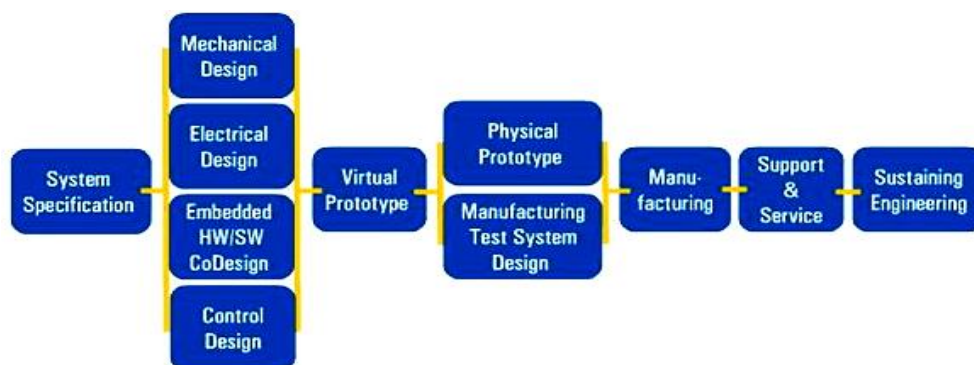
- Solo permite el acceso restringido a algunas de las funcionalidades de Arduino como :
  - ✓ Cambiar los modos de los pines (pinMode)
  - ✓ Activar o desactivar lo pines digitales (digitalWrite)
  - ✓ Leer el estado de los pines digitales (digitalRead)
  - ✓ Leer el estado de los pines análogos (analogRead)
  - ✓ Usar PWM (Modulación de ancho de pulso).
- No permite el acceso a librerías de Arduino con el Firmata Standard
- No hay soporte para interrupciones
- El intercambio de datos puede causar demoras en la respuesta de la aplicación o de la tarjeta.

### **3. METODOLOGÍA**

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el diseño y desarrollo del proyecto de tesis, la metodología supone la sistematización, es decir, la organización de los pasos a través de los cuales se ejecutará el proceso.

La Metodología Mecatrónica esquematizada en la Figura 32. Será el modelo a utilizarse al momento de desarrollar el mecanismo. En el proceso de diseño se ha tomado en cuenta sistemas mecánicos, electrónicos y de control, estos factores convergen para lograr el desarrollo del proyecto mecatrónico. Las técnicas de desarrollo mecatrónico ayudarán a:

- Reducir los tiempos de diseño e implantación.
- Reducir los costos asociados al diseño y la implantación.
- Tener un orden de actividades en un proyecto integral.
- Visualizar la dirección de un proyecto.



**Figura 32.** Metodología del Diseño Mecatrónico

Fuente: (Peñuelas Ulises, 2007)

### 3.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Un sistema Mecatrónico; abarca el análisis, desarrollo y la integración de dispositivos mecánicos, electrónicos y software para el control.

Basándose en la metodología del Diseño Mecatrónico para el desarrollo del sistema, se partirá de lo siguiente:



- Diseño Mecánico.
- Diseño Electrónico.
- Diseño de Control.

La convergencia de todos los subsistemas enunciados en el enfoque mecatrónico resulta en un sistema automatizado de adquisición de datos, mediante el control unificado entre una banda transportadora y sistema lector de datos RFID.

Para lograr un control unificado es necesario realizar una retroalimentación del proceso de adquisición de datos al control de la banda transportadora. Para cumplir con todos los requerimientos planteados es necesario atender a lo siguiente:

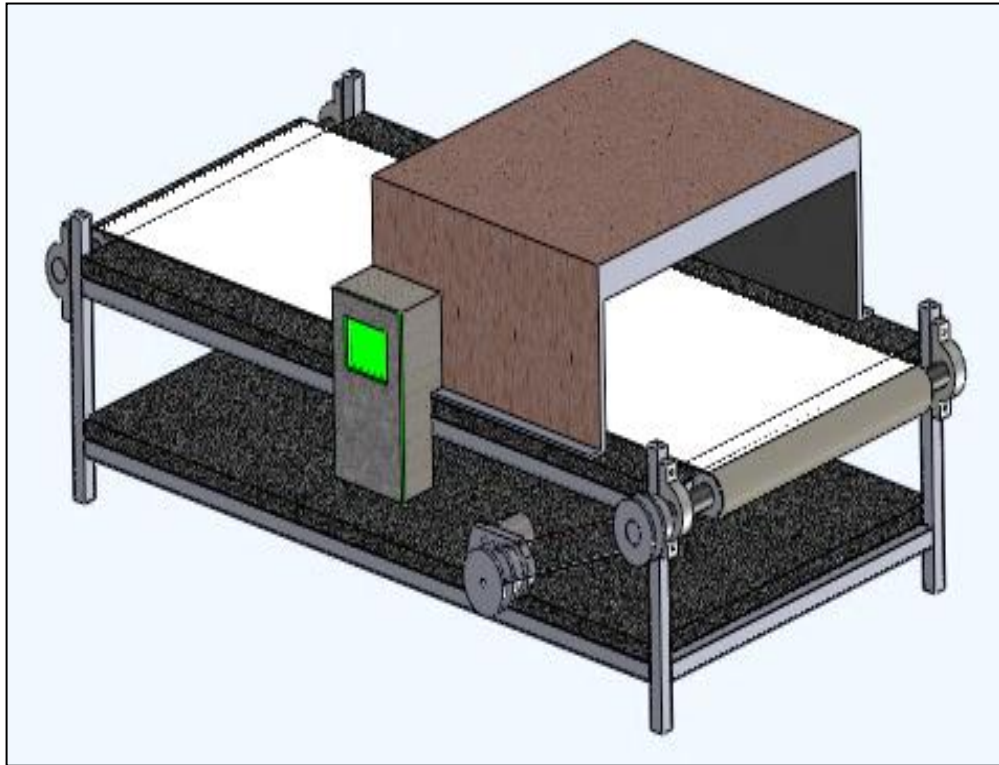
- La traducción de códigos seriales en texto se la realizará en el controlador del RFID, para de esta manera mostrar al usuario de una manera clara la información adquirida.
- El control de la banda transportadora será automático, al momento de realizar la lectura el RFID enviará comandos para que la banda pueda iniciar el movimiento nuevamente.
- La información obtenida por el RFID y los tags, se almacenará en un archivo de texto generado en el programa processing, que mostrará los datos con su respectiva imagen y la hora en que se realizó el registro.

### **3.2 DISEÑO MECÁNICO**

Previo al diseño se realiza un estudio de los mecanismos disponibles para su posible uso en el proyecto. Se estudia el sistema de estructura, soportes y transmisión de potencia.

Para el diseño mecánico se parte por determinar los principales parámetros requeridos como son:

- Tipos de materiales a transportar y tamaños.
- Capacidades a transportar.
- Ancho y longitud de la banda transportadora.
- Velocidad de trabajo.



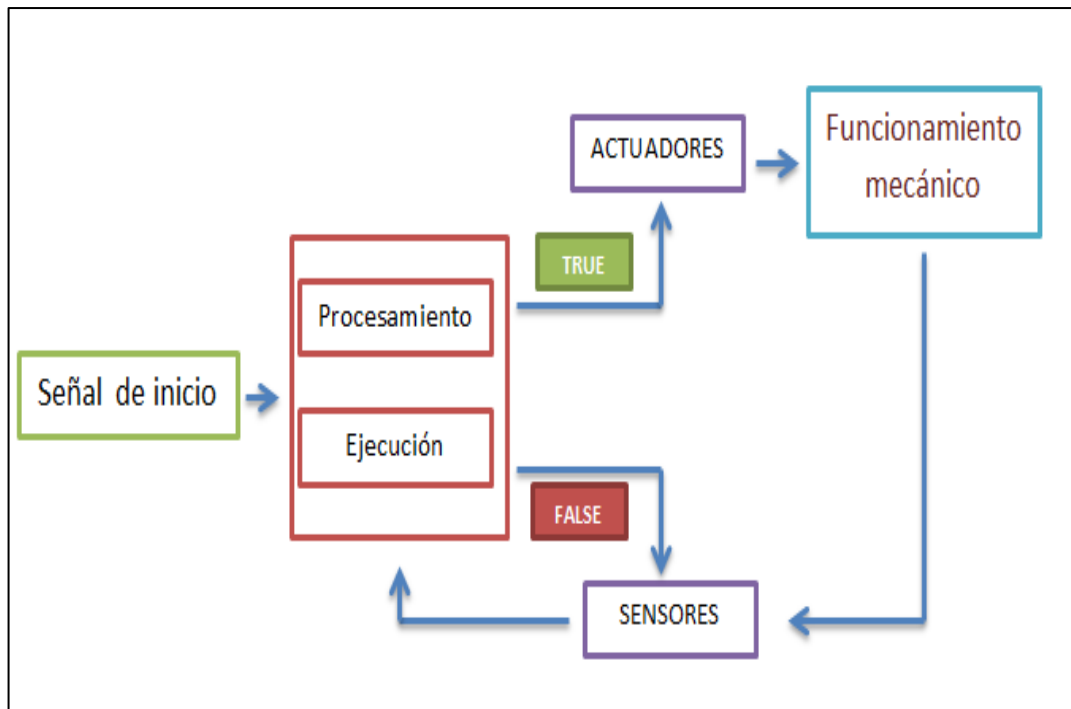
**Figura 33.** Diseño de la banda transportadora en SolidWorks

Fuente: (Jeremy Garcés)

### **3.2.1 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA**

Una banda transportadora está compuesta por un eje motriz y rodillos de apoyo que permiten el transporte de cualquier producto, en este caso de productos alimenticios.

El accionamiento de la banda se realizará mediante una interfaz touch en un LCD, mediante el cual arrancará el motorreductor que controla el movimiento de la banda transportadora.



**Figura 34.** Diagrama funcionamiento del control mecánico

Fuente: (Jeremy Garcés)

### 3.2.2 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Los materiales que se utilizará en la fabricación de la banda transportadora deberán cumplir con los requisitos de funcionalidad establecidos, para esto se ha utilizado matrices morfológicas con ponderaciones y calificaciones, siendo 10 la mayor puntuación

#### 3.2.2.1 SELECCIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA

Para la selección de la banda transportadora se realizó el análisis con relación a los tipos de materiales disponibles en el mercado, al tipo de material a transportar y al peso del material.

**Tabla 1.** Selección de la banda transportadora

SELECCIÓN BANDA TRANSPORTADORA					
ORGANIZACIÓN DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA					
	FUNCIONES	IMPORTANCIA	BANDA TRANSPORTADORA LISA	BANDA TRANSPORTADORA RUGOSA	BANDA TRANSPORTADORA CON NERVIOS
RELEVANTE	RESISTENCIA MECÁNICA INDUSTRIAL	10	8	8	10
	RESISTENCIA A LA FRICCIÓN	8	10	9	7
	LARGA VIDA ÚTIL	9	9	8	7
EFFECTIVO	BUEN PRECIO	9	10	8	5
FLEXIBLE	EXCELENTE ACABADOS	7	7	8	10
	FACILIDAD DE DESMONTAJE Y LIMPIEZA	7	10	9	9
		<b>TOTAL</b>	<b>54</b>	<b>50</b>	<b>48</b>

Fuente: (Jeremy Garcés)

Con los resultados obtenidos en la Tabla 1. Los principales parámetros necesarios en el desarrollo del proyecto se utilizará una banda transportadora lisa muy ligera y de alta resistencia, necesaria para el transporte de productos alimenticios. Se utilizará una banda transportadora desmontable mediante grapas y un pasador, que permitirá su limpieza, montaje y desmontaje cuando se requiera.

### 3.2.2.2 SELECCIÓN ACTUADOR ELÉCTRICO

Para la selección del actuador eléctrico para el movimiento de la banda transportadora se presentan tres opciones: motorreductor AC, motorreductor DC y motor paso a paso.

**Tabla 2.** Selección actuador eléctrico

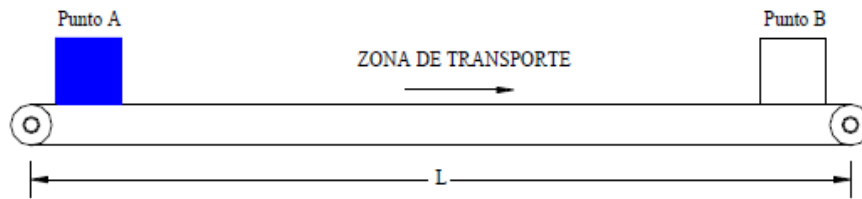
SELECCIÓN ACTUADOR ELÉCTRICO					
ORGANIZACIÓN DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA					
	<u>FUNCIÓNES</u>	<u>IMPORTANCIA</u>	MOTORREDUCTOR AC	MOTORREDUCTOR DC	MOTOR PASO A PASO
<b>RELEVANTE</b>	POTENCIA MOTOR	9	10	9	7
	VELOCIDAD NOMINAL	10	10	9	8
	PRECISIÓN DEL MOVIMIENTO	8	7	8	10
	TORQUE ARRANQUE	10	9	9	7
<b>EFFECTIVO</b>	COSTO	9	8	10	6
<b>FLEXIBLE</b>	MANTENIMIENTO	7	7	9	7
	<b>TOTAL</b>		51	54	45

Fuente: (Jeremy Garcés)

Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 2. Se utiliza un motorreductor DC de 24 V, debido al torque y velocidad requerida se decidió utilizar un motorreductor, ideal para este tipo de sistemas en donde el torque y velocidad son los principales factores para la selección del actuador. Además se utilizaron poleas y una banda en v para la transmisión de potencia del motor hacia el eje motriz.

### 3.2.3 ESTUDIO CINEMÁTICO

Para el diseño de la cinemática de la banda transportadora se partirá del cálculo de ancho plano necesario para el transporte de los productos, mediante el mismo cálculo se diseñará el sistema total de ejes y transmisión de potencia para la selección de motor dc.



**Figura 35.** Esquema de la zona de transporte.

Fuente: (Jeremy Garcés)

Se parte por determinar el ancho de la banda, esto se lo realiza con base en el ancho máximo de los productos a ser transportados. Por lo que se ha determinado utilizar una banda de ancho 400mm → 15,75 pulg.

**Ecuación 1.** Cálculo ancho de la banda

$$A_p = 0,371B \quad \text{(Ec. 1)}$$

Dónde:

$A_p$ = Ancho plano de la banda

$B$ =Ancho de banda

Entonces:

$$A_p = 0,371 (15,75 \text{ pulg} )$$

$$A_p = 5,84 \text{ pulgadas} \rightarrow 148,33 \text{ mm}$$

El resultado es el ancho mínimo en la que se ubicará el material a ser transportado.

**Ecuación 2.** Cálculo de holgura de la banda

La holgura de la banda es igual a:

$$C = 0,055 (B + 0,9) \quad \text{(Ec. 2)}$$

Dónde:

$C$ = Holgura de la banda (pulgadas)

$B$ = Ancho de la banda (pulgadas)

Entonces:

$$C = 0,055 (15,75 \text{ pulg} + 0,9)$$

$$C = 0,91 \text{ pulgadas} \rightarrow 23,11 \text{ mm}$$

**Ecuación 3.** Cálculo de la banda completamente cargada

$$Qt = mq \times \# \text{ de objetos transportados por hora} \quad \text{(Ec. 3)}$$

Dónde:

$$Qt = \text{Capacidad de transportación} \left[ \frac{tn}{n} \right]$$

Vt = Velocidad

mq = Masa de la carga [Kg]

Se determina la cantidad de productos que serán transportados por hora = 60, de igual manera se determina el peso máximo de la carga a transportar 1,22 kg.

Entonces:

$$Qt = 1,22 \text{ kg} * 60 \text{ Horas}$$

$$Qt = 73,2 \frac{Kg}{h} \rightarrow Qt = 0,0732 \frac{Tn}{h}$$

El resultado muestra la capacidad de transportación por hora de nuestro sistema.

**Ecuación 4.** Velocidad de la banda

$$Vt = \frac{L}{t} \quad \text{(Ec. 4)}$$

Dónde:

Vt = Velocidad de transportación [ $m/s$ ]

L = Espacio entre rodillos [ $m$ ]

t = Tiempo que tarda la carga q en recorrer L

Entonces:

$$Vt = \frac{1m}{11s}$$

$$Vt = 0,09[m/s]$$

#### **Ecuación 5.** Cálculo de la tensión Efectiva

Para el cálculo de la tensión efectiva se lo realiza considerando tres componentes Tx, Ty y Tz.

$$TE = Tx + Ty \pm Tz \quad \text{(Ec. 5)}$$

Dónde:

TE= Tensión efectiva (N)

Ty= Tensión necesaria para mover la carga horizontalmente (N)

Tx= Tensión necesaria para mover una banda vacía (N)

Tz= Tensión para levantar o bajar la carga (N)

El peso de los rodillos en total suma 6,057 kg/m y el peso total de la banda transportadora 1,025 kg/m.

#### **Ecuación 6.** Cálculo del peso rodillos + peso banda transportadora

Entonces:

$$Wm = \text{Peso rodillos} + \text{Peso banda transportadora} \quad \text{(Ec. 6)}$$

$$Wm = 6,057 \frac{Kg}{m} + 1,025 \frac{Kg}{m}$$

$$Wm = 7,08 \frac{Kg}{m}$$

Se calcula la tensión necesaria para mover la banda sin ninguna carga.

Se considera el coeficiente de fricción 0,35 del acero. (Ver **ANEXO 1**)



**Ecuación 7.** Cálculo tensión necesaria para mover una banda vacía

$$Tx = u \times Lc \times Wm \quad \text{(Ec. 7)}$$

Dónde:

Tx= Tensión necesaria para mover una banda vacía (N).

Wm= Peso de las piezas en movimiento (rodillos, banda)  $\left[ \frac{Kg}{m} \right]$ .

u= Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor motriz.

Entonces:

$$Tx = 0,35 \times 1m \times 7,08 \frac{Kg}{m}$$

$$Tx = 2,478 Kg \times \frac{9,8N}{1Kg}$$

$$Tx = 24,28N$$

La razón de carga viene dada por la siguiente ecuación.

**Ecuación 8.** Cálculo razón de la carga

$$Q = \frac{33,3 \times Qt}{vt} \quad \text{(Ec. 8)}$$

Dónde:

Q = Razón de la carga  $\left[ \frac{Kg}{m} \right]$ .

Qt= Capacidad de producción.

Entonces:

$$Q = \frac{33,3 \times 0,0732 \text{ Ton/h}}{0,09 \text{ m/s}}$$

$$Q = 27,084 \frac{Kg}{m}$$

Se calcula la tensión para mover la carga horizontalmente.

**Ecuación 9.** Cálculo tensión para mover la carga horizontalmente

$$Ty = u \times Lc \times Q \quad \text{(Ec. 9)}$$

Dónde:

Lc= Valor ajustado entre centros (L) de transportador (m)

u= Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor motriz.

$$Q = \text{Razón de la carga} \left[ \frac{Kg}{m} \right] .$$

Entonces:

$$Ty = 0,35 \times 1m \times 27,084 \text{ Kg/m}$$

$$Ty = 9,47 \times \frac{9,8N}{1Kg}$$

$$Ty = 92,9 [N]$$

Se procede a calcular la tensión para levantar o bajar la carga, como el transportador el horizontal la componente en TZ=0.

La tensión para elevar o bajar la carga viene dada por:

**Ecuación 10.** Cálculo tensión para elevar o bajar la carga

$$Tz = H \times Q \quad \text{(Ec. 10)}$$

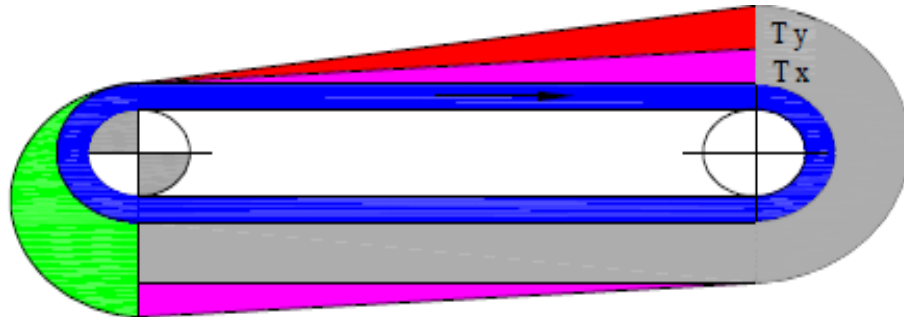
Dónde:

H= Altura de la banda (m).

$$Q = \text{Razón de la carga} \left[ \frac{Kg}{m} \right] .$$

Entonces:

$$T_z = 0 \times 27,084 \text{ Kg/m} = 0$$



**Figura 36.** Diagrama de tensiones para banda transportadora

Fuente: (Jeremy Garcés)

La tensión efectiva (**Ec. 5**) es el producto de las ecuaciones (**Ec. 7**), (**Ec. 9**) y (**Ec. 10**).

Se reemplazan los datos obtenidos.

$$TE = T_x \times T_y \times T_z$$

$$TE = 24,28 \text{ N} + 92,9 \text{ N} + 0$$

$$TE = 117,18 \text{ [N]}$$

La tensión efectiva no es la tensión total que se ejerce sobre la banda. Se tiene que considerar una tensión adicional para evitar el patinamiento en el rodillo motriz.



**Figura 37.** Representación de las tensiones T1, T2

Fuente: (Jeremy Garcés)

Ésta tensión adicional es considerada como la tensión en el lado flojo.

**Ecuación 11.** Cálculo tensión adicional

$$T2 = K \times TE \quad (\text{Ec. 11})$$

Dónde:

T2= Tensión en el lado flojo.

K= Factor de transmisión basados en el coeficiente y arco de contacto

TE= Tensión efectiva

Entonces:

K=1,64 Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y arco de contacto. (Ver **ANEXO 2**)

$$T2 = 1,64 \times 117,18 N$$

$$T2 = 192,18 (N)$$

Se calcula la tensión en el lado tenso.

**Ecuación 12.** Cálculo tensión en el lado tenso

$$T1 = T2 + TE \quad (\text{Ec. 12})$$

Dónde:

T1= Tensión en el lado tenso

Entonces:

$$T1 = 192,18 N + 117,11 N$$

$$T1 = 309,36 (N)$$

**Ecuación 13.** Cálculo de torque

Para mover la banda transportadora se necesita de un motor con un torque y potencia determinado.

$$T \text{ torque} = (T1 - T2) \times Rr \quad (\text{Ec. 13})$$

**Ecuación 14.** Cálculo velocidad del rodillo

$$n = \frac{Vt \times 60}{T1 \times Dr} \quad (\text{Ec. 14})$$

**Ecuación 15.** Cálculo potencia de la banda

$$P = (T1 - T2) \times Vt \quad (\text{Ec. 15})$$

Dónde:

T= Torque [Nm]

P= Potencia (Watts)

T1= Tensión lado tenso [N]

T2= Tensión lado flojo [N]

Rr= Radio del rodillo [m]

n= Velocidad del rodillo [rpm]

Vt= Velocidad de transportación [m/s]

Dr= Diámetro del rodillo

Se reemplaza las ecuaciones **(Ec. 11)** y **(Ec. 12)** en **(Ec. 13)**. El radio del rodillo se consideró de 0,025 m.

Entonces:

$$T = (309,36 \text{ N} - 192,18 \text{ N}) \times 0,025 \text{ m}$$

$$T = 2,93 \text{ (N.m)}$$

La potencia se calcula reemplazando las ecuaciones **(Ec. 11)**, **(Ec. 12)** y **(Ec. 4)** en **(Ec. 15)**.

$$P = (T1 - T2) \times Vt$$

$$P = (309,36 \text{ N} - 192,18 \text{ N}) \times 0,09 \text{ m/s}$$

$$P = 10,55 \text{ W}$$

El diámetro del rodillo se considera 0,05m. Se calcula la velocidad sin carga reemplazando las ecuaciones **(Ec. 4)**, **(Ec. 11)** en **(Ec. 14)**

$$n = \frac{Vt \times 60}{T1 \times Dr}$$

$$n = \frac{0,09 \text{ m/s} \times 60}{309,36 \text{ N} \times 0,05 \text{ m}}$$

$$n = 34 \text{ (rpm)}$$

A base de los cálculos obtenidos se puede seleccionar el motor a utilizar **ANEXO 3**. En este caso se selecciona un motor de 24 V DC con Potencia de 15W y velocidad de 300rpm, debido a que la velocidad es muy elevada se utiliza un motorreductor, el cual reducirá la velocidad a 40 rpm.

**Ecuación 16.** Cálculo del ángulo de contacto rodillo y banda

$$\theta d = \pi - 25^{en-1} \frac{Dr-dr}{2L} \quad \text{(Ec. 16)}$$

$$\theta D = \pi - 2^{sen-1} \frac{Dr-dr}{2L}$$

Dónde:

$\theta d$ = Ángulo contacto rodillo arrastrado o conducido

$\theta D$ = Ángulo contacto rodillo motriz

$dr$ = Diámetro del rodillo arrastrado

$Dr$ = Diámetro del rodillo motriz

$L$ = Distancia entre el centro de rodillos

Entonces:

$$\theta d = \pi - 25^{en-1} \frac{0,05\text{m} - 0,05\text{m}}{2(1\text{m})}$$

$$\theta d = \pi - 0$$

$$\theta d = 180^\circ$$

$$\theta D = \pi - 2^{\text{sen}-1} \frac{0,05m - 0,05m}{2(1m)}$$

$$\theta D = \pi + 0$$

$$\theta D = 180^\circ$$

**Ecuación 17.** Cálculo longitud de la banda

$$Lb = 2L + 1,57 \times (Dr + dr) + \frac{(Dr - dr)^2}{4L} \quad \text{(Ec. 17)}$$

Dónde:

Lb= Longitud de la banda [m]

L= Longitud centro de los rodillos [m]

Dr= Diámetro del rodillo matriz [m]

Dr= Diámetro del rodillo arrastrado [m]

Entonces:

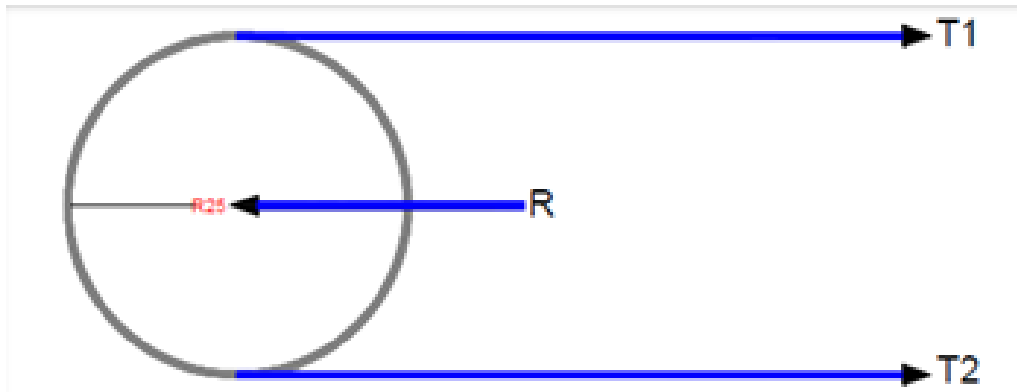
$$Lb = 2(1 m) + 1,57 \times (0,05 m + 0,05 m) + \frac{(0,05 m - 0,05 m)^2}{4(1 m)}$$

$$Lb = 2,16 [m]$$

Con base de los resultados obtenidos se escoge una banda plana lisa (Anexo 9) con una longitud de 2,2 m.

**Análisis mecánico de los rodillos:** El primer análisis se basa en si soportan las cargas estáticas a las que están sometido.

En el diagrama **Figura 49**, T1 y T2 son las tensiones distribuidas de la banda y R la reacción de los apoyos.



**Figura 38.** Diagrama de cuerpo libre del rodillo

Fuente: (Jeremy Garcés)

Entonces:

$$\sum f_y = 0$$

$$R_A - W_q + R_B = 0$$

Dónde:

$R_A$ = Reacción del apoyo en el punto A.

$W_q$ = Peso total del sistema

El peso total del sistema es igual a la sumatoria de los pesos de cada rodillo y la banda  $W_q = 39,14$  N.

$R_B$ = Reacción del apoyo en el punto B.

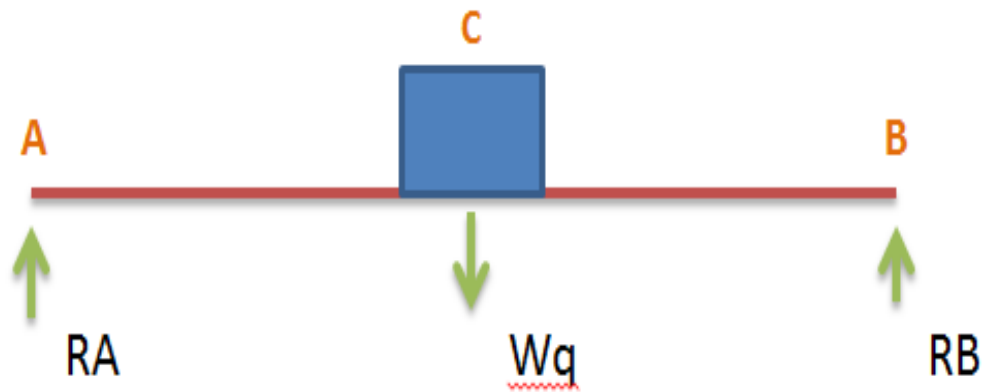
$$R_A + R_B = 39,14$$

$$R_A = 39,14 - 19,57$$

$$R_A = 19,57 \text{ [N]}$$

$$R_B = 19,57 \text{ [N]}$$





**Figura 39.** Diagrama de cuerpo libre rodillo. Reacciones en A y B.

Fuente: (Jeremy Garcés)

Con la sumatoria de momentos se tiene que;

$$M = F * L$$

Dónde:

F= Fuerza.

L= Longitud.

Entonces:

$$\sum MA = 0$$

$$-Wq(0,1925) + RB(0,385) = 0$$

$$RB = \frac{(39,14)(0,1925)}{0,385}$$

$$RB = 19,57 [N]$$

Fuerzas cortantes AC

$$\sum fy = 0$$

$$RA - VAC - 39,14 = 0$$

$$VAC = 19,57 [N]$$

$$\sum MAC = 0$$

$$MAC - RA (0,1925) = 0$$

$$MAC = 19,57 \times 0,1925$$

$$MAC = 3,77 [Nm]$$

$$0,38 [Kgm]$$

Fuerza cortante AB

$$\sum fy = 0$$

$$RA - Wq - VAB = 0$$

$$VAB = 19,57 - 39,14$$

$$VAB = -19,57[N]$$

$$MAB = 19,57(0,385) - 39,14(0,3850,1925)$$

$$MBK = 0 \text{ si } D = 0,385$$

**Ecuación 18.** Momento tensionante rodillo matriz

$$MT = \frac{P}{WR} \left[ \frac{N}{m} \right] \quad \text{(Ec. 18)}$$

Dónde:

MT= Momento tensionante

P= Potencia (WAT)

WR= Velocidad angular rodillos ( $rad/s$ )

Entonces:

Se transforma de rev/min a rad/s

$$WR = 35 \frac{rev}{min} \times \frac{2\pi rad}{1 rev} \times \frac{1min}{60s} = 3,66 \frac{rad}{s}$$

$$MT = \frac{34,6 W}{3,66 rad/s}$$

$$MT = 9,45 [Nm] \rightarrow 2,7 [Kgm]$$

Con los resultados obtenidos en el análisis de fuerzas cortantes y momentos flectores se determina que las cargas son pequeñas.

**Diámetro rodillo:** El factor de seguridad se considera de 5 (debido al factor de seguridad estándar para este tipo de mecanismos), y la construcción del rodillo será en acero AISI 1018 de transmisión cuya resistencia a la fluencia es de  $235 [N/mm^2] = 23'979.591,84 [Kg/m^2]$ .

**Ecuación 19.** Cálculo diámetro del rodillo

$$d^3 = \frac{16 \times 2ns}{\pi \times Sy} \times \sqrt{MAC^2 + MT^2} \quad (\text{Ec. 19})$$

Dónde:

$$Sy = \text{Resistencia a la frecuencia} \left[ \frac{Kg}{m^2} \right]$$

Ns= Factor de seguridad

MAB= Momento flector AB [N]

MT= Momento torsionante [N]

Entonces:

$$d^3 = \frac{16 \times 2(5)}{\pi \times 23979591,84 Kg/m^2} \times \sqrt{0,38 N^2 + 2,7 N^2}$$

$$d^3 = \sqrt{5,7909 + 10^{-6}}$$

$$d = 0,0179(m) = d = 17[mm]$$

Con los cálculos obtenidos se determina utilizar un rodillo de 25,4 mm = 1 pulgada, debido a la disponibilidad en el mercado.

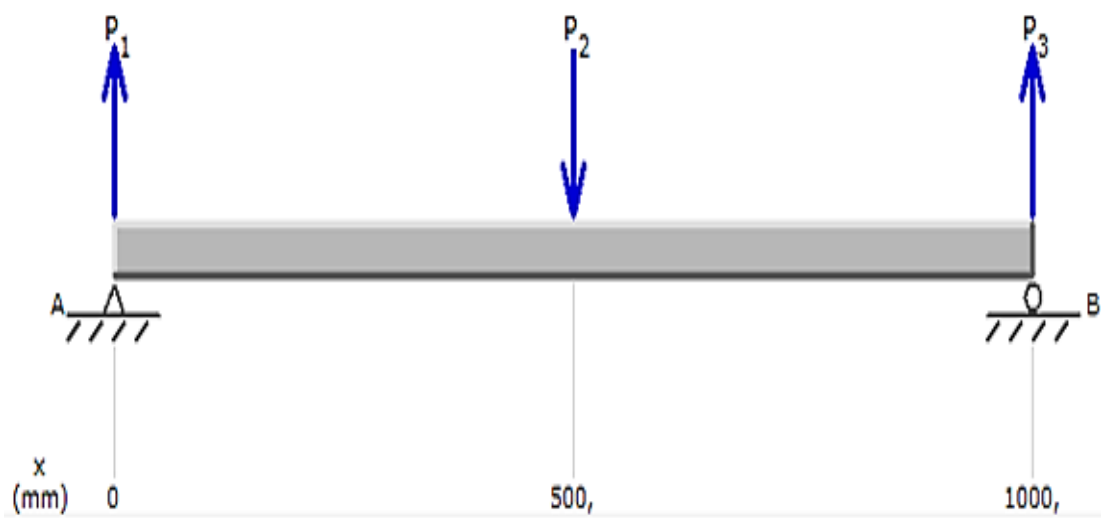
Para la selección de rodamientos del eje se utiliza el **ANEXO 4**.

**Cálculo mesa de soporte:** Se parte del peso total de la mesa.

$$W = \text{Peso total} = 7,9[N]$$

$$\downarrow$$

$$\left[0,81 \frac{Kg}{m}\right]$$



**Figura 40.** Diagrama de fuerzas que actúan sobre la viga de la mesa de soporte de la banda transportadora

Fuente: (Jeremy Garcés)

$$\sum MA = 0$$

$$-W \times 500mm + RBV \times 1000mm + RBy \times 1000 = 0$$

Dónde:

W= Peso total.

RBV= Reacción de la viga en el punto B.

RBy= Reacción en Y del rodillo en el punto B

Entonces:

$$-7,9N \times 0,5m + RBV \times 1m + 17,57 \times 1 = 0$$

$$RBV = \frac{7,9N \times 0,5m \times 17,57 \times 1m}{1m}$$

$$RBV = 69,4[Nm]$$

$$\sum MB = 0$$

$$W \times 500mm - RAV \times 1000 + RAy \times 1000 = 0$$

Dónde:

RAV= Reacción de la viga en el punto A.

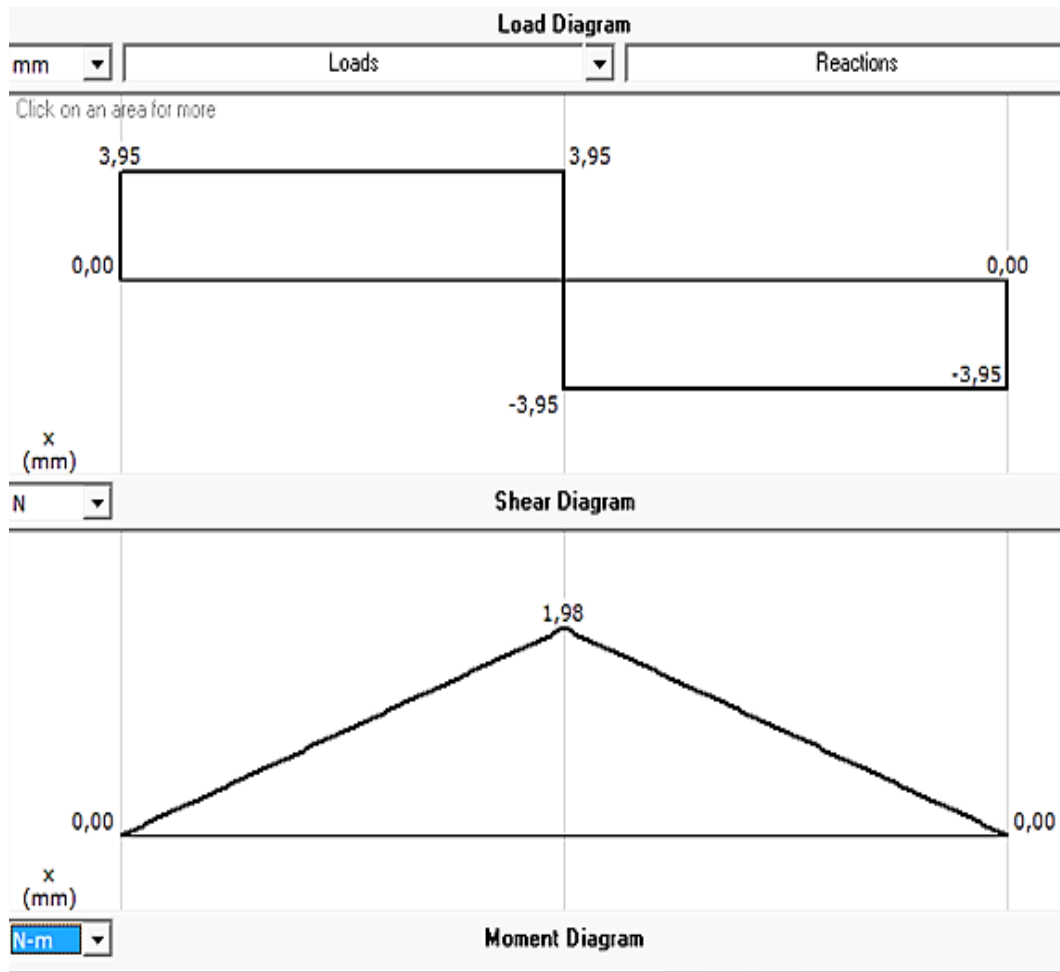
RAy= Reacción en Y del rodillo en el punto A.

Entonces:

$$RAV = \frac{7,9 \times 0,5 \times 17,57}{1}$$

$$RAV = 69,4[Nm]$$

Con el valor de las reacciones se realiza los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores.



**Figura 41.** Diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores de la viga de la mesa de la banda transportadora

Fuente: (Jeremy Garcés)

### Cálculo momento flector

$$M = W \times L$$

Dónde:

W= Peso total del sistema

L= Longitud de la viga

Entonces:

$$M = 1,98 \times 1m$$

$$M = 1,98 Nm$$

$$M_{max} = 1,98[Nm]$$

**Cálculo esfuerzo admisible:** El material utilizado para la construcción de la mesa soporte es el Aluminio, por lo tanto  $S_y$  Aluminio = 125MPa-

**Ecuación 20.** Cálculo esfuerzo admisible

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y AL}{FS} \quad \text{(Ec. 20)}$$

Dónde:

$S_y$ = Resistencia a la fluencia del material a utilizar.

$F_s$ = Factor de seguridad.

$\sigma_{max}$  = Esfuerzo máximo.

$S$ = Módulo de reacción.

$$\sigma_{max} = \frac{S_y AL}{2,5}$$

$$\sigma_{max} = \frac{125 MPa}{2,5}$$

$$\sigma_{max} = 50MPa = 50 \frac{N}{m^2}$$

**Ecuación 21.** Cálculo módulo de reacción

$$S \leq \frac{\sigma_{max}}{M_{max}} \quad \text{(Ec. 21)}$$

Se reemplaza la ecuación  $M_{max}$  y **(Ec. 20)** en **(Ec. 21)**

$$S \leq \frac{50 N/m^2}{1,98N}$$

$$S \leq 22,25m^3$$

$$S \leq 1,35pulgadas^3$$

Se analizó el **ANEXO 5** y se consideró utilizar un tubo sección cuadrada de aluminio de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, debido a que sus dimensiones son mayores a las requeridas para los esfuerzos que actúan en la viga, también por la disponibilidad existente en el mercado.

$\frac{3}{4}$  Pulgadas

Espesor 1,1 mm

**Cálculo velocidad angular:** Se parte por la velocidad lineal del sistema.

**Ecuación 22.** Cálculo velocidad angular

$$V_t = 0,09 \frac{m}{s} = 9 \text{ cm/s}$$

$$W = \frac{V_t}{r} \tag{Ec. 22}$$

Dónde:

W= Velocidad angular

V<sub>t</sub>= Velocidad lineal

r= Radio

Entonces:

$$W = \frac{9 \text{ cm/s}}{2,54 \text{ cm}} = \frac{3,54 \text{ rad}}{r}$$

Se transforme de rad/s a rev/min

$$\frac{3,54 \text{ rad}}{r} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 33,8 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

**Ecuación 23.** Cálculo velocidad lineal de las poleas

$$V_b = r_1 w_1 = r w \tag{Ec. 23}$$

$$r_1 w_1 = r w$$



Dónde:

$r$  = Radio eje motriz

$w$  = Velocidad angular eje motriz

$V_b$  = Velocidad lineal ambas poleas

$r_1$  = Radio eje 1

$w_1$  = Velocidad angular eje motriz 1.

Entonces:

$$w_1 = \frac{rw}{r_1} = \frac{2,5 \times 33,8 \text{ rev/min}}{1 \text{ cm}} = 84,5 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

**Ecuación 24.** Potencia de diseño

$$P_C = H_D \times k \times n_d \quad \text{(Ec. 24)}$$

Dónde:

$P_C$  = Potencia de diseño

$k$  = Factor de servicio

$H_D$  = Potencia transmitida o nominal

$n_d$  = Factor de seguridad

El factor de diseño escogido es de 1,4 véase **Anexo 9**.

El factor de seguridad escogido es de 1, con base a los factores de diseño establecidos por Robert Mott, 2006.

Entonces:

$$P_C = 0,02 \text{ HP} \times 1,4 \times 1$$

$$P_C = 0,028 \text{ HP}$$

**Ecuación 25.** Ángulo de contacto de la banda

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{D-d}{2C} \right) \quad \text{(Ec. 25)}$$

Dónde:

$\theta$ = Ángulo de contacto de la banda

D= Diámetro exterior polea 2

d= Diámetro exterior polea1

C= Distancia entre centros

Entonces:

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left( \frac{0,01m - 0,008m}{2 \times (0,03)} \right)$$

$$\theta = 176,2^\circ$$

**Ecuación 26.** Cálculo de la longitud de la banda

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D + d) \frac{(D+d)^2}{4c} \quad \text{(Ec. 26)}$$

Dónde:

L= Longitud de la banda

D= Diámetro exterior polea 2

d= Diámetro exterior polea1

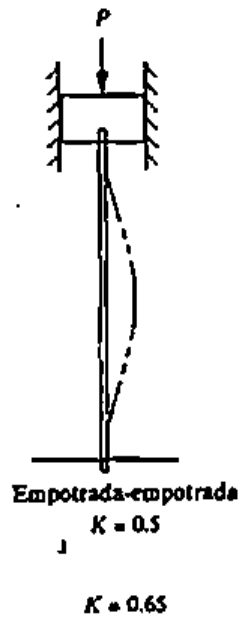
C= Distancia entre centros de las poleas

$$L = 2(0,03 \text{ m}) + \frac{\pi}{2} (0,01m + 0,008 \text{ m}) \frac{(0,01+0,008)^2}{4(0,03)}$$

$$L = 1,61\text{m}$$

Para la selección de la correa de la banda en V se utiliza la tabla del **Anexo 10**.

**Cálculo diseño de columnas:** En el análisis y cálculos se utiliza una columna empotrada - empotrada. Valor nominal (0.5) y Valor real (0.65).



**Figura 42.** Tipo de soporte de columna (empotrada – empotrada)

Fuente: (Jeremy Garcés)

**Ecuación 27.** Cálculo diseño de columnas

$$K = 0,65$$

$$RE = \frac{K \times L}{r_{min}} \tag{Ec. 27}$$

Dónde:

RE= Relación de esbeltez

K= Constante de tipo de sujeción de la columna

L= Longitud columna

rmin= Valor mínimo del radio de giro de la selección transversal

\*Se analiza como columna larga

**Ecuación 28.** Cálculo carga crítica de pandeo

$$P_{crit} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \tag{Ec. 28}$$

Dónde:

$P_{crit}$ = Carga crítica de pandeo

$E$ = Módulo de elasticidad del material (Aluminio)

$I$ = Momento Inercia

$KL$ = Relación de esbeltez real

$N$ = Factor de diseño

$P_a$ = carga admisible

El Factor de diseño se considera en 3, y el módulo de elasticidad del aluminio =  $6,3 \times 10 \frac{N}{m^2}$

**Ecuación 29.** Cálculo módulo de elasticidad de aluminio

$$r_{min} = \frac{H}{\sqrt{12}} \quad \text{(Ec. 29)}$$

$$P_a = RBV \times N$$

Entonces:

$$P_a = 69,4 \times 3$$

$$P_a = 208,2 \text{ VN}$$

**Ecuación 30.** Cálculo carga admisible

$$P_a = \frac{P_{crit}}{N} \quad \text{(Ec. 30)}$$

Entonces:

$$RE = \frac{0,65 \times 30mm}{r_{min}}$$

$$RE = \frac{1,95mm}{r_{min}}$$

Se reemplaza en la ecuación

$$P_{crit} = Pa \times N$$

Entonces:

$$P_{crit} = 208,2 \times 3$$

$$P_{crit} = 624,6N$$

Se despeja de ecuación **(Ec. 28)**

$$I = \frac{P_{crit} \times (KL)^2}{\pi^2 \times E}$$

Entonces:

$$I = \frac{624,6 \times (0,65 \times 30)^2}{3,14^2 \times 69000 \text{ N/mm}^2}$$

$$I = 0,3491 \text{ mm}^2$$

\*Se escoge tubo cuadrado de 20 mm, (ver **ANEXO 6**).

**Ecuación 31.** Cálculo de la constante de la columna

$$CC = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{(Ec. 31)}$$

Dónde:

$S_y$  = Resistencia a la fuerza

Entonces:

$$CC = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 69000 \text{ N/mm}^2}{125 \text{ N/mm}^2}}$$

$$CC = 104,38$$

\*Se comprueba que sea columna larga ecuación **(Ec. 27)** y **(Ec. 31)**

Entonces:

$$r_{min} = \frac{34mm^4}{400mm^2}$$

$$r_{min} = 0,085mm$$

$$RE = \frac{19,5}{0,085}$$

$$RE = 223,52$$

$$RE \geq Cc$$

$$223,52 \geq 104,38$$

La columna es larga

### **3.3 DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE CONTROL**

Previo al diseño se estudia la capacidad funcional de los periféricos electrónicos utilizados para lograr el trabajo sinérgico entre los diversos componentes mecánicos y electrónicos.

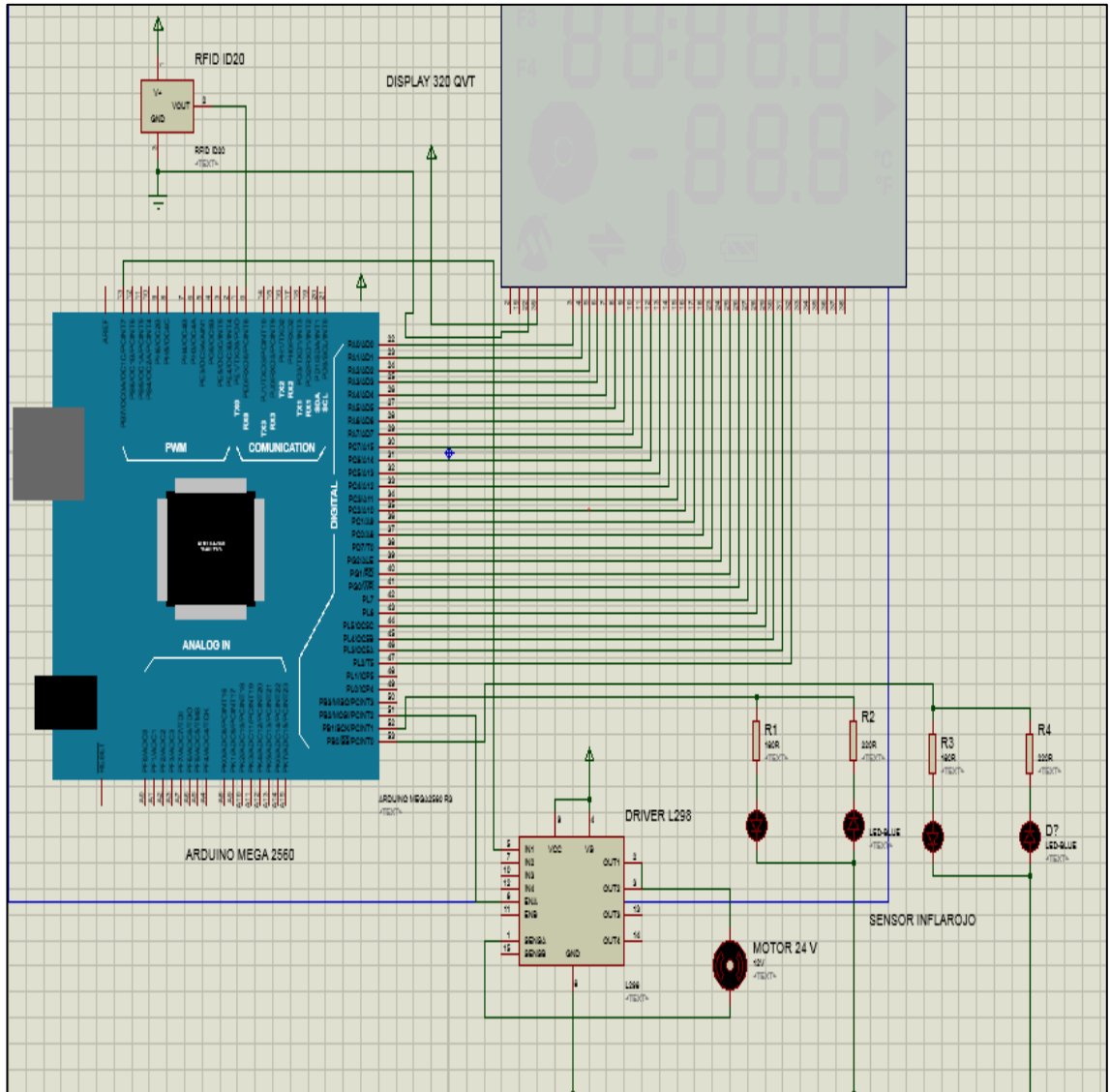
Se realiza el análisis de implementación de cada subsistema, el modo en que trabajará, las condicionantes y variables que se actualmente se presentan y se presentarán.

La compatibilidad de cada mecanismo actuador junto con el control se establecen de acuerdo a la disponibilidad en el mercado, a las necesidades de funcionamiento.

Para el diseño electrónico y de control se parte por determinar los principales parámetros requeridos como son:

- Velocidad en la emisión y recepción de datos.

- Compatibilidad de los drivers con el controlador.
- Cantidad de dispositivos electrónicos a controlar.



**Figura 43.** Diseño del circuito electrónico de control en Proteus

Fuente: (Jeremy Garcés)

### 3.3.1 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LOS PERIFÉRICOS ELECTRÓNICOS

Los dispositivos electrónicos y de control utilizados en el proyecto son parte importante para generar movimiento y desplazamiento en la banda





### 3.3.2 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA EL CONTROL DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Los materiales que se utilizará para controlar la banda transportadora deberán cumplir con los requisitos de funcionalidad y compatibilidad establecidos.

#### 3.3.2.1 SELECCIÓN CONTROLADOR PARA BANDA TRANSPORTADORA

Para la selección del controlador para la banda transportadora se analizó los elementos disponibles en el mercado, considerando funcionalidades de cada uno a fin de lograr el mejor control con los requerimientos antes establecidos.

**Tabla 3.** Selección controlador para banda transportadora

SELECCIÓN CONTROLADOR PARA BANDA TRANSPORTADORA					
ORGANIZACIÓN DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA					
	<u>FUNCIONES</u>	<u>IMPORTANCIA</u>	MICROCONTROLADOR PIC	ARDUINO MEGA 2560	PLC
RELEVANTE	CONTROL DE COMANDOS	9	8	10	9
	CANTIDAD DE ENTRADAS Y SALIDAS	10	7	9	10
	FELXIBILIDAD AL CONTROL DE PROCESOS	10	8	9	10
	VELOCIDAD DE RESPUESTA DE DATOS	10	8	9	9
EFECTIVO	COSTO SOFTWARE	8	9	9	6
	USO EN LA INDUSTRIAL	9	9	8	10
	COSTO HARDWARE	8	8	9	5
FLEXIBLE	ROBUSTEZ	9	7	7	9
	MANTENIMIENTO	8	10	10	7
TOTAL			74	80	75

Fuente: (Jeremy Garcés)

Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 3. Se utiliza el controlador Arduino Mega2560, ya que gracias a su funcionalidad ofrece varios tipos de módulos compatibles con los actuadores.

Además de poseer la cantidad necesaria de pines de entrada y salida, lo que facilita el control total del sistema con un solo controlador.

### 3.3.2.2 SELECCIÓN DEL RFID

Para la selección del RFID se tomó en cuenta los productos disponibles en el mercado nacional e internacional, que cumplirán con los requisitos que exige nuestro sistema

**Tabla 4.** Selección RFID

SELECCIÓN RFID					
ORGANIZACIÓN DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA					
	FUNCIONES	IMPORTANCIA	RFID ID 20	RFID ID 12	RFID S3992
RELEVANTE	RANGO DE LECTURA	10	9	6	10
	FRECUENCIAS	10	9	7	9
	VELOCIDAD DE RESPUESTA	10	10	9	9
	VELOCIDAD DE EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS	9	9	8	9
	CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	9	9	9	9
	CAPACIDAD DE DETECCIÓN	10	8	8	10
EFECTIVO	COSTO	9	9	10	6
	CONTROL DE ERRORES	9	9	8	10
FLEXIBLE	ROBUSTEZ	7	9	7	9
	MANTENIMIENTO	7	9	9	7
TOTAL			90	81	88

Fuente: (Jeremy Garcés)

Con los resultados obtenidos en la Tabla 4. Se determina utilizar el RFID ID 20, que cumple con los requerimientos establecidos logrando el mejor rendimiento gracias a la compatibilidad con nuestro controlador Arduino 2560 con lo que lograremos rapidez y exactitud en la adquisición de datos.

### 3.3.2.3 SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA EL DISEÑO MECÁNICO

Para la selección del software se consideraron tres opciones: Solidworks, Autodesk Inventor y Autocad.

**Tabla 5.** Selección del software para el diseño mecánico

SELECCIÓN SOFTWARE PARA EL DISEÑO MECÁNICO					
ORGANIZACIÓN DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA					
	<u>FUNCIONES</u>	<u>IMPORTANCIA</u>	SOLIDWORKS	AUTODESK INVENTOR	AUTOCAD
<b>RELEVANTE</b>	INTERFAZ GRÁFICO	10	10	8	9
	VELOCIDAD DE RESPUESTA	10	8	9	8
	COMPATIBILIDAD CON SOFTWARE DE DISEÑO ELECTRÓNICO Y DE CONTROL	9	10	8	8
	MAYOR FUNCIONALIDAD	9	9	8	8
<b>EFFECTIVO</b>	ORGANIZACIÓN DE DOCUMENTOS	9	9	9	9
<b>FLEXIBLE</b>	FÁCIL USO	10	10	7	9
<b>TOTAL</b>			<b>56</b>	<b>49</b>	<b>51</b>

Fuente: (Jeremy Garcés)

Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 5. Se utilizará el software SolidWorks para el diseño mecánico, gracias a su interfaz gráfica amigable con el usuario, por su flexibilidad con otros programas.

### 3.3.2.4 SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA EL DISEÑO ELECTRÓNICO.

Para la selección del software se consideraron tres opciones: Electronic Workbench, Proteus y Proficad.

Es importante considerar para la selección del software, la flexibilidad grafica e interfaz que permite un mejor control del sistema

**Tabla 6.** Selección del software para el diseño electrónico

SELECCIÓN SOFTWARE PARA EL DISEÑO ELECTRÓNICO					
ORGANIZACIÓN DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA					
	FUNCIONES	IMPORTANCIA	ELECTRONIC WORKBENCH	PROTEUS	PROFICAD
RELEVANTE	INTERFAZ GRÁFICO	10	9	10	10
	VELOCIDAD DE RESPUESTA	10	7	8	8
	COMPATIBILIDAD CON SOFTWARE DE DISEÑO MECÁNICO Y DE CONTROL	9	7	9	10
	MAYOR FUNCIONALIDAD	9	7	9	9
EFFECTIVO	USO ESQUEMÁTICO	9	9	9	9
FLEXIBLE	FÁCIL USO	10	10	10	7
TOTAL			49	55	53

Fuente: (Jeremy Garcés)

Con los resultados obtenidos en la Tabla 6. Se determina utilizar el software Proteus, por su versatilidad, interfaz amigable con el usuario y gran cantidad de componentes necesarios para la simulación del sistema gracias a su infinidad de librerías

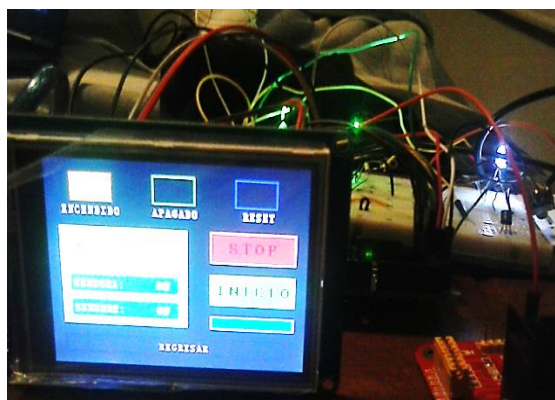
### 3.3.3 ELEMENTOS DE MANDO DEL SISTEMA

Para el control y supervisión del estado del sistema se utilizó un LCD touch con interfaz táctil.



**Figura 45.** Menú inicio display TFT touch

Fuente: (Jeremy Garcés)



**Figura 46.** Interfaz display TFT touch

Fuente: (Jeremy Garcés)

Mediante comparaciones entre las matrices y áreas de contacto con el display, en el software de programación se pudo establecer parámetros

necesarios para el envío de señales hacia los drivers que accionarán los actuadores.

El sistema de mando interfaz táctil podrá establecer acciones al mismo tiempo que supervisar la información recopilada en la base de datos al momento de la adquisición de datos por parte del RFID, estos datos serán procesados para que se muestre la información en texto de fácil comprensión.

Para la realización del programa en Arduino se utilizaron las siguientes librerías:

- UTFT: Maneja únicamente el aspecto gráfico de cualquier módulo TFT, se utiliza esta librería para lo siguiente:
  - ✓ Modelo del TFT utilizado: [UTFT(Model, SDA, SCL, CS, RST[, RS])]

```
Parameters:      Model:  See the separate document for the supported display modules
                  SDA:    Pin for Serial Data
                  SCL:    Pin for Serial Clock
                  CS:     Pin for Chip Select
                  RST:    Pin for Reset
                  RS:     <optional> Only used for 5pin serial modules
                       Pin for Register Select
```

**Figura 47.** Parámetros modelo TFT utilizado librería UTFT.

Fuente: (Jeremy Garcés)

- ✓ Inicializar la pantalla LCD. [InitLCD (orientación)]
- ✓ Obtener las coordenadas en los ejes (x) y (y): [getDisplayXSize()] [getDisplayYSize()]
- ✓ Escritura y limpieza de pantalla: [printf ()] [clrScr()]
- ✓ Dibujar botones, cuadros informativos y establecer colores: [drawRect (x1, y1, x2, y2)] [drawLine (x1, y1, x2, y2)] [fillRect (x1, y1, x2, y2)]
- ✓ Gráfico del Bitmap.[drawBitmap: (x,y,sx,sy,data [, scale])]

- Utouch: Es utilizado para habilitar el módulo touch del TFT, con el cual se puede manejar la interfaz HMI. Se utilizó la librería para lo siguiente:
  - ✓ Tipo de interfaz (selección del módulo del tft): [Utouch (TCLK, DIN, TDOUT,IRQ)]

```
Parameters:      TCLK: Pin for Touch Clock (D_CLK)
                  TCS: Pin for Touch Chip Select (D_CS)
                  TDIN: Pin for Touch Data input (D_DIN)
                  TDOUT: Pin for Touch Data output (D_OUT)
                  IRQ: Pin for Touch IRQ (D_Pening)
```

**Figura 48.** Parámetros interfaz librería Utouch.

Fuente: (Jeremy Garcés)

- ✓ Inicializar el touch screen con las coordenadas establecidas en la librería UTFT: [InitTouch ([orientation])]
- ✓ Obtener las coordenadas (x) y (y) de la posición leída del touch screen: [getX()] [getY()]

```
#include <UTFT.h>
#include <UTouch.h>
#include <avr/pgmspace.h>

UTFT myGLCD(SSD1289,38,39,40,41);
UTouch myTouch( 6, 5, 4, 3, 2);

extern uint8_t BigFont[];
extern uint8_t SmallFont[];
extern unsigned int tux[0x1000];

const int sensor1=52;
const int sensor2=53;
const int motor1=13;
const int botoninicio=51;
```

**Figura 49.** Programación Arduino, librerías utilizadas

Fuente: (Jeremy Garcés)

Cada una de ellas permite acceder a los drivers del display para su posterior control.

El display cuenta con un buffer de almacenamiento y una cadena de máximo 20 elementos. Gracias a las librerías se puede borrar la cadena de caracteres, e ingresar en memoria al pulsar el botón RESET, posibilitando el manejo de toda la cadena en alguna otra función (información obtenida por el RFID).

### 3.3.4 CONTROL DE LA BANDA TRANSPORTADORA

El control de la banda se la realiza mediante Arduino por códigos de programación **ANEXO 7**. La cual generará señales conectadas directamente a un driver y posteriormente a un motorreductor En una de las entrada digitales del Arduino se receptorá la señal (5 voltios) enviada por el LCD y así el programa de control pueda activar la salida digital hacia el driver del motor Estas características de diseño permiten un rendimiento anti-interferencia excepcional, puede llegar a trabajar hasta con un nivel de tensión de entrada de 46V, aunque por cuestiones de seguridad se recomienda usar niveles de tensión debajo de este valor límite.

```
if ((y>=125) && (y<=160))
{
  if ((x>=200) && (x<=305))
  {
    waitReferencia(200, 125, 305, 160);
    R=0;
    G=255;
    B=0;
    colorReferencia();
    Panelprincipal();
    myGLCD.setColor(255, 255, 153);
    myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 108);
    myGLCD.setColor(0, 0, 0);
    myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
    myGLCD.setFont($smallFont);
    myGLCD.print("MOTOR:    ON", 35, 93);
    myGLCD.setColor(153, 204, 255);
    myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
    myGLCD.setColor(255, 255, 255);
    myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
    myGLCD.print("SENSOR1:   ON", 30, 135);
    myGLCD.setColor(153, 204, 255);
    myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
    myGLCD.setColor(255, 255, 255);
    myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
    myGLCD.print("SENSOR2:   ON", 30, 165);
  }
}
```

**Figura 50.** Comandos encendido y apagado del motor

Fuente: (Jeremy Garcés)

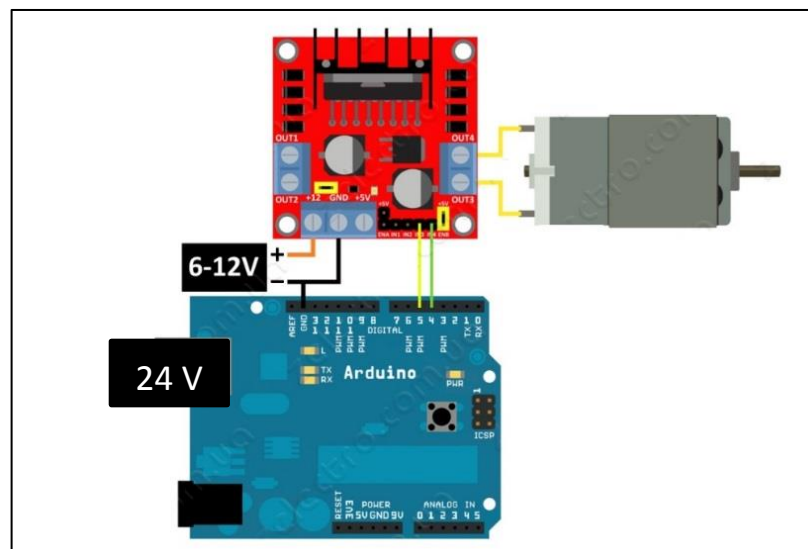


Gracias al driver L298 se puede llegar a manejar un motor paso a paso de dos fases y cuatro fases, o dos motores de corriente continua.

El módulo cuenta con todos los componentes necesarios para funcionar sin necesidad de elementos adicionales. Cuenta con jumpers de selección para habilitar cada una de las salidas del módulo (A y B). La salida A está conformada por OUT1 y OUT2 y la salida B por OUT3 y OUT4. Los pines de habilitación son ENA y ENB respectivamente.

Cuando el jumper de selección de 5V se encuentra activo, el módulo permite una alimentación de entre 6V a 12V DC. Como el regulador se encuentra activo, el pin marcado como +5V tendrá un voltaje de 5V DC.

Cuando el jumper de selección de 5V se encuentra inactivo, el módulo permite una alimentación de entre 12V a 35V DC. Como el regulador no está funcionando, se conecta el pin de +5V a una tensión generada en el Arduino.



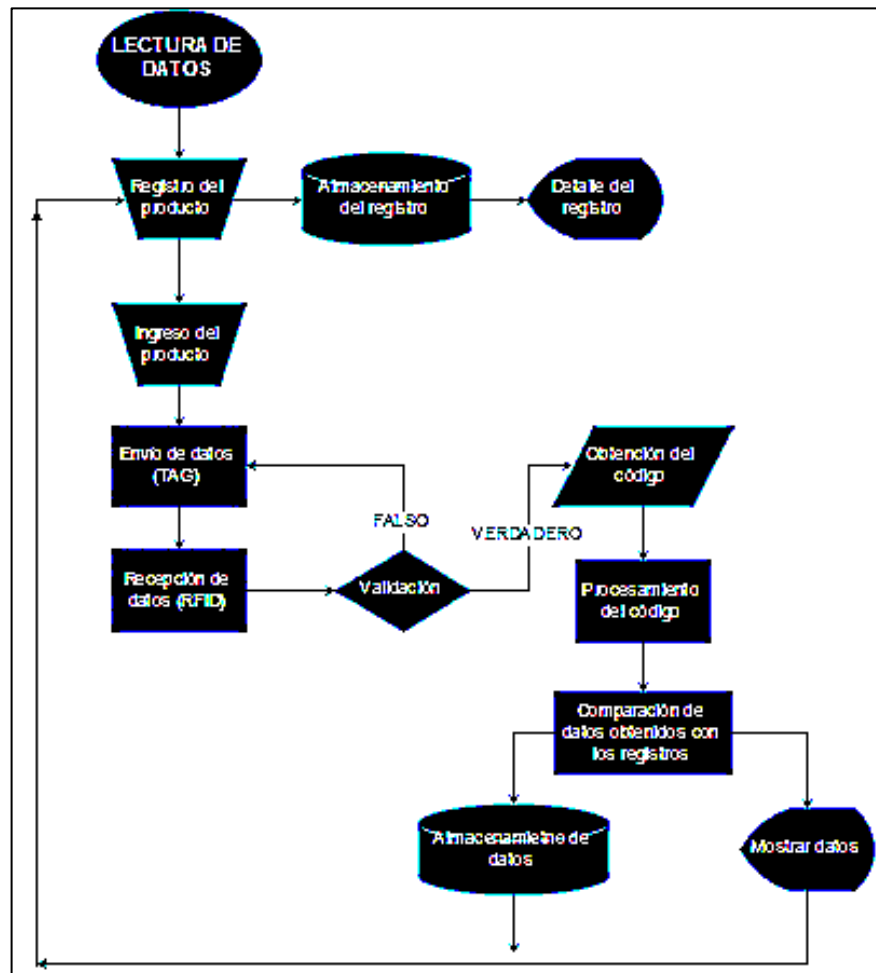
**Figura 51.** Control del motor mediante driver L298

Fuente: (Jeremy Garcés)

### 3.3.5 ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS POR EL RFID

El módulo ID 20 con antena incorporada que se utiliza, detecta el tag y devuelve el código de identificación a través del puerto serie.

Todas las placas de Arduino disponen de al menos un puerto serie, que permite la comunicación con un ordenador o con otros dispositivos haciendo uso de esta interfaz. Los pines que se usarán para la comunicación por puerto serie vienen marcados en la placa con las siglas RX y TX, que corresponden al pin por el que se enviarán los datos, y al pin por el que se recibirán los datos respectivamente. El pin TX de la placa USB es aquel por el que se enviarán los datos que posteriormente Arduino recibirá y procesará. Dicho pin deberá conectarse con el pin RX0 de Arduino, que en el caso de Arduino Mega 2560 es el pin 0. El resto de pines no es necesario conectarlos, aunque si se quisiera un mayor alcance de recepción de datos podría incorporarse una antena al pin AN1 o al AN2 de la placa.



**Figura 52.** Algoritmo gráfico: Lectura de datos

Fuente: (Jeremy Garcés)

La función que realiza el código que se muestra en el **ANEXO 7**, tras configurar la conexión por puerto serie a una velocidad de 9600 baudios, se espera a que el dispositivo le devuelva un identificador RFID válido. Esto ocurre cuando se acerca un tag válido al lector.

```
void serialEvent1(){
while (Serial1.available()) {
char inChar = (char)Serial1.read();
inputString += inChar;
if (inputString.length() > 9) {
stringComplete = true;
}
```

**Figura 53.** Comandos adquisición de datos por el RFID

Fuente: (Jeremy Garcés)

Para la recepción de datos se ha visto la necesidad de crear un Evento en la programación, el mismo que se encargará:

- Lectura del código tag mediante el puerto serial.
- Establecer un límite de caracteres de lectura para identificar que el valor recibido sea el correcto.
- Lectura de los caracteres obtenidos para su procesamiento y conversión en texto.

Además, este código recibido se almacena en el arreglo denominado “buffersalida” que será enviado al NXT. Los datos se transmiten como bytes.

Las principales funciones usadas en la comunicación por puerto serie vienen incluidas en la librería Serial() y son las siguientes:

- **Serial.begin(velocidad).** Establece la velocidad en bits por segundo (baudios) para la transmisión de datos en serie.  
El parámetro velocidad se puede configurar con el valor que se desee para comunicarse con un dispositivo externo (hasta un máximo de 115200 baudios), sin embargo si la comunicación por puerto serie va a ser con un ordenador, se deberá elegir una de las siguientes: 300,

1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 o 115200.

- **Serial.read()**. Lee los datos entrantes al puerto serie. Devuelve como entero el primer byte disponible recibido por el puerto serie, o -1 si no hay datos disponibles.
- **Serial.print(valor, formato)**. Esta función imprime los datos al puerto serie como texto ASCII. El primer parámetro, valor, es el propio valor que se desea imprimir. Esto se podrá realizar de distintas formas:
- **Serial.println(valor, formato)**. Imprime los datos al puerto serie como texto ASCII seguido de un retorno de carro (ASCII 13 o '\r') y un carácter de avance de línea (ASCII 10 o '\n').
- **Serial.write()**. Esta función escribe datos binarios en el puerto serie. Estos se enviarán como un byte o como una serie de bytes. Si lo que se desea es enviar los caracteres que representan los números, es mejor usar la función:

```
Serial.begin(9600);  
Serial1.begin(9600);  
inputString.reserve(200);
```

**Figura 54.** Velocidad de transmisión de datos en serie.

Fuente: (Jeremy Garcés)

```
if(inputString == "700062DC6F")  
{  
  
    myGLCD.setColor(251,254,218);  
    myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);  
    myGLCD.setColor(0,0,0);  
    myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);  
    myGLCD.setBackgroundColor(251, 254, 218);  
  
    myGLCD.setFont(BigFont);  
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);  
    myGLCD.print("PRODUCTO:", 20, 80);  
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);  
    myGLCD.print("PESO NETO:", 20, 110);  
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);  
    myGLCD.print("PRECIO:", 20,140);  
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);  
    myGLCD.print("VENCE:", 20, 170);  
}
```

**Figura 55.** Validación e impresión de datos en el display TFT

Fuente: (Jeremy Garcés)

### **3.3.6 SISTEMA DE CONTROL DE EXISTENCIAS DE PRODUCTOS**

A continuación se describe el diseño necesario para el funcionamiento del sistema de control e inventario electrónico, recordemos que es un sistema compuesto de dos partes, Hardware y Software, por lo que ambas partes se complementan armoniosamente.

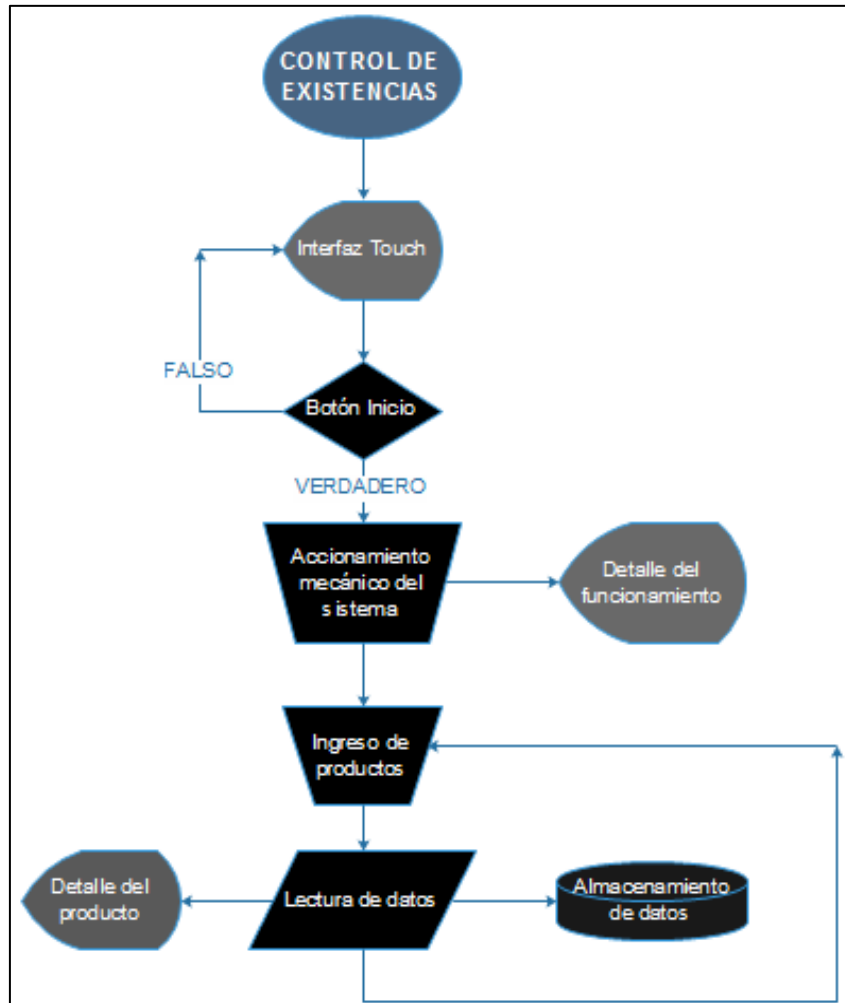
El sistema trabaja de una manera descentralizada, con lo que tenemos 2 sistemas o etapas separadas, cada uno con sus características y particularidades, los cuáles son:

- Servidor de Datos
- Interfaz de usuario

El sistema propuesto debe responder a algunas condiciones de funcionamiento, las cuáles básicamente se deben cumplir en el Servidor de Comunicación, en vista que este es el responsable de enviar y recibir los datos.

El sistema de Hardware diseñado debe cumplir con las siguientes características:

- Transporte del producto.
- Sincronización del movimiento.
- Comunicación y sincronización directa con el Software utilizado.



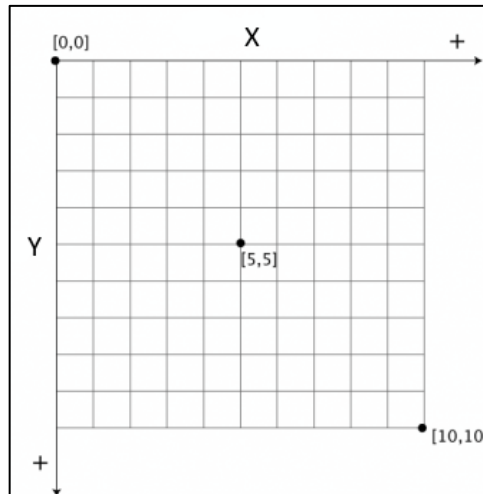
**Figura 56.** Algoritmo control de existencias

Fuente: (Jeremy Garcés)

### 3.3.7 ALMACENAMIENTO DE DATOS EN PROCESSING

Los datos obtenidos en el puerto serial del Arduino automáticamente se enviarán al processing, donde se mostrará una pantalla de visualización creada mediante un gráfico de píxeles, cada uno registrado con una coordenada (X, Y). El origen del gráfico está situado a la esquina izquierda asuperior con las coordenadas (0, 0).

Una vez mostrados los datos en el processing se guardarán todos los registros en un archivo de texto.



**Figura 57.** Registro de coordenadas (x,y)

Fuente: (Jeremy Garcés)

Las principales funciones utilizadas son:

- **setup():** Función de arranque cuando el programa empieza. Igual que Arduino.
- **draw():** Bucle que se ejecuta cíclicamente siempre. Como el loop() de Arduino.
- **size(x, y):** Con esta función, Processing crea una ventana de X píxeles por Y píxeles. En esta ventana crearemos nuestro entorno gráfico.
- **background(0,0,0):** Determina el color del fondo de la ventana creada en modo RGB.
- **stroke(0,0,0):** Función de trazo (bordes) que permite cambiar el color del dibujo actual en modo RGB. Cada función de dibujo llamada después de stroke tendrá el color de este.
- **noStroke():** Sin bordes.
- **line(x1, y1, x2, y2):** Crea una línea. Los dos primeros valores son la primera coordenada X, Y. Los dos últimos valores son la última coordenada X, Y.
- **quad(x1,y1,x2,y2,x3,y3,x4,y4):** Dibuja un polígono de cuatro puntas. Los ocho valores son las cuatro coordenadas del cuadrante.

- **fill(0,0,0)**: Llena del color indicado la figura.
- **text("texto",x,y)**: Escribe un texto en la posición X, Y deseada
- **mousePressed()**: Función llamada cada vez que se aprieta el botón del ratón.
- **mouseReleased()**: Función llamada cada vez que el botón del ratón no está apretado.
- **year()**: Retorna el año actual del reloj del PC.
- **month()**: Retorna el mes actual del reloj del PC.
- **day()**: Retorna el día actual del reloj del PC.



## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El presente capítulo muestra los resultados obtenidos en cuanto a la respuesta de cada subsistema y el sistema en su totalidad.

Para analizar la respuesta de cada subsistema y el sistema en su totalidad, se requiere comparar los resultados esperados en cuanto a la precisión en la recepción y envío de datos, funcionamiento de los actuadores en cuanto a capacidad de carga y velocidad de trabajo, y el manejo de la interfaz gráfica touch para que ésta sea rápida, de fácil operación y fácil comprensión.

Las pruebas para determinar el funcionamiento del sistema se realizó por etapas iniciando por la parte mecánica, electrónica y de control para finalmente realizar la prueba final con todo el sistema integrado funcionando al 100%.

#### 4.1 PRUEBAS MECÁNICAS Y DE POTENCIA

En esta etapa se mide la capacidad de carga y velocidad inicial de transportación que corresponde a 9 cm/s, para esto se utilizaron muestreos de 10 productos con diferentes pesos, se elaboró una tabla para detallar los resultados obtenidos:

**Tabla 7.** Índice de eficiencia en relación a los pesos y velocidades transportadas

PESO APLICADO (gramos)	VELOCIDAD (cm/s)	EFICIENCIA
200 g	9 cm/s	100%
350 g	9 cm/s	100%
400 g	9 cm/s	100%
500 g	8,9 cm/s	99%
1000 g	8,28 cm/s	92%
2000 g	7,87 cm/s	87%
5000 g	6,93 cm/s	77%

Fuente: (Jeremy Garcés)

Para el análisis de la eficiencia en relación a los pesos se utilizó el sistema EDINN (**Anexo 8**).

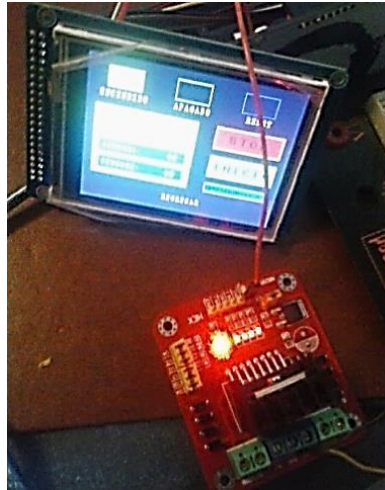
Los datos mostrados en la Tabla 7. Se detalla una relación inversamente proporcional (entre peso y eficiencia), con esto se determina el rango de cargas admisibles y soportadas en el sistema, considerando cargas desde  $\geq 200\text{g}$  (tomando en consideración la velocidad ideal obtenida con una carga de 200g) y no mayores a 1000g (debido a la eficiencia mínima requerida y establecida del 92%). Si se consideran cargas mayores a los 1000g la eficiencia de la maquina reducirá notablemente a un 87%, y la velocidad reducirá en 7,87 cm/s, considerando estos valores como no aptos para el correcto funcionamiento del sistema en toda su capacidad.

Existe una variación del torque del motor, esto relacionado con la carga aplicada, la variación es mínima debido a que no se soportan cargas considerables, por este motivo se consideró en el diseño las posibles variables y efectos que estos cambios pueden producir en el correcto funcionamiento del sistema, por lo cual no representa ningún problema el sistema funcionando con una carga máxima de 1000g.

La cinemática utilizada se ajusta a los requerimientos de funcionamiento permitiendo de esta manera conocer los valores límites de trabajo del proyecto.

Por lo tanto para la implementación temprana del sistema es necesario considerar la capacidad de carga de la banda transportadora, esto ayudará a la correcta selección del actuador.

Una vez realizadas las pruebas con el actuador y verificando su correcta funcionalidad, es necesaria la intervención de un driver que facilite en control del actuador. Para esto se utiliza un driver compatible con el hardware de control y el actuador, en este caso el módulo L298N.



**Figura 58.** Recepción de la señal de inicio en el driver L298N del motor.

Fuente: (Jeremy Garcés)

Se realizan pruebas con distintos voltajes de alimentación para el motor, ya que el driver cuenta con un regulador de voltaje 78M05 que facilita el proceso. Una vez realizadas las pruebas y concluyendo que el transporte depende del peso se determina utilizar un voltaje de alimentación de 24v..

En la pruebas realizadas no se tiene problemas en cuanto a ruidos en la señal generada, ya que este módulo tiene gran capacidad de filtrado de ruido, cuenta con un diodo de protección ante corriente inversa, haciendo que su funcionamiento sea más estable y fiable.



**Figura 59.** Estructura ensamblada en su totalidad

Fuente: (Jeremy Garcés)

## 4.2 PRUEBAS DE SOFTWARE Y CONTROL

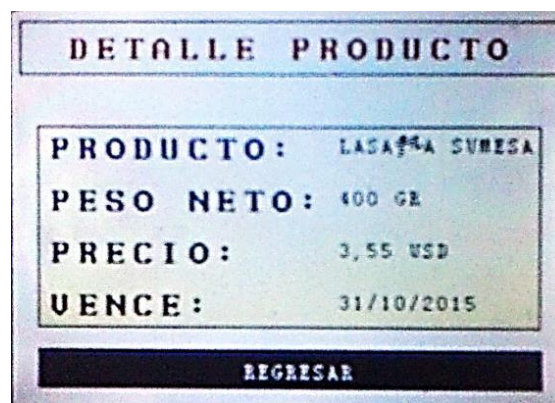
Las condiciones principales que debe cumplir el software están relacionadas con el control y supervisión del proceso.

El programa desarrollado debe estar orientado a la HMI, integrando todas las funciones y aplicaciones que componen el proceso, permitiendo de esta manera el acceso al control total del sistema en funcionamiento, además de permitir la manipulación de información contenida en cada tag.



**Figura 60.** Ingreso del producto a la zona de lectura

Fuente: (Jeremy Garcés)



**Figura 61.** HMI control de existencias.

Fuente: (Jeremy Garcés)

En la **Figura 61**. Se muestra en detalle la información obtenida en el envío de datos del tag al RFID, esta información es procesada en la programación

del software y presentada de una manera muy detallada y de fácil comprensión para el usuario.

La velocidad de lectura viene dada por el RFID, en este caso se cuenta con una velocidad de lectura de 125 Khz.

Los datos al ser leídos se envían automáticamente al arduino y al processing, este último mostrará y almacenará los datos obtenidos.

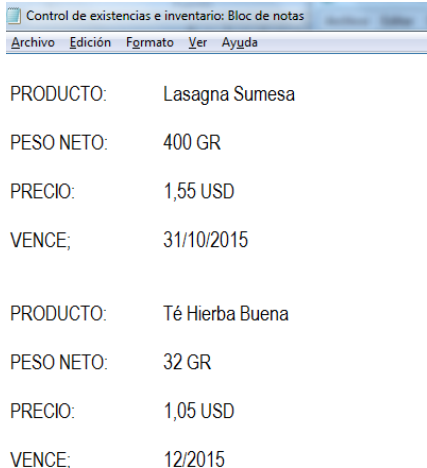


The screenshot shows a window titled 'Processing' containing a table with the following data:

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO	
	<b>NOMBRE DEL PRODUCTO:</b> LASAÑA SUMESA
	<b>PESO:</b> 400 GRAMOS
	<b>PRECIO:</b> \$ 3,55
	<b>FECHA DE CADUCIDAD:</b> 01/10/2015
	<b>COMPOSICIÓN NUTRICIONAL:</b> CONTIENE VITAMINA B1, B2,B3, ÁCIDO FOLICO

**Figura 62.** Almacenamiento de datos.

Fuente: (Jeremy Garcés)



The screenshot shows a text file with the following content:

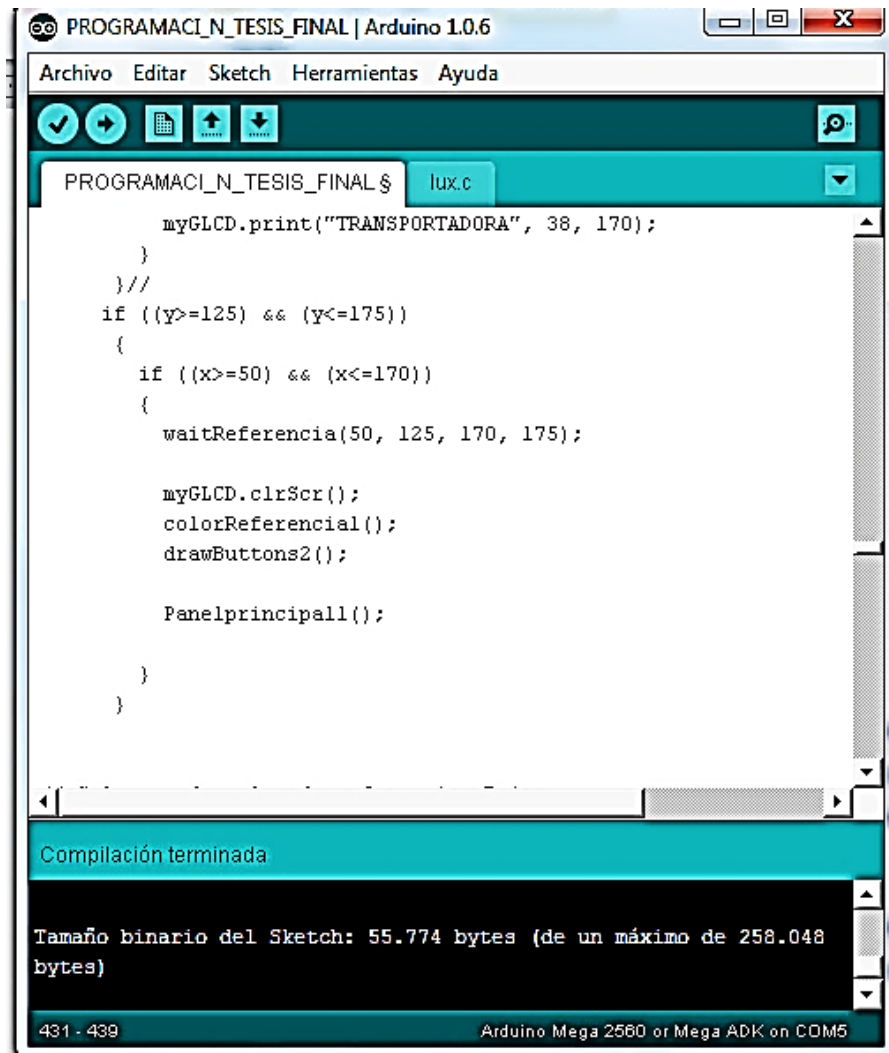
```
PRODUCTO: Lasagna Sumesa
PESO NETO: 400 GR
PRECIO: 1,55 USD
VENCE; 31/10/2015

PRODUCTO: Té Hierba Buena
PESO NETO: 32 GR
PRECIO: 1,05 USD
VENCE; 12/2015
```

**Figura 63.** Datos almacenados en archivo de texto, generados en processing.

Fuente: (Jeremy Garcés)

Se realizaron pruebas en cuanto a la cantidad de datos que se pueden almacenar y nos da un total de 6000 productos, ya que el registro de cada producto ocupa un espacio de memoria de 0,040 bytes.



```
PROGRAMACI_N_TESIS_FINAL | Arduino 1.0.6
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
PROGRAMACI_N_TESIS_FINAL $ lux.c
    myGLCD.print("TRANSPORTADORA", 38, 170);
  }
  }//
  if ((y>=125) && (y<=175))
  {
    if ((x>=50) && (x<=170))
    {
      waitReferencia(50, 125, 170, 175);

      myGLCD.clrScr();
      colorReferencial();
      drawButtons2();

      Panelprincipall();

    }
  }
}

Compilación terminada
Tamaño binario del Sketch: 55.774 bytes (de un máximo de 258.048 bytes)
431 - 439 Arduino Mega 2560 or Mega ADK on COM5
```

**Figura 64.** Capacidad de memoria Arduino 2560.

Fuente: (Jeremy Garcés)

En la **Figura 64.** Se indica la capacidad de memoria con la que se cuenta 258.048 bytes, de las cuales se utiliza 55.774 bytes que corresponde al 21% de memoria.



En cuanto a la ubicación del tag se recomienda colocarlo en una parte visible y en contacto directo con el lector RFID para que pueda detectarlo de una manera rápida y precisa.



**Figura 65.** Correcta colocación del tag en el producto

Fuente: (Jeremy Garcés)

Se continúan las pruebas verificando su funcionamiento en conjunto con la parte mecánica, determinando de esta manera el uso eficiente de recursos de programación y memoria.



**Figura 66.** Funcionamiento control de la banda transportadora y control de adquisición de datos

Fuente: (Jeremy Garcés)



En la **Figura 66**, Se muestra el funcionamiento en conjunto de la banda transportadora con una velocidad estable para que pueda ser leído por el lector RFID.



**Figura 67.** Interfaz en conjunto parte mecánica y lector de información.

Fuente: (Jeremy Garcés)

Como se muestra en la **Figura 67**. Se estableció un trabajo en conjunto entre cada subsistema, logrando así, mientras el usuario puede controlar y monitorear el sistema mecánico con los actuadores, también se puede realizar la revisión de los productos registrados.

Esto permite eficiencia en el control de existencias. El control total del sistema se lo lleva a cabo interactuando cada subsistema, así por ejemplo si es presionado el botón de Stop **Figura 68**. Se inhabilitan las funciones del sistema y ningún producto podrá ser registrado ni leído hasta que el sistema esté en marcha (Inicio).



**Figura 68.** Sistema Inhabilitado

Fuente: (Jeremy Garcés)

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto de un control de una banda transportadora de productos alimenticios, basado en la tecnología RFID, se concluye que:

- La eficiencia de la máquina en condiciones normales es del 98%, el 2% restante depende de la cantidad de peso que se va a transportar, para esto se ha diseñado el proyecto pensando en las necesidades del usuario, por lo tanto el modo de trabajo del motor es regulable, si la máquina trabaja en condiciones normales se trabajará el motor a 12 voltios (Torque=1Kg/cm), y si la carga a transportar aumenta, se trabajará el motor a 24 voltios (Torque=8Kg/cm).
- Al desarrollar un HMI (Interfaz humano – máquina), amigable con el usuario, se logra un fácil control y manejo del sistema, además de la supervisión del proceso en su totalidad (mecánica y adquisición de datos), garantizando que posibles errores se eliminen al 100%.
- Las pruebas realizadas con la máquina funcionando en su capacidad total, muestran el correcto desempeño del sistema de acuerdo a los requerimientos establecidos al momento de adquirir, procesar y almacenar los datos.
- Se demuestra mediante pruebas mecánicas que el desarrollo de la estructura que soportará todos los mecanismos estáticos y dinámicos, cumple con los requisitos establecidos en condiciones normales, en función a la carga (1Kg) y al tiempo de trabajo (18 horas).
- El motor eléctrico seleccionado y utilizado, constituye el actuador que controla la banda transportadora y cumple con la velocidad de 50 rpm y la capacidad promedio requerida de transporte que es de 1Kg.
- Para el correcto funcionamiento del RFID fue necesario realizar pruebas continuas, en cuanto al alcance necesario de lectura (20cm) y la validación de los tags, obteniendo los resultados esperados. Rango de lectura de  $18 \pm 2$  cm y precisión en los datos de cada tag.

- Mediante el uso del RFID se logró optimizar la trazabilidad de los productos, automatizar el flujo de los mismos y conocer su estado en tiempo real, gracias al desarrollo de un programa que permite obtener la información detallada a gran velocidad y retroalimentación continua.
- Actualmente el costo de la tecnología RFID alcanza los \$280 en aplicaciones comerciales, pero a medida que su funcionalidad y aplicación en el mercado sea más extensa, su costo será mucho más bajo.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Para posteriores trabajos ligados con este tema, se considera de relevancia tener en cuenta las siguientes actividades:

- En la selección del actuador, el cual genera movimiento a la banda transportadora, es indispensable determinar el peso de los productos que se transportará, esto permitirá seleccionar el torque adecuado del motor para su correcto funcionamiento.
- Es importante conocer el tipo de productos a ser transportados, ya sean alimenticios o industriales (metales), de esto depende la selección de la banda transportadora, por el tipo de material requerido.
- En base a las necesidades de funcionamiento comercial o industrial existe la posibilidad de utilizar un RFID más robusto (resistente a cargas de voltaje y residuos ambientales), analizando también su capacidad de lectura (velocidad y distancia), que garantizará el envío y recepción de datos.
- Realizar un HMI amigable con el usuario para facilitar la operación de cada subsistema y sistema en su totalidad, para esto se recomienda de acuerdo a las necesidades utilizar un TFT LCD de mayor de dimensión, que permitirá un mejor control sobre la pantalla táctil logrando segmentos extensos para la creación de botones y cuadros informativos.
- La flexibilidad del proyecto permite desarrollar la programación en diferentes plataformas, así como PLC y PIC. En el caso de un PLC es recomendable utilizar en aplicaciones industriales, por su alto costo. El PIC puede reemplazar al arduino, pero considerando su capacidad de memoria de acuerdo a la aplicación requerida.
- Dependiendo de las necesidades comerciales de productos en stock, los tags pueden ser generados bajo demanda o estar pre-impresos y pre-codificados para procesos en lotes.

## BIBLIOGRAFÍA

Bandas Transportadoras. (2004). Obtenido de <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.htm>

Electronilab. (2014). Obtenido de Display LCD 2.8" 240×320 Touch TFT controlador ILI9325 : <http://electronilab.co/tienda/display-lcd-2-8-240x320-touch-tft-controlador-ili9325/>

Arduino. (2014). Obtenido de <http://playground.arduino.cc/interfacing/processing>

Botero, J. (2009). La interferencia como un factor que afecta el desempeño de un sistema RFID. Tecnura.

Bridgestone. (s.f.). Bandas Transportadoras. Obtenido de [www.bridgestone.com](http://www.bridgestone.com)

Brunssen.com.mx. (2005). Obtenido de Bandas Transportadoras Brunssen: <http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=btrans&mt=bandas>

Cabezas, L. (2006). Cintas transportadoras: criterios para su diseño y tipos .

Desarrollos digitales. (2014). Obtenido de Automatización + Control Industrial + RFID: [http://www.webddigital.com/rfid\\_introduccion.aspx](http://www.webddigital.com/rfid_introduccion.aspx)

Elec Freaks. (2014). Obtenido de 3.2" Width 400\*240 TFT LCD Module: [http://www.elec Freaks.com/wiki/index.php?title=3.2%22\\_Width\\_400\\*240\\_TFT\\_LCD\\_Module](http://www.elec Freaks.com/wiki/index.php?title=3.2%22_Width_400*240_TFT_LCD_Module)

ElectricScooterParts.com. (2014). Obtenido de 24 Volt 100 Watt Electric Scooter Motor: <http://www.electricscooterparts.com/motors24volt.html>

- Electrodragon. (2013). Obtenido de L298N Stepper Motor Driver Controller Board for Arduino: <http://www.electrodragon.com/product/l298n-stepper-motor-driver-controller-board-for-arduino/#prettyPhoto>
- Electrónicos Caldas. (2011). Obtenido de TFT01-3.2: <http://www.electronicoscaldas.com/displays-lcd-alfanumericos-y-graficos/517-display-lcd-tft-a-color-tactil-tft320qvt.html>
- Eurobelt. (2014). Obtenido de Tensores: <http://www.eurobelt.com/datos-tecnicos/tensores/>
- Fernández, S. (2006). RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia . Asociación de Ingenieros de ICAI.
- Hernández, E. (2008). Tarjeta demo para Lector RFID. AG Electrónica. Obtenido de Tarjeta demo para Lector RFID .
- ID Innovations EM module series V21. (2005). Obtenido de ID SERIES DATASHEET: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID-12-Datasheet.pdf>
- ID TRONIX. (2013). Obtenido de RFID: <http://www.idtronix.com/qesrfid.htm>
- ID-innovations. (2013). Advanced RFID design.
- Innova-ing.com. (s.f.). Obtenido de Cintas transportadoras y componentes: <http://www.innova-ing.com/productos/ver/cintas-transportadoras-y-componentes>
- Innovations, I. (2007). ID SERIES DATASHEET.
- Introducción a la identificación por Radio Frecuencia . (2014). Obtenido de <http://es.slideshare.net/guest44be50/introduccion-a-la-tecnologia-rfid-lic-alan-gidekel>
- Mindstorms, Arduino y la conexión de sensores. (2011). Obtenido de Lector RFID ID-20 y su conexión con Arduino y el NXT:

<http://mindstormsyarduino.blogspot.com/2011/06/lector-rfid-id-20-y-su-conexion-con.html>

Motorreductores, servomotores y sensores. (2014). Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/22046750/Motorreductores-servomotores-y-sensores#scribd>

Potencia Electromecánica. (2013). Obtenido de ¿Cómo funciona un Reductor o Motorreductor?: <http://www.potenciaelectromecanica.com/calculo-de-un-motorreductor/>

PROVECUADOR. (2014). Obtenido de Bandas Transportadoras: <http://provecuador.com.ec/bandas-transportadoras.html>

Reas, C. (2014). Processing: A Programming Handbook for Visual Designers

SERVICIOS INFORMATICOS KIFER,S.L. (2010). INTRODUCCION A LOS SISTEMAS.

SuperRobotica. (2002). Obtenido de Motores de Corriente Continua: <http://www.superrobotica.com/motoresdc.htm>

Tapia, D. (2007). Identificación por Radiofrecuencia: Fundamentos y Aplicaciones. España.

Tweaking4all. (2014). Obtenido de SainSmart 1.8" TFT Arduino Color LCD Display: <http://www.tweaking4all.com/hardware/arduino/sainsmart-arduino-color-display/>

Vistronica.com. (2014). Obtenido de Robótica : Módulo L298N para Control de Motores: <https://www.vistronica.com/modulo-l298n-para-control-de-motores-detail.pdf?tmpl=component>

Want, R. (2006). "An introduction to RFID technology". Pervasive Computing, IEEE.



**ANEXOS**

## Anexo 1. Coeficiente de fricción del Acero

Material de la placa Superior	Material del Carril	Coeficiente de Fricción	
		No lubricado	Lubricado
Acero inoxidable o acero	Acero inoxidable o acero	0,35	0,20
Acero inoxidable o acero	UHMW	0,25	0,15
Plástico Dirigido	Acero inoxidable o acero	0,25	0,15
Plástico Dirigido	UHMW	0,25	0,12
Plástico Dirigido (Baja Fricción)	Acero inoxidable o acero	0,17	0,12
Plástico Dirigido (Baja Fricción)	UHMW	0,18	0,12

## Anexo 2. Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y arco de contacto.

ANGULO DE CONTACTO EN LA BANDA DE TRANSMISION	TIPO DE TRANSMISION	TENSOR DE TORNILLO		TENSOR DE GRAVEDAD	
		POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA	POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA
150°	Recta	1.5	1	1.08	0.67
160°	Recta	1.4	0.9	0.9	0.60
170°	Recta	1.3	0.9	0.91	0.55
180°	Recta	1.2	0.8	0.84	0.50
190°	De contacto	1.1	0.7	0.77	0.45
200°	De contacto	1	0.7	0.72	0.42
210°	De contacto	1	0.7	0.67	0.38
220°	De contacto	0.9	0.6	0.62	0.35
230°	De contacto	0.9	0.6	0.58	0.32
240°	De contacto	0.8	0.6	0.54	0.30
340°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.29	0.143
360°	Tandem o Dual	0.5	0.4	0.26	0.125
380°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.23	0.108
400°	Tandem o Dual	0.5	0.3	0.21	0.095
420°	Tandem o Dual	0.4	0.3	0.19	0.084
440°	Tandem o Dual	-	-	0.17	0.074
460°	Tandem o Dual	-	-	0.15	0.064
480°	Tandem o Dual	-	-	0.14	0.056

### Anexo 3. Motor DC 24v.

#### MOTOR DC REDUCTOR 24V 300 RPM



Motor reductor de 24V 300 rpm con una fuerza nominal de 1,3 Kg:cm y 4 kg:cm a máxima eficiencia. Este motor de alta velocidad destaca por ser silencioso, su pequeño tamaño y reducido consumo. Resulta idóneo para aplicaciones en las que se necesita una alta velocidad de giro. Tensión: 24V. Consumo: <800 mA. Fuerza: 0,13 N:m. Diámetro del eje: 6mm

#### Especificaciones

+	
Tensión Nominal	24V
Velocidad Sin carga	300 rpm
Consumo sin carga	140 mA
Consumo nominal	< 800 mA
Velocidad nominal	220 rpm
Fuerza nominal	1,3 kgf:cm / 0,13 N:m
Fuerza a máxima eficiencia	4 kgf:cm / 0,39 N:m
Consumo en frenado	3000 mA
Potencia de salida	15 W
Diámetro Máximo	37 mm
Diámetro Eje	6 mm
Rosca fijación	4 x M3

#### Anexo 4. Datos para seleccionar rodamientos.

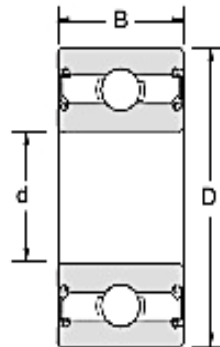
Número Rodmto	Dimensiones Nominales de Rodamiento					Diámetro Preferido Hombro			Capacidad Básica Carga (lbs)		Peso Rodmto (Approx.)
	<i>d</i>		<i>D</i>		<i>B</i>	<i>r*</i>	Eje	Aljmnlo	<i>C<sub>v</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>	lbs
	mm	pulgada	mm	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada			
63204 DDU	20	0.7874	47	1.8504	0.8125	0.039	0.969	1.614	2870	1480	0.34
63205 DDU	25	0.9843	52	2.0472	0.8125	0.039	1.172	1.811	3150	1760	0.39
63206 DDU	30	1.1811	62	2.4409	0.9375	0.039	1.406	2.205	4370	2540	0.96
63207 DDU	35	1.3780	72	2.8346	1.0625	0.039	1.614	2.559	5780	3440	0.96
63208 DDU	40	1.5748	80	3.1496	1.1875	0.039	1.811	2.874	6550	4010	1.28
63209 DDU	45	1.7717	85	3.3465	1.1875	0.039	2.008	3.071	7050	4590	1.37

\*Máxima chofan de eje permitido

*C<sub>v</sub>* = Capacidad de carga axial Dinámica

*C<sub>r</sub>* = Carga Estática Radial

Nota: Las velocidades limitantes pueden ser menores con sellos de contacto. Para mayor información contacte con un Ingeniero de NSK.



## Anexo 5. Propiedades sección cuadrada

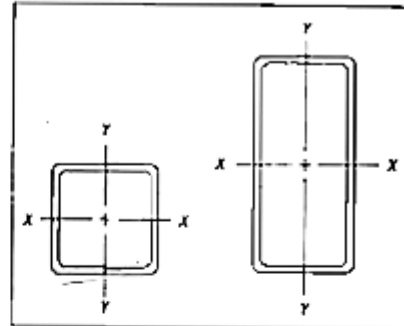


TABLA A16-5 Propiedades del tubo estructural de acero, cuadrado y rectangular\*

Tamaño	Área (pulg <sup>2</sup> )	Peso por pie (lb)	Eje X-X			Eje Y-Y		
			<i>I</i> (pulg <sup>4</sup> )	<i>S</i> (pulg <sup>3</sup> )	<i>r</i> (pulg)	<i>I</i> (pulg <sup>4</sup> )	<i>S</i> (pulg <sup>3</sup> )	<i>r</i> (pulg)
8 × 8 × 1/2	14.4	48.9	131	32.9	3.03	131	32.9	3.03
8 × 8 × 1/4	7.59	25.8	75.1	18.8	3.15	75.1	18.8	3.15
8 × 4 × 1/2	10.4	35.2	75.1	18.8	2.69	24.6	12.3	1.54
8 × 4 × 1/4	5.59	19.0	45.1	11.3	2.84	15.3	7.63	1.65
8 × 2 × 1/4	4.59	15.6	30.1	7.52	2.56	3.08	3.08	0.819
6 × 6 × 1/2	10.4	35.2	50.5	16.8	2.21	50.5	16.8	2.21
6 × 6 × 1/4	5.59	19.0	30.3	10.1	2.33	30.3	10.1	2.33
6 × 4 × 1/4	4.59	15.6	22.1	7.36	2.19	11.7	5.87	1.60
6 × 2 × 1/4	3.59	12.2	13.8	4.60	1.96	2.31	2.31	0.802
4 × 4 × 1/2	6.36	21.6	12.3	6.13	1.39	12.3	6.13	1.39
4 × 4 × 1/4	3.59	12.2	8.22	4.11	1.51	8.22	4.11	1.51
4 × 2 × 1/4	2.59	8.81	4.69	2.35	1.35	1.54	1.54	0.770
3 × 3 × 1/4	2.59	8.81	3.16	2.10	1.10	3.16	2.10	1.10
3 × 2 × 1/4	2.09	7.11	2.21	1.47	1.03	1.15	1.15	0.742
2 × 2 × 1/4	1.59	5.41	0.766	0.766	0.694	0.766	0.766	0.694

\*Los datos se tomaron de una variedad de fuentes. Los tamaños mencionados representan una muestra pequeña de los tamaños disponibles.

Nota: Ejemplo de tamaño: 6 × 4 × 1/4.

6 = peralte vertical (pulg); 4 = ancho (pulg); 1/4 = espesor de pared (pulg).

*I* = momento de inercia; *S* = módulo de sección; *r* = radio de giro.

## Anexo 6. Propiedades de las áreas para las columnas

### PROPIEDADES DE SECCIONES TRANSVERSALES

$A$  = área

$I_x$  = segundo momento de área con respecto al eje  $x$

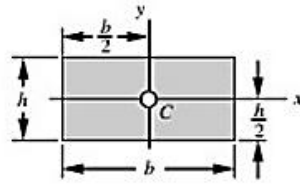
$k_x$  = radio de giro con respecto al eje  $x$

$J_z$  = segundo momento polar de área con respecto al eje  $z$  pasando por  $C$

$C$  = ubicación del centroide

$I_y$  = segundo momento de área con respecto al eje  $y$

$k_y$  = radio de giro con respecto al eje  $y$



(a) Rectángulo

$$A = bh$$

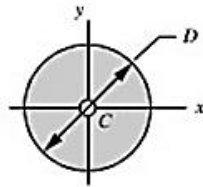
$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$J_z = I_x + I_y$$

$$I_y = \frac{b^3h}{12}$$

$$k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$



(b) Círculo

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

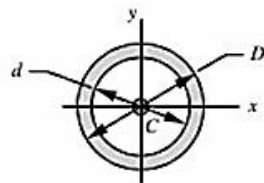
$$I_x = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$J_z = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$I_y = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$



$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$I_x = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$$

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$J_z = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

$$I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$$

$$k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

## Anexo 7. Código de programación en Arduino

```
#include <UTFT.h>
#include <UTouch.h>
#include <avr/pgmspace.h>
UTFT myGLCD(SSD1289,38,39,40,41);
UTouch myTouch( 6, 5, 4, 3, 2);
String inputString = "";
boolean stringComplete = false;
extern uint8_t BigFont[];
extern uint8_t SmallFont[];
extern unsigned int tux[0x1000];
const int sensor1=52;
const int sensor2=53;
const int motor1=12;
int sensor1State=0;
int sensor2State=0;
int R = 0;
int G = 0;
int B = 0;
int Rled = 9;
int Gled = 10;
int Bled = 11;
int x, y;
void drawButtons1 ()
{
  myGLCD.clrScr();
  myGLCD.fillScr(255,255,255);
  myGLCD.setColor(202,242,202);
  myGLCD.fillRoundRect(5, 30, 240, 90);
  myGLCD.setColor(0, 0, 0);
  myGLCD.setBackColor(202, 242, 202);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.print("BANDA", 80, 40);
  myGLCD.print("TRANSPORTADORA", 10, 60);
  myGLCD.setColor(151, 146, 242);
  myGLCD.fillRoundRect(50, 125, 170, 175);
  myGLCD.setColor(255, 255, 255);
  myGLCD.setBackColor(151, 146, 242);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.print("RFID", 80, 140);
  myGLCD.setBackColor(0, 0, 24);
  myGLCD.drawBitmap (200, 125, 64, 64, tux, 1);
}
void drawButtons ()
{
  myGLCD.setFont(SmallFont);
  myGLCD.setColor(0,0,0);
  myGLCD.fillRect(0, 0, 319, 239);
  myGLCD.setColor(R,0,0);
  myGLCD.fillRect(30, 15, 80, 45);
  myGLCD.setColor(255,0,0);
  myGLCD.drawRect(30, 15, 80, 45);
  myGLCD.setColor(255,G,0);
  myGLCD.fillRect(130, 15, 180, 45);
  myGLCD.setColor(0,255,0);
  myGLCD.drawRect(130, 15, 180, 45);
  myGLCD.setColor(0,0,B);
  myGLCD.fillRect(230, 15, 280, 45);
  myGLCD.setColor(0,0,255);
  myGLCD.drawRect(230, 15, 280, 45);
  myGLCD.setColor(0,0,0);
  myGLCD.fillRect(15, 203, 305, 225);
  myGLCD.setColor(151,166,195);
  myGLCD.drawRect(15, 205, 305, 225);
  myGLCD.setColor(255, 255, 255);
  myGLCD.setBackColor(0, 0, 0);
  myGLCD.print("REGRESAR", 135, 210);
  myGLCD.setColor(255,0,0);
  myGLCD.fillRect(200, 75, 305, 110);
  myGLCD.setColor(255,255,255);
  myGLCD.drawRect(200, 75, 305, 110);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.setBackColor(255, 0, 0);
  myGLCD.setColor(0, 0, 0);
  myGLCD.print("STOP", 220, 85);
  R=0;
  myGLCD.setColor(0,255,0);
  myGLCD.fillRect(200, 125, 305, 160);
  myGLCD.setColor(255,255,255);
  myGLCD.drawRect(200, 125, 305, 160);
  myGLCD.setBackColor(0, 255, 0);
```

```

myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.print("INICIO", 205, 135);
G=0;
B=255;
myGLCD.setColor(R,G,B);
myGLCD.fillRect(200, 175, 305, 190);
myGLCD.setColor(255,255,255);
myGLCD.drawRect(200, 175, 305, 190);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setBackColor(0, 0, 255);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.print("LUZ", 242, 177);
B=0;
myGLCD.setColor(R,G,B);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(255,234,167);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setBackColor(255, 234, 167);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.print("CONTROL", 68, 85);
myGLCD.print("AUTOMATICO", 55, 110);
myGLCD.print("BANDA", 75,140);
myGLCD.print("TRANSPORTADORA", 38, 170);
myGLCD.setBackColor(0, 0, 0);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("ENCENDIDO", 20, 50);
myGLCD.print("APAGADO", 130, 50);
myGLCD.print("LUZ", 245, 50);
}
void drawButtons2 ()
{
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(255,255,255);
myGLCD.fillRect(0, 0, 319, 239);
myGLCD.setColor(226,246,236);
myGLCD.fillRect(5, 15, 315, 45);
myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.drawRect(5, 15, 315, 45);
myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(15, 203, 305, 225);
myGLCD.setColor(151,166,195);
myGLCD.drawRect(15, 205, 305, 225);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(0, 0, 0);
myGLCD.print("REGRESAR", 135, 210);
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setBackColor(226, 246, 236);
myGLCD.setColor(184, 44, 14);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("DETALLE PRODUCTO", 31, 23);
}
void Panelprincipal()
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setBackColor(251, 254, 218);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.print("CONTROL ", 105, 90);
myGLCD.print("DE ", 140, 120);
myGLCD.print("EXISTENCIAS", 70, 150);
}
void Panelprincipal()
{
myGLCD.setColor(R,G,B);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,255);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(14, 204, 200, 190);
myGLCD.setColor(255,0,0);

```



```

    ledsRGB();
}
void waitTriangulo(int xt1, int yt1, int xt2, int yt2, int xt3, int yt3)
{
    myGLCD.setColor(255, 0, 0);
    while (myTouch.dataAvailable())
    myTouch.read();
    myGLCD.setColor(255, 255, 255);
    myGLCD.setColor(R,G,B);
    myGLCD.fillRect(200, 75, 210, 95);
    myGLCD.setColor(255,255,255);
    myGLCD.drawRect(200, 75, 210, 95);
    ledsRGB();
}
void waitReferencia(int x1, int y1, int x2, int y2)
{
    myGLCD.setColor(255, 0, 0);
    myGLCD.drawRect(x1, y1, x2, y2);
    while (myTouch.dataAvailable())
    myTouch.read();
    myGLCD.setColor(255, 255, 255);
    myGLCD.drawRect(x1, y1, x2, y2);
}
void colorReferencia()
{
    myGLCD.setColor (0, G ,0);
    myGLCD.fillRect(30, 15, 80, 45);
    myGLCD.setColor(255,0,0);
    myGLCD.drawRect(30, 15, 80, 45);
    myGLCD.setColor(R,0,0);
    myGLCD.fillRect(130, 15, 180, 45);
    myGLCD.setColor(0,255,0);
    myGLCD.drawRect(130, 15, 180, 45);
    myGLCD.setColor(0,0,B);
    myGLCD.fillRect(230, 15, 280, 45);
    myGLCD.setColor(0,0,255);
    myGLCD.drawRect(230, 15, 280, 45);
    ledsRGB();
}
void colorReferencial()
{
    myGLCD.setColor (182, 203 ,228);
    myGLCD.fillRect(30, 15, 300, 45);
    myGLCD.setColor(255,0,0);
    myGLCD.drawRect(30, 15, 300, 45);
}
void ledsRGB()
{
    digitalWrite(Rled, R);
    delay(10);
    digitalWrite(Gled, G);
    delay(10);
    digitalWrite(Bled, B);
    delay(10);
}
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    Serial1.begin(9600);
    inputString.reserve(200);
    myGLCD.InitLCD();
    myGLCD.clrScr();
    myTouch.InitTouch();
    myTouch.setPrecision(PREC_MEDIUM);
    myGLCD.InitLCD(LANDSCAPE);
    myGLCD.setFont(BigFont);
    myGLCD.setFont(SmallFont);
    drawButtons();
    myGLCD.fillScr(230,213,180);
    myGLCD.setColor(202, 242, 202);
    myGLCD.fillRoundRect(60, 30, 260, 80);
    myGLCD.setColor(0, 0, 0);
    myGLCD.setBackColor(202, 242, 202);
    myGLCD.setFont(BigFont);
    myGLCD.print("BIENVENIDO", CENTER, 50);
    myGLCD.setColor(151, 146, 242);
    myGLCD.fillRoundRect(60, 115, 260, 200);
    myGLCD.setColor(255, 255, 255);
    myGLCD.setBackColor(151, 146, 242);
    myGLCD.setFont(SmallFont);
    myGLCD.print("JEREMMY GARCES", CENTER, 140);
    myGLCD.print("INGENIERIA MECATRONICA", CENTER, 165);
    delay(10000);
}

```

```

myGLCD.clrScr();
R=0;
G=0;
B=0;
drawButtons1 ();
ledsRGB();
pinMode(sensor1,INPUT);
pinMode(sensor2,INPUT);
pinMode(motor1,OUTPUT);
pinMode(Rled, OUTPUT);
pinMode(Gled, OUTPUT);
pinMode(Bled, OUTPUT);
}
void loop() {
sensor1State= digitalRead (sensor1);
sensor2State= digitalRead (sensor2);
if (G==255 && sensor1State==LOW){
digitalWrite (motor1,HIGH);
}
else if (G ==0 && sensor1State==HIGH){
digitalWrite (motor1, LOW);
}
if (G==255 && sensor1State== HIGH && sensor2State==LOW){
digitalWrite (motor1,LOW);
}
else if (G ==255 && sensor2State==LOW){
digitalWrite (motor1, HIGH);
}
}
if (B==255)
{
digitalWrite(Bled, HIGH);
}
else{
digitalWrite(Bled,LOW);
}
}
if (stringComplete) {
Serial.println(inputString);
inputString = "";
stringComplete = false;
}
}
if (myTouch.dataAvailable())
{
myTouch.read();
x=myTouch.getX();
y=myTouch.getY();
ledsRGB();
if ((y>=30) && (y<=90))
{
if ((x>=0) && (x<=235))
{
waitReferencia(0, 30, 235, 90);
colorReferencia();
drawButtons();
Panelprincipal();
myGLCD.setColor(255,234,167);
myGLCD.setColor(255,G,0);
myGLCD.fillRect(130, 15, 180, 45);
myGLCD.setColor(0,255,0);
myGLCD.drawRect(130, 15, 180, 45);
myGLCD.setColor(255,234,167);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setBackColor(255, 234, 167);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.print("CONTROL", 68, 85);
myGLCD.print("AUTOMATICO", 55, 110);
myGLCD.print("BANDA", 75,140);
myGLCD.print("TRANSPORTADORA", 38, 170);
}
}
}
if ((y>=125) && (y<=175))
{
if ((x>=50) && (x<=170))
{
waitReferencia(50, 125, 170, 175);
myGLCD.clrScr();
colorReferencia1();
drawButtons2();
Panelprincipal1();
}
}
}
if ((y>=75) && (y<=110))

```

```

{
if ((x>=200) && (x<=305))
{
waitReferencia(200, 75, 305, 110);
R=255;
G=0;
if (B==255)
{
digitalWrite(Bled, HIGH);
}
else{
digitalWrite(Bled,LOW);
}
colorReferencia();
Panelprincipal();
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRect(25, 88, 160, 108);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("MOTOR: OFF", 35, 93);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("RFID: OFF", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("REGISTRO: OFF", 30, 165);
}
}
if ((y>=125) && (y<=160))
{
if ((x>=200) && (x<=305))
{
waitReferencia(200, 125, 305, 160);
R=0;
G=255;
if (B==255)
{
digitalWrite(Bled, HIGH);
}
else{
digitalWrite(Bled,LOW);
}
colorReferencia();
Panelprincipal();
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRect(25, 88, 160, 108);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("DRIVER: ON", 35, 93);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("RFID: ON", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("REGISTRO: ON", 30, 165);
}
}
}
if ((y>=175) && (y<=190))
{
if ((x>=200) && (x<=305))
{
waitReferencia(200, 175, 305, 190);
R=0;
G=0;
B=255;
colorReferencia();
}
}
}
if ((y>=15) && (y<=45))
{
if ((x>=230) && (x<=280))
{
waitReferencia(230, 15, 280, 45);
}
}
}

```

```

    R=0;
    G=0;
    B=0;
    colorReferencia();
    Panelprincipal();
}
}
if ((y>=203) && (y<=225))
{
    if ((x>=15) && (x<=305))
    {
        waitReferencia(15, 203, 305, 225);
        drawButtons1 ();
        ledsRGB();
    }
}
}
}
void serialEvent1(){
while (Serial1.available()) {
char inChar = (char)Serial1.read();
inputString += inChar;
if (inputString.length() > 9) {
stringComplete = true;
if ((y>=125) && (y<=175))
{
    if ((x>=50) && (x<=170))
    {
        waitReferencia(50, 125, 170, 175);
        myGLCD.clrScr();
        colorReferencia1();
        drawButtons2();
        Panelprincipal1();
if(inputString == "700062DC6F")
{
    myGLCD.setColor(251,254,218);
    myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);
    myGLCD.setColor(0,0,0);
    myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
    myGLCD.setBackColor(251, 254, 218);
    myGLCD.setFont(BigFont);
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);
    myGLCD.print("PRODUCTO:", 20, 80);
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);
    myGLCD.print("PESO NETO:", 20, 110);
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);
    myGLCD.print("PRECIO:", 20,140);
    myGLCD.setColor(32, 8, 134);
    myGLCD.print("VENCE:", 20, 170)
    myGLCD.setFont(SmallFont);
    myGLCD.setColor(0, 0, 0);
    myGLCD.print("FREJOL BAYO", 190, 80);
    myGLCD.print("500 GR", 190, 110);
    myGLCD.print("1,79 USD", 190,140);
    myGLCD.print("08/04/2015", 190, 170);
}
    else if(inputString == "010E437D48")
    {
        myGLCD.setColor(251,254,218);
        myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);
        myGLCD.setColor(0,0,0);
        myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
        myGLCD.setBackColor(251, 254, 218);
        myGLCD.setFont(BigFont);
        myGLCD.setColor(32, 8, 134);
        myGLCD.print("PRODUCTO:", 20, 80);
        myGLCD.setColor(32, 8, 134);
        myGLCD.print("PESO NETO:", 20, 110);
        myGLCD.setColor(32, 8, 134);
        myGLCD.print("PRECIO:", 20,140);
        myGLCD.setColor(32, 8, 134);
        myGLCD.print("VENCE:", 20, 170);
        myGLCD.setFont(SmallFont);
        myGLCD.setColor(0, 0, 0);
        myGLCD.print("GELATINA FRAMB", 190, 80);
        myGLCD.print("450 GR", 190, 110);
        myGLCD.print("2,95 USD", 190,140);
        myGLCD.print("08/2015", 190, 170);
    }
    else if(inputString == "0600873BC5")
    {
        myGLCD.setColor(251,254,218);
        myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);

```

```

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setBackColor(251, 254, 218);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRODUCTO:", 20, 80);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PESO NETO:", 20, 110);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRECIO:", 20,140);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("VENCE:", 20, 170);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.print("MACARRON SUMESA", 190, 80);
myGLCD.print("400 GR", 190, 110);
myGLCD.print("2,00 USD", 190,140);
myGLCD.print("11/10/2015", 190, 170);
}
else if(inputString == "700062DC70")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setBackColor(251, 254, 218);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRODUCTO:", 20, 80);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PESO NETO:", 20, 110);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRECIO:", 20,140);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("VENCE:", 20, 170);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.print("MOTE EL SABOR", 190, 80);
myGLCD.print("500 GR", 190, 110);
myGLCD.print("2,97 USD", 190,140);
myGLCD.print("05/01/2015", 190, 170);
}
else if(inputString == "02006ADCAC")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setBackColor(251, 254, 218);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRODUCTO:", 20, 80);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PESO NETO:", 20, 110);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRECIO:", 20,140);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("VENCE:", 20, 170);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.print("PANCHITOS SNACK", 190, 80);
myGLCD.print("75 GR", 190, 110);
myGLCD.print("0,30 USD", 190,140);
myGLCD.print("26/05/2015", 190, 170);
}
else if(inputString == "020067B8C4")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.drawRect(15, 75, 304, 190);
myGLCD.setBackColor(251, 254, 218);
myGLCD.setFont(BigFont);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRODUCTO:", 20, 80);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PESO NETO:", 20, 110);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("PRECIO:", 20,140);
myGLCD.setColor(32, 8, 134);
myGLCD.print("VENCE:", 20, 170);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
}

```



```

myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PRECIO: 1,79USD", 30, 165);
}
else if(inputString == "010E437D48")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 120);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("PRODUCTO: Gelatina", 30, 93);
myGLCD.print("      Frambue", 30, 105);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PESO NETO: 450gr", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PRECIO: 2,95USD", 30, 165);
}
else if(inputString == "0600873BC5")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 120);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("PRODUCTO: Macarron", 30, 93);
myGLCD.print("      Sumesa", 30, 105);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PESO NETO: 400gr", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PRECIO: 2,00USD", 30, 165);
}
else if(inputString == "700062DC70")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 120);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("PRODUCTO: Mote", 30, 93);
myGLCD.print("      Sabor", 30, 105);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PESO NETO: 500gr", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PRECIO: 2,97USD", 30, 165);
}
else if(inputString == "02006ADCAC")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
}

```

```

myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 120);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("PRODUCTO: Panchit", 30, 93);
myGLCD.print("    Snack", 30, 105);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PESO NETO: 75gr", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PRECIO: 0,30USD", 30, 165);
}
else if(inputString == "020067B8C4")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 120);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("PRODUCTO: Choco", 30, 93);
myGLCD.print("    Listo", 30, 105);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PESO NETO: 300gr", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PRECIO: 4,39USD", 30, 165);
}
else if(inputString == "0200688B67")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 120);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("PRODUCTO: Lasana", 30, 93);
myGLCD.print("    Sumesa", 30, 105);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PESO NETO: 400gr", 30, 135);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 160, 160, 180);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
myGLCD.print("PRECIO: 3,55USD", 30, 165);
}
else if(inputString == "020069FB18")
{
myGLCD.setColor(251,254,218);
myGLCD.fillRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255,255,204);
myGLCD.drawRect(15, 75, 170, 190);
myGLCD.setColor(255, 255, 153);
myGLCD.fillRoundRect(25, 88, 160, 120);
myGLCD.setColor(0, 0, 0);
myGLCD.setBackColor(255, 255, 153);
myGLCD.setFont(SmallFont);
myGLCD.print("PRODUCTO: Te", 30, 93);
myGLCD.print("    Hierba", 30, 105);
myGLCD.setColor(153, 204, 255);
myGLCD.fillRoundRect(25, 130, 160, 150);
myGLCD.setColor(255, 255, 255);
myGLCD.setBackColor(153, 204, 255);
}

```





## Anexo 9. Factor de seguridad de servicio

	Motores de CA: par normal jaula de ardilla, síncrono, monofásico de tres conductores Motor CD; Excitados en derivación Motores: de combustión interna multicilindros.			Motores de CA: para repulsión inducción, una fase, devanado en serie, Motor CD: devanado en serie y compuesto Motores: mono cilíndrico, combustión interna; ejes de transmisión: embragues		
Horas en servicio diario	3-5	8-10	16-24	3-5	8-10	16-24
Agitadores para líquidos Sopladores y extractores Bombas centrífugas y sopladores Ventiladores hasta de 10 hp Transportadoras de servicio ligero.	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc. Mezcladoras de harina Ventiladores hasta de 10hp Generadores Ejes de transmisión Maquinaria para lavanderías Herramientas máquinas Punzonadoras, prensas tarrajas Maquinaria de imprenta Bombas rotatorias de desplazamiento positivo Pantallas revolvedoras y vibratorias.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para ladrillos Elevadores de cangilones Compresores de pistón Transportadores (arrastre, artesa, tornillo) Trituradora de martillos. Batidoras de fábricas de papel. Bombas de pistón Sopladores de desplazamiento positivo Pulverizadores Maquinaria de aserradero	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias, de quijada, de rodillo) Molinos (de bolas de barras de tubo) Malacates. Laminadores extrusores y molinos de hule.	1.3	1.4	.5	1.5	1.6	1.8

## Anexo 10. Correas trapeciales

Sección de la correa		Z	A	B	C	D	E	F	$\beta$
		10 x 6	13 x 8	17 x 11	22 x 14	32 x 19	38 x 25	51 x 30	
g	mm	10	13	17	22	32	38	51	
D	mm	*51	-	-	-	-	-	-	32°
		*56	-	-	-	-	-	-	32°
		*61	-	-	-	-	-	-	34°
		*66	*73	-	-	-	*319	-	34°
		*71	*83	136	*189	*344	-	-	34°
		*76	*93	*146	214	*369	-	*730	34°
		77	98	-	-	-	-	-	34°
		86	108	151	238	374	525	-	34°
		-	-	-	-	419	585	*780	34°
		96	120	171	264	469	655	*1030	36°
		106	133	191	294	519	735	*1280	36°
		-	-	-	-	579	825	-	36°
		118	148	211	329	649	925	*1530	38°
		131	168	235	369	729	1025	*1780	38°
		146	188	261	414	819	1145	-	38°
		166	208	291	464	919	1275	*2030	40°
		186	232	326	514	1019	1425	*2530	40°
		206	258	366	574	1139	1625	*3030	40°
		230	288	411	644	1269	1825	*4030	40°
		256	323	461	724	1419	2025	-	40°
286	363	511	814	1619	2265	-	40°		
321	408	571	914	1819	2525	-	40°		
361	458	641	1014	2019	2825	-	40°		
h mínimo	mm	12	14	17	24	30	36	42	
p	mm	3	4	5,5	7	9,5	12,5	15	
d	mm	D-6	D-8	D-11	D-14	D-19	D-25	D-30	
f	mm	13	16	20	27	37	45	56	
a	mm	8	10	13	17	24	30	37	
b	mm	17	20	25	33	40	50	60	