



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“PROPUESTA DE MEJORA DE UNA LINEA DE ENSAMBLE  
DE CAMIONETAS”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**P R E S E N T A:**

**ERICK EDUARDO VELAZQUILLO SANTIESTEBAN**

**DIRECTOR:**

**M.I. BILLY ARTURO FLORES MEDERO NAVARRO**



**MÉXICO, D.F.**

**2015**

# Índice

Introducción .....	1
Capítulo 1. Marco Teórico .....	2
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Automatización Industrial .....	2
1.3 Sensores .....	3
1.4 Sistemas de control .....	13
1.5 Equipos de transferencia .....	15
1.6 Líneas de ensamble .....	19
1.7 Control de velocidad .....	21
Capítulo 2. Definición del problema .....	25
2.1 Planteamiento del problema .....	25
2.2 Propuestas de solución .....	31
2.3 Selección de Solución .....	36
Capítulo 3. Selección de dispositivos .....	39
3.1 Selección de sensores .....	39
3.2 Selección de controlador .....	42
3.3 Selección de actuadores .....	43
Capítulo 4 Programación .....	52
Capítulo 5 Simulación .....	57
Capítulo 6 Conclusiones .....	62
Referencias .....	63
Anexo I .....	66
Anexo II .....	67
Anexo III .....	68

## **Introducción**

### Objetivo

Proponer un sistema que permita automatizar el desplazamiento de las unidades y controlar el tiempo/ciclo entre operaciones del proceso.

### Alcances

El presente trabajo está limitado a la propuesta de solución para mejorar la productividad en una línea de ensamble de camionetas, comprobando su funcionamiento con la ayuda de simulaciones.

La tecnología de los controladores lógicos programables o PLC, ha estado en la industria desde ya hace tiempo, debido a su confiabilidad y eficiencia, por ser flexible y brindar una amplia gama de maneras de usarlo. Sin embargo, su principal virtud es su robustez y facilidad de conexión, gracias a esto impulsa las empresas a un crecimiento, que es necesario por las necesidades y demandas de la industria de estos tiempos.

Este proyecto está guiado a una empresa de manufactura en crecimiento, la automatización en una línea de manufactura es parte esencial, ya que promueve la productividad y mejora la seguridad significativamente. Básicamente este trabajo se llevará al rubro de automatizar una línea de producción, pero no solo se está tomando en cuenta el aspecto técnico del mismo, si no que se intenta ver un poco más, para ofrecer una propuesta que sea beneficiosa, pero de igual manera sea sensible a los posibles cambios futuros en los que la empresa pueda incurrir.

Conforme el lector continúe navegando por el presente trabajo se dará cuenta de todas las necesidades y requerimientos, e incluso restricciones que uno puede tener a la hora de intentar implementar una propuesta de automatización, así mismo se brindarán las herramientas necesarias para la comprensión del problema y todos los detalles que surgieron para solucionarlo.

# **Capítulo 1. Marco Teórico.**

## **1.1 Antecedentes**

El problema a estudiar se enfoca en una empresa encargada del montaje de la carrocería en camionetas usadas para el transporte de mercancía. Ésta le suministra principalmente a una sola marca, laborando principalmente con un solo modelo de camioneta, actualmente se analiza si es factible la implementación de algún sistema autónomo para el avance de las mismas.

El presente trabajo analizará algunas propuestas que mejoren las condiciones actuales de trabajo en la línea de producción, algunos de los requerimientos específicos del cliente se encuentran en un cuestionario referido al Anexo 1.

Se cree que un sistema automatizado mejorara la producción, por lo tanto, se profundizara más en el tema, así como en los elementos necesarios para poder implementarlo, como lo son sensores, el control y los actuadores.

## **1.2 Automatización Industrial**

La automatización industrial es la implementación de varias tecnologías y métodos existentes en el área de mecánica, electrónica, neumática, hidráulica y teoría de control, la cual recopila información para la corrección y comprobación de procesos industriales, intentando reducir al mínimo la intervención humana obteniendo así un control parcial o total de los sistemas de producción. (Mandado, 2010) (pág. 655).

Para lograr implementar esta técnica multidisciplinar se necesitan contemplar muchos parámetros que afectarán a la empresa y decidirán si es o no es viable realizar un proceso de automatización. Se necesita un conocimiento extenso del proceso que se quiere automatizar, para determinar si aumentará la productividad ya que puede significar una inversión en maquinaria y equipo, muy elevada, con ello un aumento en el costo de mantenimiento y limita una redistribución de maquinaria en la planta.

Para automatizar un proceso algunas de las siguientes características deben estar presentes.

- Ser repetitivas.
- Aumentar velocidad de producción.
- Actividades o ambientes que pongan en riesgo la seguridad de los trabajadores.
- Cuando un proceso excede la capacidad humana.

Debido a los diferentes tipos de control aplicable a un proceso automatizado, la automatización industrial se puede dividir en tres clases: la automatización fija, programable y flexible que se definen a continuación.

1. Automatización fija:

Esta clase de automatización se caracteriza por una secuencia simple de operaciones, y aunque sea simple resulta ser muy inflexible si se deseara realizar cambios a los productos. Su implementación resulta en un costo muy elevado ya que necesita equipos especializados. Tiene como ventaja que se obtienen altos volúmenes de producción.

El costo de la automatización fija se justifica cuando se desea alta productividad y cuando se sabe que no se realizarán cambios en un largo plazo al producto.

2. Automatización programable:

Se identifica a esta clase de automatización debido a que el o los procesos se controlan mediante una serie de instrucciones (llamado programa) que se pueden modificar para la fabricación de un nuevo producto. Esta característica se encuentra en las máquinas de control numérico las cuales son muy costosas y para utilizarlas necesitan un periodo de preparación previo para comenzar a producir, estos procesos pueden ser preparación de herramientas, líquido refrigerante entre otros.

3. Automatización flexible

Este tipo de automatización se caracteriza por tener una serie de procesos diferentes controlados por una computadora central. Ésta conecta varias estaciones de trabajo y cuentan con sistemas automáticos de manipulación de materiales, la cual se monitorea constantemente para coordinar todo el proceso, ya sea en la línea de producción o en los almacenes. Este tipo de automatización se usa principalmente en las celdas de manufactura.

(Mandado, 2010) (655-658).

### **1.3 Sensores**

Los sensores brindan la información necesaria al sistema automático para poder tomar decisiones; para poder definir y sumergirse en este amplio campo que son los sensores, se necesita conocer primero el concepto de transductor, que es en el cual se basa un sensor para funcionar.

Un transductor es un elemento que transforma una señal de un tipo de energía específico a otro tipo de energía y están relacionadas entre sí mediante un arreglo matemático, es decir un dispositivo que convierte, por ejemplo, cierta temperatura en una señal eléctrica y son proporcionales entre sí. (Mandado, 2010) (429).

Teniendo esto en mente la definición de sensor que abarca al transductor se concibe como el dispositivo que transforma una señal física de cierta naturaleza, a una señal de tipo eléctrico, la cual provee la información de la primera. Existen un gran número de magnitudes físicas que se pueden medir y a su vez ser convertidas a su respectiva señal eléctrica, estas señales pueden percibirse en diferentes parámetros eléctricos, tales como amplitud o frecuencia, debido a esto existe una gran clasificación de los sensores, que a su vez tienen sus respectivas características como se aprecia en la figura 1.

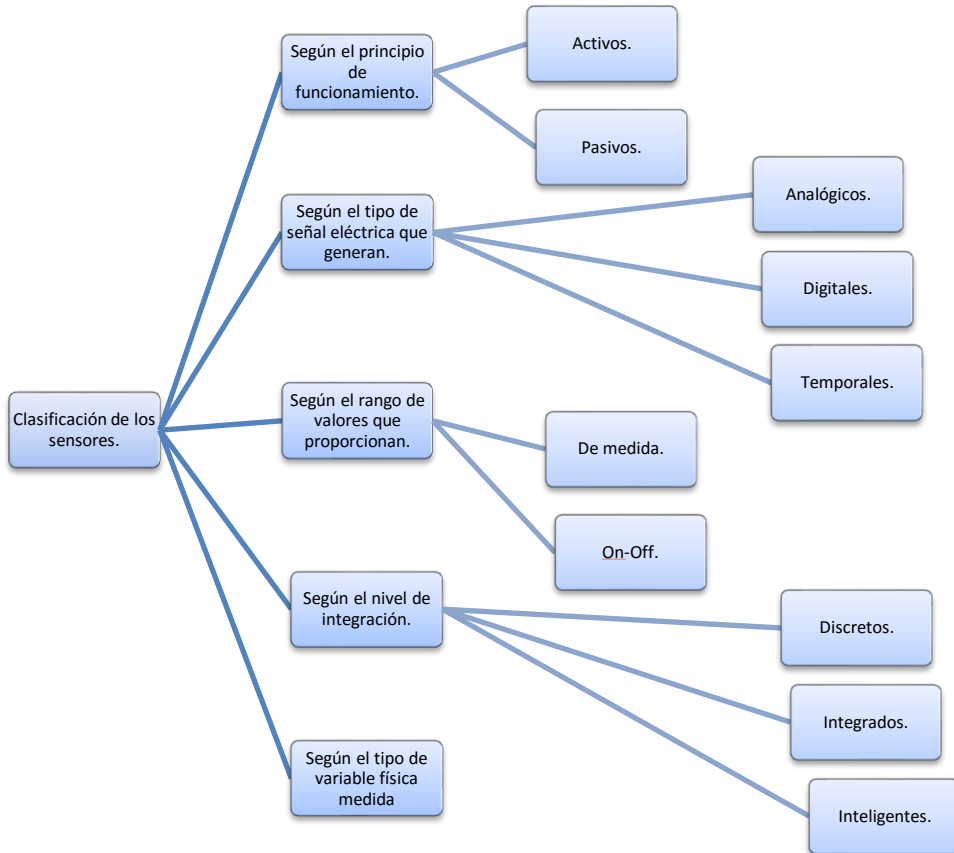


Figura 1. Clasificación de sensores.

La señal eléctrica generada por estos sensores puede verse modificada en el tiempo, esta variación permite darle un seguimiento al estado de un sistema, los cambios en la señal son catalogadas en analógicos, digitales o temporales.

### Sensores analógicos

Los sensores analógicos son aquellos que proporcionan una señal eléctrica de la cual se obtiene información de sus diferentes valores en su amplitud y están dentro de un límite determinado, pueden ser unipolares o bipolares esto significa que los unipolares solo cambiarán su amplitud en términos positivos o negativos, pero sólo en uno de ellos, en cambio los bipolares pueden ser positivas o negativas e ir cambiando de polaridad conforme avance el tiempo. Por lo general, el mundo en el que vivimos es analógico, por ello existe gran variedad de estos sensores, sin embargo, este tipo de sensores tiene problemas a la hora de trasladar su información en grandes distancias debido al ruido electromagnético que existe a nuestro alrededor. Un ejemplo de estos son los sensores de temperatura analógicos. En la figura 2 podemos observar el comportamiento de este tipo de señales.



Figura 2. Comportamiento de una señal analógica.

### Sensores digitales

Los dispositivos que proporcionan un número de estados, entre un valor máximo y uno mínimo de voltaje reciben el nombre de sensores digitales, los más comunes son los binarios, que generan señales eléctricas entre dos niveles de voltaje y los cuales se les establecen los números 0 y 1, dependiendo si al valor de voltaje mayor se le asigna el número 1 y al de voltaje menor un 0 se llama lógica positiva, y si se le asigna el valor 0 al voltaje más alto y un 1 al de menor voltaje se le denomina lógica negativa. Un ejemplo de estos sensores son los codificadores de posición absolutos (encoder absoluto).

### Sensores temporales

Son aquellos con los cuales se obtiene información debido a un parámetro de tiempo asociado a una señal eléctrica de salida. Las señales temporales pueden ser cuadradas o sinusoidales, las cuadradas se caracterizan por ser de amplitud fija y puede dividirse según su frecuencia, la relación alto y bajo, la duración de un pulso o el número de pulsos generados, estos sensores tienen menos problemas debido al ruido electromagnético.

Analizando la señal eléctrica de un sensor, también se puede clasificar en sensores de medida o sensores *on-off*. Los sensores de medida son aquellos que proporcionan todos los valores correspondientes a la variable de entrada en un rango determinado, estos mismos pueden pertenecer a los analógicos, digitales o temporales. Los sensores *on-off* solamente indican si la variable a medir está por encima o por debajo de un valor de referencia, también pertenecen a esta clasificación los sensores que indican si ocurrió o no un determinado suceso, como la presencia o ausencia de un objeto, este tipo de sensores forma parte importante de la industria en procesos de fabricación lo que se retomará posteriormente.

## Grado de protección ambiental

Esta característica es muy importante al realizar la instalación de los sensores industriales debido a que el grado de protección es proporcional a los factores ambientales que lo rodeen para garantizar el buen funcionamiento del sistema, ya que podría estar sujeto a condiciones adversas de humedad o polvo. La organización que normaliza el grado de protección de los sensores industriales es la “Comisión Electrotécnica Internacional” (IEC) que en su norma *IEC 144* especifica la protección al ingreso de agentes externos (sólidos o líquidos). Este grado se indica con las siglas *IP (Ingress Protection)* acompañadas de dos cifras [referencia], la primera indica el grado de protección a agentes sólidos y la segunda el grado de protección a líquidos, mientras más alto el número mejor grado de protección. La tabla 1 explica el significado de cada una de las cifras.

<b>1<sup>a</sup></b>	<b>Grado de protección(polvo)</b>	<b>2<sup>a</sup></b>	<b>Grado de protección(agua)</b>
<b>0</b>	El equipo no está protegido contra la entrada de cuerpos sólidos externos.	<b>0</b>	Sin protección.
<b>1</b>	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos grandes (mayores de 50 mm de diámetro).	<b>1</b>	Protección contra la condensación de gotas de agua.
<b>2</b>	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos de tamaño medio (mayores de 12 mm de diámetro).	<b>2</b>	Protección contra gotas de líquido; la caída de gotas de líquido no tiene efectos perjudiciales si la carcasa tiene una inclinación de hasta 15° desde la vertical.
<b>3</b>	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos mayores de 2.5 mm de diámetro.	<b>3</b>	Protección contra la lluvia o agua en forma de lluvia, para un ángulo menor o igual a 60° con respecto a la vertical.
<b>4</b>	Protección contra la entrada de cuerpos sólidos externos pequeños (mayores de 1 mm de diámetro).	<b>4</b>	Protección contra salpicaduras de líquido en cualquier dirección.
<b>5</b>	Protección contra depósitos perjudiciales de polvo. La entrada de polvo no se evita totalmente, pero esté no puede entrar en cantidades suficientes como para interferir en el adecuado funcionamiento del equipo	<b>5</b>	Protección contra chorros de agua. El agua no produce efectos perjudiciales cuando la proyecta un inyector en cualquier dirección bajo condiciones especificadas.
<b>6</b>	Protección contra la entrada de polvo. Protección total frente al contacto con partes móviles situadas dentro de la carcasa.	<b>6</b>	Protección contra condiciones del tipo de las de cubierta de barco (equipos herméticos de cubierta). El agua procedente de un fuerte oleaje no entra en la carcasa bajo condiciones especificadas.
<b>7</b>		<b>7</b>	Protección contra la inmersión en agua bajo condiciones especificadas de presión y tiempo.
<b>8</b>		<b>8</b>	Protección contra la inmersión indefinida en agua bajo condiciones especificadas de presión.

Tabla 1. Significado de las siglas del grado de protección de acuerdo con la norma IEC 144.



## Sensores industriales detectores de objetos

Los procesos de manufactura pueden llegar a ser muy complejos, debido a esto necesitan de una variedad de sensores para su correcto funcionamiento, dentro de los más utilizados están los que detectan objetos y los que miden la distancia de los mismos.

Dependiendo la distancia a la cual el objeto se encuentre del sensor se puede diferenciar los sensores con contacto y sin contacto; cuando un objeto toca directamente al sensor y lo activa, le llamamos sensor con contacto, aquí encontramos los micro-switches y finales de carrera. Cuando el objeto no toca al sensor tenemos los sensores sin contacto, los cuales a su vez podemos clasificarlos según el valor de la distancia de detección. Si la distancia es pequeña encontramos los sensores de proximidad, si la distancia es grande usamos los sensores de presencia, llamamos una pequeña distancia aquella inferior a 1cm y una grande a la superior a 1 cm.

Por otro lado, también conocemos los sensores detectores de objetos clasificados según el tipo de material que se desea detectar, aquí podemos dividirlos en dos, los que detectan exclusivamente materiales metálicos (sensores inductivos) y los que detectan cualquier tipo de material (sensores ultrasónicos, capacitivos y opto electrónicos). En la figura 3 se observa de manera gráfica lo anteriormente explicado.

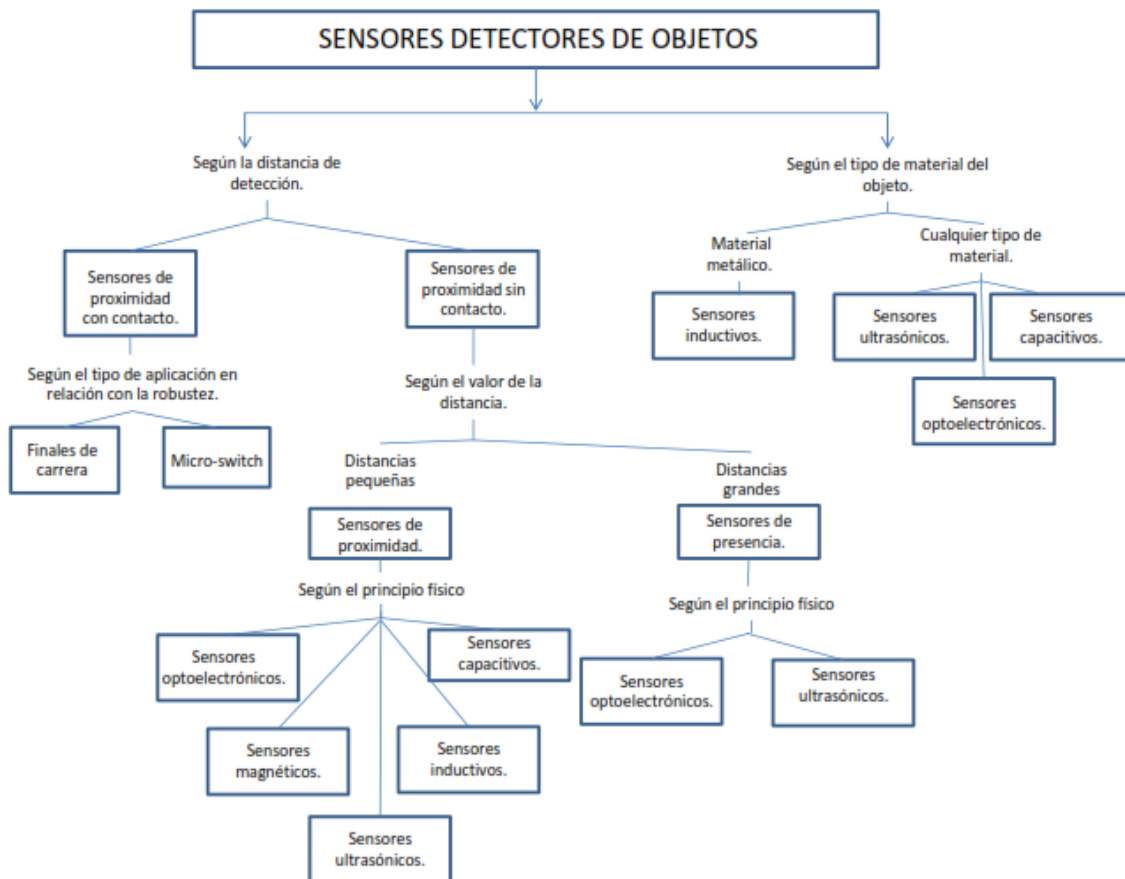


Figura 3. Clasificación de sensores.

Ya que se conoce la clasificación de los muchos sensores detectores de objetos existentes se puede ahondar más en conocer cómo funciona cada uno, ya que será importante saberlo a la hora de elegir el adecuado.

#### Finales de carrera

Los finales de carrera (véase figura 4) son dispositivos que al entrar en contacto con el objeto que se desea detectar emiten una señal; ésta puede ser mecánica, neumática o eléctrica, pueden detectar un objeto de cualquier material, deben ser robustos ya que se suelen emplear en ambientes agresivos ya que reciben fuertes golpes al detectar el final de desplazamiento de un objeto.

Según la aplicación y la robustez necesaria para determinado trabajo, los finales de carrera se suelen elegir con base en si serán conectados a un dispositivo electrónico de control, o qué manejará directamente la carga conectada a él. Pueden tener uno o varios contactos asociados y que se modifica su estado cada que se detecta el objeto, estos contactos suelen definirse como normalmente cerrado (NC) y normalmente abierto (NA).



Figura 4. Finales de Carrera.

#### Micro-switch

Un micro-switch o micro interruptor (véase figura 5) consta básicamente de las mismas características que un final de carrera con la gran excepción de que no está diseñado para soportar ambientes agresivos, tales como golpes fuertes o atmósferas peligrosas, aunque ofrecen una mejor precisión para objetos de reducido tamaño. También cuentan con diferentes contactos asociados al estado en el que se encuentre, estos suelen ser contactos NA y NC.

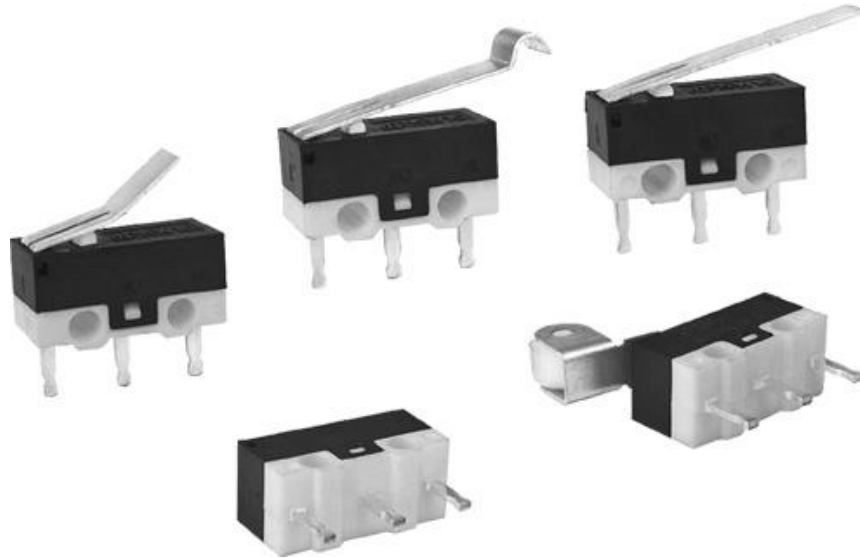


Figura 5. Micro-switches.

### Sensores opto electrónicos.

Los sensores opto electrónicos basan su funcionamiento en la detección de un rayo de luz que emite el mismo sensor, están constituídos generalmente por un emisor del rayo de luz y el receptor del mismo, el emisor basado por lo regular en un transductor emite una señal de luz, la cual es detectada o no, por el receptor, indicando que se encuentra o no el objeto en un rango determinado, dependiendo en dónde se coloque el emisor y el receptor podemos clasificarlos en modo difuso reflectivo, retro reflectivo y reflectivo o de barrera.

#### Difuso reflectivo

El emisor y el receptor se encuentran dentro de una misma carcasa, la luz emitida se refleja en el objeto a detectar y regresa al receptor (véase la figura 6), indicando si se encuentra o no el objeto.

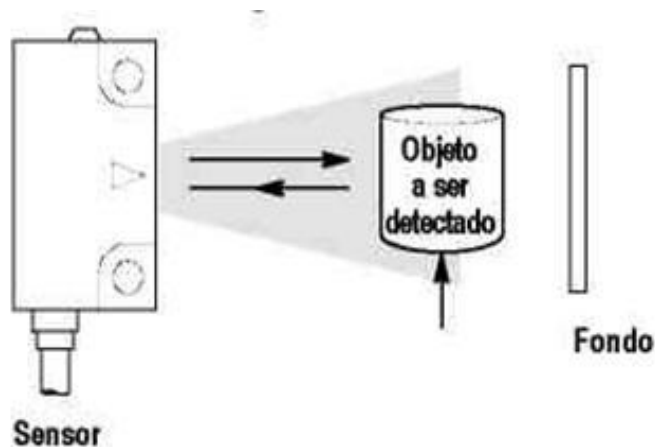


Figura 6 Sensor opto eléctrico en modo difuso reflectivo.

### Retro reflectivo

El emisor y el receptor se encuentran dentro de una misma carcasa, pero la luz no se refleja directamente en el objeto (véase la figura 7), se refleja en un espejo de forma continua, y cuando el objeto pasa entre el sensor y el espejo se detecta su presencia.

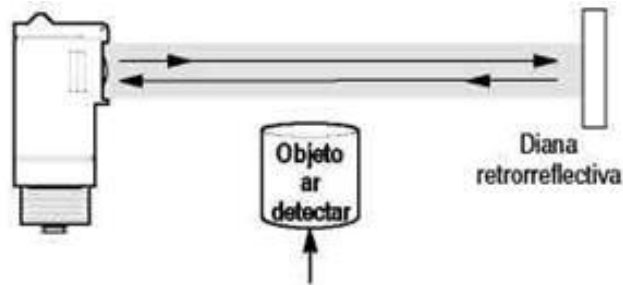


Figura 7 Sensor opto eléctrico en modo retro reflectivo.

### Reflectivo o de Barrera.

En esta configuración el emisor y el receptor se encuentran separados, por lo regular uno frente a otro y el objeto a detectar interrumpe el haz de luz (véase la figura 8).

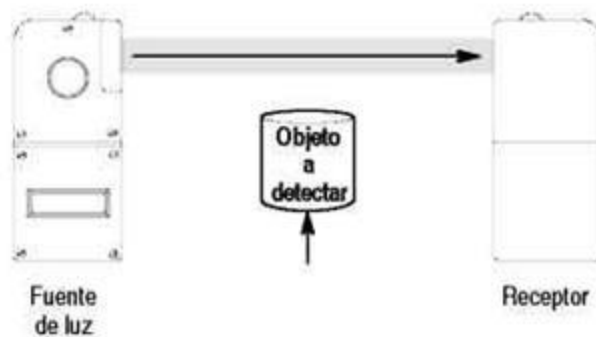


Figura 8 Sensor opto eléctrico en modo reflectivo o de Barrera.

## Sensores magnéticos

Los sensores magnéticos (véase figura 9) detectan la presencia de campos magnéticos en metales o semiconductores para funcionar, ya sean imanes permanentes o electroimanes.

Cuando el campo magnético influye un metal se habla de sensores conocidos como de efecto Reed, éste consta de contactos con una pequeña separación entre sí encapsulados en una atmósfera de gas inerte, cuando el campo magnético está presente hacen contacto y cuando se retira regresan a su posición inicial.

Cuando el campo magnético tiene influencia en un semiconductor se conoce como sensor de efecto Hall, éste consiste en una placa semiconductora por la cual pasa una corriente externa, la cual genera un voltaje de salida proporcional al campo magnético.

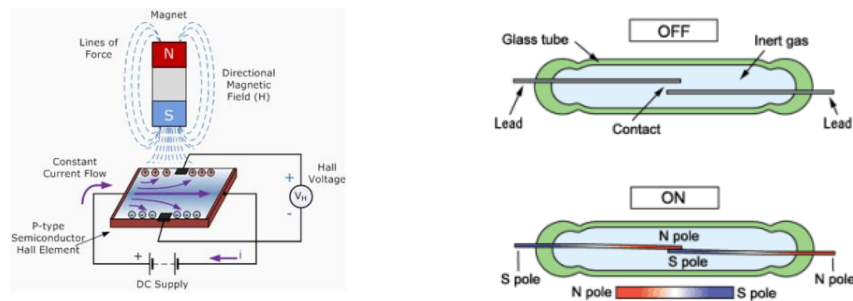


Figura 9 Sensores magnéticos, sensor efecto Hall (derecha) sensor Reed (izquierda).

## Sensores Inductivos

Los sensores inductivos crean un campo magnético que cuando es perturbado o interactúa con un material conductor indica la presencia de un objeto, se debe tener en cuenta que deben ser materiales conductores, ya que cualquier otro material no lo detectaría, existen dos tipos de sensores inductivos, los blindados y los no blindados (véase la figura 10).

Los sensores inductivos blindados constan de una carcasa metálica la cual evita la dispersión del flujo magnético concentrándolo, los sensores inductivos no blindados carecen de una carcasa por lo que dan un rango lateral de detección.

### Comparación entre sensores inductivos blindados y no blindados

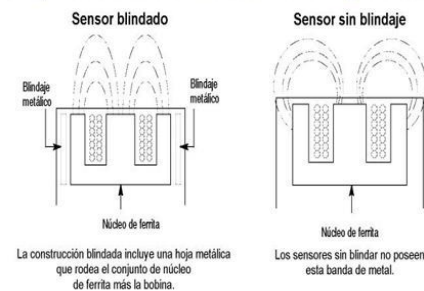


Figura 10 Sensores inductivos, Blindado (derecha) No Blindado (izquierda).

## Sensores Capacitivos

Los sensores capacitivos generan un campo eléctrico, por lo tanto, una capacitancia, cuando el objeto a detectar interactúa con él varía la capacitancia, lo cual permite determinar que el objeto se encuentra dentro del rango de detección. La principal característica de estos sensores es que permiten detectar cualquier tipo de objeto, independientemente del tipo de material del que esté hecho, ya sean aislantes o conductores y puede ser de salida analógica (véase la figura 11).

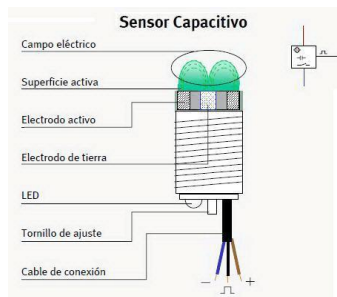


Figura 11 Sensor capacitivo.

## Sensores ultrasónicos

Los sensores ultrasónicos constan de dos elementos principales, un transductor que se encarga de emitir un pulso sónico y otro que se encarga de detectarlo. Se utilizan frecuencias mayores a los 20 KHz, no audible para el ser humano. El ultrasonido es reflejado por cualquier objeto que se cruce frente a él, dentro del rango del sensor. Estos sensores también sirven para medir distancia, la cual se obtiene del tiempo que tarda el eco sonoro en ser captado por el receptor y es directamente proporcional a la distancia que los separa entre dos (véase la figura 12). Siempre hay que tener en mente las siguientes consideraciones si se desea utilizar un sensor ultrasónico.

- Las superficies con altas temperaturas tienden a variar la velocidad del sonido, lo que provoca una mala resolución del sensor.
- Las superficies porosas absorben las ondas ultrasónicas y reducen la distancia a la que ese objeto poroso puede ser detectado, las telas o las espumas son materiales porosos.
- Las superficies rugosas o de geometría indefinida afectan la distancia máxima de detección.



Figura 12 Sensor ultrasónico.

(Mandado, 2010) (429-588)

## 1.4 Sistemas de control

Un sistema de control puede definirse como un conjunto de dispositivos que, relacionados entre sí, cumplen una función determinada, generalmente mantener el control del estado de la variable de salida de un proceso, de acuerdo a una señal de entrada que le indica cómo debe comportarse.

Existen diferentes sistemas de control que pueden aplicarse a los procesos de manufactura, estos son el sistema de lazo abierto y lazo cerrado (véase la figura 13). La principal diferencia que existe entre los dos es que el sistema de lazo cerrado cuenta con una realimentación (*feedback*), lo que significa que su salida es medida, comparada con una señal de referencia, y así genera una señal de error, permitiendo la corrección de la señal lo que permite el control más preciso del proceso. El sistema de lazo cerrado se utiliza principalmente cuando se necesita mantener constante o con cambios sutiles la variable a controlar, ya que suelen existir en perturbaciones o variaciones que hagan que la variable cambie su estado inesperadamente, y con el sistema de lazo cerrado se corrige y mantiene constante el valor a controlar.

Los sistemas de lazo abierto carecen de una realimentación, por lo tanto, su salida no se mide y trabajan principalmente por tiempos, como no existe una comparación continua entre lo que se obtiene con lo que se desea puede generarse un error que puede incrementarse.

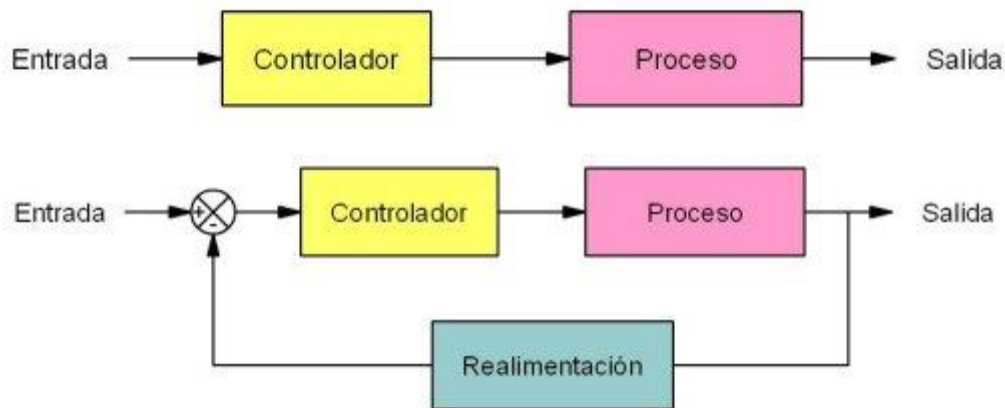


Figura 13 Control de lazo abierto (arriba) y control de lazo cerrado (abajo).

(Mandado, 2010) (Capítulo 6)

### Controladores

En un proceso de manufactura automatizado son necesarios principalmente sensores de presencia, los cuales entregan una señal ya sea analógica o digital, la cual en muchos de los casos necesita ser interpretada para el correcto control del proceso. Este control se puede obtener mediante una gama de dispositivos llamados controladores.

Como la principal tarea de un controlador es manejar una parte o el proceso entero, necesita información del mismo, teniendo esta información el controlador ejecuta una acción para corregirlo o mantenerlo.

Así que podemos definir un controlador, como un dispositivo que cuenta con entradas y salidas de información, el cual tiene integrado una unidad lógica programable, lo que permite mediante programación el cambio de los estados de sus salidas y la lectura en las entradas.

Teniendo en mente que los sistemas de control, ya sea de lazo abierto o cerrado, sirven para el control del proceso podemos afirmar que, en la mayoría de los casos ambos necesitan un controlador, el cual será el que tome decisiones de la variable de salida. En la actualidad existen varias formas de controladores digitales en el mercado, debido a su alta integración y a su tamaño se les conoce como microcontroladores, estos a su vez necesitan de ciertos circuitos periféricos para alcanzar su máxima capacidad; estos carecen de robustez y suelen ocuparse para tareas en donde el riesgo de accidentes es reducido, cuando el uso no es frecuente, o las variables involucradas no son numerosas.

Aunque existen muchos tipos de controladores de diferentes capacidades, marcas y precios, existe uno que ha sido catalogado como el ideal para los procesos de manufactura, este es el PLC, las siglas PLC derivan de *Controlador Lógico Programable* (Programmable Logic Controller).

Un PLC es un dispositivo utilizado en la industria para la automatización de sus procesos, el cual nos permite cierta flexibilidad gracias a que contiene una memoria programable, y capacidad para el control de procesos de manufactura desde los más simples hasta procesos complejos que comprenderían toda una industria.

Un PLC cuenta con los siguientes componentes principales:

1. EL CPU (Central Processing Unit).
2. La interfaz de entradas y salidas (E/S).
3. La fuente de poder.
4. El dispositivo de programación.

1. El CPU

Es la unidad de procesamiento del PLC, tiene un microprocesador que se encarga de implementar la lógica y requiere de una memoria para almacenar resultados de las operaciones lógicas, requiere de una memoria EEPROM además de una memoria RAM

2. Interfaz de entradas y salidas

Existen dos interfaces de entradas y salidas, éstas son las fijas y las modulares. Las interfaces fijas son aquellas incorporadas a la unidad, por lo tanto, no pueden ser reemplazadas en caso de que fallen y se necesitaría cambiar todo el dispositivo. En cambio, las interfaces modulares permiten reemplazar las unidades dañadas, expandir la capacidad del PLC y configurarlo de acuerdo a las necesidades del proceso.



Los PLC manejan diferentes tipos de señales en sus entradas y se pueden clasificar en:

- Discretas: Son aquellas que solo cuentan con dos estados, ya sea encendido o apagado (ON/OFF).
- Digitales: Son aquellas que utilizan código binario.
- Analógicas: Son aquellas que pueden tomar valores continuos dentro de un cierto intervalo.

También se pueden encontrar distintos tipos de salidas estas son.

1. Salida a relevador, funciona en corriente directa y alterna.
2. Salida a transistor, funciona con corriente directa.
3. Salida a TRIAC, funciona con corriente alterna.

También existen módulos especiales y módulos inteligentes, se pueden conectar algunos módulos especiales como contadores de alta velocidad, contadores para encoder, control de motores a pasos, salidas a módulos BCD y los módulos inteligentes, que son aquellos que cuentan con sus propios microprocesadores y funcionan en paralelo al PLC, algunos de estos son módulos PID, servo módulos, de comunicaciones, de lenguaje, de voz entre otros.

### 3. Fuente de poder del PLC

Proporciona la energía que requieren los componentes del PLC, puede estar integrada al mismo y alimenta a los sensores.

### 4. Dispositivo de programación

Es el medio utilizado para grabar el programa en la memoria del PLC. También se encarga de supervisar la operación de dicho programa. Existen varios dispositivos de programación puede ser un programador manual o por software en una computadora.

## 1.5 Equipos de transferencia

Un equipo de transferencia o conveyor, es un dispositivo mecánico encargado del desplazamiento de materiales o artículos de un lugar a otro. Se tomaron en consideración seis tipos de mecanismos de transferencia siendo los más utilizados dentro de la industria automotriz debido a las grandes ventajas que conllevan.

Transportador tipo skillett.

Este tipo de transportador se monta en el suelo, es utilizado principalmente en las áreas de producción ya que las plataformas forman un tren que se mueve suavemente por la línea de montaje. Ofrece también una importante sinergia entre los trabajadores, procesos y tecnología, debido a que cuenta con un diseño ergonómico que reduce la fatiga y mejora la producción al permitir que la altura pueda ser ajustada en cada proceso según convenga (véase figura 14). Se trata de un sistema de mantenimiento sencillo, de gran flexibilidad, esto aunado a que puede ser operado en trayectoria delantera y reversa.



Figura 14 Transportador tipo skillet.

### Transportador skid

Los transportadores skid o deslizantes son una forma de trasladar unidades de manera sencilla, confiable y fácil de instalar. El movimiento se realiza a través de vías que sostienen y guían al dispositivo por toda la línea (véase figura 15), que tiene una construcción de diseño modular y componentes estándar que se adaptan al espacio disponible en planta; el diseño de doble vía hace que la carga sea estable y se permitan acumulaciones entre los procesos.

El sistema de transmisión puede ser por cadena de acero o por correa vulcanizada de cable de acero, ambas pueden ser utilizados en aplicaciones de producción y almacenamiento, sin embargo, la segunda evita los deslizamientos indeseados.



Figura 15 Transportador tipo skid.

## Transportador tipo Slat

El slat conveyor o transportadores de listón son extremadamente versátiles, son utilizados en aplicaciones de materiales calientes, aceitosos y/o abrasivos. Corresponden a bandas cuyas barras laterales son dos cadenas de rodillos bushed, estas se unen por listones de acero; el tipo de listón se determina por el tamaño, peso y las propiedades del producto a transportar. Estos transportadores ofrecen una superficie móvil continua que puede ser aprovechada para trabajar en la unidad estando encima de los listones con mínimos riesgos de accidentes (véase figura 16). Son conocidos por tener una larga vida útil con la menor cantidad de mantenimiento y reparaciones, para esto es necesario un diseño exhaustivo para así garantizar un funcionamiento pleno. Sin embargo, debido a su constitución, solo es posible su construcción en línea recta, teniendo que instalar otros dispositivos si la línea de producción requiere de alguna curva.



Figura 16 Transportador tipo Slat.

## Plataforma sobre rieles

La transportación por este sistema se hace con la ayuda de rieles que llevan a la unidad por cada una de las estaciones, la cual se encuentra montada sobre una plataforma que sostiene y permite ajustar la altura según se requiera. Es capaz de llevar de una forma estable las cargas debido a que durante toda la línea cuenta con calzas que sostienen la estructura y mantienen lejos del piso a las plataformas para evitar colisiones y daños en los automóviles. Puede tener la configuración que se desee para cubrir absolutamente la línea de producción y teniendo la capacidad de retornar sobre la línea si así el sistema lo demanda o si en dado caso se necesita (véase figura 17).



Figura 17 Plataforma sobre rieles.

### Banda transportadora

Una banda transportadora utiliza dos poleas movidas por motores que a su vez hacen mover una cinta transportadora sobre rodillos que proporcionan soporte y ayudan al traslado de los productos a través de la banda. Este sistema permite el transporte de materiales a gran distancia, permiten gran capacidad de transporte y pudiendo adaptarse al terreno siendo antes necesario realizar una excavación en el piso de la planta por donde la banda este prevista a moverse, esto para evitar que exista fricción y para asegurar que su sección superior quede al ras del suelo y sea posible cargar, descargar o hacer algún tipo de tarea sobre la unidad en cualquier momento (véase figura 18).



Figura 18 Banda transportadora.

## Transportador AGV

El AGV o vehículo de guiado automático (véase figura 19) representa un vehículo que se mueve de manera automática sin conductor; estos sistemas están concebidos para la realización del transporte de materiales, se compone de diversos subsistemas que generan las órdenes, las asignan según las prioridades y las ejecutan para realizar el movimiento físico de los productos. Incorporan sistemas de seguridad a través de sensores con el fin de asegurar el bienestar de las personas y los objetos transportados. Según su configuración pueden trasladar, apilar, remolcar, etc. Sin embargo, debido a la gran cantidad de ingeniería involucrada, su precio aún es muy alto, utilizándose principalmente en líneas de producción complicadas y de procesos peligrosos donde la adquisición de estos transportadores se justifique plenamente.



Figura 19 Transportador AGV.

## 1.6 Líneas de ensamble

La línea de ensamble surge con base en los problemas encontrados en la producción artesanal, ya que los artesanos al desarrollar un producto creaban las piezas de manera individual, a estas se le realizaban los respectivos cambios para después ensamblar todo y llegar al producto final.

Se le atribuye a Henry Ford la creación de la línea de ensamble; sin embargo, es una colaboración de distintas personas de la época lo que logra la primera línea de ensamble eficiente, aunque Ford fue uno de los mayores promotores de la misma, ya que incluyó el uso de cintas transportadoras. La línea de ensamble de Ford para el Modelo T comenzó sus operaciones el primero de diciembre de 1913.

El concepto básico de la línea de ensamble surge en el Matadero Swift & Company, donde observaron cómo los animales sacrificados se desplazaban a lo largo de una cinta transportadora, al ver cómo destacaba, que una persona pudiese separar una pieza a la vez de manera eficiente captó la atención y se adoptó en la compañía de Ford.

La línea de ensamble es conocida como el medio principal para elaborar productos a bajo costo y en grandes cantidades, en términos generales es la disposición de áreas de trabajo donde se realizan operaciones de manera consecutiva, donde el producto se mantiene en movimiento a un ritmo uniforme, la cual permite la actividad simultánea sobre el material hasta llegar al fin de su elaboración. Se puede decir que casi cualquier producto constituido de diferentes partes utiliza una línea de ensamble. A continuación, se presenta la metodología de “Balanceo de Líneas”.

Existen ciertas condiciones para que una línea de ensamble sea funcional y práctica.

1. Cantidad.

Esto significa que el volumen de productos elaborados deber ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y duración de la tarea.

2. Equilibrio

Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.

3. Continuidad

Una vez iniciadas, las líneas de producción deben continuar pues su detención corta la alimentación del resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurarse un aprovisionamiento continuo del material, piezas, sub ensamblés, etc, y la previsión de fallas en el equipo.

- a) Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operadores necesarios para cada operación.
- b) Conocido el tiempo del ciclo minimizar el número de estaciones de trabajo.
- c) Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a las mismas.

En el sistema de producción por línea la maquinaria se coloca de acuerdo con la secuencia de operaciones que necesite el proceso; si es necesario, se aplica el equipo para que no se regrese el material, y así se logra la gran ventaja de este sistema: producir mucho volumen en corto tiempo.

Pasos para el balance de una línea de ensamble.

- 1. Especificar las relaciones secuenciales entre las tareas utilizando un diagrama de precedencia.
- 2. Determinar el tiempo de ciclo requerido(C).

$$C = \frac{\textit{T tiempo de producción por día}}{\textit{Producción diaria requerida(en unidades)}}$$

- 3. Determinar el número de estaciones de trabajo(N) requeridas para satisfacer la limitación del ciclo.

$$N = \frac{\textit{Suma de los tiempos de las tareas(T)}}{\textit{Tiempo del ciclo(C)}}$$

- 4. Evaluar la eficiencia de equilibrio de la estación (E).

$$E = \frac{\textit{Suma de los tiempos de las tareas}}{\textit{Número de estaciones actuales de trabajo(Na) * Tiempo de Ciclo(C)}}$$

## 1.7 Control de velocidad

Existen muchos tipos de motores en el mercado los cuales son ideados para diferentes tipos de propósitos, para la industria de la automatización se requieren motores eléctricos debido a sus características y beneficios, se abordarán los controles de velocidad para estos, ya que pueden ofrecer una gran gama de cualidades modificables y adaptables a muchas aplicaciones que le demanda.

En general los motores eléctricos constan de una parte estacionaria llamada estator y una parte móvil o rotatoria llamada rotor, el principio de funcionamiento establece que, si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético, esto aplica tanto a motores de corriente directa y de corriente alterna.

Antes de comenzar a enumerar los distintos controles de velocidad se nombrarán los motores eléctricos usados en la industria.

### 1. Motor de Corriente Directa (Motor DC).

El motor de DC es una maquina encargada de convertir energía eléctrica en mecánica, en el estator se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro y el rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas, son de los más versátiles en la industria. Su fácil control de paro y velocidad lo han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos.

### 2. Motor a pasos o Motor paso a paso.

Los motores a pasos son dispositivos que convierten impulsos eléctricos en movimientos mecánicos, constan de varios embobinados alrededor del rotor, lo cual le permite tener un control más preciso del ángulo en la flecha, de igual manera se pueden controlar la velocidad y posición, pueden ser operados con corriente directa o alterna, su uso es recomendado en aplicaciones de alta precisión.

Existen dos tipos de motores a pasos.

1. Motor a pasos unipolar.
2. Motor a pasos bipolar.

Los motores unipolares se caracterizan, como su nombre lo dice, por funcionar solamente con una polaridad, aunque estos suelen ser más lentos y tener un par más bajo. En cambio, los motores bipolares requieren de la polaridad positiva y negativa para funcionar, teniendo como ventaja un par más alto y alcanzar mayores velocidades.



### 3. Motor de Corriente Alterna (Motor AC)

Los motores AC son los motores más usados en la industria, debido a distintas ventajas que ofrecen sobre los anteriores, aunque también depende de la aplicación en la que se desea usar. A los motores de corriente alterna podemos dividirlos en dos tipos.

- Motores síncronos.
- Motores asíncronos o de inducción.

Los motores síncronos tienen su principal característica, como su nombre lo indica, en mantener una relación directa de la velocidad del eje, con la frecuencia de la señal eléctrica con la que es alimentado, además de mantener un par constante a cierta velocidad siempre y cuando no se exceda el par máximo para el cual está diseñado el motor. Cabe destacar que un motor síncrono no puede arrancar por sí solo, por lo que habrá que añadirle algún mecanismo capaz de llevarlo a su velocidad síncrona.

Los motores asíncronos como su nombre lo indica, son máquinas que no mantienen en sincronía la velocidad a la cual gira el eje con la frecuencia de entrada de la señal eléctrica, estos motores también llamados de inducción reciben ese nombre debido al hecho de que no existe corriente conducida al rotor, la corriente que circula por el devanado del rotor se debe a la fuerza electromotriz inducida en él, por el campo magnético giratorio formado por la variación de las ondas de corriente en la armadura, que provoca una reacción magnética variable con los polos haciendo que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

Cabe aclarar que el suministro de corriente a estos motores puede ser monofásico, bifásico o trifásico, esto quiere decir que dependiendo del motor éste puede recibir una, dos o tres señales eléctricas a diferente fase, pero a la misma frecuencia.

Control de Velocidad de motores de corriente directa.

A continuación, se enumerarán unas de las formas de control de velocidad de los motores de corriente directa.

Modulación por Ancho de Pulso (PWM):

El control de velocidad por modulación de ancho de pulso o PWM por sus siglas en inglés (Pulse With Modulation) basa su funcionamiento en enviar al motor un tren de pulsos para el cual se varía el tiempo en que se mantiene el voltaje nominal o pulso, dejando constante la frecuencia. Esta forma de control tiene la ventaja de mantener el voltaje al mismo nivel, por lo tanto, el par del motor se mantiene a diferentes velocidades. Lo anterior se explica de manera gráfica en la figura 20.



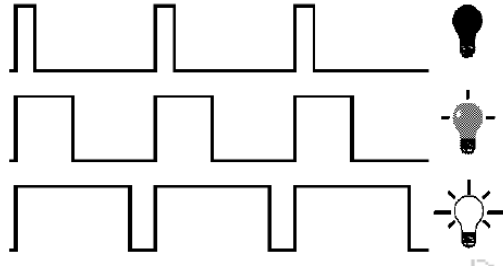


Figura 20 Modulación por ancho de pulso.

### Modulación por Frecuencia de Pulsos (PFM)

Con el control de modulación por frecuencia de pulsos, lo que se controla es la frecuencia de pulsos a voltaje constante, la duración de alto y bajo del tren de pulsos se mantiene constante, a medida que aumenta la frecuencia aumenta la potencia del motor.

### Control de Velocidad de Motores a paso o Paso a Paso.

La velocidad de un motor a pasos es fácilmente controlable, ya que sólo se necesitan saber algunos datos del motor y variar la frecuencia con la cual se envían los pulsos a las bobinas del estator. Existen varias formas de controlar un motor a pasos, que abarcan desde microcontroladores hasta drivers especializados, pero todo se basa en la frecuencia en que los pulsos son enviados a las bobinas, cabe aclarar que no todos los motores pueden alcanzar altas velocidades pudiendo hacer esto los motores bipolares.

La velocidad de un motor a pasos puede ser obtenida mediante la siguiente fórmula.

$$N = 60 * \frac{f}{n}$$

Donde:

- f: frecuencia de tren de pulsos.
- n: número de pasos del motor.

### Control de Velocidad de Motores de C.A.

La velocidad de un motor síncrono atiende a la siguiente fórmula.

$$Velocidad\ síncrona\ (rpm) = \frac{120 * Frecuencia}{Número\ de\ polos}$$

Aquí podemos ver que la forma más sencilla de controlar este tipo de motores es variar la frecuencia de entrada, ya que modificar el número de polos involucraría modificar físicamente al motor, lo cual no es eficiente, ya que además de implicar gastos extras, no se podría modificar la velocidad de manera inmediata.

Control por variación de frecuencia.

La velocidad del motor trifásico puede ser controlada por el cambio del número de polos del estator por fase tal es el caso con motores de polos consecuentes o bien cambiando la frecuencia del voltaje aplicado. Ambos métodos producirán un cambio en la velocidad síncrona del campo magnético rotatorio.

Cambiar la frecuencia puede causar un cambio proporcional a la reactancia inductiva en las bobinas, a partir de decremento de la frecuencia se produce un decremento en la reactancia inductiva, la cantidad de voltaje aplicado al motor debe ser reducida proporcionalmente con el decremento de la frecuencia para prevenir un incremento excesivo de corriente en las bobinas. Cualquier tipo de control por variación de frecuencia debe ajustar la entrega de voltaje con el cambio de frecuencia.

Ventajas:

1. No tiene partes móviles.
2. Permite arranques suaves, en rampa.
3. Limitación de la corriente de arranque.
4. Posibilidad de ajustar en tiempo la rampa de aceleración del motor.
5. Detecta y controla la falta de fase en la entrada y salida del motor, así como bajos voltajes.
6. Ahorra energía con acción directa sobre el factor de potencia.
7. Control directo por PLC
8. Mejor rendimiento del motor.

## **Capítulo 2. Definición del problema.**

### **2.1 Planteamiento del problema**

Para conocer mejor el problema y las posibles soluciones de éste, se realizó un cuestionario el cual provee la información necesaria para sumergirse más en las necesidades y requerimientos del cliente, el cual se encuentra en el Anexo 1.

A continuación, se muestran, a manera de listado, las necesidades, restricciones y requerimientos que el proyecto abarca.

#### Necesidades

1. Que la propuesta promueva la seguridad y eficiencia.
2. Mejorar el tiempo de ensamble.
3. Que el avance de la línea sea constante.
4. Que se realice la instalación en el menor tiempo posible.

#### Restricciones

1. Que las grúas o elevadores sigan en funcionamiento.
2. Que las grúas o elevadores mantengan el lugar que tienen establecido debido al proceso en el que se usan.
3. Que el operario se traslade junto con la camioneta.

#### Requerimientos

1. Manejo fácil y seguro.
2. Relación costo - beneficio adecuada.
3. Multipropósito o flexible (por si se desea que entre otro ensamble de camioneta).
4. Rápida instalación y puesta en marcha.

Para este proceso de ensamble de carrocerías para camionetas se requiere mejorar el tiempo de producción y aumentar la seguridad. Existen distintas variables que se deben tener en cuenta, la línea de ensamble actual carece de una automatización o semi-automatización, la cual se cree mejorará el tiempo de producción y se reducirán costos. Actualmente se necesita desplazar las camionetas en la línea de producción una por una en la disposición que se observa en la figura 21; cada que termina un proceso se requiere empujar o encender la camioneta para moverla a la siguiente estación de trabajo, esto conlleva una pérdida de tiempo e interrupción de una línea continua de ensamble, así como riesgos a los trabajadores. Por otro lado, también existen problemas en la línea de ensamble previa, donde se fabrican las piezas que se llevan a la línea principal.

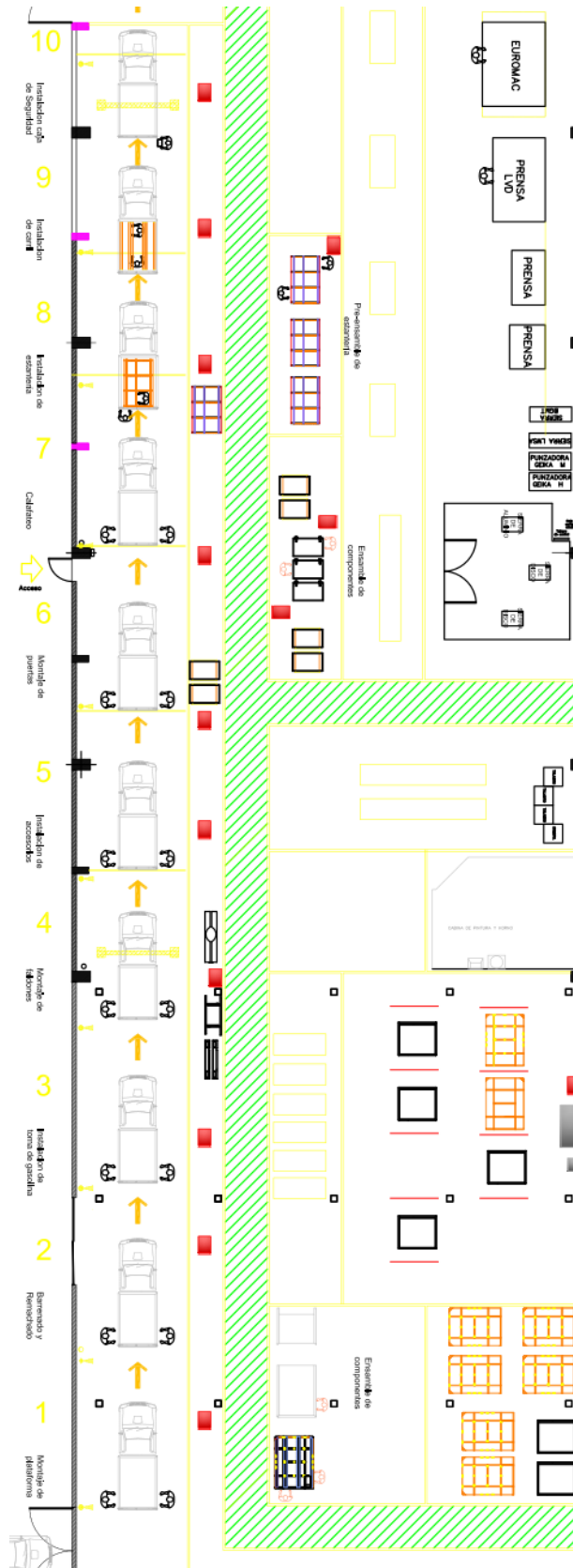


Figura 21 LAYOUT de la línea de ensamble. Realizado por la empresa.

Para entender mejor cómo funciona la línea de ensamble a continuación se describirán paso a paso las actividades realizadas en ella.

#### Descripción del proceso

El proceso de ensamble de la carrocería se realiza en diez estaciones, en las cuales sólo se hace el montaje de lo antes pre fabricado. Para cada estación se necesitan dos personas

#### Primera estación.

La primera estación de trabajo lleva por nombre “montaje de plataforma”, en ésta la camioneta llega y se realiza el montaje de los paneles que servirán como el suelo, las paredes y el techo de la carrocería. Solo se montan con ayuda de unas guías, las cuales están en las esquinas y los lados de cada panel, como puede observarse en la figura 22, y continúa a la próxima estación.



Figura 22. Instalación de paneles laterales y techo.

#### Segunda estación

La segunda estación se llama “Barrenado y remachado”, en la cual, con ayuda de un taladro eléctrico, el operador realiza una serie de agujeros alrededor de los paneles, los cuales estarán alineados con las guías, las cuales se colocaron en el proceso anterior, posteriormente se realiza en remachado con una remachadora neumática logrando así fijar los paneles dejándolo listo para la siguiente estación.

#### Tercera estación

En la tercera estación llamada “Instalación de toma de gasolina” se realiza la instalación de la toma de gasolina, la protección interna de la toma para que no intervenga, perjudique ni moleste en el espacio interior de la camioneta, así como el terminado exterior, que se compone de un recuadro remachado que no permita la entrada de ningún agente extraño como se puede observar en la figura 23.

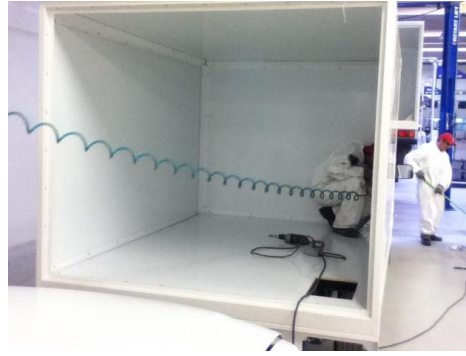


Figura 23. Instalación de toma de gasolina.

#### Cuarta estación

Con la ayuda de un ascensor hidráulico en la cuarta estación llamada “Montaje de faldones”, se realiza la instalación de los faldones o el recubrimiento exterior que va montado justo arriba de las llantas traseras. Se eleva la camioneta con un ascensor “*Rotary Lift*” para ajustarse a la altura del operador y que así facilite su instalación, como puede observarse en la figura 24.



Figura 24. Montaje de Faldones.

#### Quinta estación

El nombre de la quinta estación es “Instalación de accesorios”, en ésta se instalan los accesorios adecuados para cada lote de camionetas, accesorios como extensión de espejos, algunos controladores electrónicos y la instalación eléctrica necesaria para cada camioneta (véase figura 25).



Figura 25. Instalación de accesorios.

### Sexta estación

En la sexta estación de trabajo se montan las puertas, fabricadas en un proceso previo al ensamble, se colocan los soportes de las bisagras, las bisagras y las puertas, además se coloca un sello plástico para que al cerrar las puertas no se permita el acceso a nada del exterior, como podemos observar en la figura 26. Esta estación de trabajo lleva por nombre “Montaje de las puertas”.



Figura 26. Montaje de puertas.

### Séptima estación

El calafateo es el proceso por el cual mediante una sustancia por lo general algún polímero se sella un contenedor, con el fin de que no exista algún espacio por el cual, entre alguna sustancia. En el calafateo de la camioneta ocurre lo mismo, se sella el contenedor llenando los espacios entre los paneles para que se evite la entrada de suciedad, agua o algún animal, principalmente por que la función de las camionetas será el transporte de alimentos. Esta estación de trabajo se llama “Calafateo”.

### Octava estación

En la octava estación llamada “Instalación de estantería”, se coloca dentro de la carrocería la estantería adecuada al producto que se vaya a transportar, la estantería se fija mediante un soporte y una serie de remaches al techo y suelo, lo que le da estabilidad para la futura estación (véase figura 27).



Figura 27. Instalación de estantería.

### Novena estación

Ya en la novena estación, se instalan los carriles que sostendrán la mercancía, y facilita al operador el acceso a ella (véase figura 28), esta estación se llama “Instalación de carriles”.



Figura 28. Instalación de carriles.

### Décima estación

En la última estación se coloca la caja de seguridad, va soldada por debajo de la unidad por lo que se necesita nuevamente elevar la camioneta, como se puede apreciar en la figura 29. Esta estación lleva por nombre “Instalación de la caja de seguridad”.



Figura 29. Instalación de la caja de seguridad.

Existen varios factores a considerar para plantear una solución, el primero es la seguridad, ya que, si se desea mantener a personas trabajando en la línea, se necesitará más que un cambio en la manera de ver el proceso, debe realizarse con más orden y un control específico de tiempos para reducir riesgos de accidentes. Otro factor importante son las dos grúas hidráulicas las cuales, hasta el momento, son necesarias donde se encuentran, ya que a la mitad del proceso la línea se detiene para levantar una camioneta para que el equipo trabaje en ella y al final de la línea también.



## 2.2 Propuestas de solución.

Para poder tener una línea de ensamble, continua, constante y segura, se requiere abarcar muchos aspectos técnicos como los mencionados en el capítulo 1, ya que será una inversión que se cree mejorará de manera significativa la producción y garantizará la seguridad.

Para poder tener una buena propuesta de solución tenemos que tener identificados los problemas que debemos atacar y cómo solucionarlos. En la tabla 2 se listan los problemas identificados, así como sus posibles soluciones.

<b>Problemas</b>	<b>Soluciones</b>
<b>1. Riesgos de accidentes por el avance de las camionetas.</b>	1. Proceso autónomo de avance. 2. Programas de seguridad industrial
<b>2. Indicador bajo de nivel de producción</b>	1. Automatización del proceso. 2. Línea de ensamble continua.
<b>3. El proceso previo</b>	1. Estandarización del proceso.
<b>4. Riesgos de accidentes por elevadores.</b>	1. Remover o reposicionar elevadores.
<b>5. Tiempo de paro para realizar cambios en la línea.</b>	1. Contemplar la solución más rápida.

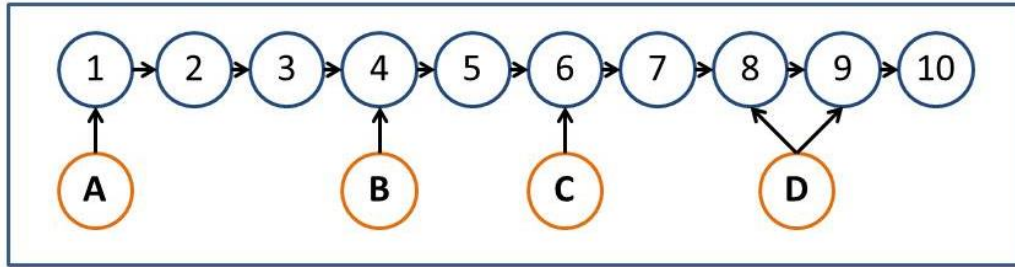
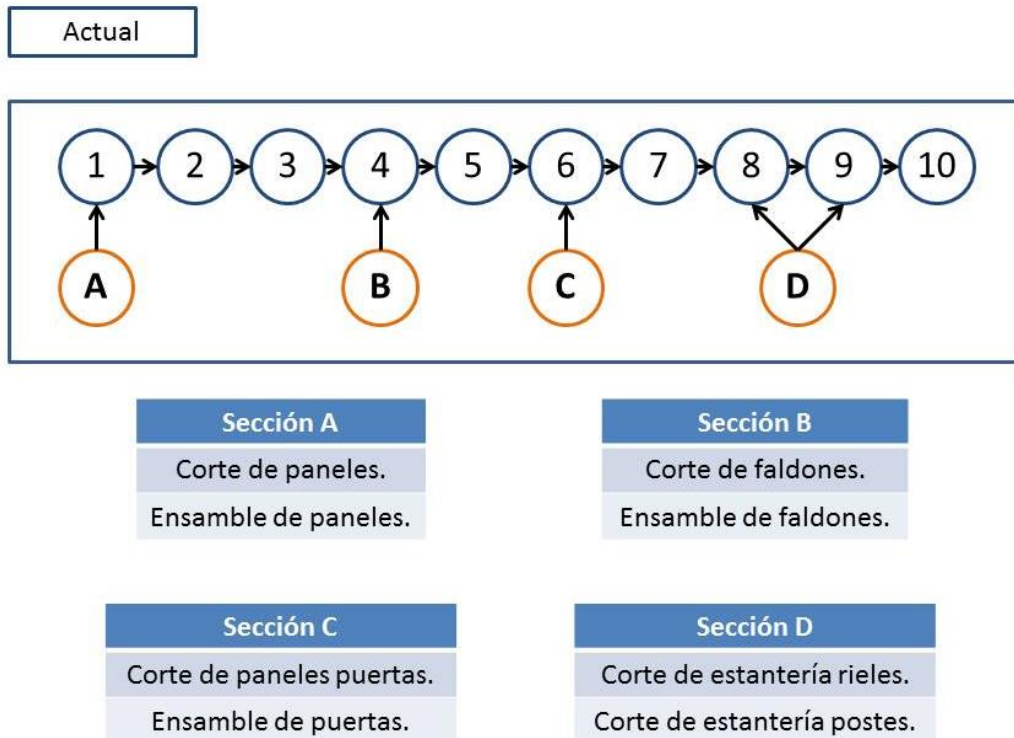
Tabla 2. Problemas y soluciones identificados.

Tomando en cuenta aportaciones de la Ingeniería Industrial y para poder generar una propuesta más completa, a continuación, se presenta un análisis de la cantidad de estaciones necesarias y la eficiencia de la línea, esta metodología se llama “Balanceo de línea”.

### Balanceo de Línea

Un balanceo de línea nos ayuda a evitar cuellos de botella y a identificar las demoras de balanceo (cantidad total de tiempo ocioso en la línea).

1. Especificar las relaciones secuenciales entre las tareas utilizando un diagrama de procedencia (ruta crítica) (véase figura 30).



Sección A
Corte de paneles.
Ensamble de paneles.

Sección B
Corte de faldones.
Ensamble de faldones.

Sección C
Corte de paneles puertas.
Ensamble de puertas.

Sección D
Corte de estantería rieles.
Corte de estantería postes.

Figura 30. Diagrama de procesos.

Est.	Descripción	Tiempo aproximado (min)
1	Montaje de plataforma.	20
2	Barrenado y remachado.	45
3	Instalación de la toma de gasolina.	20
4	Montaje de faldones.	20
5	Instalación de accesorios.	35
6	Montaje de puertas.	40
7	Calafateo.	20
8	Instalación de estantería.	30
9	Instalación de carriles.	30
10	Instalación de caja de seguridad.	30
	Total:	290

Tabla 3. Enumeración de estaciones de la línea de ensamble.

- Determinar el tiempo de ciclo requerido(C).

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción diaria requerida(en unidades)}}$$

$$C = \frac{660 \text{ minutos}}{13 \text{ unidades}}$$

$$C = 50.76 \text{ min/unidad}$$

3. Determinar el número de estaciones de trabajo(N) requeridas para satisfacer la limitación del ciclo.

$$N = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}(T)}{\text{Tiempo del ciclo}(C)}$$

$$N = \frac{290 \text{ minutos}}{50.76 \text{ min/unidad}}$$

$$N = 5.71$$

4. Evaluar la eficiencia de equilibrio de la estación (E).

$$E = \frac{\text{Suma de los tiempo de las tareas}}{\text{Número actual de estaciones de trabajo}(Na) * \text{Tiempo de Ciclo}(C)}$$

$$E = \frac{290 \text{ minutos}}{10(Na) * 50.76 (C)}$$

$$E = 0.5713$$

Como podemos observar por la eficiencia, la línea nos puede ofrecer más, por lo tanto, en la propuesta final se propondrá una nueva distribución para mejorar la productividad de la planta, aunado a esto si se desea tener mayor seguridad un sistema automatizado ayudaría en gran medida a alcanzar el objetivo.

Analizando el problema desde un punto de vista más técnico, para un sistema autómatas se requieren elegir los dispositivos necesarios que cumplan con las necesidades del proyecto, como los sensores y actuadores. Para poder seleccionar los sensores adecuados se deben tomar en cuenta las condiciones en las cuales serán usados, y relacionarlos con el grado de protección acorde para su instalación. Con base en la Tabla 4, si sabemos que los sensores no se someterán a ningún ambiente donde estén en contacto directo con agua, sino sólo con cierta humedad del ambiente, y que las condiciones de polvo y/o materiales en suspensión no son extremas, podemos adecuarlos con el grado de protección IP41.

1 <sup>a</sup>	Grado de protección(polvo)	2 <sup>a</sup>	Grado de protección(agua)
4	Protección contra la entrada de cuerpos solidos externos pequeños (mayores de 1 mm de diámetro).	1	Protección contra la condensación de gotas de agua.

Tabla 4. Selección del grado de protección ambiental.

Después de realizar un análisis del problema, y con base en las necesidades de la empresa se pensará cuál es la mejor propuesta de solución, ya que existen ciertos parámetros a considerar, como los elevadores hidráulicos que se usan para levantar la camioneta. Debido a que en algunos procesos el operario requiere estar de manera continúa trabajando sobre la carrocería, lo ideal es que el operario se moviera junto con la línea.

En resumen, se necesita aumentar la seguridad, esto se logrará reduciendo el cruce de los operarios por la línea mediante un sistema autónomo de transporte, cumpliendo así con un requisito del cliente, el cual es que la línea se mueva de manera continua. Si el proceso es continuo promoverá que las actividades de cada estación se realicen en un tiempo determinado logrando que la productividad aumente.

A continuación, se enumeran una serie de propuestas enfocándose en el sistema de transferencia, que, si bien son viables para resolver el problema, cada una tiene sus ventajas y desventajas.

#### Propuesta 1: Banda transportadora

La banda transportadora recorrería toda la línea de ensamble incluyendo los elevadores, el personal y su equipo como sus herramientas y las escaleras, se moverán de manera continua a cierta velocidad para cumplir la jornada laboral diaria.

Abarcando la seguridad se tendría sensado en cada parte del proceso, así como una realimentación constante de la velocidad a la cual se mueve la banda. Pensando en el trabajador, una banda continua permite el libre andar alrededor de su área de trabajo, sin obstáculos alrededor tendría menor posibilidad de accidentarse, este tipo de bandas transportadoras se usan en la industria del lavado de autos.

Es flexible debido a que la banda tiene un ancho superior a cualquier vehículo que pudiese entrar a esa industria, ya que sólo se trabajan camionetas o coches de tamaños menores a 12' o 365.76 [cm]. Donde se requiere un mayor rango de posibilidades es en el peso que pueda mover, ya que pudiesen entrar a la línea camionetas más pesadas, aunque teniendo en mente el posible cambio de camioneta sólo se propondría un motor o un tren de engranes que suministre la potencia necesaria.

Para los elevadores se tendría que detener la línea cada cierto tiempo para que se eleve y baje después del trabajo realizado. Con lo que respecta a la obra civil para su instalación, el parámetro principal a considerar sería el tiempo que la línea estuviera en desuso o parada, esto conlleva pérdidas significativas para la empresa, las cuales deben ser calculadas para considerar como viable esta propuesta. A continuación, se presenta la tabla 5 que es un listado de ventajas y desventajas de esta propuesta.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Reduce al mínimo posibles accidentes.	No es continúa debido a los elevadores.
Adaptable a cualquier trabajo.	Obra civil tardada.
Aumentaría la producción.	

Tabla 5. Ventajas y desventajas de "Propuesta 1".

### Propuesta 2: Camioneta sobre rieles

La segunda propuesta de solución implica colocar la camioneta sobre rieles y que estos la conduzcan a través de la línea de producción abarcando a los elevadores, existen diferentes tipos de movimiento por rieles a considerar, ya que existen varias opciones en el mercado, desde tomar solo una llanta, hasta desmontar todas las llantas y colocar el chasis de la camioneta sobre estos.

Como medida de seguridad se llevaría un control de estación por estación, donde se pararía totalmente la línea para que la camioneta sea levantada, esto implica también que se desacople de los rieles para elevarla, aunque un riel podría ser motivo de tropiezos o caídas.

Para la obra civil una intervención de este tipo requeriría un poco de menor tiempo, ya que solo se colocarían los rieles y el motor necesario, se cree tomará menor tiempo. A continuación, se presenta la tabla 6 que es un listado de ventajas y desventajas de esta propuesta.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Obra civil de menor tiempo	Los rieles podrían provocar accidentes.
Control estación por estación.	No es adaptable a cualquier trabajo.
Elevadores conservan su posición.	Paro debido a los elevadores

Tabla 6. Ventajas y desventajas de "Propuesta 2".

### Propuesta 3: Banda transportadora con riel único.

La tercera propuesta conlleva una combinación de las dos propuestas anteriores, tomando en cuenta cómo se realiza cada proceso, para las primeras tres estaciones debido a que son procesos que se requiere estar prácticamente en un solo lugar o sobre la camioneta se haría uso de un riel único el cual tomará el chasis y guiará a la camioneta estación por estación, esperando una señal de término de las tres primeras estaciones, para avanzar, llegando a la cuarta estación se encuentra el elevador y ahí comenzaría la banda transportadora, ya que desde ahí los operarios requieren estar más cerca de la camioneta e incluso hacer uso de escaleras que los ayuden, los cuales se moverán todos al mismo tiempo hasta la última estación donde se elevará por última vez, todo esto a una velocidad constante entre estación y estación.

Aunque todo esto requerirá más tiempo para ser implementado, ya que se necesitaría colocar ambos sistemas, pero esto divide el peso de todas las camionetas en cada conjunto en aproximadamente un 20% de las primeras tres y un 80% en las últimas siete. A continuación, se presenta la tabla 7 que es un listado de ventajas y desventajas de esta propuesta.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Aumento de seguridad en zonas críticas.	No es continúa debido a los elevadores.
Adaptable a cualquier trabajo.	Obra civil tardada.
Elevadores conservan su posición.	

Tabla 7. Ventajas y desventajas de "Propuesta 3".

Propuesta 4: Propuesta de solución mediante banda transportadora.

Para esta propuesta se requeriría quitar los elevadores, juntar esos procesos en una sola estación y colocarlos al final de la línea, el sistema de transporte que se utilizaría sería una banda transportadora única que abarque todo el complejo, esto brindaría seguridad a los trabajadores y reducción del tiempo muerto del proceso, la banda estaría continuamente moviéndose a una velocidad constante dando como resultado la estandarización del proceso.

Para que esto pueda ser bien implementado se requeriría tener el proceso previo estandarizado, todos los cortes y dobleces deberían hacerse a medida sin fallas para que no se retrase la línea principal.

Para la línea previa se requiere tener listos los paneles laterales y el techo, cortados y barrenados, listos para realizar el montaje y el remachado.

Como la colocación de los faldones no es un proceso crítico se puede realizar al final de la línea, junto con la instalación de la caja de seguridad, reduciendo esto a una sola estación. A continuación, se presenta la tabla 8 que es un listado de ventajas y desventajas de esta propuesta.

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Reduce al mínimo posibles accidentes.	Obra civil tardada.
Adaptable a cualquier trabajo.	
Aumentaría la producción.	
Completamente continua de inicio a fin.	

Tabla 8. Ventajas y desventajas de "Propuesta 4".

Con base en las tablas de ventajas y desventajas de las posibles soluciones, se puede afirmar que la propuesta cuatro, a pesar de evadir algunas restricciones, tiene el potencial de convertirse en un proyecto que satisfaga y posiblemente supere las expectativas de la empresa.

### **2.3 Selección de Solución**

Como se pudo observar en el punto 2.2 la solución que mejor puede satisfacer las necesidades de la empresa es la propuesta 4. Aunque existen razones por las cuales esta propuesta no se lograra implementar, debido a las restricciones de la empresa; por lo visto la propuesta 3 también podría funcionar.

A continuación, se detallará la selección de solución generada:

La propuesta elegida abarca una sección más que la línea en sí, esto es que se necesita mejorar el proceso previo para así agilizar la instalación de la carrocería. Se recomienda tener una serie de plantillas las cuales ayuden a generar los cortes y los barrenados específicos para cada estación logrando con esto estandarizar el proceso.

Después se comenzará con mover uno de los elevadores a la última estación, ya que los procesos que se realizan en la estación "Instalación de faldones" e "Instalación de la caja de seguridad" no son procesos que dependan de un trabajo previo pudiéndolos unir al final de la línea.

Debido a esto la línea contará con dos estaciones menos, dejando todas las demás como se encuentran hasta el momento, esto ampliara el área de trabajo aumentando la velocidad de producción.

La configuración de la línea de ensamble propuesta sería la siguiente:

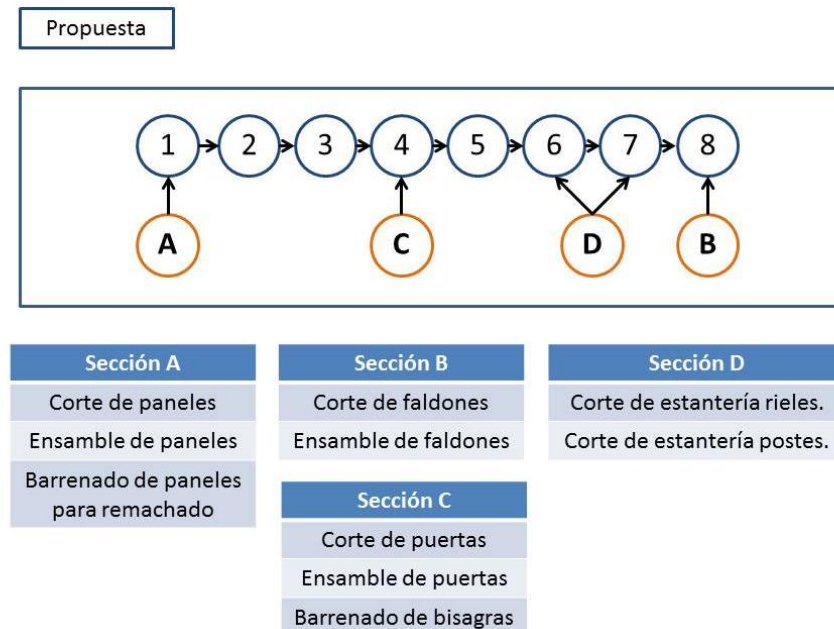


Figura 31. Diagrama de procesos.

Est.	Descripción	Tiempo propuesto (min)
1	Instalación de paneles.	20
2	Instalación de la toma de gasolina.	20
3	Instalación de accesorios.	15
4	Instalación de puertas.	25
5	Calafateo.	20
6	Instalación de postes.	30
7	Instalación de carriles.	25
8	Instalación de caja de seguridad y faldones.	25
	<b>Total:</b>	<b>180</b>

Tabla 9. Enumeración de estaciones de la línea de ensamble y tiempos propuestos.

Para el sistema de transferencia se colocará una banda transportadora a lo largo de la línea, logrando que ésta se desplace de manera continua junto con los operarios y sus herramientas, tales como las escaleras, taladros neumáticos y la estantería del resto de las herramientas. La línea tendrá sensores en la primera, penúltima y última estación, siendo un total de 6, colocados en una estructura especial inaccesible para los operarios sobre la línea, esto garantiza la seguridad en la misma, permitiendo el avance siempre y cuando la última estación lo indique.

Esto abarca los puntos más importantes a resolver, como son seguridad y aumento de productividad. Sin embargo, como se pudo observar en la tabla de ventajas y desventajas esta

solución conlleva un paro total de línea mientras la obra civil y la instalación se realicen, otro punto importante que soluciona es que sea flexible ya que podría entrar todo tipo de vehículos sin la necesidad de modificarla.

Ahora determinaremos la velocidad a la cual se debería mover la línea para superar la producción sin afectar el trabajo de los operarios. La longitud total de la línea comprende un total de 80 metros aproximadamente, contemplando la jornada laboral de 11 horas. El tiempo total propuesto de 180 minutos (véase Tabla 8) abarca desde el inicio hasta el final de la línea, haciendo una camioneta el recorrido total de las 8 estaciones en 180 minutos.

Por lo tanto, la banda transportadora debería avanzar a una velocidad de:

$$V = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo(seg)}}$$
$$V = \frac{80(m)}{180(min)} \text{ o } \frac{80(m)}{10800(seg)}$$
$$V = 0.0074075 \frac{(m)}{(seg)}$$

Para poder lograr esta velocidad se necesitará de un tren de engranes y un control de velocidad de motor, esto para poder alcanzar el par y la velocidad adecuadas.



## Capítulo 3. Selección de dispositivos.

### 3.1 Selección de sensores

Considerando que las magnitudes a medir en este caso son solamente de presencia, se seleccionaran de diferentes posibilidades de sensores (véase figura 32).

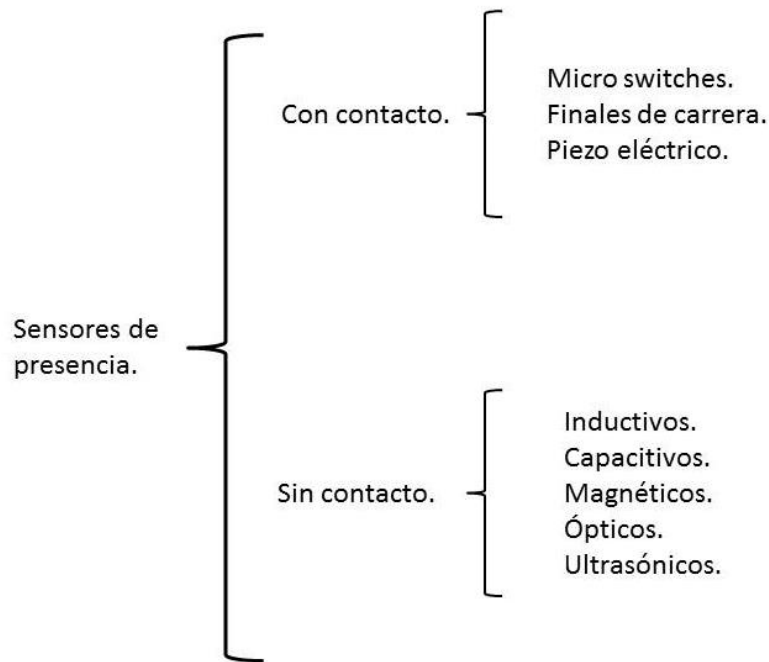


Figura 32. Sensores de presencia.

Hay que tener en mente distintas consideraciones para elegir un sensor de presencia como lo son.

1. Voltajes de alimentación
2. Tipo de salida
3. Alcance requerido(Distancia)
4. Material que se desea detectar
5. Ambiente de trabajo
6. Aspectos de seguridad
7. Factores externos que afectan las lecturas

Debido al tipo de funcionamiento que tienen los sensores con contacto, aunque se incluirán en las opciones de selección podrían no ser recomendables para esta aplicación, ya que al ser de contacto estos podrían tener activaciones en falso, podrían no soportar las cargas a las que se someterían, o simplemente un desperfecto en su colocación podría ocasionar accidentes.

Selección de sensores según su voltaje de alimentación.

En el mercado existen muchos tipos de PLC la mayoría de estos funcionan con un voltaje para sus sensores de 24 V de corriente directa. Así que se excluirán definitivamente a todo sensor que no cumpla con esta especificación.

Selección de sensores según su tipo de salida.

Como se vio en el capítulo 1 en el mercado existen sensores analógicos y discretos, estos entregan una señal variante en el tiempo o una existente o inexistente respectivamente. Los sensores que normalmente manejan una señal analógica son los ultrasónicos, capacitivos, inductivos y piezo eléctricos, aquellos que solo indican si se encuentran activos son los discretos en estos encontramos a los finales de carrera, microswitches, magnéticos y ópticos.

Selección de sensores según alcance requerido

Sensor	Alcance	0-1cm	1cm-20cm	20cm-40cm	40cm ++
Finales de carrera		X	O	O	O
Microswitches		X	O	O	O
Piezo Eléctricos		X	O	O	O
Inductivos		X	O	O	O
Capacitivos		X	O	O	O
Magnéticos		X	O	O	O
Ópticos		X	X	X	X
Ultrasónicos		X	X	X	X

\*X: Apto O: No Apto

Tabla 10. Sensores según su alcance.

Selección de sensores según el material a detectar

Sensor	Material	Polvo		Líquido		Sólido	
Finales de carrera		O	O	O	O	X	X
Microswitches		O	O	O	O	X	X
Piezo Eléctricos		O	O	O	O	X	X
Inductivos		O	X	O	X	O	X
Capacitivos		X	X	X	X	X	X
Magnéticos		O	O	O	O	X	X
Ópticos		O	O	X	X	X	X
Ultrasónicos		O	O	X	X	X	X
		No Met	Met	No Met	Met	No Met	Met

\*X: Apto O: No Apto

\*No Met: No metálicos, Met: Metálicos.

Tabla 11. Sensores según el material a detectar.

Como podemos ver en la tabla 10 se encuentran los materiales con los que pueden trabajar cada sensor, teniendo en mente que los materiales a detectar en este proyecto son sólidos y discriminando sensores mediante esta característica se llega a la conclusión que la mayoría son viables. Aunque aún faltan características que se deben tomar en cuenta.

Selección de sensores según el ambiente de trabajo.

Para entrar en contexto con este punto se debe aclarar y especificar el ambiente de trabajo en el cual estarían estos sensores.

Sensor	Ambiente	Humedad	Lluvia	Vibración		Variación térmica		Ruido
Finales de carrera		X	O	X	O	X	O	X
Microswitches		X	O	X	O	X	O	X
Piezo Eléctricos		X	O	X	O	X	O	X
Inductivos		X	X	X	X	X	X	X
Capacitivos		X	O	X	O	X	O	X
Magnéticos		X	X	O	X	X	X	X
Ópticos		X	O	O	O	X	O	X
Ultrasónicos		X	O	O	O	X	O	O
				Poca	Mucha	Poca	Mucha	

\*X: Apto O: No Apto

Tabla 12. Sensores según el ambiente de trabajo.

Con base en esto y tomando en cuenta que para este proyecto en específico se requiere que los sensores estén a una distancia prudente de los trabajadores para evitar activaciones en falso y así mismo accidentes se descartarán los sensores que estén en contacto directo con el equipo o los trabajadores.

De los restantes los sensores ultrasónicos serían los más apropiados, ya que los ópticos podrían verse afectados por el trabajo realizado a un lado de la línea, los inductivos de igual manera se descartarían debido a las posibles activaciones en falso de algún herramental usado, debido a su distancia de detección los sensores capacitivos y magnéticos se descartarán ya que podrían ocasionar accidentes con los trabajadores.

### 3.2 Selección de controlador

Como ya se mencionó existen diferentes tipos de controladores que son viables para este proyecto, pero debido a la extensión del mismo, el tipo de proceso que se requiere controlar, el tiempo que se requiere sea corto para su instalación y la robustez que necesita, se elegirá un PLC, teniendo esto en mente se identificarán cuáles son las características necesarias para un óptimo funcionamiento en este proceso y con base en esto se seleccionará el mejor.

1. El número de entradas y salidas

Dependiendo de cada controlador, este tendrá un número específico de entradas y uno de salidas ya sean analógicas o digitales, esto puede limitar el uso de sensores o de respuestas que se necesiten dar a los actuadores. Es importante saber este número antes de adquirir un controlador y saber qué tipo de salida manejan, así como el voltaje en las entradas.

2. Capacidad de ampliación o expansión.

Existen muchos tipos de controladores, que van desde los más básicos, de poco consumo y pocas entradas, hasta los que son de grandes capacidades o niveles industriales, se debe tener en mente si es posible agregar y hasta cuantas el número de entradas y salidas, así mismo si existe la posibilidad de agregar módulos especiales ya diseñados y probados que manejen aplicaciones específicas, como la comunicación entre los mismos o actuadores de potencia.

3. Precio

El precio a la hora de elegir es un factor importante debido a que existen muchos controladores en el mercado, cada marca maneja un abanico de precios diferentes entre sus dispositivos, así también existen algunas empresas que venden el dispositivo, pero sin el software para programarlo, esto conlleva un gasto extra que en algunos casos podría ser considerable.

Estos son algunas de las características más importantes que cuando se selecciona un PLC, se deben considerar, pero siempre se debe tener un margen de seguridad por si se deseara expandir la línea o agregar alguna nueva variable.

Para seleccionar un PLC también se debe de tener en claro con qué tipo de PLC se trabajará, es recomendable trabajar con alguno con el cual ya se tenga experiencia, la manera de conectarlo, los voltajes de alimentación, como se programa, ya que esto podría ahorrar tiempo, ya que con uno con el que nunca se ha trabajado, independientemente del costo que tenga, se podría ahorrar tiempo el cual es importante a la hora de la instalación.

Una de las empresas líder en el área de la automatización es Allen-Bradley la cual maneja en su nueva generación de controladores un PLC llamado "CompactLogix™ 5370 L1 ", el cual cuenta en su versión más sencilla con 16 entradas y 16 salidas, capacidad de hasta 6 módulos de expansión y es programado mediante el software "RSLogix 500" (véase figura 33). Este controlador cubre las

necesidades del proyecto y aunque no se trabaje en él, el programa estará realizado con el mismo software, por lo tanto, solo se necesitaría descargar en este modelo de PLC.



Figura 33. CompactLogix™ 5370 L1.

### 3.3 Selección de actuadores

Equipo de transferencia (Banda transportadora)

El equipo de transferencia se ha seleccionado con base en los existentes en el mercado actual, ya que no se diseñará, por esto se debe tomar en cuenta que sea un dispositivo probado y funcional, que tenga impacto en el mercado para garantizar que este sea adecuado para el proyecto.

Después de hacer una búsqueda de las bandas transportadoras en el mercado se encontró una que, a pesar de tener una aplicación diferente en su mercado, funciona de manera ideal para los propósitos de este proyecto, para recordar un poco, se necesita que este transporte a los operarios, que tenga el ancho necesario para que la camioneta y el operario se muevan juntos, que opere de manera continua y que promueva la seguridad.

La empresa “Tommy Car Wash Systems (T.C.W.S.)” maneja un dispositivo de transferencia que cumple con los requisitos antes mencionados, nos referimos a “12’ Interior Cleaning Conveyor Belt” o “Banda Transportadora de Limpieza en Interiores de 12 pies” los doce pies indicados equivalen a 3.65 [m] que supera con holgura el ancho de cualquier vehículo (camioneta) existente en el mercado, en la empresa trabajan actualmente con una Nissan NP 300 que tiene un ancho de 1690 [mm] o 1.69 [m] que es aproximadamente 5 [ft] y 6 [in], para mayor información de la camioneta consultar Anexo 2.

“T.C.W.S.” como su nombre lo indica se encuentra en el mercado de la automatización de lavado de autos y usan el equipo para este fin, por lo general es para trabajos a mano o acabados finales, por lo cual necesita transportar a operarios a lo largo de la línea junto con el vehículo como se puede observar en la Figura 34.

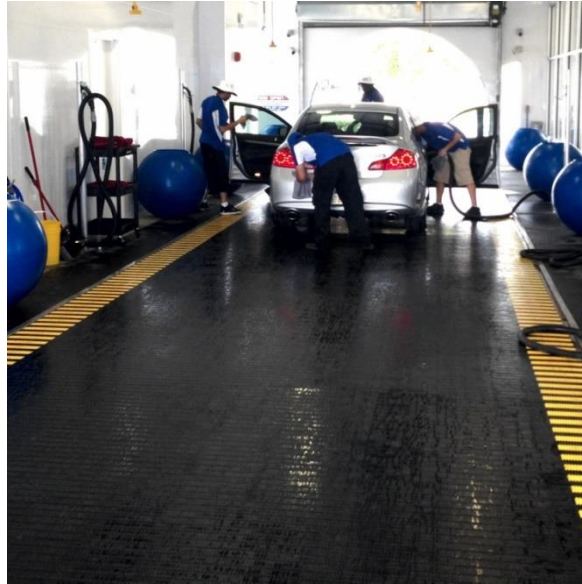


Figura 34. Banda transportadora de la empresa "T.C.W.S.".

Esta opción se eligió debido a que ofrecía un sistema modular al cual se le pueden añadir secciones para aumentar el largo de la línea al tamaño deseado (véase figura 35).



Figura 35. Montaje de la banda transportadora de la empresa "T.C.W.S.".

Para la instalación del dispositivo se necesita realizar una obra civil la cual permita colocar las secciones inferiores de la banda, en las cuales estarán instalados los mecanismos necesarios para su desplazamiento, se necesita excavar un área de 77 pulgadas de ancho y 23 pulgadas de profundidad, el largo será determinado por la longitud de la banda y las secciones añadidas, aunque si se superase una longitud de más de 250 pies se consideraría la extensión como otra banda

sumándose a ésta los componentes necesarios para su funcionamiento. La figura 36 muestra un esquema de la base y la extensión del sistema de transferencia o véase Anexo 3.

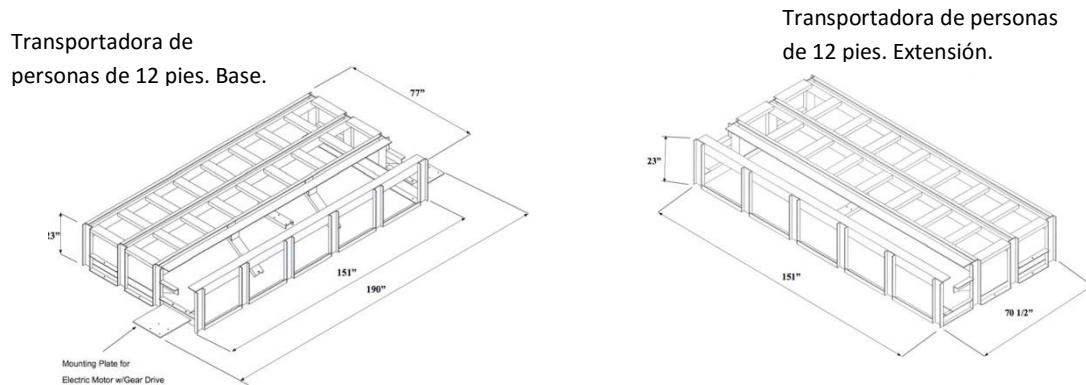


Figura 36. Esquema de la base (izquierda) y la extensión (derecha) de la banda transportadora de “T.C.W.S.”.

La empresa encargada de la venta del dispositivo de transferencia también ofrece un sistema de selección de actuadores según las necesidades de cada cliente, considerando la configuración deseada ofrece las especificaciones de los dispositivos para la puesta en marcha de la banda transportadora con un máximo de longitud de 250 pies de extensión más la base de 12 pies, haciendo un total de 262 pies o 79.8 metros. La figura 37 muestra un recuadro con los elementos necesarios para instalar el dispositivo, con sus respectivos precios.

Item #	Description	Price	Quantity	Total Price
Detail Center Config-CONFIG-70351	Detail Center Assembly with 1 people mover belts	\$0.00	1	\$0.00
E-C-PM-201	People Mover Conveyor (Base Price)	\$19,860.00	1	\$19,860.00
E-C2031	People Mover Conveyor - Additional Sections per foot	\$1,695.00	250	\$423,750.00
E-SE-C15480VSD	Motor Control Center 15hp VFD 480v	\$3,475.00	2	\$6,950.00
	Total			\$450,560.00

[Printable Version -- left click to view, right click to download](#)

Figura 37. Dispositivos recomendados por la empresa.

Como podemos observar, se sugiere un “Motor Control Center 15hp VFD 480v” que quiere decir un Variador de Frecuencia a 480 [V] para un motor de 15 [hp]. En la figura anterior los precios y el total están en dólares.

Con base en un folleto de la empresa “Siegling Transilon” del rubro de las bandas transportadoras, se realizará un breve cálculo para determinar si esta elección cumple con las necesidades básicas para un dispositivo de transferencia como éste.

Se realizará un ejercicio típico, para determinar los parámetros básicos que se requieren. La banda que se ocupará corresponde al siguiente ejemplo de carga, ahí mismo se determina cómo calcular la fuerza tangencial que actúa sobre ella (véase figura 38).

$$F_U = \mu_f \cdot g \cdot (m_1 + m_2 + m_B)$$

[N]

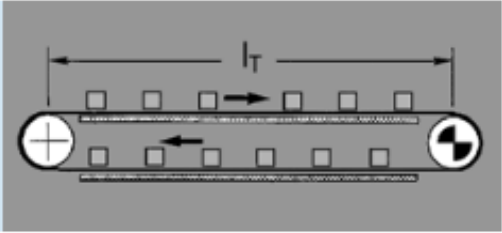


Figura 38. Diagrama de carga de una banda.

Para determinar la fuerza tangencial necesaria se necesita la suma de todas las masas presentes en ella, multiplicadas por la gravedad y un coeficiente de fricción estático para recubrimientos. Se tomará un coeficiente de fricción común en estas bandas de 0.33, la suma de 8 veces la masa de la camioneta (1230 [kg]) (véase anexo 2), contemplando a los operarios y sus herramientas, por camioneta serían aproximadamente 2000 [kg] y la gravedad como  $9.81 \frac{m}{s^2}$ .

Entonces.

$$Fu = \mu * g * (m_1 + m_2 + \dots m_n)$$

$$Fu = 0.33 * 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] * (2000 [kg] * 8)$$

$$Fu = 51\,796 [N]$$

Por lo tanto,  $Fu$ , es fuerza necesaria para desplazar la banda. Para calcular las dimensiones mínimas del tambor motriz, que es aquel al cual se acopla el motor o moto reductor se sugiere el siguiente cálculo (véase figura 39).

$$d_A = \frac{F_U \cdot C_3 \cdot 180}{b_0 \cdot \beta}$$

[mm]

Diámetro mínimo del tambor motriz  $d_A$

Recubrimiento de la cara inferior Slegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3	V1, U1, UH	0, U0, NOVO, T, P
<b>Tambor de acero liso</b>			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable
<b>Tambor con forro de fricción</b>			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

Factor  $C_3$   
(válido para el tambor motriz)

Figura 39. Diámetro tambor motriz y parámetros.



Esto nos proporcionará el valor mínimo de diámetro que compararemos con la dimensión de la base de la banda que se desea instalar.

$$d_A = \frac{Fu * C_3 * 180}{b_0 * \beta}$$

Donde  $Fu$  es la fuerza tangencial,  $C_3$  es un factor de recubrimiento que tomaremos como 40 que corresponde a una banda NOVO que fue la misma para determinar el factor  $\mu$ ,  $b_0$  es el ancho de la banda 3657[mm] y  $\beta$  es ángulo de inclinación de la banda, que en este caso sería de 180 ° debido a que la banda está horizontal. Entonces.

$$d_A = \frac{51796 * 40 * 180}{3657 * 180}$$

$$d_A = 566.54[mm]$$

$$d_A = .566[m]$$

Por lo tanto, si la base nos indica que tiene una altura de 23 “o sea 0.58 [m], podemos afirmar que las dimensiones de la banda transportadora son apropiadas.

Selección de motor y moto reductor.

Para poder seleccionar un motor adecuado para esta aplicación, se necesita determinar la potencia necesaria para poder desplazar las camionetas a lo largo de la banda, la potencia estará determinada por la fuerza necesaria, la distancia y el tiempo del recorrido. Según la siguiente relación matemática.

$$Potencia = Fuerza * velocidad$$

$$Potencia = 51796[N] * 0.0074045\left[\frac{m}{seg}\right]$$

$$Potencia = 383.523482[W]$$

Se puede apreciar que esta potencia es baja, ya que no llega al HP, si se deseara controlar la velocidad de un motor de esta potencia, no se lograría el par necesario y el avance no sería continuo ya que el motor iría muy despacio.

Al percatarse de este problema, se atacará desde un punto de vista diferente, que será el uso de un motor reductor para no tener pérdidas de par y poder manejar de mejor manera y en más rangos la velocidad del motor.

Para comenzar a elegir un motor reductor se necesita saber la relación de reducción del mismo, éste indica la relación que existe entre la velocidad de entrada y salida. Para conocer la velocidad de

entrada se tiene que conocer cuál sería la velocidad lineal del tambor motriz y la relación que existe con la velocidad deseada en la banda.

Primero se encontrará la velocidad lineal en el tambor motriz, si sabemos que un RPM es una revolución por minuto, esto indica que al dar un giro el tambor desplaza toda su circunferencia sobre su eje, la circunferencia es el perímetro del círculo, la distancia que se desplaza en una revolución, por lo tanto.

$$\text{Circunferencia} = P = \pi * \text{diametro}$$

$$\text{Circunferencia} = P = 3.1415 * 0.566[m]$$

$$\text{Circunferencia} = P = 1.778[m]$$

Gracias al cálculo anterior sabemos que a una revolución por minuto el tambor desplaza 1.778[m] es decir.

$$1 \text{ RPM} \approx 1.778 \left[ \frac{m}{\text{min}} \right]$$

Entonces:

$$1.778 \left[ \frac{m}{\text{min}} \right] = 0.029635 \left[ \frac{m}{\text{seg}} \right]$$

Ahora si la velocidad lineal que deseamos para la banda es de  $0.0074045 \left[ \frac{m}{\text{seg}} \right]$  dividimos ésta por la velocidad lineal del tambor motriz para encontrar las revoluciones por minuto correspondientes a la velocidad de la propuesta.

$$RPM_{propuesta} = \frac{0.0074045 \left[ \frac{m}{\text{seg}} \right]}{0.029635 \left[ \frac{m}{\text{seg}} \right]}$$

$$RPM_{propuesta} = 0.2498 \text{ RPM}$$

Para completar esto se calculará la relación de reducción necesaria del motor reductor con base en una velocidad común en los motores de 1750 RPM.

$$\frac{1750 \text{ RPM}}{0.2498 \text{ RPM}} = 7005.6$$

Esto quiere decir.

$$7005:1$$

La empresa T.C.W.S hace referencia al motor reductor de la empresa Hub City, buscando en sus productos esta reducción o la más cercana se encuentra en aquellos con triple reducción como podemos observar en la figura 40.

## Series 2650-5250, Rating Tables, 1750 RPM Input Speed

RATIO	OUTPUT SPEED (RPM)	RATIO COMBINATION			2650 SERIES 130-130-260		3250 SERIES 130-210-320		3850 SERIES 130-210-380		4550 SERIES 210-320-450		5250 SERIES 210-320-520	
		PR- MARY	INTER- MEDIATE	FINAL	INPUT H.P.	TORQUE OUTPUT IN. LBS.	INPUT H.P.	TORQUE OUTPUT IN. LBS.	INPUT H.P.	TORQUE OUTPUT IN. LBS.	INPUT H.P.	TORQUE OUTPUT IN. LBS.	INPUT H.P.	TORQUE OUTPUT IN. LBS.
1000	1.75	5	10	20	.170	2510	.317	4840	.447	7350	.694	12340	1.01	18730
1500	1.17	5	10	30	.139	2290	.293	5420	.442	8720	.637	13620	.879	19980
2000	.875	5	20	20	.108	2510	.197	4840	.276	7350	.421	12340	.588	18080
3000	.583	5	20	30	.091	2290	.187	5420	.279	8720	.398	13620	.546	19980
4000	.438	10	20	20	.0678	2510	.127	4840	.177	7350	.267	12340	.370	18080
5000	.350	10	25	20	.0612	2510	.110	4840	.154	7350	.232	12340	.334	18810
6000	.292	10	20	30	.0592	2290	.124	5420	.186	8720	.257	13620	.354	19980
7500	.233	10	25	30	.0537	2290	.108	5420	.167	8980	.225	13620	.310	19980
10000	.175	20	25	20	.0383	2510	.070	4840	.098	7350	.148	12340	.204	18080
12000	.146	20	20	30	.0376	2290	.080	5420	.120	8720	.167	13620	.229	19980
15000	.117	20	25	30	.0345	2290	.070	5420	.105	8720	.145	13620	.200	19980
20000	.0875	50	20	20	.0260	2510	.051	4840	.070	7350	.102	12340	.140	18080
24000	.0729	20	40	30	.0277	2290	.058	5420	.088	8720	.116	13620	.159	19980
30000	.0583	50	20	30	.0236	2290	.051	5420	.076	8720	.101	13620	.139	19980
40000	.0438	50	40	20	.0197	2510	.038	4840	.052	7350	.073	12340	.101	18080
50000	.0350	50	50	20	.0190	2510	.033	4840	.046	7350	.067	12340	.091	18080
60000	.0292	50	40	30	.0179	2290	.038	5420	.057	8720	.073	13620	.100	19980
75000	.0233	50	50	30	.0173	2290	.033	5420	.050	8720	.066	13620	.090	19980
80000	.0219	50	40	40	.0140	2380	.030	4880	.041	7460	.056	12570	.074	17870
90000	.0194	60	50	30	.0163	2290	.032	5420	.048	8720	.066	13620	.090	19980
100000	.0175	50	50	40	.0135	2380	.027	4880	.036	7460	.051	12570	.066	17870
120000	.0146	60	50	40	.0127	2380	.025	4880	.034	7460	.051	12570	.066	17870
150000	.0117	60	50	50	.0078	1780	.018	3740	.023	5620	.035	9570	.045	13610
180000	.0097	60	60	50	.0076	1780	.018	3740	.024	5620	.032	9570	.042	13610
216000	.0081	60	60	60	.0085	1500	.014	3030	.018	4540	.024	7610	.030	10830

Figura 40. Moto reductores Hub City.

Para poder seleccionar el adecuado y por consiguiente el motor, necesitamos conocer el par necesario en la salida para mover la banda.

El par se expresa de la siguiente manera.

$$Par = Fuerza * Distancia$$

Si el peso que se desea mover es de 51796[N] y la distancia equivaldría al radio del tambor motriz de 0.283[m] entonces.

$$Par_{necesario} = 14658[N * m]$$

Este sería el par mínimo necesario para mover la banda.

La relación entre potencia y par está dada por:

$$Potencia = Par * velocidad\ angular$$

Y el par sería.

$$Par = \frac{Potencia}{velocidad\ angular}$$

La velocidad angular se encuentra con.

$$\omega = \frac{2\pi}{60} * RPM \left[ \frac{rad}{seg} \right]$$

$$\omega = \frac{2\pi}{60} * 0.2498\ RPM \left[ \frac{rad}{seg} \right]$$

$$\omega = 0.02615 \left[ \frac{rad}{seg} \right]$$

Si se propone un motor de 1 HP que equivale a 746 W el par quedaría definido como.

$$Par_{reductor} = \frac{746[W]}{0.02615 \left[ \frac{rad}{seg} \right]}$$

$$Par_{reductor} = 28527.7[N * m]$$

Por lo tanto.

$$Par_{reductor} > Par_{necesario}$$

Con esto podemos afirmar que con un motor de 1 HP a 1750 RPM y un reductor con una relación de 6000:1 (véase figura 40) es posible mover la banda a esa velocidad y con holgura si se desea agregar más peso.

Este reductor lo fabrica a pedido la empresa "Hub City" y el costo aproximado según la empresa "T.C.W.S" sería de \$3525 dólares.

## Lámparas de aviso

Una lámpara de aviso es un dispositivo que alerta de manera visual sobre algún problema o previene de algún evento a los operadores en la industria. Éstas pueden ir acompañadas de sonido y deben entrar de manera automática en funcionamiento. Un ejemplo de ésta se muestra en la figura 41.



Figura 41. Lámpara de aviso.

## Dispositivo de paro de emergencia.

Mediante el uso del dispositivo de paro de emergencia se conseguirá la detención de la máquina ante la aparición de una situación peligrosa. Éste se obtendrá mediante la acción de un botón enclavado de emergencia, cuando la reacción de paro se realice por medio de un pulsador, se debe tener en cuenta que debe de disponerse de dos pulsadores, uno a cada lado de la banda en cada estación, para que el acceso al sistema de emergencia pueda realizarse desde cualquier posición de trabajo. Se recomienda un botón tipo seta u hongo como el que se puede observar en la figura 42.



Figura 42. Botón de paro de emergencia tipo seta u hongo.

## Capítulo 4 Programación

Teniendo en mente los dispositivos con los que se trabajará, aún falta describir la programación del dispositivo de control, y como lo antes visto forma parte de un sistema más complejo al cual llamamos automatización.

Se comenzará definiendo las áreas en donde encontraremos estos dispositivos, si se desea que el avance de las camionetas sea continuo o, dicho de otra forma, que la velocidad de la banda sea constante, no sería objetivo sensor cada estación, ya que, si se acaba o no el trabajo en cada estación, un sensor no lo detectaría, solo detectaría la presencia de la camioneta mas no si el trabajo realizado en ella está terminado.

Por lo tanto, lo más prudente sería determinar si al inicio del sistema de transferencia puede o no acceder un nuevo vehículo, aquí identificamos la primera área que requiere de dispositivos que ayuden a automatizarla. Al tener un avance constante por todas las estaciones, otra área que requeriría atención sería al final, donde se encuentra el elevador, parte importante del proceso. Aquí las acciones que se deben tomar en cuenta son el ascenso y descenso de la camioneta, ya que si la camioneta se encuentra elevada al no haber terminado el operario su labor se detendrá la línea automáticamente permitiendo al trabajador acabar su tarea, bajar la camioneta y continuar el avance.

Para tenerlo de manera más detallada a continuación se enlistarán los casos posibles.

1. Inicio de la línea: Se sensorará la primera estación, para saber si ésta aún tiene un vehículo en los límites marcados, determinados por dos sensores al inicio y fin de la primera estación.
  - a) Sí se encuentra, negar el avance de la camioneta mediante una pluma y encender una lámpara de aviso de color rojo.
  - b) No se encuentra, permitir avance de una nueva camioneta levantando la pluma y una encendiendo una lámpara de aviso verde.
2. Penúltima estación: Sensor el inicio de la penúltima estación y mediante una lámpara de aviso alertar al operador de la última estación.
3. Penúltima y última estación: Se tendrá sensado el final de la penúltima estación y los dos estados del elevador (arriba y abajo), al terminar la penúltima estación se preguntará el estado del elevador.
  - a) Si en la penúltima estación la camioneta supera el límite establecido y el elevador sigue arriba detener el avance de la línea.
  - b) Si en la penúltima estación la camioneta supera el límite establecido y el elevador se encuentra abajo, continuar el avance.

También se añadirían paros de emergencia a cada lado de la línea por si llegase a ocurrir algún percance, estos detendrían completamente el avance, esperando al ser activada nuevamente. Para terminar el inicio del avance se activará mediante un botón pulsador, para volver a permitir el avance este mismo botón tendrá ese uso.

El software utilizado para la programación se llama “RSLogix 500” el cual fue desarrollado por Allen-Bradley específicamente para sus PLC. Este permite manejar las entradas y salidas del controlador, así mismo realiza toda la lógica de programación, el lenguaje utilizado se llama “escalera” o “ladder” (véase figura 43) y simula de manera gráfica las entradas como contactos y las salidas como bobinas.

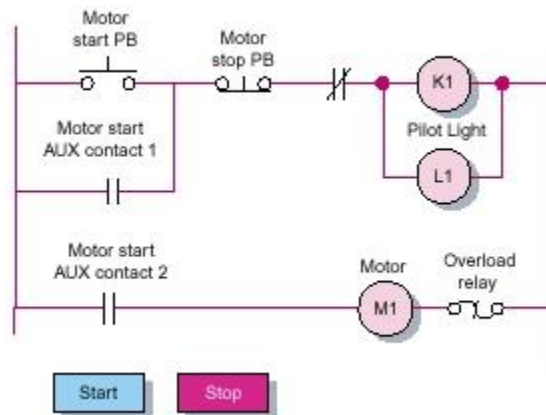


Figura 43. Diagrama lógico de escalera para PLC.

Para entenderlo mejor uno tiene que imaginar que las líneas paralelas forman una diferencia de potencial, la línea de la izquierda simula un voltaje y la línea de la derecha simula tierra, así cuando un contacto cambia de estado permite o no el flujo de corriente hacia una bobina que representa una salida en el mundo real.

En este proyecto se utilizó el lenguaje de escalera como el mostrado en la figura 42, aunque existen diferentes lenguajes de programación como lo son:

- Diagrama de escalera.
- Lista de instrucciones.
- Diagrama de bloques.

Los símbolos básicos del diagrama de escalera se muestran en la tabla 13:

Descripción	Símbolo eléctrico	Diagrama de escalera
Contacto normalmente abierto.		
Contacto normalmente cerrado.		
Bobina (señal de salida).		
Funciones especiales.		

Tabla 13. Símbolos básicos del diagrama de escalera.

El principio de la lógica utilizada se basa principalmente en las siguientes funciones lógicas.

- 1) **Función AND:** Conocida en la lógica digital como “Compuerta AND” basa su funcionamiento en cómo se comporta su salida, ya que ésta depende de los valores en la entrada. Si ambas entradas se encuentran activas la salida estará activa. Con contactos podría expresarse como si estos estuviesen en serie. La figura 44 muestra este comportamiento.

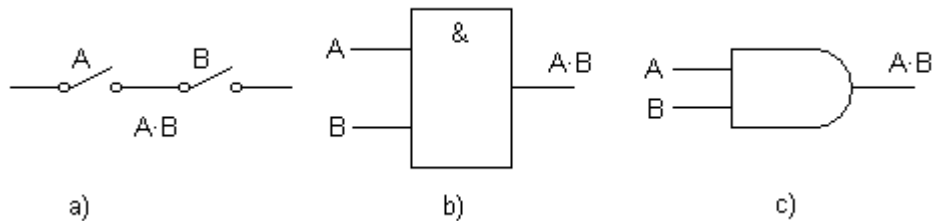


Figura 44. Diagrama de la compuerta AND como a) contactos en serie b) bloque AND c) compuerta AND.

- 2) **Función OR:** Conocida también como “compuerta OR”, ésta solo necesita que una de las señales de entrada esté activa para que la salida se active. La configuración en contactos sería el equivalente a que estuvieran en paralelo. Lo anterior puede apreciarse de mejor manera en la figura 45.

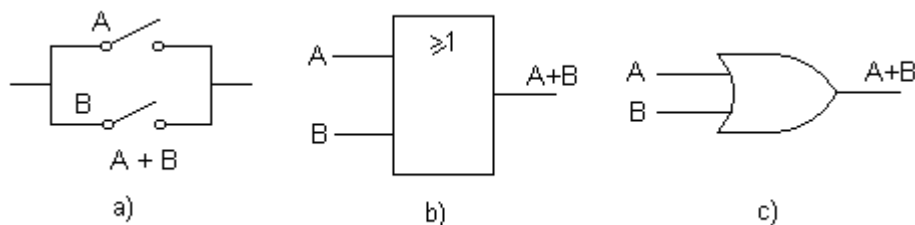


Figura 45. Diagrama de la compuerta OR como a) contactos en paralelo b) bloque OR c) compuerta OR.

- 3) **Función NOT:** Llamada “compuerta NOT”, ésta tiene la función de invertir o negar el valor que llegue a su entrada, por lo tanto, si su entrada está desactivada su salida estará activa en el otro caso, si su entrada está activa su salida estará desactivada (véase figura 46).

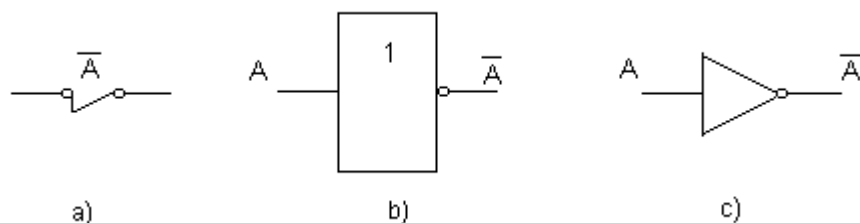


Figura 46. Diagrama de la compuerta NOT como a) contacto negado b) bloque NOT c) compuerta NOT.



Como en todo lenguaje de programación se requiere cierta sintaxis para que la unidad del PLC encargada de la lógica, lo comprenda y lo ejecute. Para el caso de los diagramas de escalera no es excepción y a continuación se mencionan algunas reglas para su construcción.

1. Las salidas no deben repetirse, sólo deben estar escritas una sola vez.
2. La salida es lo último que se pone, después de la salida no debe colocarse nada.
3. Al colocar cada tipo de contacto se debe considerar si la señal proviene de un dispositivo normalmente abierto (N/A) o normalmente cerrado (N/C), y determinar su función.

La ejecución del programa siempre se realiza de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Considerando todo lo anterior se mostrará un ejemplo sencillo desde el planteamiento del problema hasta su solución.

Planteamiento del problema (Ejemplo).

Se desea realizar el control de encendido de un motor. Para esto y para que quede más claro se debe plasmar en una tabla el nombre de la entrada o salida (E/S) (véase tabla 14) usada (ésta varía dependiendo del programa usado), la función que ésta desempeña y una descripción del dispositivo de campo (véase figura 47).

E/S	Función	Descripción
Entrada I:1/0.	Botón de arranque.	Pulsador N/A.
Salida O:2/0.	Motor.	Relé

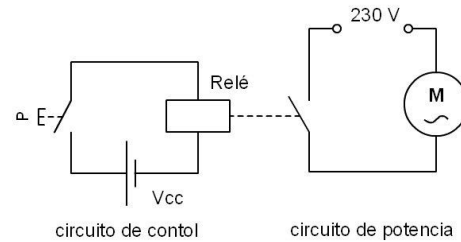


Tabla 14. Tabla de E/S (izquierda). Figura 47. Diagrama eléctrico para encender un motor (derecha).

A continuación, se realiza la construcción del diagrama de escalera acorde al circuito de control. Se puede observar en la figura 48 como a cada componente del circuito de control le corresponde otro en el diagrama de escalera.

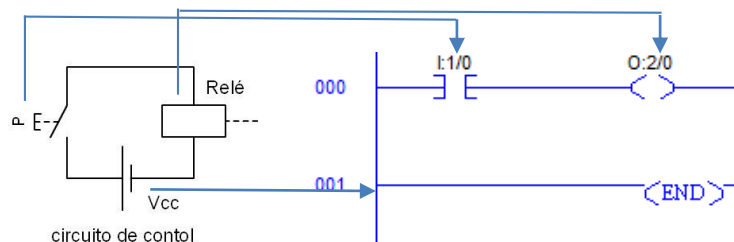


Figura 48. Diagrama eléctrico de control y diagrama de escalera.

Planteamiento del problema.

Se desea controlar el acceso y el paro de una banda transportadora, en los casos en donde la banda este llena se negará o permitirá el acceso y si existe una camioneta en la última estación con el elevador arriba detiene el movimiento. En la tabla 15 se muestra la configuración de entradas y salidas que se usaría para el sistema real explicado anteriormente.

E/S	Función	Descripción
I:1/0	Arranque	Botón Pulsador N/A
I:1/1	Paro	Botón Enclavado N/A
I:1/2	Sensor inicio primera estación	Ultrasónico digital
I:1/3	Sensor final primera estación	Ultrasónico digital
I:1/4	Sensor inicio penúltima estación	Ultrasónico digital
I:1/5	Sensor final penúltima estación	Ultrasónico digital
I:1/6	Sensor elevador arriba	Óptico
I:1/7	Sensor elevador abajo	Óptico
O:2/0	Avance de la banda	Salida a Motor trifásico
O:2/1	Pluma de acceso arriba	Motor CD
O:2/2	Pluma de acceso abajo	Motor CD
O:2/3	Lámpara permitir acceso	Lámpara color verde
O:2/4	Lámpara negar acceso	Lámpara color rojo
O:2/5	Lámpara penúltima estación	Lámpara de aviso
O:2/6	Lámpara última estación	Lámpara de aviso

Tabla 15. Tabla de E/S sistema real.

En la figura 49, se muestra el diagrama de flujo correspondiente con la programación del PLC.

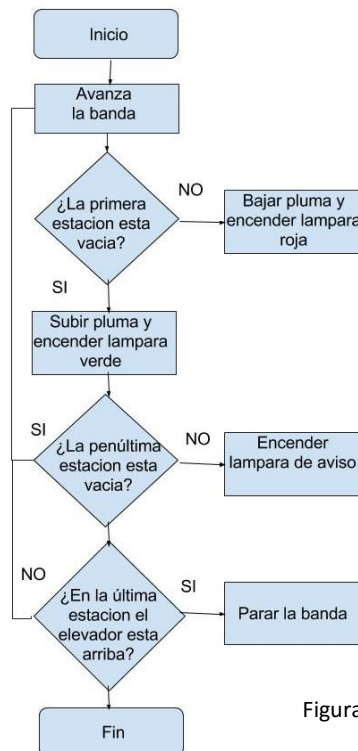


Figura 49. Diagrama de flujo del sistema real.

## Capítulo 5 Simulación

Para comenzar la simulación se utilizó un software llamado “LogixPro” perteneciente a la empresa “The Learning Pit”, el cual fue diseñado para el aprendizaje de controladores PLC, ya que contiene simulaciones de diferentes problemas que se pueden presentar en la industria. Este programa al ser es muy parecido al que se usa para programar un CompactLogix™ 5370 L1, así que se mostrará un equivalente.

Después de programarlo ahí, se trasladó al software RSLogix 500 con el cual se pudo hacer una simulación en físico de las partes críticas (inicio y fin) de la banda transportadora con la ayuda de un PLC MICROLOGIX 1000. Este modelo perteneciente a la “Facultad de Ingeniería” sirvió como base para representar la situación real. Cabe aclarar que debido a que es un modelo fijo se tuvieron que hacer diferentes adaptaciones al programa para que fuese compatible, como lo son los sensores ya que algunos son “Normalmente Cerrados” e incluso las bandas, ya que no son continuas en todo el modelo.

Se hizo uso de una “Mesa Giratoria” y de una “Ventosa” que simularán el acceso de las camionetas y la elevación de las mismas respectivamente (véase figura 50).

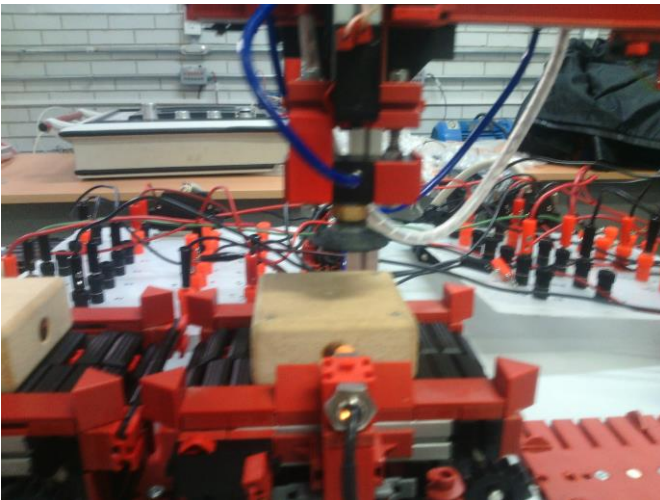


Figura 50 Ventosa (izquierda) Mesa giratoria (derecha).

Como se observó al inicio del capítulo 4 el enfoque de la programación está al inicio de la línea y al final, por lo tanto, se iniciará con la tabla de entradas y salidas correspondiente (véase tabla 16).

E/S	Función	Descripción
I:0/0	Arranque	Botón Pulsador N/A
I:0/1	Paro	Botón Enclavado N/A
I:0/2	Sensor primera banda	Sensor Inductivo N/A
I:0/3	Sensor Mesa Giratoria	Sensor Inductivo N/A
I:0/4	Sensor Posición Mesa Giratoria 1	Final de carrera N/C
I:0/5	Sensor Posición Mesa Giratoria 2	Final de carrera N/C
I:0/6	Sensor Mesa 3	Sensor Inductivo N/A
I:0/7	Sensor cuarta banda	Sensor Inductivo N/A
I:0/8	Sensor abajo ventosa	Final de carrera N/A
I:0/9	Ventosa abajo	Botón Pulsador N/A
I:0/10	Sensor arriba ventosa	Final de carrera N/A
I:0/11	Ventosa arriba	Botón Pulsador N/A
O:0/0	Banda 1	Motor CD
O:0/1	Banda 2 dirección avance	Motor CD
O:0/2	Banda 2 dirección retroceso	Motor CD
O:0/3	Mesa Sentido +	Motor CD
O:0/4	Mesa Sentido -	Motor CD
O:0/5	Banda 3	Motor CD
O:0/6	Banda 4	Motor CD
O:0/7	Riel ventosa abajo	Motor CD
O:0/8	Riel ventosa arriba	Motor CD
O:0/9	Activar Ventosa	Compresor

Tabla 16. Tabla de E/S simulación.

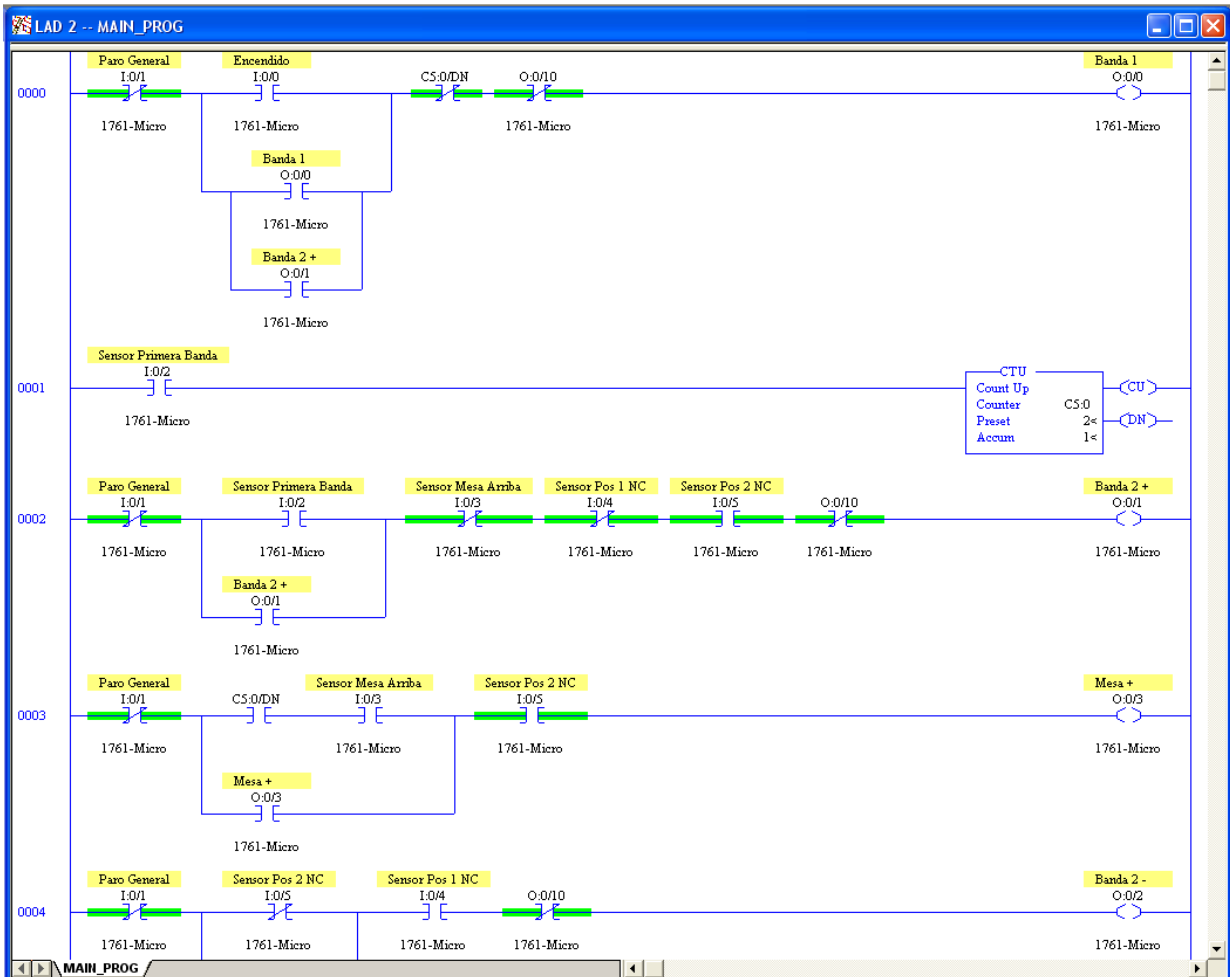
La configuración del modelo es la siguiente (véase figura 51).



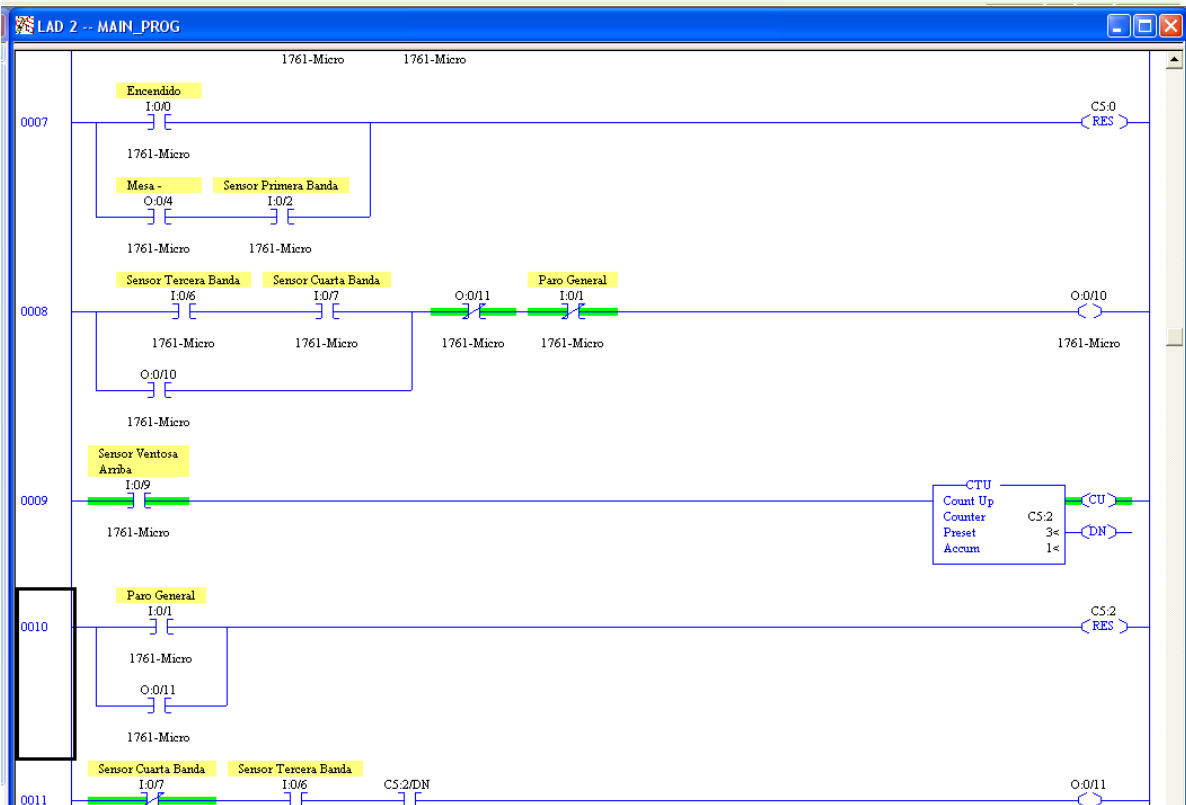
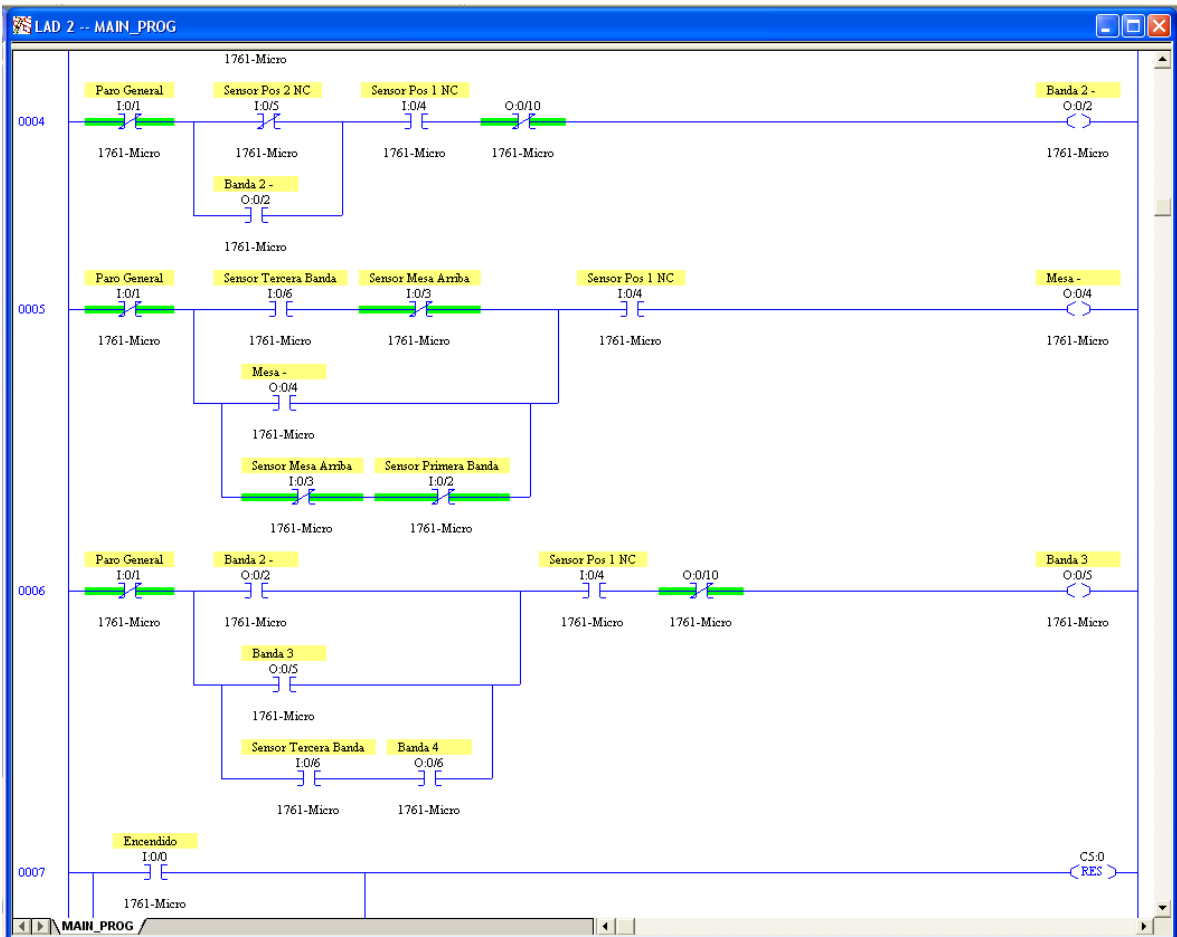
Figura 51 Configuración del modelo.

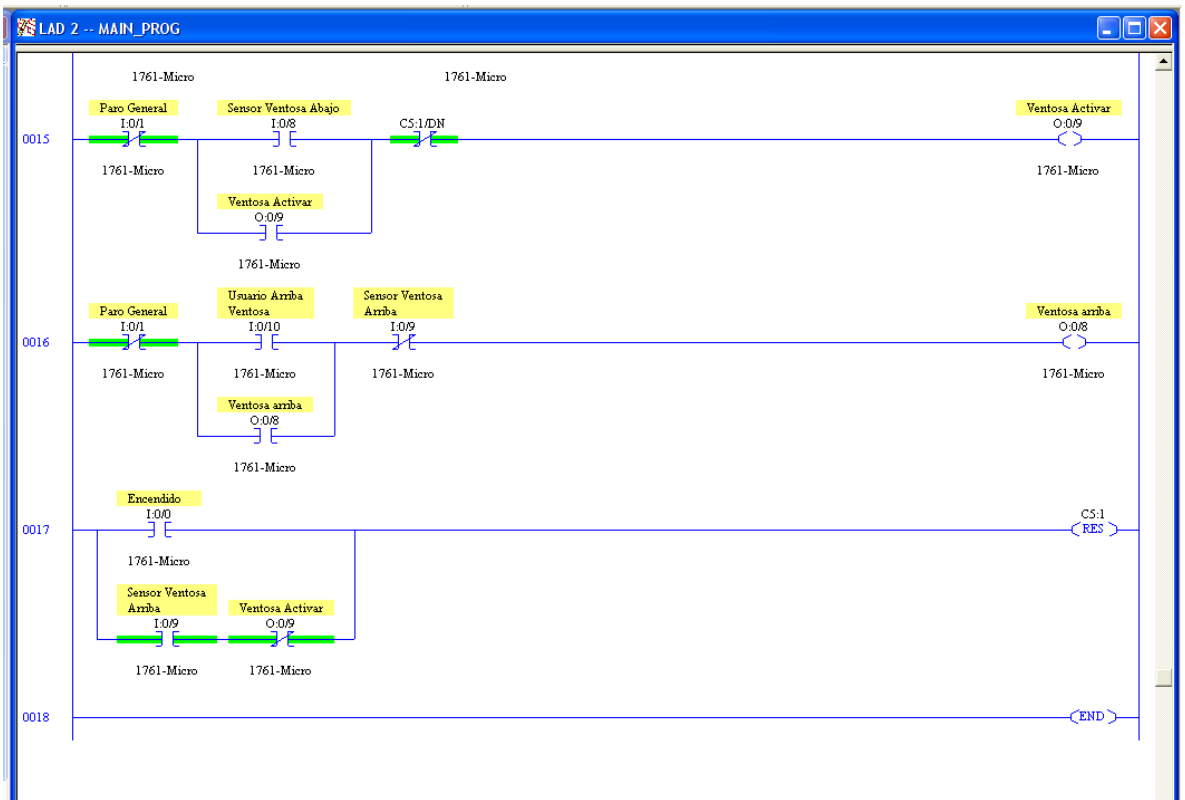
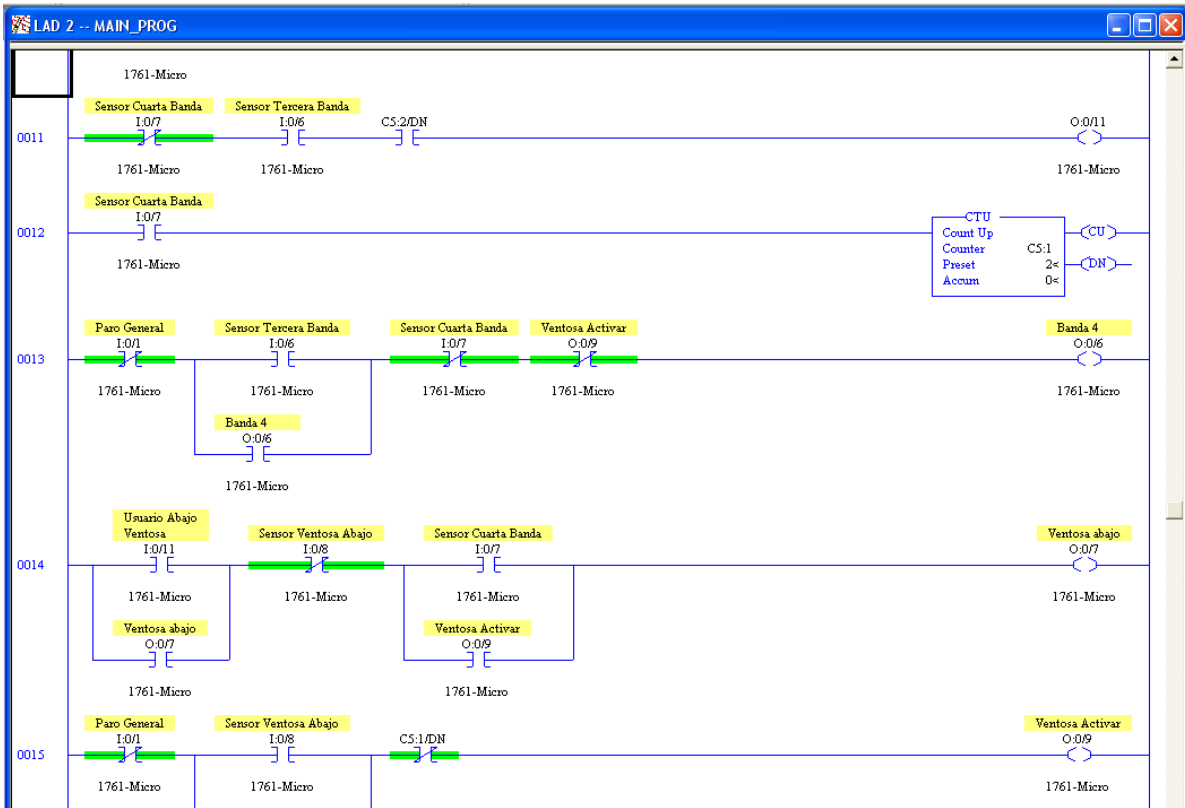
Para continuar se mostrará la programación realizada en RS Logix 500. A grandes rasgos sensa la entrada de un par de cajas y hasta que ambos sensores iniciales estén activados permite el acceso, mediante el giro de la mesa, a la banda principal, ya en la banda permite el acceso al elevador o ventosa siempre y cuando en esta posición no se encuentre una caja, si es así detiene la línea.

Se realizó un video del funcionamiento del modelo.



Todas las entradas y salidas corresponden a la tabla de entradas y salidas realizada anteriormente.





## Capítulo 6 Conclusiones

La automatización del proceso ofrece grandes ventajas competitivas a la empresa, ya que hoy en día está obligada a ser cada vez más eficiente, el sistema está pensado para garantizar la seguridad de los operarios y beneficiar a la empresa.

Con la velocidad propuesta para el avance de la banda transportadora se tiene un tiempo promedio por estación de 22.5 minutos o 1350 segundos, si sabemos que el tiempo total de producción al día son 39600 segundos se estima una producción total de 29 camionetas diarias, comparándolo con la producción actual, se obtiene un incremento del 207 %, cumpliendo con la necesidad de la empresa de incrementar su producción.

La instalación del dispositivo tendría parada la planta un tiempo, si la instalación durase aproximadamente dos semanas se dejarían de producir 168 camionetas, pero al tener el sistema instalado esas pérdidas se recuperarían en aproximadamente una semana, lo cual cumple con el requerimiento del tiempo de instalación y con ello la reducción de pérdidas.

Sabemos que un control realizado en PLC es confiable y seguro, además puede readaptarse, (gracias a que son reprogramables) a una versión diferente de la línea, brindándonos flexibilidad para posibles cambios a futuro en la misma. Teniendo un margen de seguridad para poder introducir otro tipo de vehículos o redistribuir las estaciones de trabajo.

La propuesta cumple con todos los requisitos de la empresa, se espera que ésta demuestre los beneficios que conlleva. Aun así, aunque por el momento no se ha llegado a implementar, se podría realizar si se deseará.

El modelo cumplió su parte demostrando que la programación está bien realizada, dando una mejor perspectiva del problema que se solucionó y la memoria de cálculo demostró que es posible proponer un sistema de este tipo.



## Bibliografía

---

Mandado, P. E. (2010). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. México: Alfaomega.

Nova, L. (s.f.). *Seguridad en el trabajo: manual para la formación del especialista*. Lex Nova, 2007.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (s.f.). *Physics for Scientists and Engineers*. Brooks/Cole.

[http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21\\_09-06-57105684.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-21_09-06-57105684.pdf)

<http://www.hubcityinc.com/media/b.pdf>

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1769-pp012\\_-en-e.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1769-pp012_-en-e.pdf)

## Referencias

Figura 1. Clasificación de sensores.

Figura 2. Comportamiento de una señal analógica.

[https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAcQjRw&url=http%3A%2F%2Ftelei.blogspot.com%2Fp%2Fblog-page\\_18.html&ei=JbfJVom7Moq1ggTo9YDgAw&bvm=bv.84607526,d.cWc&psig=AFQjCNGHIEqlwW-Fe7pU7pigW9THyub8A&ust=1422591611938521](https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0CAcQjRw&url=http%3A%2F%2Ftelei.blogspot.com%2Fp%2Fblog-page_18.html&ei=JbfJVom7Moq1ggTo9YDgAw&bvm=bv.84607526,d.cWc&psig=AFQjCNGHIEqlwW-Fe7pU7pigW9THyub8A&ust=1422591611938521)

Figura 3. Clasificación de los sensores según el tipo de variable física medida. Realización Propia.

Figura 4 Significado de las siglas del grado de protección de acuerdo con la norma IEC 144.

Figura 5. Clasificación de sensores, Enrique Mandado.

Figura 6. Finales de Carrera.

[http://www.euromatel.es/images/FC\\_posicion.JPG](http://www.euromatel.es/images/FC_posicion.JPG)

Figura 7. Micro-switches.

<http://dongnan.diytrade.com/sdp/66319/4/cp-1068529/0.html>

Figura 8 Sensor opto eléctrico en modo difuso reflectivo.

<http://www.monografias.com/trabajos67/tecnologia-control/image082.jpg>

Figura 9 Sensor opto eléctrico en modo retro reflectivo.

<http://www.monografias.com/trabajos67/tecnologia-control/image078.jpg>

Figura 10 Sensor opto eléctrico en modo reflectivo.

<http://www.monografias.com/trabajos67/tecnologia-control/image075.jpg>

Figura 11 Sensores magnéticos, sensor efecto Hall(derecha) sensor Reed (izquierda).

<http://cta.if.ufrgs.br/attachments/download/322>

<http://www.sunrom.com/media/content/458/images/reed-switch.gif>

Figura 12 Sensores inductivos, Blindado (derecha) No Blindado (izquierda).

<http://www.monografias.com/trabajos67/tecnologia-control/image058.jpg>

Figura 13 Sensor capacitivo.

<http://sensoresdeproximidad.galeon.com/capacitivo2.gif>

Figura 14 Sensor ultrasónico.

<http://www.diarioelectronicohoy.com/imagenes/2013/05/Sensores-ultras%C3%B3nicos.jpg>

Figura 15 Control de lazo abierto (arriba) y control de lazo cerrado (abajo).

[http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_robot\\_3/robot\\_indice.html](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_robot_3/robot_indice.html)

Figura 16 Transportador tipo skillet.

<http://www.handling.com/solutions/all-solutions/ballscrew-scissor-lift-for-automotive-skillet-conveyor-line/>

Figura 17 Transportador tipo skid.

<http://www.centralconveyor.com/gallery/skid1-big.jpg>

Figura 18 Transportador tipo Slat.

[http://www.ats-group.com/media/g\\_vignette/1382](http://www.ats-group.com/media/g_vignette/1382)

Figura 19 Plataforma sobre rieles.

<http://www.woehr.de/system/html/10-Imtech-503-QT-b798c198.jpg>

Figura 20 Banda transportadora.

<http://www.kingcarwash.org/autolavadotunel.html>

Figura 21 Transportador AG.

[http://www.volk.de/agv-mgv/volk\\_agv-mgv.gif](http://www.volk.de/agv-mgv/volk_agv-mgv.gif)

Figura 22 Modulación por ancho de pulso.

<http://www.programarpicenc.com/libro/cap09-control-pwm-motor-dc-microcontroladores-pic/control-pwm.png>

Figura 33. PLC MICROLOGIX 1000.

[http://www.automation-drive.com/EX/05-14-07/f786\\_1.JPG](http://www.automation-drive.com/EX/05-14-07/f786_1.JPG)

Figura 34. Banda transportadora de la empresa "T.C.W.S."

<http://shop.tommycarwash.com/Tommy-Store/People-Mover-12-foot-Belt-Conveyors/12-wide-People-mover-belt-conveyor-base>

Figura 35. Montaje de la banda transportadora de la empresa "T.C.W.S."

<http://shop.tommycarwash.com/Tommy-Store/People-Mover-12-foot-Belt-Conveyors/12-wide-People-mover-belt-conveyor-base>

Figura 36. Esquema de la base (izquierda) y la extensión (derecha) de la banda transportadora de "T.C.W.S."

<http://shop.tommycarwash.com/Tommy-Store/People-Mover-12-foot-Belt-Conveyors/12-wide-People-mover-belt-conveyor-base>

Figura 37. Dispositivos recomendados por la empresa.

<http://espanol.grainger.com/product/OMRON-STI-Push-Buttn-Cntrol-Station-2LCB9>

Figura 38. Lámpara de aviso.

[http://www.werma.de/gfx/image/shop/480/480\\_152\\_xx-01\\_-\\_500\\_.jpg](http://www.werma.de/gfx/image/shop/480/480_152_xx-01_-_500_.jpg)

Figura 40. Diagrama lógico de escalera para PLC.

<http://machinedesign.com/controllers/web-plc-here>

<http://www.nissan.com.mx/content/carroceros/catalogo.pdf>

<http://shop.tommycarwash.com/Tommy-Store/People-Mover-12-foot-Belt-Conveyors>

<http://www.tommycarwash.com/equipment/>

<http://es.slideshare.net/maiderss/el-automvil>

## Anexo I

1. ¿Cuántas camionetas se deberían completar al día?
  - a. 13
2. ¿Cuántas camionetas se terminan en un día?
  - a. 13 (se han llegado a hacer 15 camionetas)
3. ¿A qué cantidad de camionetas diarias se desearía llegar?
  - a. A la mejor propuesta.
4. ¿Por qué se eleva la camioneta en dos procesos diferentes si se podría realizar solo en uno?
  - a. Porque se mezclan los procesos; en la primera etapa se ponen 4 procesos (antes de los procesos siguientes) y en los últimos 2 procesos (se pone caja de seguridad y escalón para camionetas barcel; se tiene que aprovechar la rampa).
5. ¿Qué posibilidades hay de realizar el barrenado antes de empezar el proceso? (Con el fin de reducir tiempo y aumentar espacio)
  - a. La sección de barrenado y remachado no puede cambiarse; porque se hace con piso, paneles laterales y frontal, el techo, molduras y marcos.
  - b. El resto de los subensambles se hacen antes.
6. ¿Qué accesorios se montan en la estación número cinco?
  - a. Instalación eléctrica, extensiones de espejo, controladores electrónicos.
7. ¿Cuántas personas están involucradas en el proceso?
  - a. En toda carrocería 60 personas.
8. ¿Existe la posibilidad de ampliar el área de producción?
  - a. Solo a lo ancho (máximo 5 metros)
9. ¿Se puede reducir el número de estaciones de producción?
  - a. Sí
10. ¿Con qué tipo de instalación eléctrica cuenta la fábrica?
  - a. 110, 220 y 440V
11. ¿Cuál es la longitud total de la línea de producción?
  - a. 80 metros aproximadamente.
12. ¿Qué motivos existen para implementar una automatización?
  - a. Mejorar la productividad, posible cambio de vehículo y evitar accidentes.
13. ¿Cuál sería el cambio de camioneta?
  - a. Camioneta eléctrica.
14. ¿Qué modelo de camioneta se ensambla actualmente?
  - a. Nissan NP300.

## Anexo II

### NP300<sup>®</sup>



#### VERSIONES

##### Gasolina:

Chasis, Pick-up, Estacas, Doble cabina, Doble cabina audio/AC, Doble cabina lujo, Doble cabina (4x4)

##### Diesel:

Chasis (4x2 y 4x4), Pick-up (4x2 y 4x4), Doble cabina (4x4)



#### PESOS

##### Vehicular (Gasolina) (kg)

Chasis y Pick-up	2,710
Estacas	2,605
Doble cabina, Doble cabina audio/AC, Doble cabina lujo	2,690
Doble cabina (4x4)	2,740

##### Vehicular (Diesel) (kg)

Chasis y Pick-up (4x2)	2,730
Chasis (4x4), Pick-up (4x4) y Doble cabina (4x4)	2,740

##### Bruto (Gasolina) (kg)

Chasis	1,230
Pick-up	1,380
Estacas	1,421
Doble cabina	1,455
Doble cabina audio/AC	1,470
Doble cabina lujo	1,480
Doble cabina (4x4)	1,740

##### Bruto, versiones diesel (kg)

Chasis (4x2)	1,380
Chasis (4x4)	1,570
Pick-up (4x2)	1,530
Pick-up (4x4)	1,740
Doble cabina (4x4)	1,830



#### DIMENSIONES

##### Largo (Gasolina) (mm)

Chasis	5,015
Pick-up	5,175
Estacas	4,963

Doble cabina, Doble cabina audio/AC,

Doble cabina lujo	5,085
Doble cabina (4x4)	5,080

##### Largo (Diesel) (mm)

Chasis y Pick-up (4x2)	5,015
Chasis (4x4)	5,010
Pick-up (4x4)	5,170
Doble cabina (4x4)	5,080

##### Alto (Gasolina) (mm)

Chasis y Pick-up	1,820
Estacas	1,750
Doble cabina, Doble cabina audio/AC, Doble cabina lujo, Doble cabina (4x4)	1,830

##### Alto (Diesel) (mm)

Chasis y Pick-up (4x2)	1,820
Chasis y Pick-up (4x4)	1,895
Doble cabina (4x4)	1,830
Distancia entre ejes (mm)	2,950

##### Ancho (Gasolina) (mm)

Chasis y Pick-up	1,690
Estacas	1,929
Doble cabina, Doble cabina audio/AC, Doble cabina lujo	1,890

##### Ancho (Diesel) (mm)

Chasis y Pick-up (4x2)	1,690
Chasis, Pick-up, Doble cabina (4x4)	1,825



Los datos varían de

**Anexo III**

