

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electrónica



**Investigación, diseño e implementación de un sistema
de monitoreo y adquisición de datos en el proceso
de manufactura de cable de red categoría 5E**

Panduit de Costa Rica Ltda.

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de
Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura**



Manuel Enrique Segura González

Cartago, octubre de 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

 _____ Ing. Marvin Hernández Cisneros Profesor lector	 _____ Ing. Sergio Morales Hernández Profesor lector
 _____ Ing. Anibal Coto Cortés Profesor asesor	

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, 27 de octubre de 2006

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema, así como la información que haya suministrado la empresa para la que se realizará el proyecto, y aplicando e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 27 de octubre de 2006



Manuel Enrique Segura González

Cédula: 1-1175-0543

RESUMEN

En la actualidad los sistemas de automatización, monitoreo y adquisición de datos en los procesos industriales son de gran importancia ya que mejoran la calidad de los productos elaborados y la eficiencia de la producción.

La empresa Panduit de Costa Rica cuenta con procesos de producción en donde se debe llevar un continuo mantenimiento de las máquinas y equipo utilizado, debido a que una paralización de la producción provocaría pérdidas de dinero.

El problema que se solucionó con el desarrollo de este proyecto fue la recolección, análisis y almacenamiento de datos de la línea de producción de cable de red en tiempo real. Antes de la implementación de este proyecto esta labor no se realizaba.

Se desarrolló el diseño de la integración y programación del hardware que actualmente se encarga de las mediciones y obtención de datos dentro de la línea, así como el manejo automático de ésta. Además, se investigó y se propuso un diseño para un regulador PID y las características que éste debe tener para controlar la velocidad de la banda transportadora de forma automática.

El objetivo final de este proyecto fue que la empresa cuente actualmente con un sistema que le ayude a obtener datos de las líneas de producción en tiempo real, mantener la disponibilidad de la línea en los más altos niveles alcanzables y controlar el proceso lo más automatizado posible.

Palabras claves: Adquisición de datos, disponibilidad, eficiencia, sensores, interfaz gráfica, automatización, programación, monitoreo, control, reguladores.

ABSTRACT

At the present time the automation systems, display and data acquisition of industrial processes are of great relevance because they improve the quality of elaborated products and the efficiency of the production.

Panduit Corp counts on production processes that require taking continuous control of the machinery maintenance for any critical equipment; because a halt of production would cause losses of money.

The problem that was solved with the development of this project is the acquiring, analysis and storage of data (in real time) of the production line of network cable.

This project involved the design, integration and programming of the hardware that was in charge of the measurements and data acquisition within the line, as well as the programming for the automatic control. In addition, a PID will be investigated and designed to accomplish the automated speed control of the conveying bands.

The purpose of this project was to provide the company with a system that helps it to collect data of the production lines in real time. The idea is to keep the highest availability level of the line and to achieve an effective automated control.

Keywords: Data acquisition, availability, efficiency, sensors, graphical interface, automation, programming, monitor, control, regulators.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso que me dio la fortaleza y sabiduría para concluir mi carrera universitaria, meta con la que he anhelado toda mi vida.

Muy especialmente a mi madre, Luz Marina González Rojas; a mi padre, José Manuel Segura Céspedes. Gracias a su sacrificio y apoyo he llegado a este momento tan importante en mi vida y sé que con su inspiración lograré llegar mucho más lejos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa Panduit de Costa Rica y al gerente, Ing. William Ernest Hernández, por haberme dado la oportunidad de realizar la práctica para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Electrónica. A los ingenieros de esta empresa que me brindaron parte de su valioso tiempo para que se pudiera cumplir con el objetivo del proyecto, Ing. Marco Vinicio Álvarez Arroyo, Ing. Guido Bernal Salas, Ing. José Ademar Gómez Hidalgo y al Ing. Cristian Aguilar por todo el apoyo y la ayuda que me dieron durante varios meses; también, a todos sus compañeros de trabajo, ya que todos juntos forman un gran equipo de trabajo.

A mi familia, porque en ellos siempre hay apoyo, amor y comprensión. Porque me han enseñando en el lapso de la vida grandes valores que siguiéndolos se pueden alcanzar grandes metas.

A mis amigos, porque con ellos he compartido grandes experiencias y nos hemos dado apoyo en los buenos y en los malos momentos. Gracias a ellos por haber compartido juntos tanto tiempo y todo él que Dios nos permita compartir más.

A todos en general, muchas gracias.

Manuel Enrique Segura González

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	14
1.1 Problema existente e importancia de su solución	14
1.2 Solución seleccionada	17
1.2.1 Requerimientos	17
1.2.2 Solución seleccionada.	18
Capítulo 2: Meta y objetivos	25
2.1 Meta	25
2.2 Objetivo general	25
2.3 Objetivos específicos	25
Capítulo 3: Marco teórico	27
3.1 Descripción del proceso por mejorar	27
3.2 Antecedentes bibliográficos	29
3.3 Descripción de los principios y procesos relacionados con la solución del problema	30
3.3.1 Proceso de manufactura.....	30
3.3.2 Sistemas de sensado	31
3.3.3 Técnica para el control de material producido	32
3.3.4 Estándar de comunicación Ethernet	33
Capítulo 4: Procedimiento metodológico	36
4.1 Reconocimiento y definición del problema	36
4.2 Obtención y análisis de información	37
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución	37
4.4 Implementación de la solución	37

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución	39
5.1 Análisis de soluciones y selección final	39
5.2 Descripción del hardware	40
5.2.1 Sistema de adquisición de datos	40
a. Cálculo de cable necesario para el proyecto.....	43
b. Conexión de los lectores de códigos de barras con el PLC.	45
c. Distribución de los dispositivos dentro del gabinete del PLC.....	48
d. Rechazo de cajas en zona de empaque.	49
5.2.2 Control automático de la velocidad de la banda transportadora	52
a. Obtención del modelo matemático del sistema	52
b. Sistemas de control de lazo cerrado	55
b. Implementación del sistema de control automático.....	57
5.3 Descripción del software	58
5.3.1 RSLinx Classic.....	59
5.3.2 RSLogix 500	60
5.3.3 Java	61
5.3.3 PanCIM, InfoPlus21 y GCS.....	62
Capítulo 6: Análisis de resultados	66
6.1 Monitoreo de la línea de producción	66
6.2 Pruebas realizadas en la línea	72
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones	75
7.1 Conclusiones	75
7.2 Recomendaciones	76
Bibliografía	77
Apéndices	79
A.1 Glosario y abreviaturas	79

A.2	Manual de usuario.....	83
A.3	Información sobre la empresa	86
A.3.1	Descripción de la empresa	86
A.3.2	Descripción del departamento en el que se realizó el proyecto.....	86
A.4	Planos del sistema.....	87
A.5	Primeras tres pruebas realizadas en la línea.....	88
A.6	Segunda solución: Sistema de confirmación.....	91
B.	Anexos.....	93
B.1	Datos de una lectora de códigos de barras (Primera página).....	93
B.2	Datos de otra lectora de códigos de barras (Primera página)	94
B.3	Datos del Controlador Lógico Programable (PLC) (Primera página)	95
B.4	Datos del switch Ethernet (Primera página)	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama de bloques del proceso de manufactura	15
Figura 1.2	Distribución de los operarios en la línea de producción	20
Figura 1.3	Diagrama de bloques del sistema implementado.....	21
Figura 3.1	Diagrama de flujo del sistema a mejorar	27
Figura 3.2	Distribución de la línea de producción.....	28
Figura 3.3	Ejemplo de la forma de un código de barras.....	32
Figura 5.1	Conexión de los componentes de hardware del proyecto.....	41
Figura 5.2	Metal Latch, Contact Block e Interruptor utilizados para controlar los tiempos muertos.....	42
Figura 5.3	Diagrama de conexión de los interruptores con los módulos de entrada	42
Figura 5.4	Distribución de los cables en la línea de producción.....	43
Figura 5.5	Convertidor Serial-Ethernet utilizado para conectar las lectoras.....	45
Figura 5.6	a) Conexión de los dispositivos con el Switch. b) Switch Linksys EtherFast 8-Port.....	47
Figura 5.7	Distribución de los componentes dentro del gabinete	49
Figura 5.8	Modelo de un motor de CD excitado de forma separada	53
Figura 5.9	Diagrama de un sistema de control de lazo cerrado	55
Figura 5.10	Diagrama de un sistema de control de lazo cerrado de la banda transportadora.....	57
Figura 5.11	Ambiente del programa RSLinx.....	60
Figura 5.12	Ambiente del programa RSLogix.....	61
Figura 5.13	Pantalla del programa de transmisión de datos en Java.....	62

Figura 5.14	Ambiente del programa GCS	64
Figura 5.15	Ambiente del administrador de la base de datos InfoPlus.21.....	65
Figura 6.1	Pantalla de inicio del programa de interfaz con el usuario	66
Figura 6.2	Pantalla principal de monitoreo de la línea.....	67
Figura 6.3	Pantalla utilizada para indicar los puestos de los operarios	68
Figura 6.4	Pantalla para indicar las causas de los tiempos muertos.....	69
Figura 6.5	Pantalla para ingresar las ordenes de producción al sistema	70
Figura 6.6	Pantalla para ver la cantidad de cables por estación	71
Figura 6.7	Visualización de los datos recibidos y transmitidos por Java.....	72
Figura A.4.1	Mapa de los módulos de entrada del PLC.....	87
Figura A.4.2	Distribución de las canaletas y cableado de los interruptores	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Formato de la trama de Ethernet	34
Tabla 5.1 Ventajas y desventajas de cada solución	39
Tabla 5.2. Distancias del PLC a los puestos de operarios de la línea	44
Tabla 5.3 Identificación de los operarios de ensamble y de los lectores en la línea de producción.....	47
Tabla A.5.1 Primera prueba de prueba realizada en la línea de producción	88
Tabla A.5.2 Segunda prueba de prueba realizada en la línea de producción	88
Tabla A.5.3 Tercera prueba de prueba realizada en la línea de producción	89
Tabla A.5.4 Valores obtenidos durante las pruebas semanales de la línea de producción.....	90
Tabla A.5.4 Confiabilidad del sistema de adquisición de datos implemetado	90

Capítulo 1: Introducción

En el presente capítulo se explica el problema encontrado y la importancia de su solución; además, se menciona en forma general la solución y los requerimientos que se tomaron en cuenta.

1.1 Problema existente e importancia de su solución

La actividad principal realizada por Panduit de Costa Rica Ltda. es la manufactura de accesorios para el cableado eléctrico y electrónico. Uno de los procesos de producción que se realiza dentro de la compañía y en el cual se desarrolló el proyecto, consiste en el ensamble de cable de red para la transmisión de datos categoría 5e.¹

El problema que se tenía era la forma en que se venía realizando la adquisición de datos o información dentro de la línea, como lo son tiempos muertos de los equipos y de los operarios², disponibilidad de la línea, cantidad de material ensamblado, material aprobado y rechazado; dado que esta actividad se realizaba manualmente y a ciertas horas del turno, por lo cual la misma no era en tiempo real. Otra parte del problema era llevar el control del tiempo efectivo o disponible de los equipos y operarios en la línea; además, medir la eficiencia de cada operario en forma individual.

Además, se da la falta de un control de la velocidad de las bandas transportadoras dentro de la zona de ensamble, ya que estas deben cambiar de velocidad dependiendo del número de operarios que estén laborando en ésta y la eficiencia de la producción. Esta parte del problema es consecuencia de que al inicio del proyecto, era difícil la recolección de datos dentro de la línea y el análisis de los mismos; por consiguiente, se daba lugar a que fuera difícil el cálculo de la eficiencia y disponibilidad de la línea para regular la velocidad en tiempo real, lo que origina que la velocidad de la banda, siempre, se encuentra girando a una velocidad constante.

¹ Ver definición en apéndice A.1

² Ver definición en Apéndice A.1

De esta manera, se realizó un modelado matemático de un sistema de control automático de la velocidad de las bandas que será implementado en una segunda etapa³, debido a que la prioridad de la empresa recaía en la recolección efectiva de datos y por lo tanto se solicitaba que se solucionara primero la etapa de adquisición de datos.

Inicialmente, la recolección de datos dentro de la línea se realizaba de forma manual por medio de una persona encargada de llenar unas hojas que le eran proporcionadas por el área de Producción y Mantenimiento, lo cual llevaba a que la misma tuviera riesgos de que se cometieran errores humanos y además el manejo de toda esta información resultaba difícil para la empresa, y en la mayoría de los casos esta información simplemente se almacenaba en papel, debido a que no había tiempo ni los recursos necesarios para analizarla.

En la figura 1.1, se muestra por medio de un diagrama de bloques general, las partes del proceso de manufactura sobre el cual se trabajó.

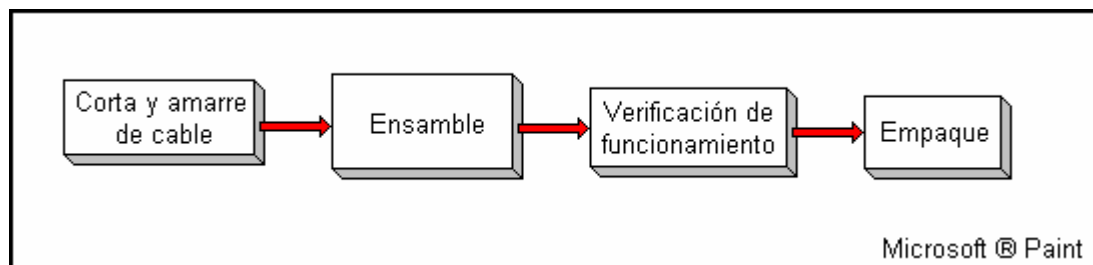


Figura 1.1 Diagrama de bloques del proceso de manufactura

La importancia de resolver el problema radicó en que ahora se pueden obtener datos de la línea de producción de forma automática y posterior a esto, se almacenan en una base de datos.

Por otro lado, actualmente se sabe cual es el rendimiento de los trabajadores, de forma global e individual; se puede calcular la eficiencia de la producción con base en la meta establecida. Posteriormente, de la cantidad de material

³ Cabe destacar que esta segunda etapa no entra dentro del proyecto de graduación.

manufacturado por cada operario, se sabe qué porcentaje se ensambló correctamente.

Al solucionar el problema, se benefició a la empresa en los siguientes aspectos:

- Se mide la eficiencia de la producción de forma automática.
- Se miden y almacenan los tiempos y la fecha en que se paraliza algún equipo dentro de la línea (Eubanks, Autobaggers, Prensas).⁴
- Se dispone de un sistema de visualización, en que se muestra la cantidad de material producido (en buen estado, en mal estado y en forma total) y la eficiencia del trabajo realizado.
- Se puede conocer la disponibilidad de cada operario.
- Se obtienen datos de la línea de una forma automática y dinámica.
- Se esta aumentando la eficiencia de la línea y la confiabilidad de la misma. (Disminución en las posibilidades de que un error humano pase inadvertido).

⁴ Ver definiciones en el Apéndice A.1

1.2 Solución seleccionada

1.2.1 Requerimientos

Se solicitó diseñar e implementar un sistema de monitoreo y adquisición de datos del proceso de manufactura de cable de red categoría 5e, de manera que se cumplan una serie de requisitos.

Estos requisitos se dividen en cuatro ramas (producción, mantenimiento, calidad, ingeniería), según las solicitudes realizadas por cada una de ellas.

Producción.

- a. Recolectar los siguientes datos de la línea de producción:
 - Puesto que ocupa cada operario en la línea.
 - Tiempos muertos por operario (Disponibilidad de cada uno).
 - Producción por operario y de la línea. (Eficiencia).
 - Cantidad de cables que pasan por cada una de las zonas de la línea de producción.
- b. Realimentación de información en tiempo real a los trabajadores de la línea por medio de una pantalla de visualización. Estos datos son los siguientes:
 - Cantidad de cables producidos totalmente en la línea (en forma correcta o defectuosamente).
 - Cantidad de cables que pasan por las diferentes zonas de la línea.
 - Mercado meta.

Mantenimiento.

- a. Recolectar datos acerca de los tiempos muertos de los equipos.
- b. Almacenar cuál de los equipos está detenido.

- c. Con base a los tiempos muertos obtenidos, calcular automáticamente la disponibilidad de la línea.
- d. Visualizar en una computadora, las zonas de la línea que funcionan normalmente y cuáles no lo hacen.

Calidad.

- a. Medir y guardar en una base de datos la cantidad de material aprobado y la cantidad de material rechazado.

Ingeniería.

- a. Se requiere que el sistema implementado tenga compatibilidad con PanCIM⁵, para esto se deben cumplir con ciertos protocolos de comunicación entre el PLC y el servidor encargado controlar este software, como por ejemplo comunicación serial utilizando el protocolo Full Duplex o utilizando el puerto Ethernet.

Otros.

- a. Proponer un modelo matemático y definir las características eléctricas para un regulador, con el fin de controlar la velocidad de las bandas en forma automática.

1.2.2 Solución seleccionada.

En la línea de producción de cable categoría 5E se cuenta con dos turnos de trabajo. Así, para iniciar con los requisitos impuestos por el área de Producción, se solicitó que el sistema obtuviera y almacenara cuáles operarios se encuentran ocupando los diferentes puestos dentro de la línea, en cada uno de los dos turnos. Para esto, al inicio de cada turno el líder de la línea debe indicar el código del operario que va a ocupar cada uno de los puestos, esto mediante el programa creado en PanCIM el cual lo puede acceder desde su computadora personal.

⁵ Software utilizado en la empresa para el monitoreo de procesos de producción, definición más completa en Apéndice A.1

Otro punto por solucionar fue la obtención de los tiempos muertos de los operarios⁶. Para llevar el control de estos tiempos, se colocaron interruptores que los operarios deben activar en el momento en que desocupen su puesto y lo desactivan en el instante en que regresan. Una vez activado el interruptor, el líder de línea indica al sistema la causa por la cuál esta desocupando su puesto. Con la solución de este requisito se calcula cuál es la disponibilidad de cada operario y de todos en forma global.

La producción y la eficiencia de los operarios son factores muy importantes en la línea de producción, teniendo una mayor importancia los ubicados en las bandas transportadoras, debido a que éstos son los encargados de colocarle las terminales a los cables y de esto depende, en gran parte, el buen funcionamiento del cable.

Tomando como base el punto anterior, un punto de mucha relevancia de este proyecto consistió en implementar un método automático para identificar los cables ensamblados por cada operario de las bandas y además, atribuirle si el cable ensamblado cumple con las condiciones de calidad para venderse en el mercado, esto debido a que todos los cables poseen las mismas características físicas y llegan a un mismo destino (zona de prensado de los terminales).

Con el fin de identificar los cables ensamblados por cada operario, se realizaron unas etiquetas con unos códigos de barras para cada uno de los puestos de operarios de ensamble (en la figura 1.2 se muestra la distribución de los operarios en la línea). De esta forma, cada operario coloca una etiqueta provisional a los cables, para que un lector de códigos de barras detecte cuál operario lo ensambló y además se lleve un control de la cantidad de cables que pasan por la etapa de la banda transportadora en tiempo real. (Dos lectores de códigos de barras omnidireccionales se ubicaron al final de la banda transportadora para lograr cubrir todo el ancho de la misma, como se observa en la figura 1.2, de manera que éstas se encarguen de leer los códigos de las etiquetas)

⁶ Algunas de las causas de los tiempos muertos de los operarios se muestran en Apéndice A.1

En la zona de las pruebas de los cables (Flukes o estación 5, como se muestra en la figura 1.2) se utilizan tres lectores de código de barras, dos para contar los cables ensamblados correctamente (uno para cada operario) y el tercero se utiliza cuando se rechaza algún cable debido a que no posee como mínimo una ganancia en decibeles establecida, posee dos o más hilos de cobre cruzados, una carga RL fuera de la establecida, entre otras. Lo anterior para saber cual operario ensambló cada cable, el rendimiento de cada operario y finalmente que estos datos sean enviados al servidor donde se controla la base de datos.

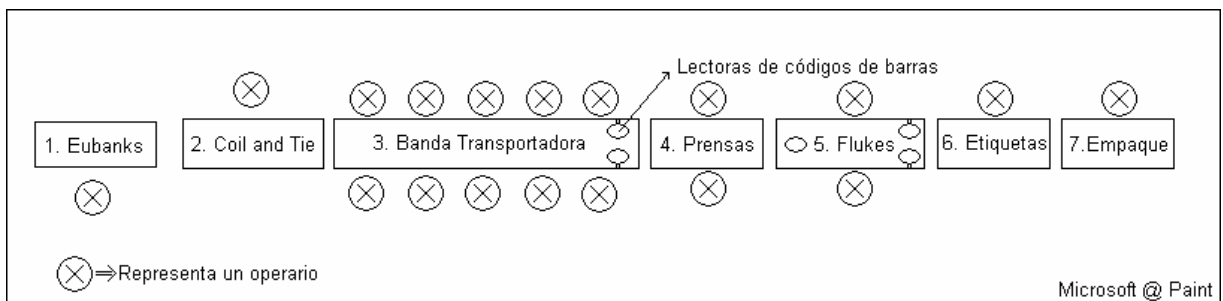


Figura 1.2 Distribución de los operarios en la línea de producción

Con el fin de saber cuántos cables pasan por las primeras dos estaciones de la línea producción, se instalaron sensores de retro-reflexión al inicio de las bandas transportadoras. Cabe destacar que no existe la posibilidad que pasen dos cables simultáneamente por los sensores que hagan que éstos tengan una lectura errónea. En la zona de ensamble cada puesto esta identificado con un color diferente y la banda transportadora también esta dividida en secciones de diferentes colores; por consiguiente, la persona encargada de amarrar los cables, coloca uno en cada sección de la banda con el fin de que el operario de ensamble ubicado en el puesto identificado con este color lo tome, lo ensamble y le coloque la etiqueta con el código de barras de su puesto. En el momento en que se tome un cable de una sección de la banda para ensamblarlo, se debe colocar el que ya se ensambló en la misma posición de la banda transportadora donde venía el cable sin ensamblar, así tampoco se tendrá problema con los lectores de códigos de barras.

En la figura 1.3, se presenta por medio de un diagrama de bloques la solución implementada.

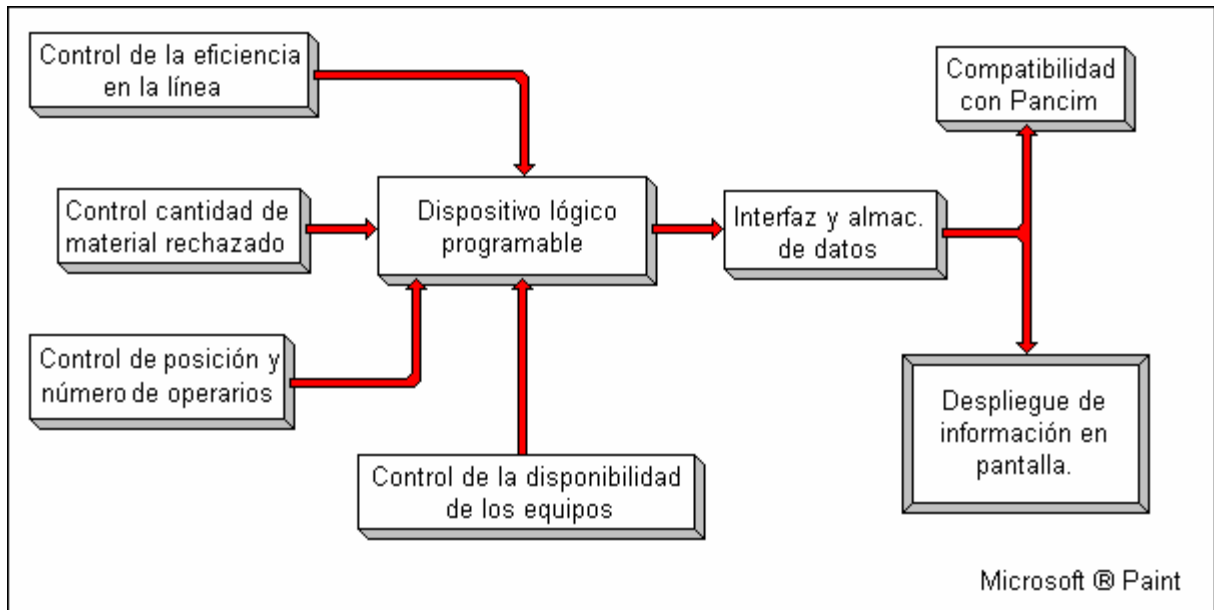


Figura 1.3 Diagrama de bloques del sistema implementado

Dentro de los requisitos impuestos por el área de Mantenimiento, se encuentra la obtención de los tiempos muertos de los equipos y el almacenamiento de en cuál de ellos se presentó un problema de funcionamiento. Posteriormente, se debe poder visualizar en el monitor de una PC cuáles estaciones del proceso funcionan normalmente y cuáles no.

A continuación se muestran las posibles razones por la cuales se pueden detener alguno de los equipos de la línea de producción:

- Mantenimiento preventivo: en este tiempo se da mantenimiento a los equipos para evitar daños que ocasionen que se detenga la producción.
- Mantenimiento correctivo: se da cuando hay que cambiarle o reparar alguna pieza de algún equipo que presenta una falla.
- Tiempos de utilidad: se refiere a los lapsos en que se detiene un equipo por algún motivo que no es correctivo ni preventivo, sino, que se orienta hacia

solicitudes realizadas por los jefes de línea o alguna otra persona de la empresa. Por ejemplo, cambiar de lugar algún equipo.

- Tiempo de calibración: se refieren al tiempo utilizado para calibrar los equipos.

Para cumplir con este requisito, se utilizan los mismos interruptores que se colocaron para el control de la disponibilidad de los operarios ubicados en las estaciones de la línea donde se encuentran equipos que deben ser atendidos por mantenimiento. En el momento en que se active uno de estos interruptores, el líder de la línea debe indicar al sistema si el interruptor se activó por una causa de disponibilidad del operario o del equipo que éste opera. En caso de que el interruptor sea activado por causa de un equipo, se debe indicar en la interfaz la razón por la cuál se dió el problema del equipo. Este tipo de interrupciones se dan principalmente en los siguientes puntos críticos de la línea: en las autobaggers, en la Eubank o en las prensadoras de los terminales.

Con el propósito de controlar la velocidad de la banda transportadora de forma automática, ya sea en función del número de operarios en la banda, la eficiencia de línea de producción o la disponibilidad de los operarios y de los equipos, se diseñó un sistema de control automático de velocidad y se planteó el modelo matemático del sistema de rotación y poleas de las bandas transportadoras, con la finalidad de controlar automáticamente la velocidad de las mismas, dónde se cambie la velocidad en función de las diferentes entradas del sistema.

La importancia de diseñar el sistema de control de velocidad de forma automática es que se abre la posibilidad para que la línea se automatice en un alto grado (parte de la meta de la empresa), haciendo que se cuente con altos niveles de producción y eficiencia dentro de los procesos.

Como se mencionó en el apartado 1.1, la implementación física del sistema de control automático de la velocidad se hará en una segunda parte del proyecto, debido a que la prioridad de la empresa, al momento de desarrollar el proyecto, fue la recolección efectiva de datos y por lo tanto se solicitó que esto se solucione primero;

sin embargo, se dejó el diseño del sistema de control de velocidad para que se implemente en una segunda etapa de una forma rápida y efectiva. Por otro lado, como este proyecto es un sistema que se implementó por primera vez, se realizaron suficientes pruebas, para que de este modo, una vez que se finalizó el proyecto y se comprobó su funcionamiento, se pueda seguir con la implementación del mismo para las otras líneas de producción de cables de cobre.

Como última labor, en la línea de producción, se realiza el empaque de 10 cables en una caja de cartón para ser exportada y entregada al cliente final. Con la finalidad de verificar si cada caja sellada posee dentro de ella 10 cables, la caja se coloca en una balanza electrónica y ésta se encarga de detectar cuando la caja posee un peso diferente del establecido, consecuentemente se enciende una luz verde si caja posee el peso correcto o una luz roja en caso contrario. Se investigó y se hizo un estudio de factibilidad para implementar un mecanismo controlado al sistema que se encargue de rechazar las cajas ya selladas que posean un peso fuera del establecido. Dentro de la investigación realizada se concluyó que el mecanismo más adecuado para implementarlo es un sistema mecánico⁷.

Para realizar el control del sistema, se utilizó un Controlador Lógico Programable, con el cual se reciben e interpretan las señales enviadas por los sensores, los interruptores y los lectores de código de barras, con el fin de que estas señales sean enviadas hacia un servidor, en donde serán almacenados en una base de datos utilizada por la empresa denominada InfoPlus21.

Por último se creó una interfaz para tener contacto con el jefe de línea, con los operarios y con el área administrativa de la empresa, comunicándose con la PC (Computadora Personal) mediante un protocolo de comunicación compatible con PanCIM, como por ejemplo: Ethernet. Este software posee como característica primordial poder almacenar los datos enviados por el dispositivo programable en una base de datos y mostrarlos al usuario final.

⁷ La conexión y explicación de lo que se investigó se muestra detalladamente en el capítulo 5.

Inicialmente, se pensó que para el desarrollo de este programa en PanCIM se encargaría a los ingenieros de la empresa de una de sus sedes en los Estados Unidos, que trabajan exclusivamente en la programación del mismo. Sin embargo, en las últimas semanas se tuvo que crear este software en PanCIM, el control de la base de datos y el enlace del PLC con el servidor de PanCIM, todo lo anterior en la sede de Costa Rica. Esta decisión se tomó debido a que los ingenieros que se encargan de esta programación se encontraban ejecutando otros proyectos que no podían dejar de lado para realizar el de la planta ubicada en Costa Rica, por este motivo, estas labores de programación tuvieron que llevarse a cabo por parte de estudiante encargado del presente proyecto.

Para crear este programa se utilizó el software para controlar la base de datos⁸, el cual se denomina “*InfoPlus21 Administrator*” de la marca AspenTech. También, se utilizó el programa denominado GCS (Graphics Console System) utilizado para crear las pantallas de visualización con el usuario final.⁹ Para trabajar con estos lenguajes de programación se estudiaron ambos lenguajes debido a que eran desconocidos para el estudiante.

⁸ Con el fin de aprender a utilizar estos software, se estudiaron varios manuales otorgados por un ingeniero de la empresa. (Ing. Cristian Aguilar B.)

⁹ Las pantallas creadas se muestran el capítulo 6.

Capítulo 2: Meta y objetivos

2.1 Meta

Lograr que la empresa cuente con estrictos sistemas de control de la producción en sus líneas de ensamble, para llegar a contar con altos índices de calidad de producto, alta eficiencia de los operarios y una alta disponibilidad de la línea de producción.

2.2 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema automático de adquisición de datos y control de la disponibilidad (operarios y equipos), dentro del proceso de manufactura de cable de red categoría 5e.

2.3 Objetivos específicos

1. Diseñar e implementar la etapa encargada de controlar la cantidad de operarios en la línea de producción y el puesto que ocupa cada uno.
2. Diseñar e implementar la etapa encargada de medir la efectividad¹⁰ de cada operario y de forma global en la línea.
3. Diseñar e implementar la etapa encargada de obtener los tiempos muertos de los equipos y de los operarios. (disponibilidad)
4. Realizar el modelado matemático de la banda transportadora, junto con las poleas, el motor y las bandas.
5. Realizar un estudio de factibilidad para implementar la etapa encargada de rechazar las cajas con peso fuera del establecido.
6. Crear el programa para el controlador programable, con la finalidad de que este controle el sistema y pueda enlazarse con el servidor,

¹⁰ Efectividad se refiere a la cantidad de cables ensamblados por cada operario y total en la línea para cumplir con un mercado meta. Además, se debe detectar cuántos son rechazados y cuántos no.

cumpliendo con los protocolos de comunicación de PanCIM y los otros dispositivos del sistema (lectores de códigos de barras).

7. Establecer la interfaz con los usuarios que monitorean la línea de producción y configurar la base de datos donde se almacena la información obtenida.
8. Realizar el documento donde se explica el problema y como se logró obtener una solución para el mismo.
9. Elaborar un manual de usuario para el sistema desarrollado en el que se explique la forma correcta en que éste debe ser utilizado.
10. Implementar cada etapa de diseño de la parte de hardware; cada una con sus respectivas pruebas de funcionamiento.
11. Implementar todas las etapas en un solo sistema para comprobar el funcionamiento del mismo en su totalidad.

Capítulo 3: Marco teórico

En este capítulo se expone la parte teórica del proyecto, entre ésta se encuentra la descripción del proceso que se mejoró, antecedentes bibliográficos y descripción de los principales principios y procesos relacionados con la solución del proyecto.

3.1 Descripción del proceso por mejorar

El proceso mejorado se trata de una línea de manufactura de cable de red categoría 5E. Con el fin de facilitar la explicación del proceso, en la figura 3.1 se muestra un diagrama de flujo con los pasos del proceso.

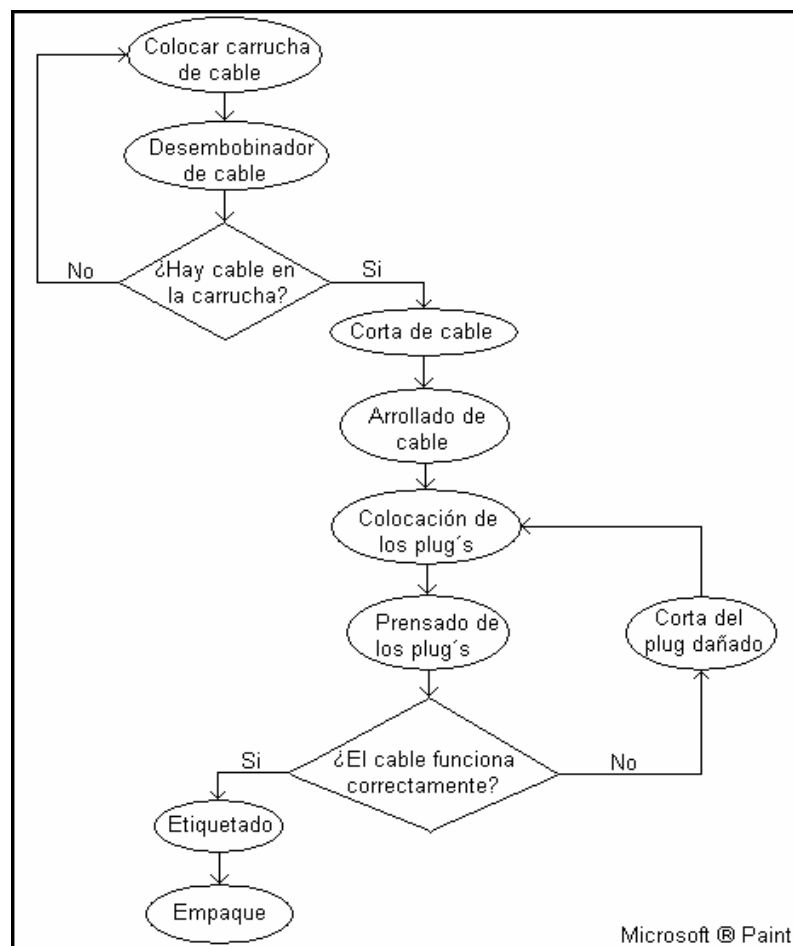


Figura 3.1 Diagrama de flujo del sistema a mejorar

Seguidamente, con la finalidad de tener un mejor panorama de la línea de producción, en la figura 3.2 se muestra la distribución de la línea de producción.

Como la primera etapa del proceso de manufactura, se encuentra un equipo que consiste de un motor y un sistema de poleas que se utiliza para surtir el cable a la cortadora de cable, la cuál se programa con la medida a la que se requiere cortar el cable y la cantidad de los mismos que se desean. De esta etapa, sigue la parte de enrollado y amarre (Coil & Tie)¹¹ de los cables para que posteriormente sean ensamblados.

Posterior a esta etapa, sigue el proceso de ensamblaje en la banda transportadora. En esta se ubican 10 operarios (5 operarios a cada lado) que se encargan de colocar los terminales al cable según los colores de los cuatro pares de cobre internos (café-blanco/café, azul-blanco/azul, naranja-blanco/naranja y verde-blanco/verde).

Una vez colocados los terminales, se procede a prensarlos al cable para que luego sean probados por medio de unos equipos, de la marca Flukes, utilizados para realizarle la inspección de calidad a los cables. Como últimos pasos se encuentran los procesos de etiquetado, embolsado y empacado de los cables ya manufacturados en cajas de cartón donde se colocan 10 unidades en cada una.

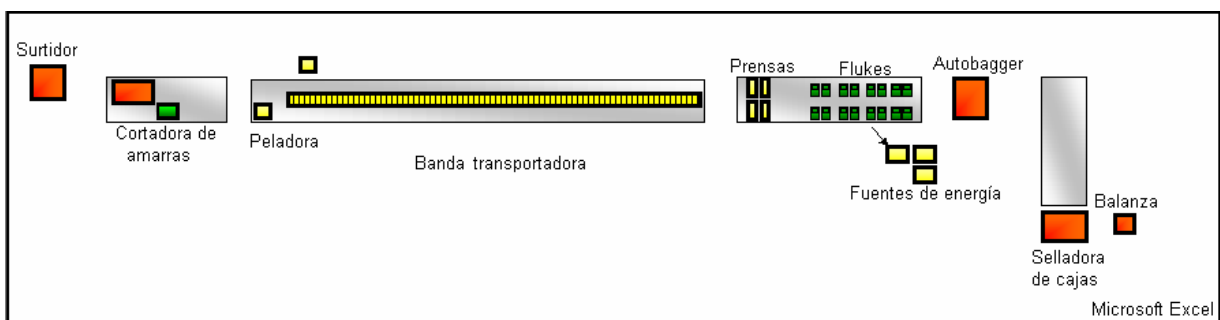


Figura 3.2 Distribución de la línea de producción

¹¹ Coil & Tie significan “amarrar” y “atar”, respectivamente

3.2 Antecedentes bibliográficos

a. Monitoreo y control por Internet de una Planta Pasteurizadora. [5]

En este documento se habla de la implementación de un sistema de monitoreo y control remoto por red de área local (*LAN*) y extendida (*WAN*) que fuera capaz de generar gráficos en vivo, control, almacenamiento y la generación de reportes de las condiciones operativas del proceso, en un ambiente *Windows* en una PC de propósito general. Para esto se propuso utilizar en *software* los componentes *ActiveX Components Works Ver. 3.0* de *National Instruments* que incluyen perillas, gráficos, y protocolo de transferencia de comunicación *DataSocket* (datos entre otras funciones y en *hardware* la tarjeta multifunciones *Lab-PC+*).

b. Implementación del sistema de adquisición de datos para la red acelerográfica del CISMID-FIC. [1]

Este es un archivo tipo *Adobe Reader* en el cual se hizo una investigación para Implementar un hardware que permitiera la adquisición directa y rápida de los registros sísmicos obtenidos por la red de acelerógrafos del CISMID, así como de un software integrado para el procesamiento de dichos datos.

Para la Implementación del Sistema de Adquisición de Datos se utilizaron los equipos existentes en el laboratorio tales como los sensores de adquisición de datos (acelerógrafos), el convertidor análogo-digital y la unidad lectora, así como una interfase de comunicaciones, que se tuvo que adquirir para poder controlar todo el sistema desde una computadora personal compatible. El software se desarrolló en un lenguaje de programación de última generación, con características gráficas y bajo entorno de *Windows 95*.

Relación:

Estos dos antecedentes se relacionan con el proyecto desarrollado en que ambos trataban sobre el almacenamiento de datos, monitoreo en tiempo real y generación de reportes de diferentes variables.

3.3 Descripción de los principios y procesos relacionados con la solución del problema

3.3.1 Proceso de manufactura

Los procesos de manufactura son la forma de transformar la materia prima que hallamos, para darle un uso práctico en nuestra sociedad y así disfrutar la vida con mayor comodidad. [3] La producción o manufactura es la creación de bienes y servicios.

La Manufactura y la Productividad

La búsqueda continua para lograr eliminar el desperdicio es sinónimo de búsqueda de productividad, entendida como aquella capacidad de la sociedad (o empresa) para usar de forma racional y óptima los recursos de que dispone: humanos, naturales, financieros, científicos y tecnológicos que intervienen en la generación de la producción para proporcionar los bienes y servicios que satisfacen las necesidades materiales educativas y culturales de sus integrantes, de manera que mejore y se eleve el nivel de vida de una persona, clase social o comunidad.

Ahora bien, si se desea saber en qué medida se aprovechan los recursos con los que cuenta la empresa es necesario medir la productividad, y esto se logra mediante la relación entre unidades producidas y los insumos empleados para un tipo específico de trabajo, es decir,

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Con base en lo anterior, se dice que aumenta la productividad cuando existe una reducción de los insumos mientras las salidas permanecen constantes, o un incremento de las salidas mientras los insumos permanecen constantes.

La productividad se ve afectada por tres factores llamados las variables de la productividad. Dichas variables son:

- 1) La mano de obra,
- 2) capital,
- 3) arte y ciencia de la administración.

Estos tres puntos críticos representan las grandes áreas en que los administradores pueden tomar acciones para mejorar la productividad. Cabe destacar que estos tres puntos son indispensables en la manufactura. [2]

3.3.2 Sistemas de sensado

En este apartado se definen las partes principales que forman un sistema de sensado y las características más importantes en el momento de escoger algún tipo de sensor o transductor para la realización de un proyecto.

- Sensor

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital o un computador) de modo que los valores sensados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de los sensores no es apta para su procesamiento, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, y amplificadores que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto del circuito. [6]

- Indicaciones para la selección de sensores

- Definir la naturaleza de la cantidad por medir.
- Conocer el rango de magnitudes y frecuencias de la cantidad por medir.
- Examinar los principios de transducción disponibles para medir la cantidad deseada.

- Especificaciones del sensor o transductor

En el momento de seleccionar un sensor o un transductor de deben tomar en cuenta las siguientes especificaciones: rango, sensibilidad, efectos de carga, respuesta de frecuencia, formato de salida eléctrica, impedancia de salida, requerimientos de potencia, medio físico, errores y calibración del transductor. [6]

3.3.3 Técnica para el control de material producido

a. Código de barras. [9]

Definición.

El Código de Barras es una disposición en paralelo de barras y espacios que contienen información codificada en las barras y espacios del símbolo.

El código de barras almacena información o datos que pueden ser reunidos en él de manera rápida y con una gran precisión. Los códigos de barras representan un método simple y fácil para codificación de información de texto que puede ser leída por dispositivos ópticos, los cuales envían dicha información a una computadora u otro dispositivo de forma serie, como si la información hubiese sido tecleada.

Para codificar datos dentro de un símbolo¹² impreso, se usa una barra predefinida y patrones de espacios o simbología¹³



Figura 3.3 Ejemplo de la forma de un código de barras

Ventajas de los códigos de barras.

El código de barras ha sido creado para identificar objetos y facilitar el ingreso de información, eliminando la posibilidad de error en la captura.

¹² Un símbolo de código de barras es la visualización física, es la impresión de un código de barras

¹³ Una simbología es la forma en que se codifica la información en las barras y espacios del símbolo de código de barras.

Algunas de las ventajas del código de barras sobre otros procedimientos de colección de datos son: se imprime a bajos costos, permite porcentajes muy bajos de error y rapidez en la captura de datos.

Aplicaciones.

Entre las aplicaciones que tiene podemos mencionar:

- Control de material en procesos, inventarios o movimientos.
- Control de tiempo y asistencia.
- Control de acceso.
- Control de calidad.
- Rastreo precisos de bienes transportados
- Facturación

Simbología en código de barras.

La “simbología” es considerada el lenguaje de la tecnología de código de barras. Una simbología es la forma en que se codifica la información en las barras y espacios del símbolo de código de barras,

Cuando un código de barras es digitalizado, es la simbología la que permite que la información se lea de manera precisa. Y cuando un código de barras se imprime, la simbología permite a la impresora comprender la información que necesita ser turnada dentro de una etiqueta.

3.3.4 Estándar de comunicación Ethernet

Ethernet es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI. Ethernet se refiere a las redes de área local y dispositivos bajo el estándar IEEE 802.3 que define

el protocolo CSMA/CD, aunque actualmente se llama Ethernet a todas las redes cableadas que usen el formato de trama descrito más abajo, aunque no tenga CSMA/CD como método de acceso al medio.

Esta tecnología fue estandarizada por la especificación IEEE 802.3, que define la forma en que los puestos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física. Originalmente fue diseñada para enviar datos a 10 Mbps, aunque posteriormente ha sido perfeccionada para trabajar a 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps y se habla de versiones futuras de 40 Gbps y 100 Gbps. [8]

Tabla 3.1 Formato de la trama de Ethernet

Trama de Ethernet						
Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Tipo	Datos	FCS
7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	1500 bytes	4 bytes

- **Preámbulo:** El preámbulo es una secuencia de bits que se utiliza para sincronizar y estabilizar al medio físico antes de comenzar la transmisión de datos. El patrón del preámbulo es:

10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010

- **SOF Delimitador del inicio de la trama (Start-of-frame delimiter):** Consiste de un byte y es un patrón de unos y ceros alternados que finaliza en dos unos consecutivos (10101011), indicando que el siguiente bit será el más significativo del campo de dirección de destino.

Dirección de destino: El campo de dirección destino es un campo de 48 bits (6 Bytes) que especifica la dirección MAC de tipo EUI-48 hacia la que se envía la trama, pudiendo ser esta la dirección de una estación, de un grupo *multicast* o la dirección

de *broadcast*. Cada estación examina este campo para determinar si debe aceptar el paquete.

Dirección de origen: El campo de la dirección de origen es un campo de 48 bits (6 bytes) que especifica la dirección MAC de tipo EUI-48 desde donde se envía la trama. La estación que deba aceptar el paquete, conoce a través de este campo, la dirección de la estación origen con la cual intercambiar datos.

Tipo: El campo de tipo es un campo de 16 bits (2 bytes) que identifica el protocolo de red de alto nivel asociado con el paquete o en su defecto la longitud del campo de datos. Es interpretado en la capa de enlace de datos.

Datos: El campo de datos contiene de 46 a 1500 Bytes. Cada Byte contiene una secuencia arbitraria de valores. El campo de datos es la información recibida del nivel de red.

FCS: El campo Secuencia de verificación de la trama (Frame Check Sequence) contiene un valor de verificación CRC (código de redundancia cíclica) de 32 bits o 4 bytes, calculado por el dispositivo emisor con base en el contenido de la trama y recalculado por el dispositivo receptor para verificar la integridad de la trama.

Capítulo 4: Procedimiento metodológico

4.1 Reconocimiento y definición del problema

La empresa Panduit de Costa Rica concluyó que se debían solucionar problemas con relación a la recolección de datos dentro de las líneas de producción de cable de red. Por lo tanto, se vió en la necesidad de buscar una forma de adquirir datos de manera automática del proceso de manufactura de cable.

Para el reconocimiento general del problema, se tuvo una reunión con el jefe del área de mantenimiento de la empresa, Ing. Marco Vinicio Alvarez, el día 03 de febrero del 2006. En esta reunión se le explicó cuáles eran los requisitos que debía tener el proyecto por realizar y en cuanto tiempo debe realizarse; seguido a esto él propuso un proyecto que querían realizar con la finalidad de resolver el problema ya mencionado dentro de la empresa.

Posteriormente, con el fin de identificar el problema, se siguieron las siguientes actividades:

- Charlas con el asesor y otros miembros de la empresa, para conocer el panorama general del problema, así como informarse del equipo y áreas disponibles para llevar a cabo el proyecto.
- Preguntas a los operarios del área del proceso de manufactura, con el fin de conocer detalladamente el sistema que realizaban.
- Observar la forma de recolección de datos que utilizaban en las líneas de producción para llevar un control de la cantidad de material producido, material rechazado, producción por operario, conocer los tiempos muertos de los operarios y de los equipos.

4.2 Obtención y análisis de información

Con la finalidad de establecer el estado del arte del problema en estudio, se realizó una búsqueda en Internet de material e investigación bibliográfica referente a la implementación de sistemas de monitoreo; también, se realizó una búsqueda bibliográfica en la biblioteca del ITCR. Por otra parte, para la obtención de información acerca del proceso de manufactura en la empresa, se procedió a realizar visitas a la misma para observar el proceso de manufactura y recolectar toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto.

Para realizar un análisis de la información obtenida se procedió a realizar un estudio del funcionamiento y desempeño del proceso; además, se realizaron charlas con expertos que tengan experiencia con solución de problemas similares al que se pretende resolver.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución

Gracias a la información brindada por miembros de la empresa, se procedió a analizar cuáles eran unas posibles soluciones que se amoldarán a las restricciones impuestas. De esta manera, con el fin de plantear una solución al problema, se procedió a conseguir información bibliográfica referente al tema.

Para verificar la validez de las posibles soluciones se realizó un análisis de las ventajas y desventajas de cada una.

Una vez planteada una solución, se procedió a presentársela al asesor y al grupo de trabajo dentro de la empresa para que estos la observen y corroboren si ésta cumple con los requisitos que estipula la empresa.

4.4 Implementación de la solución

En la implementación de la solución, se cumplió cada una de las actividades planteadas, esto para concluir cada objetivo específico y con el desarrollo de estos, cumplir con el objetivo general.

Para el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos, se realizó un estudio bibliográfico antes de pasar al diseño e implementación de las etapas.

En cada una de estas etapas, se realizó una simulación en una computadora y posterior a su verificación de funcionamiento se siguió con el desarrollo o montaje de cada una de ellas, para finalmente realizarle pruebas eléctricas y comprobar su funcionamiento. Llevando a cabo estas pruebas, se usó equipo eléctrico como el Multímetro, así como el uso de LED's para observar el cambio de las señales ante respuesta de impulsos de entrada.

Finalmente, implementada y probada cada una de las etapas, se procedió a unir las consiguiendo el funcionamiento del sistema en su totalidad

Una vez finalizado el proyecto, con sus correspondientes pruebas de funcionamiento, se procedió a elaborar el manual de usuario¹⁴. También, se expuso ante miembros del área de mantenimiento, ingeniería, producción y gerencia con el fin de informarlos acerca del sistema implementado y aclararles las dudas que ellos tuvieran. Posteriormente, se realizó un entrenamiento a los operarios de la línea de producción para que operen el sistema de forma correcta.

Para efectos de este proyecto se realizó una primera etapa, esta consiste en la correcta conexión entre el hardware (el cual debió quedar funcionando y completamente instalado) y el servidor, que es el encargado de almacenar los datos. Se comprobó que se envían los datos desde el PLC hacia el servidor de forma correcta y se tuvo la seguridad que estos datos sean interpretados por PanCIM y almacenados en la base de datos. Finalmente, se construyó la etapa de la interfaz con el usuario mediante el software interno de la empresa PanCIM.

¹⁴ Ver apéndice A.2

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

En este capítulo se explica el diseño de la solución implementada. Este capítulo se divide en tres secciones: análisis de soluciones y selección, descripción del hardware y descripción del software.

5.1 Análisis de soluciones y selección final

En esta sección se resumen las ventajas y las desventajas de las soluciones planteadas al inicio del proyecto, para finalmente explicar las causas por las cuales se escogió una de ellas.

Cuando se presentó el anteproyecto se mencionaron dos soluciones para el problema, las cuales se denominaban:

- Sistema de identificación de objetos.
- Sistema de confirmación.¹⁵

Las ventajas y desventajas de cada una se muestran en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Ventajas y desventajas de cada solución

	Ventajas	Desventajas
Primera solución: “Sistema de identificación de objetos”	<ul style="list-style-type: none">- Compatibilidad con PanCIM.- No se necesita realizar circuito impreso.- Las licencias de software ya las posee la empresa.- Comunicación usando protocolo TCP/IP.	<ul style="list-style-type: none">- Mayor tiempo de adquisición de materiales, debido a que se deben traer del extranjero.
Segunda solución: “Sistema de confirmación”	<ul style="list-style-type: none">- Equipo más rentable. (Costo más bajo)- Muchos materiales se consiguen en el país.	<ul style="list-style-type: none">- Mucho alambrado.- No se tiene certeza de compatibilidad con PanCIM.- La empresa no cuenta con algunas licencias de programación.- Mayor cantidad de componentes.

¹⁵ Esta solución se resume en el Apéndice A.6

De las dos soluciones presentadas en la tabla anterior se escogió la solución denominada “*Sistema de identificación de objetos*”, debido a que las ventajas que esta posee se adaptan más a los requisitos del proyecto exigidos por la empresa, como lo son la compatibilidad con PanCIM (para ello se necesitaba una comunicación utilizando Ethernet o la red DH-485), otra de las características importantes de esta solución es que no se necesita realizar circuito impreso, por lo que si en algún momento llega a fallar algún equipo éste se reemplaza, se programa (en caso de ser necesario) y el sistema sigue funcionando con normalidad.

En lo que respecta al software por utilizar para programar el dispositivo programable (PLC), la empresa ya cuenta con el mismo, denominado RSLinx Classic y RSLogix 500 utilizado para programar PLC’s de la marca Allen Bradley.

5.2 Descripción del hardware

En esta sección se hace una descripción detallada de todos los módulos de hardware diseñados para el desarrollo del proyecto, lo anterior enfocándose en lo que respecta al sistema de adquisición de datos (sección 5.2.1) y el diseño del sistema de control automático (sección 5.2.2).

5.2.1 Sistema de adquisición de datos

En este apartado se exponen los módulos de hardware implementados en el proyecto para lograr la adquisición de datos de la línea de forma automática.

El encargado de controlar el funcionamiento del sistema es el PLC ¹⁶ (Controlador Lógico Programable) Micrologix 1100 de la marca Allen Bradley , el cual recibe los datos provenientes de los lectores de códigos de barras y las señales provenientes de los interruptores que se utilizan para controlar los tiempos muertos de los operarios y equipos.

¹⁶ PLC por sus siglas en inglés “Programable Logic Controller”

En la figura 5.1 se muestra el diagrama de la conexión realizada entre los dispositivos utilizados en el proyecto. El funcionamiento de estos dispositivos se explica posteriormente.

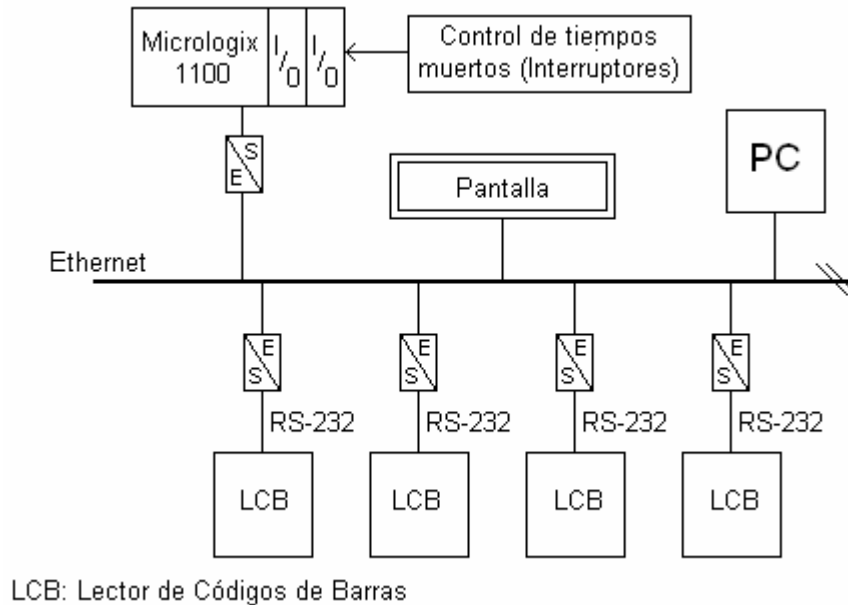


Figura 5.1 Conexión de los componentes de hardware del proyecto

En el desarrollo del proyecto lo primero que se diseñó y programó fue el control de los tiempos muertos de los operarios y de los equipos en la línea de producción. Para esto, se utilizaron unos interruptores que se deben activar cuando se detiene algún equipo o cuando algún operario abandona la línea de producción por una causa determinada.

En la figura 5.2 se muestra el tipo de interruptores y las bases de los mismos que se utilizaron para el control de los tiempos muertos (marca Allen Bradley, serie 800F).



Figura 5.2 Cierre de metal, bloque del contacto e Interruptor utilizados para controlar los tiempos muertos¹⁷

Seguidamente, en la figura 5.3 se muestra el diagrama de la conexión de los interruptores con los módulos de entrada del PLC. Estos módulos de entrada corresponden a la serie 1762-IQ16 de Allen Bradley.

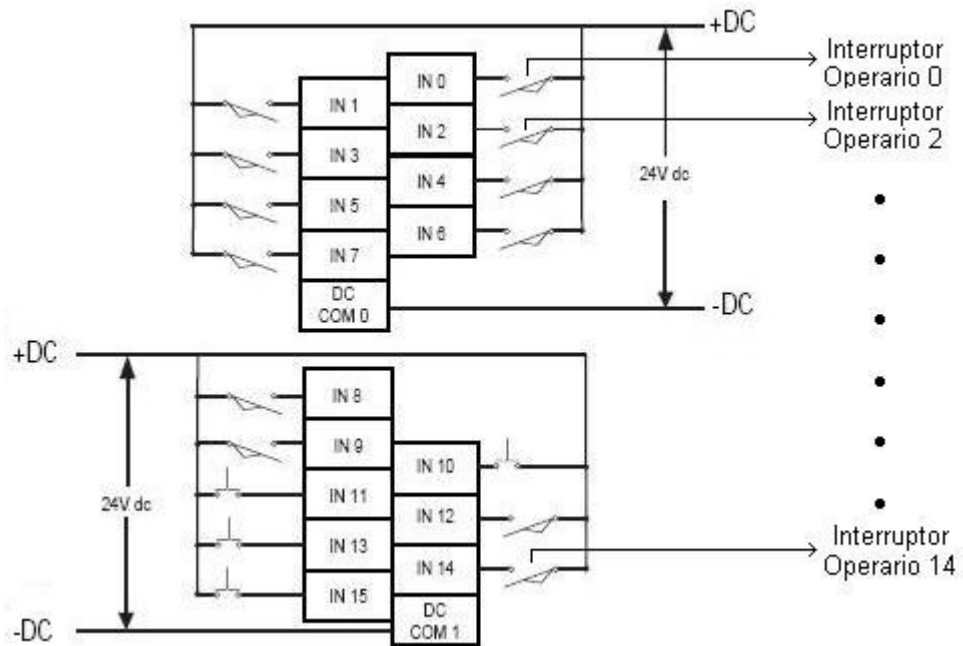


Figura 5.3 Diagrama de conexión de los interruptores con los módulos de entrada

¹⁷ Imagen tomada de la página de internet: www.ab.com

a. Cálculo de cable necesario para el proyecto.

En la figura 5.4 se muestra la forma de la canalización de los cables eléctricos en la línea de producción para la colocación de los interruptores.

Las siglas *Op1* hasta *Op10* representan a los operarios de ensamble en la banda transportadora, el indicado como C&T 1 representa al operario de Enrollado y Amarra, los operarios indicados como P.1 y P.2 son los operarios de las prensas, los F son los ubicados en la estación de los Flukes (pruebas de los cables) y los Et.1 - Et2 representan a los ubicados en etiquetas. Los rectángulos con un círculo en el centro indican que en este punto se encuentra una elevación del cableado, debido a que entre estas dos mesas se encuentra un espacio libre por el cual transita constantemente personal y operarios.

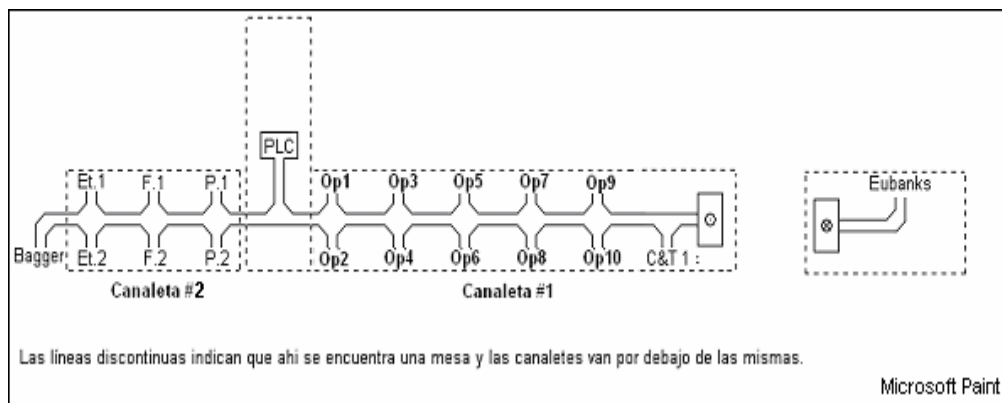


Figura 5.4 Distribución de los cables en la línea de producción

Se consideró la ubicación ideal para el gabinete del controlador programable (PLC), en un punto medio de la línea en donde se encuentra la mayor cantidad de operarios y por lo tanto se necesita menos cantidad de cable para la alambrar los interruptores; además, al final de las bandas trasportadoras y en la zona de inspección es donde se ubicarán los lectores de códigos de barras.

El cable que se utilizó para el proyecto es el cable #18 AWG (500V/15A). Dentro de la canaleta #1 pasan, en la zona más gruesa¹⁸, un total de 13 cables, por

¹⁸ Esto debido a que conforme se recorre la canaleta de izquierda a derecha, el rollo de cables se hace más angosto.

el canal; dentro de la canaleta #2 pasan un total de 12 cables y por la canaleta #3 pasan 7 cables.

En la tabla 5.2 se muestran las longitudes de los cables que se necesitan para conectar los interruptores a los módulos de entrada del PLC.

Tabla 5.2. Distancias del PLC a los puestos de operarios de la línea

Canaleta # 1		
<i>Distancia del PLC a:</i>	<i>Suma de distancias (ft)</i>	<i>Total (m)</i>
Op. Conveyer 1 y 2	$(1.22 + 0.92 + 0.46) \times 0.61$	5.18
Op. Conveyer 3 y 4	$(1.22 + 1.92 + 0.46) \times 0.61$	7.20
Op. Conveyer 5 y 6	$(1.22 + 2.92 + 0.46) \times 0.61$	9.20
Op. Conveyer 7 y 8	$(1.22 + 3.93 + 0.46) \times 0.61$	11.21
Op. Conveyer 9 y 10	$(1.22 + 4.94 + 0.46) \times 0.61$	13.22
Op. Coil & Tie 1	$(1.22 + 1.86 + 0.46)$	7.77
Op. Eubanks	$(1.22 + 10.36 + 3.29 + 0.46)$	15.33
Cable del positivo (120VAC)	$[1.22 + (3.65 \times 0.14) + 10.36 + (1.64 \times 0.61)]$	20.36
	Total longitud de canaleta #1	89.50
Canaleta #2		
<i>Distancia del PLC a:</i>	<i>Suma de distancias (ft)</i>	<i>Total (m)</i>
Op's prensas	$(1.22 + 0.28 + 0.46) \times 0.61$	5.18
Op's flukes	$(1.22 + 1.83 + 0.46) \times 0.61$	7.01
Op's etiquetas	$(1.22 + 2.74 + 0.46) \times 0.61$	8.84
Op autobagger	$(1.22 + 4.26 + 0.46)$	5.94
Cable del positivo (120VAC)	$[1.22 + 4.2672 + (7 \times 0.46)]$	8.68
	Total longitud de canaleta #2	35.66

La suma total de la longitud de los cables eléctricos para conectar los interruptores es de aproximadamente 125.16 m.

b. Conexión de los lectores de códigos de barras con el PLC.

A continuación, se explica la conexión que se realizó para la comunicación entre los lectores de códigos de barras, el PLC y el servidor (Como se mostró en la figura 5.1). Además, se explica el funcionamiento del hardware utilizado para la implementación del mismo.

Los lectores de códigos de barras utilizadas, se comunican mediante el protocolo de comunicación serial RS-232 enviando por el mismo una cadena de caracteres ASCII con la información del código de barras leído.

Seguido a estos dispositivos, el convertidor Serial-Ethernet, marca StarTech serie NETRS232-2 (mostrado en la figura 5.5), se utilizó para convertir del protocolo de comunicación serial RS-232 al protocolo de comunicación Ethernet, debido a que este último posee una serie de ventajas sobre el primero. Este dispositivo convierte la información proveniente de las lectoras de códigos de barras de Serial a Ethernet, dándole la característica a la transmisión de alcanzar mayores distancias a mayores velocidades.



Figura 5.5 Convertidor Serial-Ethernet utilizado para conectar los lectores

El convertidor que se conecta a la entrada del PLC funciona inversamente, éste convierte de Ethernet a Serie, para que el PLC interprete los datos enviados por los lectores. Los convertidores están conectados a un derivador (“Switch”), utilizados en las redes Ethernet para conectar varias Computadoras o dispositivos.

Los convertidores funcionan de la siguiente manera: cuando esos se conectan a una red Ethernet, son reconocidos por una computadora personal como puertos de comunicación adicionales, es decir, funcionan como si fueran puertos seriales externos (COM5, COM6, etc.).

De esta forma, para controlar la información que pasa por estos dispositivos, se creó un software para la PC en lenguaje de programación Java, el cual recibe los datos provenientes de los lectores de códigos de barras y además, identifica por cual de los puertos serie se recibieron los datos. De esta forma, dependiendo de cual puerto de comunicación fue detectado, se le agregan dos caracteres adicionales a la cadena recibida para luego enviársela al PLC por otro puerto de comunicación serie distinto al que se recibieron los datos, para que el controlador los interprete.

Por ejemplo: suponga que el lector de códigos de barras ubicado al final de una banda transportadora, conectado al puerto de comunicación COM3, leyó una etiqueta con un código proveniente del operario de ensamble número 7. El código de este operario corresponde al “070707”¹⁹, de esta manera, la PC recibe la cadena con el código “070707” y además detecta que se recibió por el puerto COM3, al cual está conectado uno de los lectores que se ubican al final de la banda transportadora.

La computadora personal al recibir esta cadena de caracteres e identificar por cual puerto se recibieron, le agrega un identificador asignado a cada uno de los puertos serie. En este caso, se le añade al final de la cadena los caracteres “AA”. Finalmente, se envía al PLC la siguiente cadena: “070707AA”, donde el PLC interpreta que se leyó una etiqueta del operario de ensamble número 7 en la zona de ensamble de la línea de producción.

A continuación, se muestra la tabla con los identificadores de los códigos de barras para cada operario de ensamble, así como también el identificador de cada lector ubicado en la línea de producción.

¹⁹ En la tabla 5.3 se muestran los códigos de los operarios de ensamble así como también los identificadores para cada lector ubicados en la línea de producción.

Tabla 5.3 Identificación de los operarios de ensamble y de los lectores en la línea de producción

Numero de operario	Código de identificación	Numero de operario	Código de identificación
01	010101	11	111111
02	020202	12	121212
03	030303	13	131313
04	040404	14	141414
05	050505	15	151515
06	060606	16	161616
07	070707	17	171717
08	080808	18	181818
09	090909	19	191919
10	101010	20	202020
Ubicación del lector de códigos de barras		Código de identificación	
Bandas transportadoras		AA	
Pruebas de calidad (Cables ensamblados correctamente)		BB	
Pruebas de calidad (Cables defectuosos)		CC	

Para conectar todos los dispositivos en la red Ethernet de la empresa, se utilizó un Switch Linksys (Figura 5.6 b). Estos dispositivos corresponden a la PC, los convertidores Serial-Ethernet que van a los lectores de códigos de barras y al PLC, como se muestra en la siguiente figura 5.6 a.

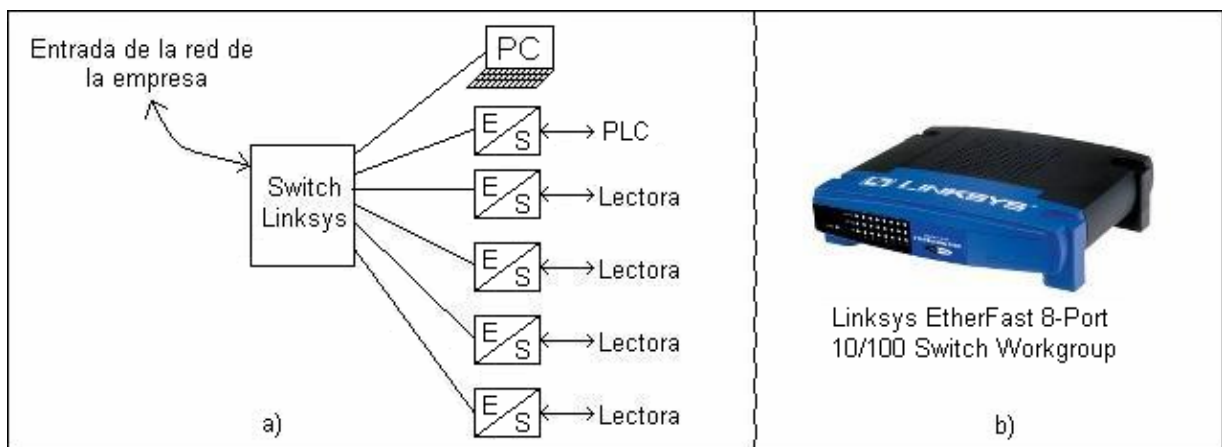


Figura 5.6 a) Conexión de los dispositivos con el Switch. b) Switch Linksys EtherFast 8-Port

c. Distribución de los dispositivos dentro del gabinete del PLC.

En este apartado se muestra la distribución de los componentes dentro del gabinete del PLC. Los dispositivos que se colocaron dentro del panel corresponden a los componentes que necesitan ser aislados del contacto con el medio físico, para protegerlos del ruido que puede existir dentro de una empresa, suciedad, humedad, entre otros.

Los componentes que se encuentran dentro del gabinete corresponden a:

- PLC, Micrologix 1100. (P/N: 1763-L16BWA)²⁰
- Módulos de entrada de 24. (P/N: 1762-IQ16)
- Fuente de alimentación de 24V.
- Bornes.
- Portadores de fusibles.
- Protector contra transientes.

Se utilizan bornes para no conectar directamente el cableado proveniente de los interruptores ni de los sensores a los módulos de entrada conectados al PLC. El protector contra transientes se utiliza para proteger al controlador contra picos de voltaje que puedan causar que éste se dañe.

En la figura 5.7 se muestra la distribución de todos estos elementos dentro del gabinete.

²⁰ P/N corresponde al número de parte del fabricante.

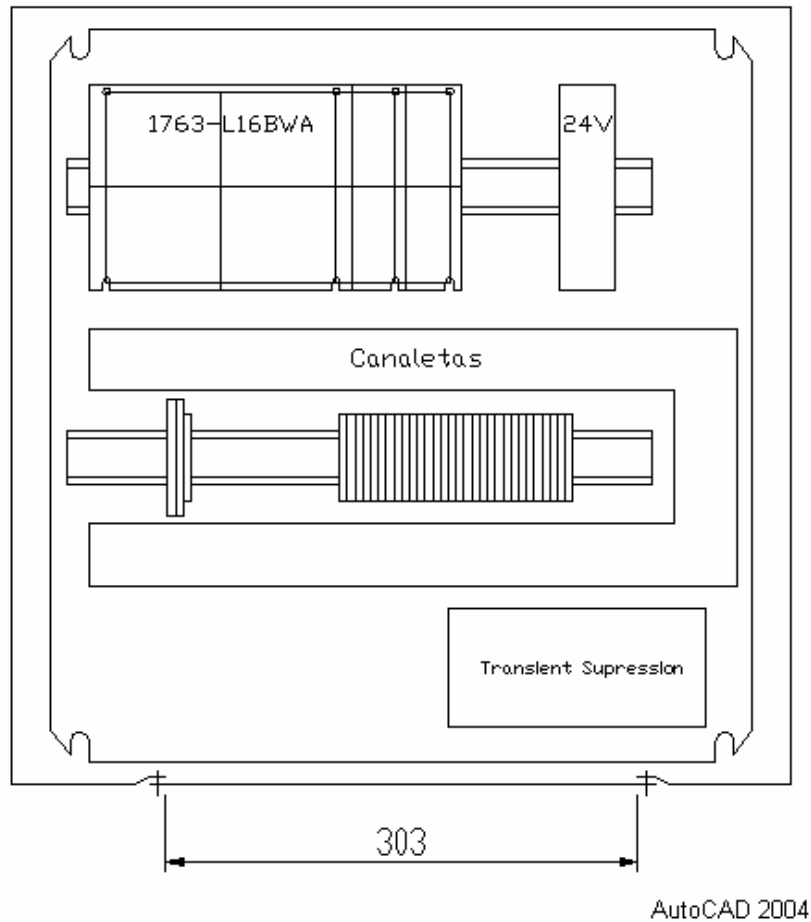


Figura 5.7 Distribución de los componentes dentro del gabinete

Además de los componentes que se visualizan en la figura 5.7, dentro del gabinete se colocó el Switch Ethernet y uno de los convertidores Serial-Ethernet.

d. Rechazo de cajas en zona de empaque.

Para este apartado se explica el estudio de factibilidad realizado para implementarse en la zona de empaque para que se rechacen las cajas que poseen más o menos peso del establecido en la balanza electrónica.

Mediante un estudio de las características de la balanza electrónica y de las características de entrada y salida del PLC utilizado, se determinó que sí es posible implementar un sistema de esta clase por las razones que se mencionarán a continuación.

La balanza electrónica posee dos señales de salida que se utilizan para activar dos luces indicadoras cada vez que se coloca una caja en ella. Cuando la caja posee el peso establecido se emite una señal que enciende una luz de color verde indicando que la caja contiene el peso correcto. Si el peso de la caja se sale del establecido en la balanza, se emite una señal que activa una luz roja para que la caja sea rechazada.

De esta manera, para controlar el sistema de rechazo, se debe tomar la señal que se emite en caso de error y enviarla a una de las entradas discretas del PLC (podría ser la entrada I0:0/0, es decir, la entrada 0 del PLC). Entonces por medio de una lógica, programada en este dispositivo, se puede activar una salida que se encargaría de controlar un pistón mecánico. Así, en caso que una caja posea el peso correcto, el pistón no es activado.

En la figura 5.8 se muestra mediante un diagrama de bloques la conexión que se debe realizar para implementar el sistema de rechazo de cajas.

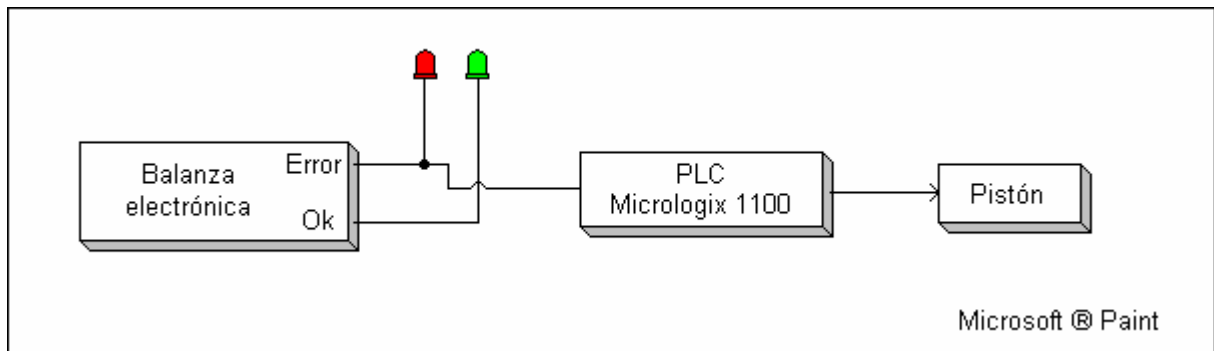


Figura 5.8 Diagrama de bloques del sistema de rechazo de cajas

En el caso de la figura anterior, la conexión entre la balanza y el PLC se realiza directamente debido a que la señal de salida de la balanza es de 24VDC y las entradas del PLC son del mismo voltaje.

En la figura 5.9²¹ se muestra el bloque de terminales de entrada y salida del PLC Micrologix 1100.

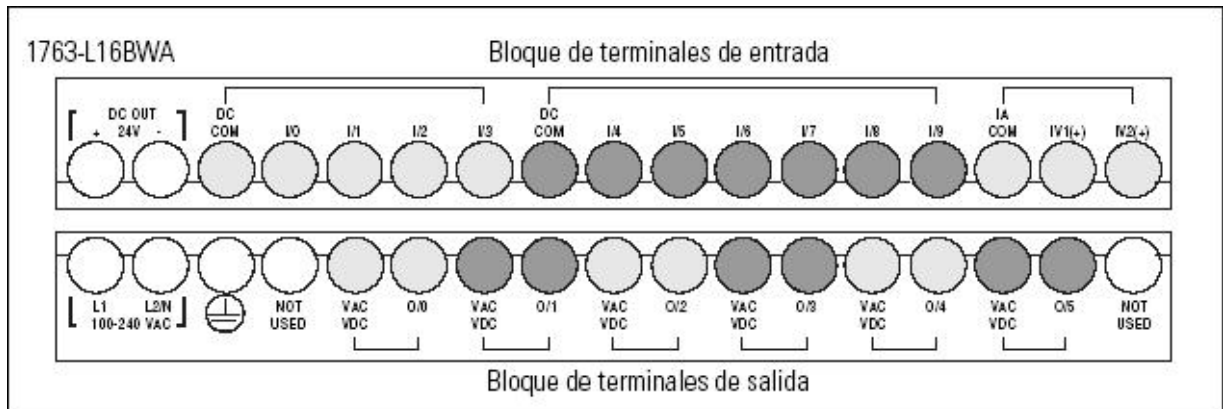


Figura 5.9 Bloque de terminales del PLC Micrologix 1100

Para la conexión entre el PLC y el pistón se debe seguir el esquema mostrado en la figura 5.10. En el caso del controlador utilizado las salidas son de tipo relé, por lo tanto la activación del pistón se realiza como se muestra en la figura 5.10.

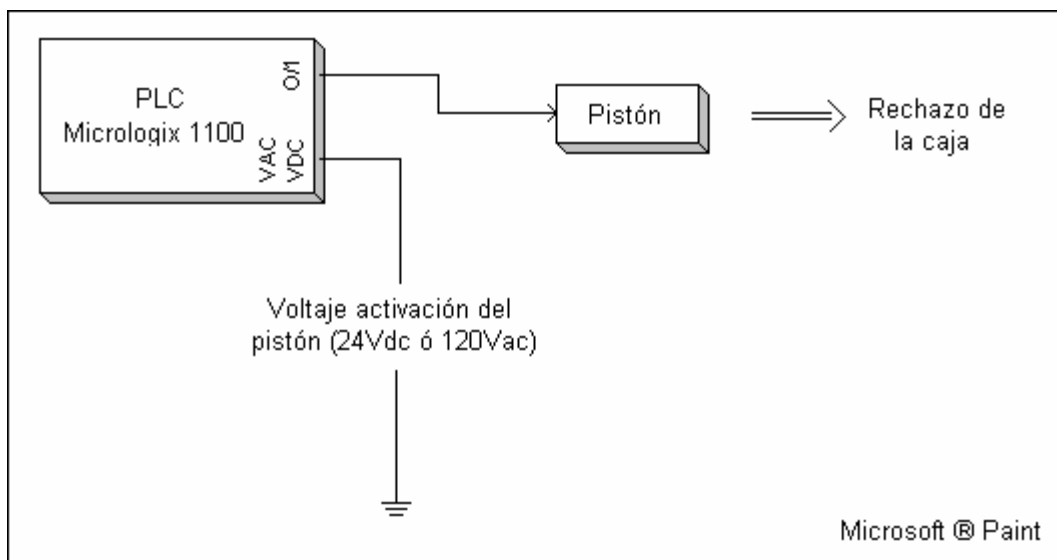


Figura 5.10 Conexión PLC - Pistón

²¹ Figura tomada del catálogo de Allen Bradley, Micrologix™ 1100 Programmable Controller Cat. No. 1763-L16BWA

5.2.2 Control automático de la velocidad de la banda transportadora

En este apartado se explica el diseño y el modelado matemático del control de la velocidad de la banda transportadora.

Para iniciar se describen las partes de las cuales consta el sistema de bandas transportadoras de la línea.

Un **motor** de CD, marca *Bodine Electric Company*, que se encarga de hacer girar el sistema de bandas transportadoras, en el cual se regula la velocidad por medio de un potenciómetro.

Un **par de poleas** que se encargan de hacer el movimiento giratorio de las bandas. Estas poleas tienen una separación entre sus ejes de 110 cm.

Una **banda transportadora** de 110 cm de longitud que gira entre las dos poleas.

a. Obtención del modelo matemático del sistema

Cuando se estableció el modelado matemático del motor de CD, se utilizaron los principios de funcionamiento de un motor de CD permanente (ver figura 5.11). Se consideraron las siguientes variables para analizar el modelo del motor de CD:

$I_a(t)$ = Corriente de armadura.

R_a = Resistencia de armadura.

$e_b(t)$ = Fuerza contraelectromotriz.

$T_L(t)$ = Par de carga.

$T_m(t)$ = Par del motor.

$\theta_m(t)$ = Desplazamiento del rotor.

K_j = Constante del par.

L_a = Inductancia de la armadura.

$e_a(t)$ = Voltaje aplicado.

K_b = Constante de fuerza contraelectromotriz.

f = Flujo magnético en el entrehierro.

$\omega_m(t)$ = Velocidad angular del rotor.

J_m = Inercia del rotor.

B_m = Coeficiente de fricción viscosa

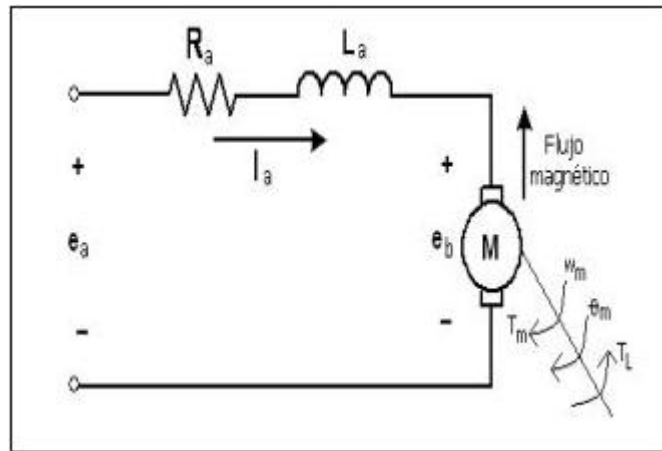


Figura 5.11 Modelo de un motor de CD excitado de forma separada

El control del motor CD se aplica a las terminales de la armadura en la forma del voltaje aplicado $e_a(t)$. Para desarrollar un análisis lineal, primero se tiene que el par desarrollado por el motor es proporcional al flujo en el entrehierro y a la corriente de armadura, de la siguiente forma:

$$T_m(t) = K_i(t) \Phi i_a(t) \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

Se consideró que el flujo es constante, por lo tanto, la ecuación 5.1 se convierte en:

$$T_m(t) = K_i(t) i_a(t) \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

Donde K_i representa la constante de par del motor. El modelado se realizó tomando en cuenta la parte eléctrica y la mecánica del motor.

$$\frac{di_a(t)}{dt} = \frac{ea(t)}{La} - \frac{Ra}{La} * i_a(t) - \frac{Kb}{La} * \omega_m(t) \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

$$T_m(t) = K_i i_a(t)$$

$$e_b(t) = K_b \frac{d\theta_m(t)}{dt} = K_b \omega_m(t) \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

$$\frac{d\omega_m(t)}{dt} = \frac{1}{J_m} T_m(t) - \frac{1}{J_m} T_L(t) - \frac{B_m}{J_m} \frac{d\theta_m(t)}{dt} \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

De las ecuaciones anteriores es importante señalar que $e_a(t)$ es considerado como la causa de todas las causas, $di_a(t)/dt$ es considerado el efecto inmediato de aplicar el voltaje $e_a(t)$, $i_a(t)$ produce el torque $T_m(t)$, la ecuación 5.4 define la fuerza contraelectromotriz y la relación 5.5 muestra que el $T_m(t)$ produce la velocidad angular $\omega_m(t)$ y el desplazamiento $\theta_m(t)$ del motor.

Las variables de estado del sistema son: la corriente de armadura $i_a(t)$, la velocidad angular del motor $\omega_m(t)$ y el desplazamiento $\theta_m(t)$, al sustituir directamente y al eliminar variables que no son de estado de las ecuaciones de la 5.2 a la 5.5 se obtienen las ecuaciones de estado del sistema del motor CD. Estas ecuaciones expresadas en forma matricial se muestran a continuación, donde $T_L(t)$ se considera como una segunda entrada al sistema.

En la figura 5.12 se muestra un controlador utilizado para dirigir el sistema en función de las entradas y la salida. En la misma figura, la *Planta* corresponde a cualquier sistema físico que es controlado por el sistema de control; en este caso, se relaciona con el sistema de poleas, el motor y la banda transportadora.

La variable de proceso corresponde a la condición de la cual va a depender el sistema de control automático, para este caso, corresponde a la velocidad de giro de la banda transportadora.

El actuador es el dispositivo que se encarga de convertir las señales enviadas por el controlador hacia la planta, para que ésta responda a los cambios de entrada y salida del sistema, según el diseñador lo haya establecido. En el caso de este sistema, el actuador corresponde a varios contactores que se activarán dependiendo de las señales discretas enviadas por el controlador, para que así el motor que se encarga de hacer girar a la banda tenga a la entrada un cierto voltaje de CD medio que permita que éste gire a diferentes velocidades.

El punto de ajuste o referencia se calculará en función del número de operarios que se encuentren en la línea en la zona de ensamble y de la eficiencia de la producción de la línea. El punto de ajuste se comparará con la señal enviada por el transductor de velocidad para tomar la acción de control correspondiente.

De esta manera, sustituyendo todos estos componentes mencionados en la figura 5.12, esta queda como se muestra en la figura 5.13. Donde se observa los objetos reales del sistema.

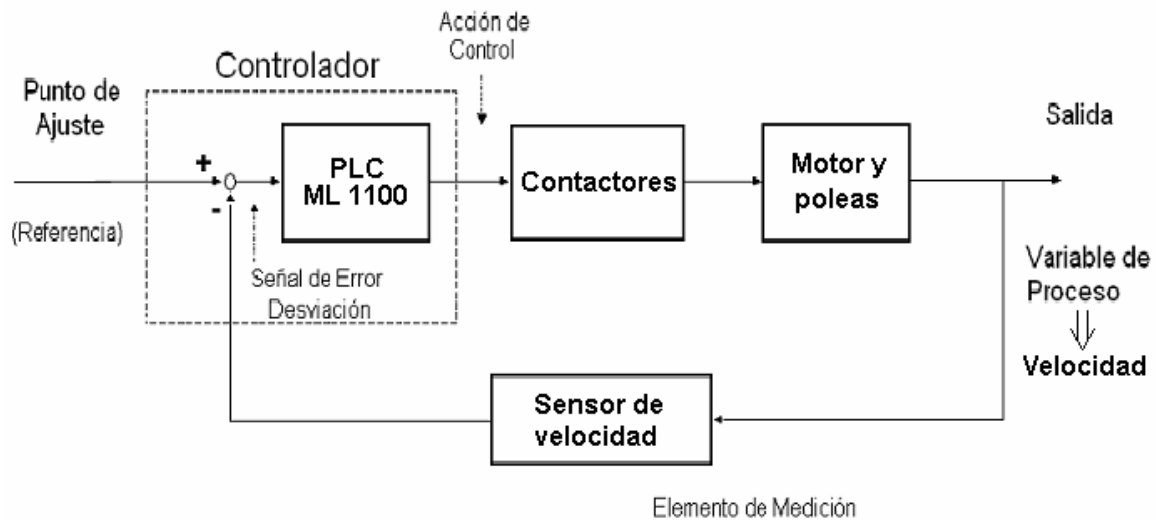


Figura 5.13 Diagrama de un sistema de control de lazo cerrado de la banda transportadora

b. Implementación del sistema de control automático

Para la implantación del sistema de control automático de las bandas transportadoras, se debe tomar como base el diagrama de lazo cerrado que se muestra en la figura 5.13.

En el desarrollo de la implementación se deben seguir los pasos que se describen a continuación:²²

1. Paso 1

Tomar la salida del sensor de velocidad con el que cuenta el sistema de rotación de la banda transportadora y pasarla por un amplificador de señal de forma que esta varíe entre 0 y $10V_{DC}$ que es el rango de las entradas analógicas del PLC.

2. Paso 2

Tomar la señal de salida de la etapa amplificadora y conectarla a una de las siguientes entradas analógicas del controlador programable, como la IV1(+) ó IV2(+).

²² Se aclara que el estudiante será el encargado de implementar el sistema de control de velocidad, debido a que este fue contratado por la empresa para continuar con la realización del proyecto. Sin embargo, la implementación del sistema de control de velocidad no forma parte del proyecto de graduación.

3. Paso 3

Configurar el PLC Micrologix 1100 para realizar el control de un regulador PID que este posee internamente. Se debe asignar el valor correspondiente a cada una de las variables solicitadas.

4. Paso 4

Conectar cinco salidas digitales del PLC a cinco contactores de permitan al sistema de motores y poleas, que controlan la banda transportadora, cambiar entre 5 velocidades dependiendo del número de operarios de la zona de ensamble y de la eficiencia de la línea.²³

Al ser un sistema con contactores se trata de un sistema de velocidades discretas, por lo tanto, cada una de las salidas va conectada a un contactor.

5.3 Descripción del software

Finalmente, en esta sección se explica el software con el cual se programa el PLC y la transmisión de datos serie a través de la PC. También se incluye información sobre el software utilizado para controlar la base de datos y la interfaz con el usuario.

Para el desarrollo del proyecto se recurrió a dos paquetes de Rockwell Automation, compañía que desarrolla el software utilizado por dispositivos de la marca Allen Bradley. Estos programas son los siguientes:

- RSLinx Classic v2.50.01
- RSLogix 500 v5.50

²³ El diseño de este sistema de control automático no se profundizó debido a que en la primera etapa del proyecto solo se pretendía implementar el sistema de adquisición de datos de la línea. En una etapa posterior al proyecto de graduación se implementará el control de velocidad de la banda y la implementación de este proyecto en otras líneas de cable.

Además de los programas mencionados anteriormente, se utilizaron otros más, encargados de controlar la base de datos y los valores que se despliegan en pantalla, pertenecen al fabricante AspenTech, correspondientes a:

- Graphics Console System (GCS)
- InfoPlus21 Administrator.

También, se utilizó el software Java para crear un programa que se encarga de la transmisión de datos entre los lectores de códigos de barras y el PLC.

5.3.1 RSLinx Classic

Este programa se utiliza para realizar la conexión con los dispositivos de diferentes tipos de red. En éste se puede visualizar la red Ethernet. Esencialmente, este programa funciona como canal de comunicación de la computadora con el PLC.

Este software permite conectividad con todas las aplicaciones de Rockwell Automation Software o de Allen Bradley; además, permite envío de información mediante DDE²⁴ que es soportado por otras aplicaciones de Microsoft Excel.

De esta manera, el software se utilizó como vía de programación y transmisión de datos entre la computadora y el PLC.

²⁴ Intercambio Dinámico de Datos, por sus siglas en inglés.

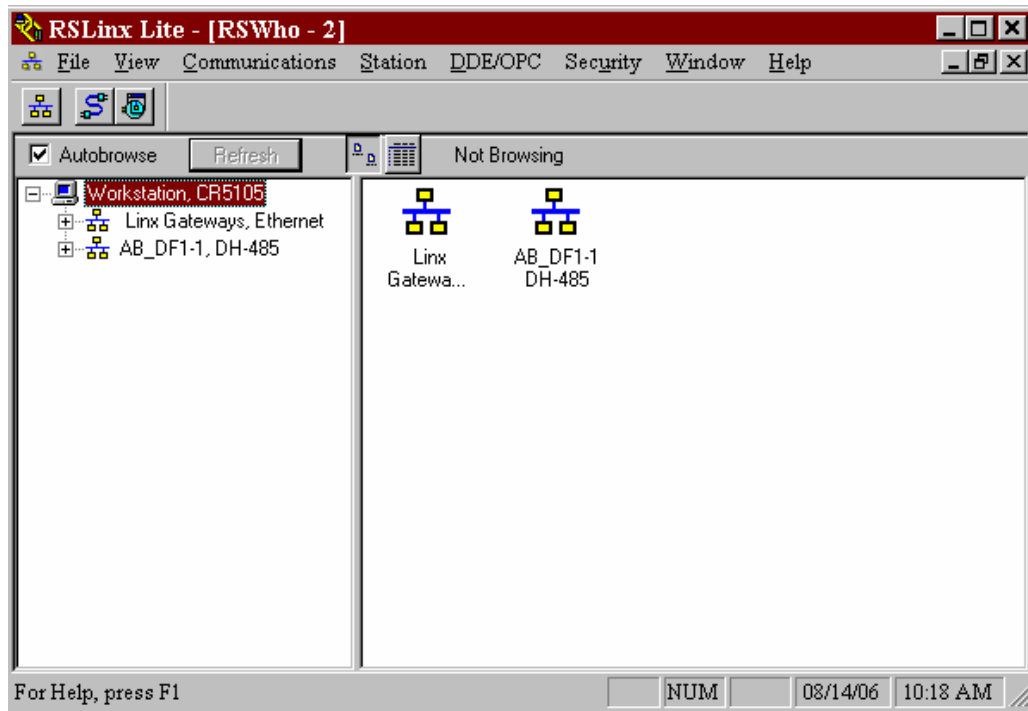


Figura 5.14 Ambiente del programa RSLinx

5.3.2 RSLogix 500

Este software fue utilizado para crear el código de escalera del PLC. En este se realizó toda la configuración respectiva al PLC Micrologix 1100, sus puertos de comunicación, archivos de programa, archivos de datos (pueden ser binarios, numéricos, cadenas de caracteres, temporizadores, etc). También se visualizaba en detalle las entradas, salidas, status del PLC y otra serie de datos.

La forma de ejecución del código fuente es secuencial en forma cíclica, por lo que se estructura el mismo en varios módulos por facilidad de programación y revisión del mismo, en caso que se deban hacer modificaciones en un futuro.

En este software también se especificaron los módulos que tiene instalados el PLC. Esta información bien puede ser leída desde el controlador a través del RSLinx o puede ser configurado manualmente. La configuración de los módulos puede necesitar recurrir a un acceso del "I/O configuration" o bien mediante los archivos de datos de cada módulo. En este "I/O configuration" es la sección en la que se

configuran los módulos y es posible importar la información de que módulos se encuentran conectados.

Es posible conectarse con el PLC y ver en tiempo real la ejecución del código, para ello es requisito que se esté ejecutando el RSLinx ya que se encarga del manejo de la información. En el programa de RSLogix, si bien hay que definir los puertos de comunicación del PLC también hay que definir el controlador de software por el cual se realiza la conexión con el PLC

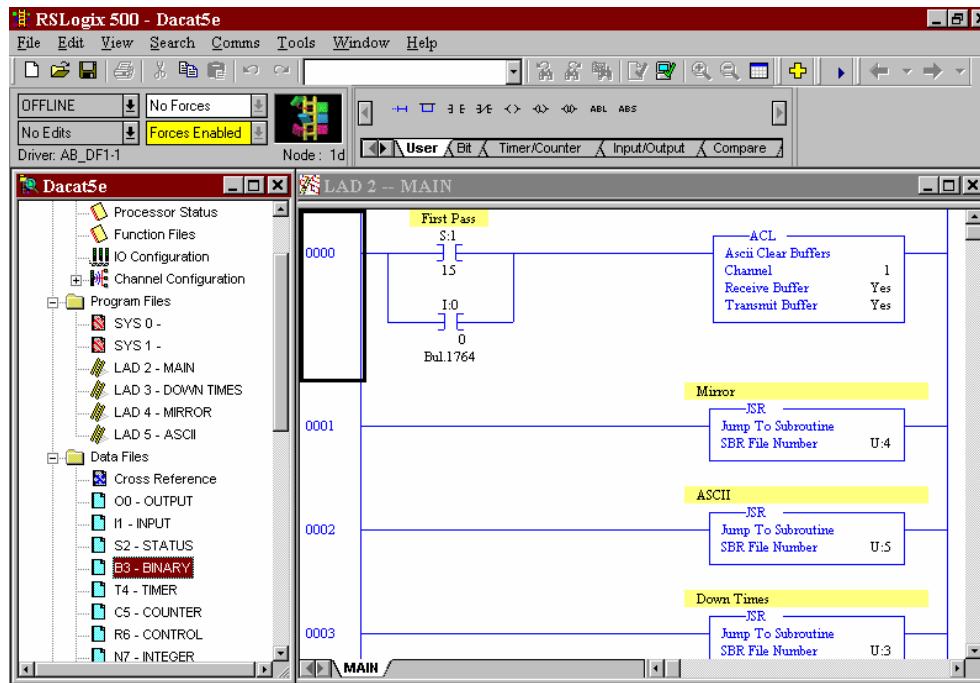


Figura 5.15 Ambiente del programa RSLogix

5.3.3 Java

El lenguaje de alto nivel denominado Java, cumple un papel muy importante en el funcionamiento del sistema. Como se explicó en el apartado 5.2.1, inciso b, se desarrolló un programa en lenguaje de programación que recibe los datos provenientes de los lectores de códigos de barras e identifica por cual de los puertos serie se recibieron los datos; de esta manera, dependiendo de cual puerto de comunicación fue detectado se le agrega un identificador a la cadena de caracteres

recibidas para luego enviárselo al PLC por otro puerto de comunicación serial distinto al que se recibieron los datos, para que de esta manera, el PLC los interprete.

Entonces, si se recibe una cadena de caracteres provenientes por el puerto de comunicación 3, esto nos hace saber que el lector está ubicado en la banda transportadora. Por lo tanto, se le agrega un sufijo “AA” para que el PLC se dé cuenta que el lector que envió la información corresponde a uno de los que está ubicado en la banda transportadora.

En la figura 5.16 se muestra la pantalla que se muestra cuando se está corriendo el programa en Java para la transmisión de datos.



Figura 5.16 Pantalla del programa de transmisión de datos en Java

5.3.3 PanCIM, InfoPlus21 y GCS

PanCIM es un software de visualización de procesos de producción que se utiliza internamente dentro de la empresa Panduit de Costa Rica. PanCIM es el

nombre asignado por la empresa a este sistema de visualización el cual es creado utilizando un software de la marca AspenTech llamado GCS²⁵.

Los datos que son visualizados por medio de GCS son tomados de una base de datos de la misma marca denominado InfoPlus21. De esta manera, los datos son transmitidos desde el PLC hacia el servidor utilizando como puente de comunicación el programa RSLinx; así, una vez almacenados en la base de datos estos pueden ser mostrados en PanCIM o también se pueden generar reportes utilizando Microsoft Access o Microsoft Excel.

Es muy importante destacar que el proyecto realizado y el sistema de visualización es sumamente innovador, ya que antes de concluir este proyecto, PanCIM se utilizaba solo para monitorear procesos de producción llevados a cabo por máquinas. Esta es la primera vez que se utiliza para monitorear un sistema de producción²⁶ en donde el ensamble del producto final es realizado por personas y no por máquinas.

En la figura 5.17 se muestra el ambiente gráfico del programa GCS, en el cual se crearon las pantallas de visualización de datos de la línea de producción.

²⁵ GCS que por sus siglas en inglés es Graphics Console System

²⁶ Primera vez que se monitorea un sistema de producción realizado por personas, no solo en la sede de Costa Rica; sino, en las doce sedes de manufactura con las que cuenta Panduit a nivel mundial.

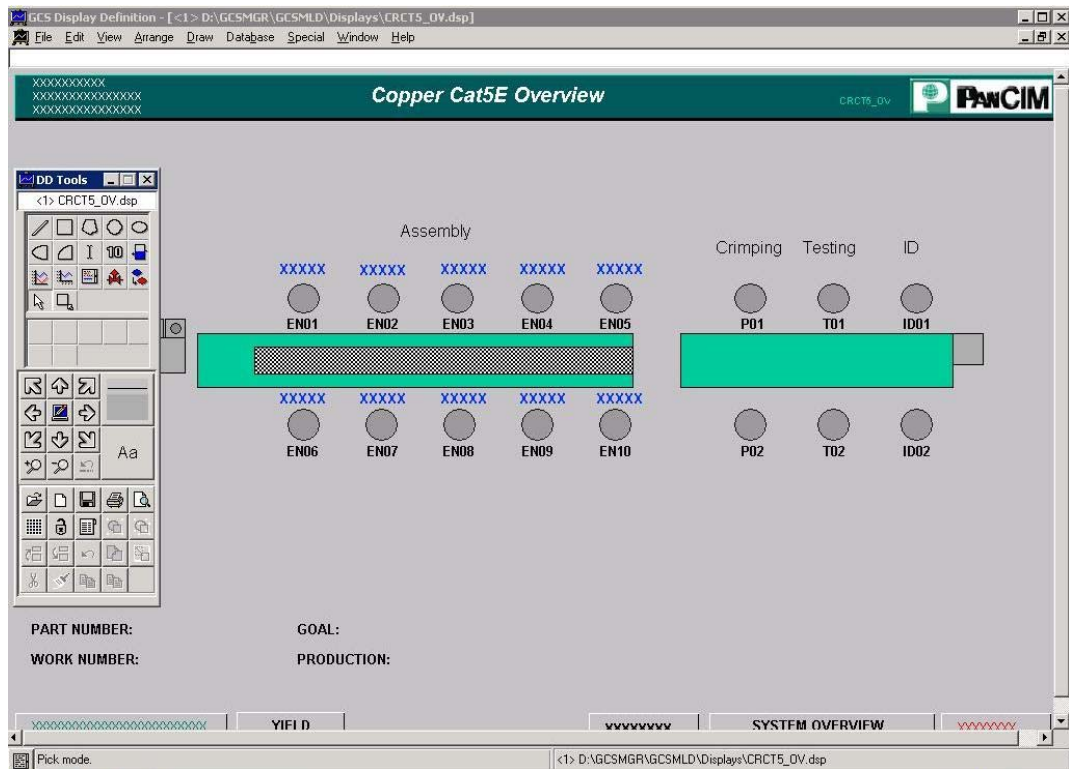


Figura 5.17 Ambiente del programa GCS

Por otro lado, en la figura 5.18, se muestra el ambiente de trabajo del programa con el cual se administra la base de datos. Este permite tanto recibir los datos del PLC como realizar cálculos y controlar los datos que se pueden desplegar en GCS.

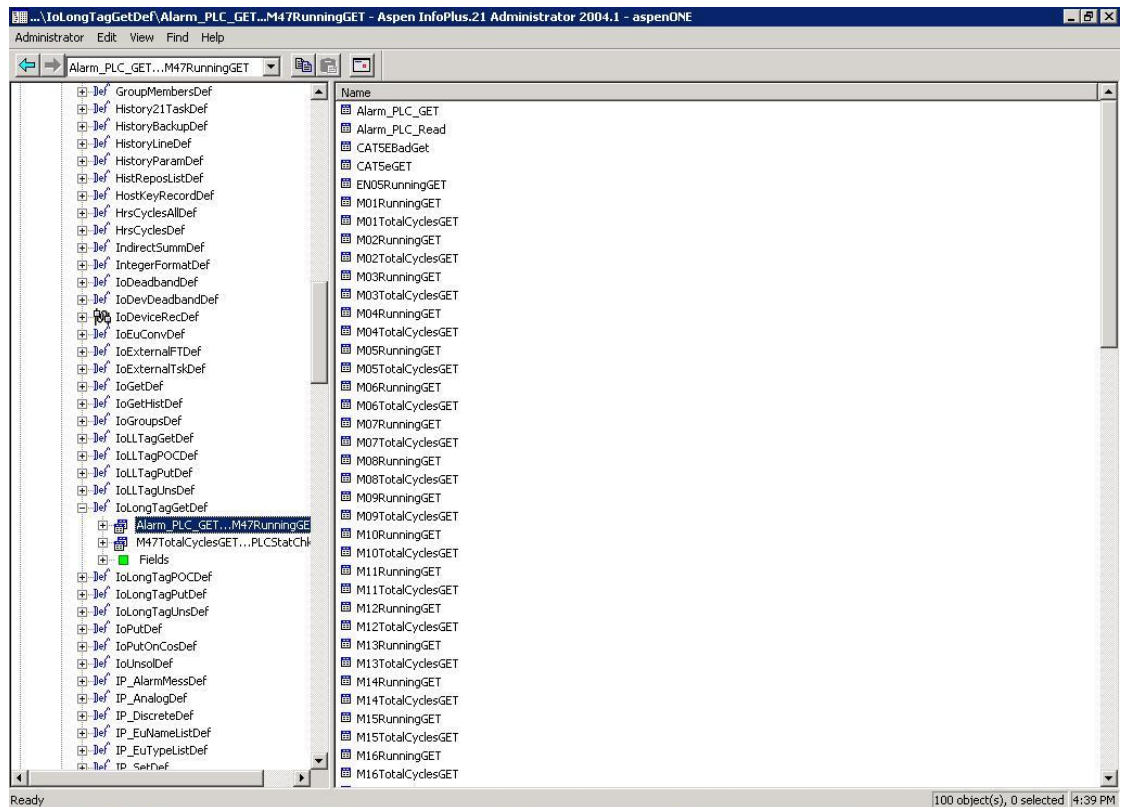


Figura 5.18 Ambiente del administrador de la base de datos InfoPlus.21 Administrator

Con este software se crean registros en donde son almacenados los datos que se reciben de la línea de producción, dándole al sistema características muy importantes ya que se lleva un sumario histórico de los datos adquiridos que permiten la generación de reportes y visualización de los mismos en un momento determinado.

Capítulo 6: Análisis de resultados

6.1 Monitoreo de la línea de producción

Para la verificación del funcionamiento del presente proyecto se procedió a realizar monitoreos de la línea de producción leyendo los datos adquiridos por el PLC por medio de una computadora personal.

En la figura 6.1 se muestra la pantalla, denominada “Costa Rica PanCIM Overview”, en la que se puede acceder a tres áreas de producción existentes en la empresa. Estas corresponden a Molding (zona de la empresa en donde se producen piezas de plástico), Mark Andy (máquina utilizada para fabricar etiquetas de varios tipos) y la que se introdujo últimamente con el desarrollo de este proyecto que es Copper Cat5E (ensamble de cable de red categoría 5E).

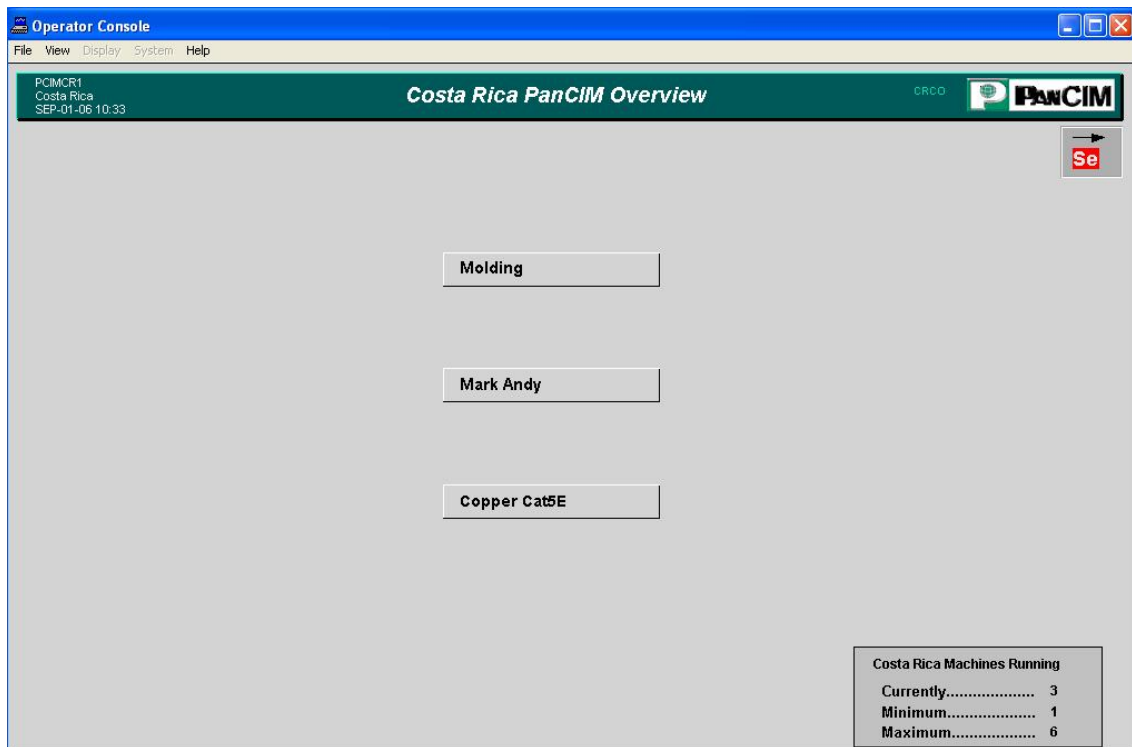


Figura 6.1 Pantalla de inicio del programa de interfaz con el usuario

En la figura 6.2 se muestra la pantalla que se realizó para monitorear el estado de la producción de la línea de producción de Cat5E.

Cada círculo de color gris que se muestra en la figura 6.2, representa a un operario o una estación de la línea de producción. El color de estos círculos varía dependiendo del estado de cada estación (operando, tiempo muerto, estación desocupada). Por otra parte, los números que se muestran arriba de cada círculo marcan la cantidad de cables que se ha ensamblado en cada una de las diferentes estaciones.

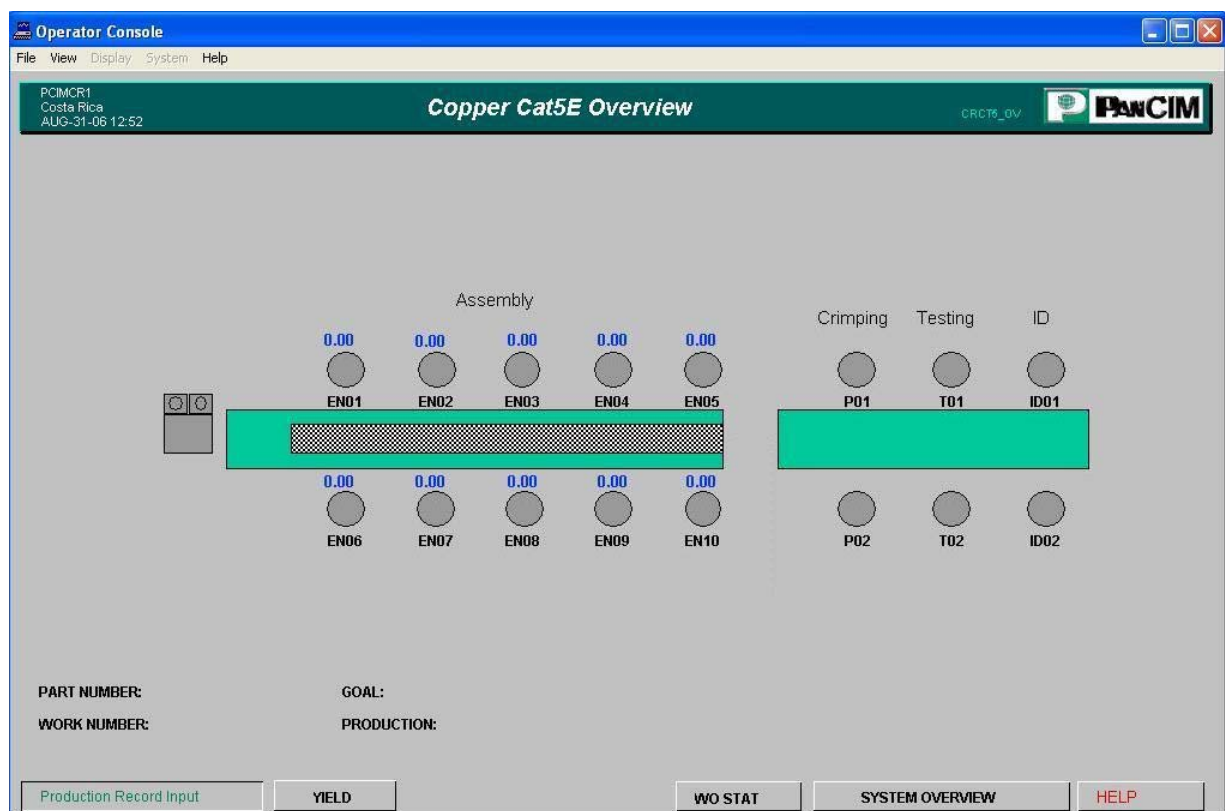


Figura 6.2 Pantalla principal de monitoreo de la línea

En la parte inferior de la figura 6.2 se muestran diversos botones que enlazan a otras pantallas de configuración o visualización. El botón llamado "HELP" abre otra pantalla (como se muestra en la figura 6.3), que se utiliza para mostrar ayuda sobre lo que representa cada color de las estaciones, como también la información que se muestra sobre cada estación.

De esta manera, dependiendo del estado de cada estación esta presenta un color. Cuando la estación es de color gris, representa que la estación está desocupada; cuando es de color blanco con líneas en dirección diagonal, representa que el operario lleva más tiempo fuera de la estación que el que se establece dentro de los límites establecidos. Durante el lapso que un operario se encuentre trabajando en una estación en específico, esta se mostrara de color verde; por último, cuando el operario este en tiempo muerto, esta cambiara a color rojo. Esto se muestra en la figura 6.3.

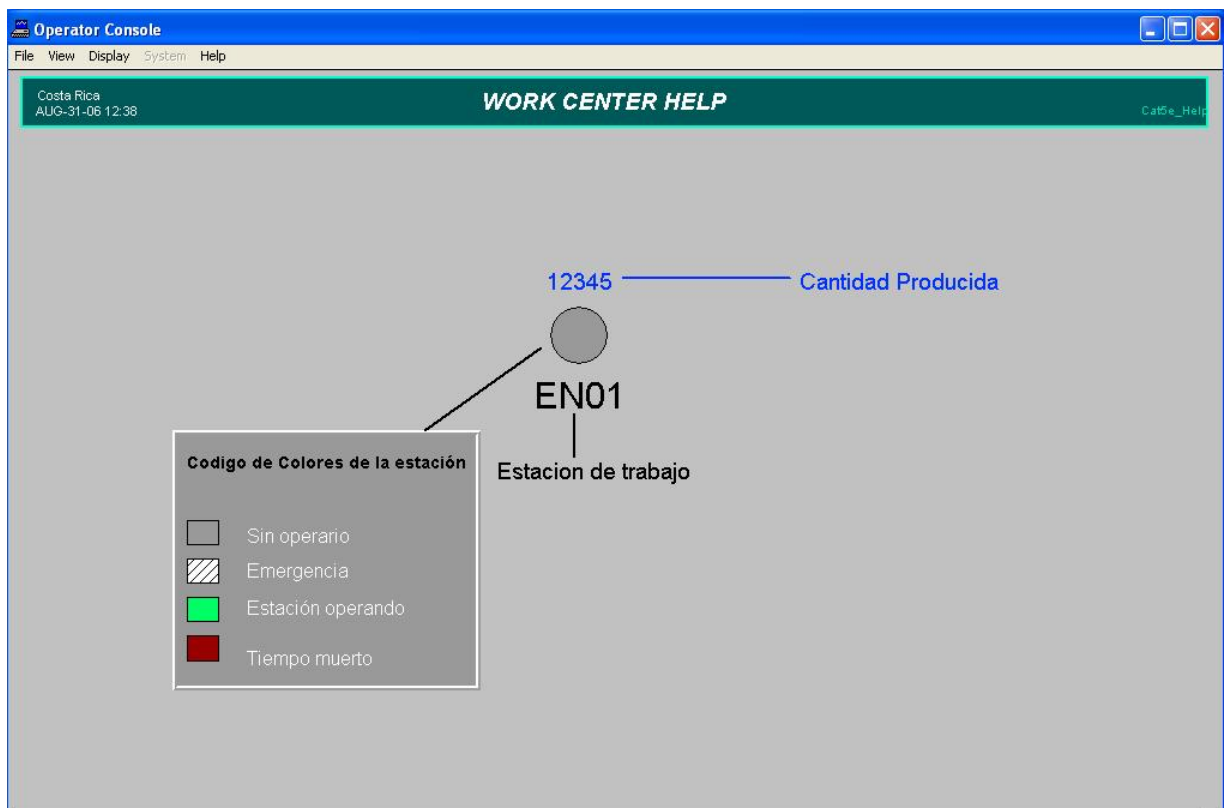


Figura 6.3 Pantalla utilizada para indicar los puestos de los operarios

El propósito de indicar cuales operarios están ubicados en cada puesto en específico, se debe a que en el momento en que se active un interruptor en una estación para marcar un tiempo muerto, se podrá saber cual operario es el que esta ubicado en este puesto. Además, se podrá saber como esta siendo la eficiencia de cada operario en tiempo real.

En la figura 6.4 se muestra la pantalla de los tiempos muertos. El líder debe seleccionar el número de estación, en caso de ser un operario, debe seleccionar la causa del tiempo muerto. Si se trata de un equipo, este debe seleccionar el equipo y seleccionar la causa del paro.

The screenshot shows a software window titled "Form1" with a blue title bar. The main content area has a light beige background and a dark grey header with the text "Tiempos muertos". Below the header, there are two columns of controls. The left column is labeled "Por operario:" and contains a dropdown menu for "Número de estación" and four radio button options: "Dentista" (selected), "Doctor", "Ir al baño", and "Otros". The right column is labeled "Por equipo:" and contains a dropdown menu for "Seleccionar equipo" and three radio button options: "Mantenimiento preventivo", "Mantenimiento correctivo", and "Tiempo de utilizada". At the bottom right, there are two buttons: "Actualizar" and "Volver".


Figura 6.4 Pantalla para indicar las causas de los tiempos muertos

En la pantalla mostrada en la figura 6.5, se utiliza para introducir las ordenes de producción que se están corriendo, así como también el número de parte que se esta ensamblando, la cantidad de piezas que se deben producir.

Cuando estos datos son introducidos, estos se pueden visualizar en la pantalla principal, donde se indica el número de orden de producción, el número de parte, la meta (Goal) y la producción que se lleva en tiempo real.

PCIMCR1
Costa Rica
SEP-07-06 07:53

Cat5E Production Record Input Screen

ProdRec.C 

Part Number	Work Order	Part	Planned Qty	Status	Error ?
<input type="text"/>	<input type="text"/>				
Badge	Planned Qty				
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>				
<input type="button" value="Add"/>	<input type="button" value="Clear"/>				
S U M M A R Y S U M M A R Y <input type="button" value="All"/> <input type="button" value="New"/> <input type="button" value="WIP"/>					

Work Order	Part	Planned Qty	Status	Error ?
Page 1/1	ProdRecNewSummaryRP			Most recent
11303826	ID2450L01	400000	Empty	

Figura 6.5 Pantalla para ingresar las ordenes de producción al sistema

Por otra parte, cuando se presiona el botón denominado “Yield” en la pantalla principal, se abre otra en la que se muestra la cantidad de cables que ha sido ensamblada por cada operario de la zona de ensamble, también se muestra cuántos cables se llevan ensamblados correcta y defectuosamente y la eficiencia de cada estación.

# de Estación	Testing		Conveyer	Yield
	Cables buenos	Cables malos		
EN01	11.0	2.00	15.0	
EN02	7.00	6.00	21.0	
EN03	8.00	1.00	13.0	
EN04	8.00	0.00	16.0	
EN05	0.00	0.00	0.00	
EN06	0.00	0.00	0.00	
EN07	10.0	0.00	13.0	
EN08	7.00	0.00	15.0	
EN09	0.00	0.00	0.00	
EN10	0.00	0.00	0.00	

Figura 6.6 Pantalla para ver la cantidad de cables por estación

Para verificar la transmisión de datos desde los lectores de códigos de barras hacia el PLC, utilizando el programa creado en el lenguaje de programación en Java, se utilizó una pantalla de MSDOS que aparece en el momento en que se está ejecutando el programa.

En la figura 6.7, se muestra los datos que son recibidos de los lectores y seguidamente enviados hacia el PLC, por medio de la PC.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
posicion 1: 020202 del lector banda transportadora #2
Dato transmitido 020202AA
Cantidad de lecturas : 1
posicion 2: 010101 del lector banda transportadora #2
Dato transmitido 010101AA
Cantidad de lecturas : 2
posicion 1: 010101 del lector banda transportadora #1
Dato transmitido 010101AA
Cantidad de lecturas : 3
posicion 3: 030303 del lector banda transportadora #2
Dato transmitido 030303AA
Cantidad de lecturas : 4
posicion 2: 040404 del lector banda transportadora #1
Dato transmitido 040404AA
Cantidad de lecturas : 5
posicion 4: 020202 del lector banda transportadora #2
Dato transmitido 020202AA
Cantidad de lecturas : 6
posicion 3: 040404 del lector banda transportadora #1
Dato transmitido 040404AA
Cantidad de lecturas : 7
posicion 5: 010101 del lector banda transportadora #2
Dato transmitido 010101AA
Cantidad de lecturas : 8
posicion 4: 030303 del lector banda transportadora #1
```

Figura 6.7 Visualización de los datos recibidos y transmitidos por Java

En la figura anterior, se observa que en la primera línea se leyó un dato, correspondiente a “020202” del lector #2 ubicado en la banda transportadora. Seguidamente que este dato es interpretado por el programa, se envía al PLC con el sufijo “AA” que le indica al controlador que se leyó un código de barras correspondiente a la estación #2, como se muestra en la figura 6.2, y de esta manera, se incrementa en uno el valor del contador que controla esta estación. De forma similar, se observa para los otros casos.

6.2 Pruebas realizadas en la línea

En este apartado se analizan los datos obtenidos de la línea de producción en las primeras pruebas realizadas una vez que se tenía el sistema implementado.

Para realizar estas pruebas del sistema, se les explicó a los operarios la forma en que se debía colocar las etiquetas a los cables para que las detectara el lector de códigos de barras ubicado al final de la banda transportadora.

En las primeras dos pruebas se quería comprobar la eficiencia de lectura de los escaners ubicados al final de la banda transportadora. Por tanto como se muestra

en las tablas A.5.1 y A.5.2, los datos mostrados corresponden únicamente a la zona de la banda transportadora de la línea.

En la tabla A.5.1 (ver apéndice A.5), se muestran los datos de la primera prueba realizada en la fecha de 04 de agosto de 2006. Para esta prueba se entregaron 40 etiquetas de códigos de barras a cuatro puestos diferentes, con dos formas diferentes de colocarle la etiqueta a los cables ensamblados. Los dos métodos de colocar la etiqueta a los cables eran amarrándole un broche con una etiqueta a cada cable o colocando una prensa en la amarra que trae cada cable, esta amarra se coloca en la zona de amarre de la línea.

Una vez entregadas las etiquetas y explicado el proceso de colocar la etiqueta a cada cable se realizó la prueba. Según los datos obtenidos que se muestran en la tabla A.5.1, la eficiencia global de lectura de los lectores fue de un 84.62%.

En esta prueba se hizo la observación que era la primera vez que se realizaba la prueba en la línea de producción, por tal motivo, los operarios en varios de los casos no colocaban correctamente la etiqueta en los cables y la misma no era detecta por el lector de códigos de barras ubicado al final de la banda.

En la tabla A.5.2, se observan los datos obtenidos de la segunda prueba realizada en la fecha de 07 de agosto de 2006, para esta prueba se entregaron diferentes cantidades de etiquetas a cuatro puestos de operarios, para un total de 187 etiquetas. Con base a los datos obtenidos, la eficiencia en este lapso de tiempo que se realizo la prueba fue de un 91.22%.

En esta segunda prueba, se le explico más detenidamente la forma correcta de colocar la etiqueta a los cables y además se les dijo que tuvieran el cuidado de colocar la etiqueta lo más centrado que se pudiera en la banda transportadora, esto con la finalidad que las mismas estuvieran dentro del rango de lectura del escáner.

En la tabla A.5.3, se muestran los datos obtenidos en la tercera prueba realizada el 08 de agosto de 2006. Esta prueba se hizo en toda la línea de

producción para analizar el proceso de lectura de etiquetas en la zona de pruebas (testing).

En esta prueba, al igual que en las dos anteriores, se entregaron etiquetas a cuatro puestos de operarios; sin embargo, fue una cantidad menor de códigos de barras a la de los casos anteriores.

Con base en los datos obtenidos del lector ubicado en la banda transportadora, de 120 etiquetas entregadas, se leyeron un total de 116 etiquetas para una eficiencia del 96.67%. Por otra parte, en la zona de testing se obtuvo un 100% de efectividad debido a que en esta zona las etiquetas son presentadas manualmente a un lector.

Es muy importante aclarar que a este sistema implementado se le realizaron mejoras (como por ejemplo reubicación de los lectores o tamaño de las etiquetas) y muchas más pruebas con la finalidad de llegar a la meta de un 100% de lectura de los códigos en la zona de las bandas transportadoras. Una de estas mejoras consistió en colocar dos lectores al final de la banda transportadora, con el objetivo que cada una de éstas cubriera cada una de las dos mitades de la banda.

Cuando se colocaron los dos lectores de códigos de barras en la banda transportadora se procedió a seguir realizando pruebas para detectar y corregir errores del proyecto e irle realizando mejoras.

En la tabla A.5.5 se muestran los valores de la confiabilidad del sistema obtenidos de las pruebas que se realizaron durante dos semanas del mes de octubre para validar el sistema implementado. Anteriormente, en la tabla A.5.4 se muestran los valores obtenidos del sistema comparados con los datos reales de la producción lograda diariamente.

Se puede observar que los datos de confiabilidad del sistema se encuentran entre un 95% y un 99.53%, valores que se consideran muy buenos debido a que las pruebas se realizaron durante varios días y un lapso de 17 horas de las cuales consiste los dos turnos de trabajo en la línea de producción.

Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

1. Con el desarrollo del presente proyecto se innovó en la adquisición de datos de una línea de producción que es llevada a cabo por operarios.
2. Con la automatización de la línea de cobre categoría 5E, se da oportunidad para seguir mejorando el proceso de automatización en la línea y la implementación del mismo proyecto en las otras líneas de producción de la empresa.
3. Con los datos recolectados en la base de datos, se logran generar reportes de la producción y eficiencia de la línea.
4. Se cuenta con una realimentación de la producción en tiempo real para los operarios de la línea; de esta manera, logran visualizar y conocer como esta siendo su desempeño.
5. El sistema implementado permite obtener los tiempos muertos de los operarios y de los equipos de la línea de producción, lográndose calcular la eficiencia y la disponibilidad de la misma.
6. Este proyecto permite llevar un estricto control sobre la producción de la línea, analizando los datos obtenidos para contar con una mayor eficiencia de los operarios y disponibilidad de la línea.
7. El modelado matemático del sistema de poleas y bandas de la línea; así como el planteamiento del sistema de control de velocidad automático permitirá realizar mejoras al sistema de automatización implementado.

7.2 Recomendaciones

- Buscar un PLC que permita la conexión de más entradas que el Micrologix 1100, ya que es importante en caso de un crecimiento de la línea.
- Instalar una fuente de $24V_{DC}$ adicional cuando se a instalar el sistema de rechazo de cajas para no sobrecargar la se encuentra en uso.
- Buscar un lector de códigos de barras que tenga mayor alcance y que cubra mayor área de cobertura para evitar utilizar dos lectores al final de la banda.

Bibliografía

- [1] Aguilar Bardales, Dr. Ing. Zenón; Piedra Rubio, Ing. Ramiro. “Implementación del sistema de adquisición de datos para la red acelegráfica del CISMID-FIC”. [En línea]. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Enero 2001. <<http://www.cismid-uni.org/articulos/proy-02.pdf>>. [Consulta: 08 marzo 2005].
- [2] Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (México). “Manufactura de clase mundial”. [En línea]. Hemeroteca Virtual ANUIES. <<http://www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES>> [Consulta: 26 febrero 2006].
- [3] Escalona Moreno, Ivan. “Trabajo final de manufactura industrial 2 de UPIICSA del IPN”. [En línea]. <<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/tfinman2.htm>> [Consulta: 26 febrero 2006].
- [4] FLUKE Networks Inc. “DSP-4000 Series CableAnalyzer™. Manual de uso.” Printed in USA. July 2000.
- [5] Navarro H., Francisco, comp. “Introducción a la mecatrónica”. Material de apoyo para curso: Introducción a la mecatrónica. Agosto, 2005. ITCR, Cartago, Costa Rica.
- [6] Ordóñez R., Ing. Hugo H.; Rivera M., Msc. José. “Monitoreo y Control por Internet de una Planta Pasteurizadora”. [En línea]. <<http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/A64B197A80F62E3C86256A5D0082EE06>>. 2005. Ltda. Instrument Corporation [Consulta: 08 marzo 2005].
- [7] WIKIPEDIA. “Sensor” [En línea]. La enciclopedia libre. 2001. <<http://es.wikipedia.org/wiki/PCM>> [Consulta: 21 febrero 2006].

- [8] WIKIPEDIA. “Ethernet” [En línea]. La enciclopedia libre. 2001.
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>> [Consulta: 07 agosto 2006].
- [9] Sitio Web [En línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos11/yantucod/yantucod.shtml#APLICAC>> [Consulta: 07 marzo 2005].
- [10] Sitio Web de Panduit Corp. [En línea]. <<http://www.panduit.com>> [Consulta: 08 marzo 2005].

Apéndices

A.1 Glosario y abreviaturas.

a. Glosario

Autobaggers

Es el equipo encargado de etiquetar las bolsas de empaque para cada uno de los cables y de sellar la misma, una vez que el cable es introducido dentro de la bolsa. Este empaque es realizado por un operario.

Bit

Es un dígito binario, que tiene dos valores: 0 ó 1. El bit es la unidad más pequeña en la información digital. La palabra *bit* es la contracción en inglés de “binary digit” (dígito binario).

Byte (octeto)

Es una unidad de datos compuesta por 8 bits. Por lo general, un byte representa un carácter.

Cable Cat 5e

Es una norma para cable especificado por EIA/TIA 568 para uso a velocidades hasta de 100 Mbps.

EIA/TIA

Es la asociación resultante de la fusión de las sociedades norteamericanas Electronic Industries Association y Telecommunication Industries Association.

EIA/TIA 568

Es la norma de cableado para telecomunicaciones en edificios comerciales de EIA/TIA, que define el cableado genérico de telecomunicaciones para edificios

comerciales. La norma cubre temas tales como las especificaciones sobre: longitudes máximas de los cables, topología, técnicas de instalación y rendimiento.

Eubanks

Es una máquina utilizada para realizar el corte del cable proveniente de los carretes cada cierta longitud dependiendo de cual le haya sido programada.

Fluke Networks

Fluke Networks es la marca de una empresa que provee soluciones innovadoras para la prueba, monitoreo y análisis de redes de telecomunicaciones. En Panduit se utiliza un Analizador de Cable de las series DSP-4000 que se utiliza para los cables Cat 5e y Cat 6.

Mercado meta

Es la cantidad de cables que se deben producir en una línea de producción en una cantidad de tiempo determinado. Este valor es determinado por el área en Producción dependiendo de las órdenes de pedidos que se realicen.

PanCIM

Es un software utilizado dentro de la empresa con el fin de conocer en línea el funcionamiento de las máquinas dentro de la planta. Este software permite visualizar cuales máquinas se encuentran operando y cuales no, cual es la cantidad de material producido por cada una y además permite un control de las ordenes de pedidos y visualización de la producción desde cualquier computadora en la empresa.

PanelView

Es una pantalla electrónica utilizada con el fin de tener una interfaz Máquina-Hombre (HMI: Human Machine Interfaz) para controlar el sistema. En el caso de este proyecto sería para introducir operarios al inicio del turno, indicar las causas de salidas del puesto de los operarios y especificar las causas de paro de los equipos.

Prensas

Es un equipo neumático utilizado en la línea de producción con la función de conectar el plug con el cable de transmisión.

Plug (RJ45)

Cada una de las terminales que se colocan en los extremos de los cables ensamblados. Es un conector modular de 8 patillas utilizado en cable de par trenzado. El conector RJ45 se asemeja a un conector RJ11 para teléfono.

Regulador PID

Es un controlador Proporcional con acción derivativa y acción integral simultáneamente superpuestas que se utiliza para estabilizar sistemas de control automático.

Tiempo muerto

Es el tiempo en el cual un operario no se encuentra disponible en la línea de producción por algún motivo en específico o el tiempo en el cual no se encuentra funcionando algún equipo de la línea o se encuentra paralizado.

Algunas de las causas por falta de disponibilidad del operario en la línea son las siguientes:

- Chequeo médico.
- Tiempo de desayuno o almuerzo
- Asistencia al dentista.
- Reuniones rápidas con el líder de la línea.

b. Abreviaturas

CAS:	Circuito Acondicionador de Señal.
Comp.:	Compilador.
Corp.:	Corporation.
E/S:	Entradas y salidas de los módulos del PLC.
IEC:	International Electrotechnical Commission.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LANs:	Redes de computadoras de area local.
ITCR:	Instituto Tecnológico de Costa Rica.
PC:	Personal Computer.
PIC:	Programmable Interrupt Controller.
PLC:	Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).
RTC:	Real Time Clock
USB:	Universal Serial Bus.

A.2 Manual de usuario

En el presente apéndice se muestra el manual de usuario, este se creó con la finalidad de guiar al usuario en la correcta utilización del sistema de adquisición de datos desarrollado.

El sistema de adquisición de datos incluye dos mitades que hacen que el mismo funcione correctamente, las cuales corresponden a:

- Hardware.
- Software.

La correcta conexión del hardware y la puesta en marcha del software creado para la visualización de los datos y la transmisión de datos permitirán finalmente el ideal funcionamiento del sistema.

Por consiguiente, se procederá a enumerar y explicar los pasos que se deben seguir para que el buen funcionamiento y lograr el provecho adecuado de dicho proyecto.

1. Conexión de los dispositivos

Es importante realizar la correcta conexión de los dispositivos que se utilizan en el sistema, las conexiones que se deben realizar son las siguientes:

- Cada convertidor Serial-Ethernet debe estar conectado a la red Ethernet para transmitir los datos de los lectores de códigos de barras hacia el PLC.
- Los lectores de códigos de barras ubicados en la banda transportadora deben estar conectados al convertidor Serial-Ethernet numerado como #1.
- Los lectores de códigos de barras de la parte de pruebas deben estar conectados al convertidor #2. El lector para cables ensamblados correctamente en el puerto serial1 y el lector para cables defectuosos en el puerto serial2.

- EL PLC debe estar conectado al tercer convertidor serial en el puerto de comunicación serial1.
- El PLC debe estar conectado a la red Ethernet por medio de un derivador (Switch) que se ubica dentro del gabinete.

2. Alimentación del hardware

Es importante verificar antes de iniciar a utilizar el sistema verificar que todos los dispositivos que necesitan energía eléctrica se encuentren debidamente alimentados. Estos dispositivos son los siguientes:

- 3 convertidores Serial-Ethernet.
- Controlador Lógico Programable (PLC)
- Switch Ethernet.
- 5 Lectoras de códigos de barras.

3. Configuración de los convertidores Serial-Ethernet.

Se debe verificar o configurar (en caso de ser necesario) los convertidores Serial-Ethernet, mediante el software que venía incluido en la compra de los mismos. Este software se denomina “Ether Link Manager”, debe ser instalado en la computadora que estará corriendo constantemente el programa en Java para la transmisión de datos.

Dando click sobre cada uno de los convertidores se accesa a otra pantalla en donde se pueden habilitar o deshabilitar cada uno de los puertos seriales y ahí se le asigna un número de puerto serial que será administrado por la PC.

4. Ejecución del programa de Java

Es fundamental la ejecución del programa en Java que se creó para la transmisión de datos desde los lectores de códigos de barras hacia el PLC.

Por esta razón, se programó en la PC como una tarea que se ejecuta cada vez que se enciende la computadora y esta inicia Windows. Sin embargo, el líder de la línea debe verificar que el programa se esta ejecutando correctamente, en caso de que no se este ejecutando o que el programa se cierre accidentalmente, se debe dar doble click sobre el icono del escritorio denominado “Programa para transmisión de datos”

A.3 Información sobre la empresa

A.3.1 Descripción de la empresa

Panduit es una manufacturera global orientada hacia la innovación y la excelencia. Esta se encuentra constantemente en proceso de actualización con la ayuda de gente superior o muy bien capacitada, tecnologías y equipos de punta y una gerencia orientada hacia el futuro. Hoy en día, Panduit es reconocida como una manufacturera líder con productos de alta calidad para aplicaciones de alambrado y comunicación. Ellos también son conocidos por sus productos innovadores que ofrecen máxima rentabilidad por los más bajos costos de instalación. Esta reputación los lleva a obtener una poderosa ventaja competitiva en el mercado en el ámbito mundial. [9]

La empresa Panduit de Costa Rica Ltda., ubicada en La Argentina, Grecia. Se dedica principalmente a la manufactura de accesorios para cableado eléctrico y electrónico. Posee una muy importante característica y es que da la posibilidad de trabajo a mucha cantidad de vecinos de la zona, ya que en ella laboran alrededor de 500 personas en diferentes jornadas de trabajo.

A.3.2 Descripción del departamento en el que se realizó el proyecto

El departamento en el cual se realizó el proyecto es el de Mantenimiento y este se encarga de darle el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo a todos los equipos y máquinas que posee la empresa semanalmente con la finalidad de que no vayan a ocurrir problemas de detención en las líneas de producción que estas cuenten con la mayor disponibilidad posible.

A.4 Planos del sistema

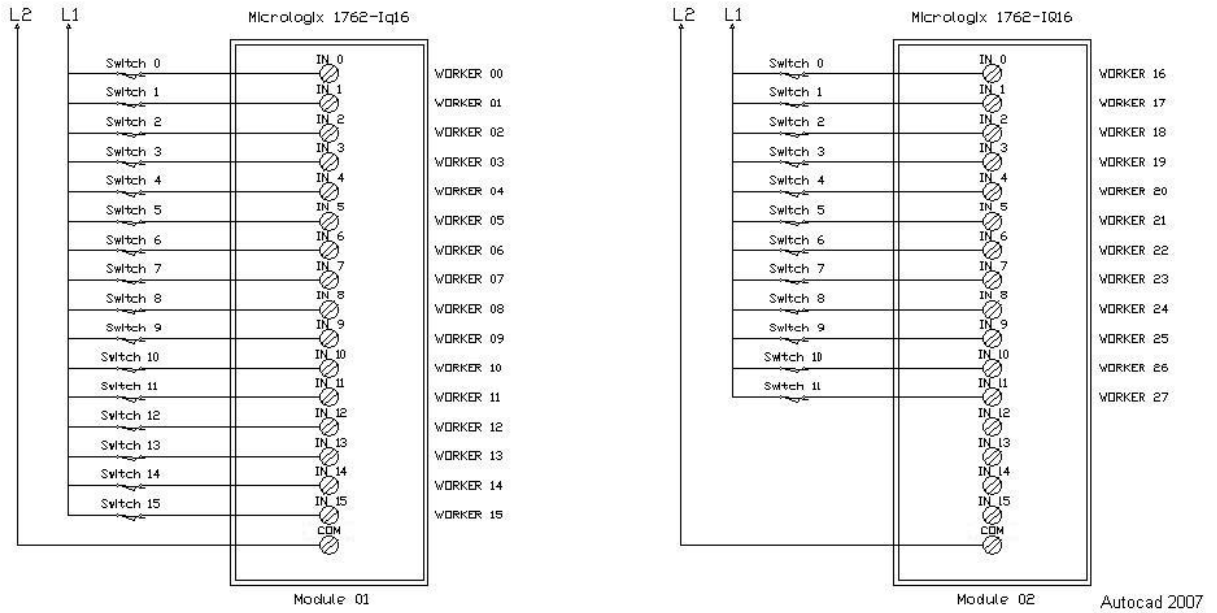


Figura A.4.1 Mapa de los módulos de entrada del PLC

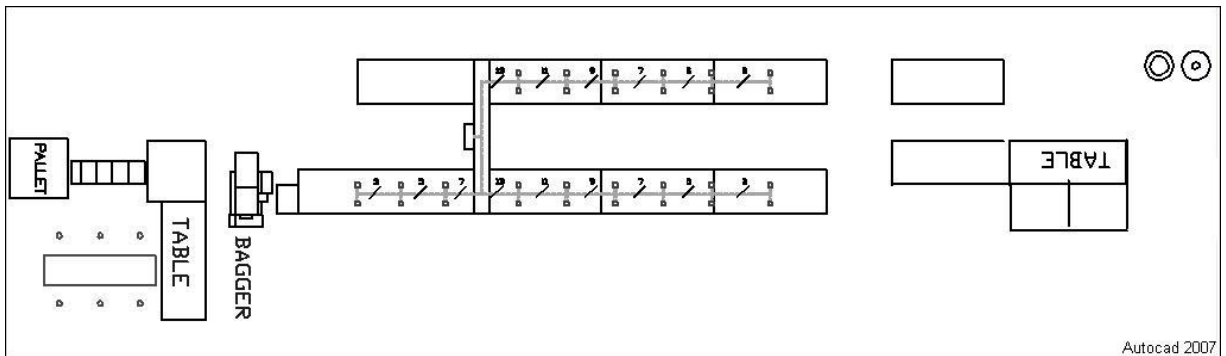


Figura A.4.2 Distribución de las canaletas y cableado de los interruptores

A.5 Primeras tres pruebas realizadas en la línea

Tabla A.5.1 Primera prueba de prueba realizada en la línea de producción

Fecha: 04/08/2006
 Hora: 10:00a.m.
 Número de operarios: 4

						Banda Transportadora	
Número de puesto	Código de etiqueta	Cant. de etiquetas	P/prensar	P/abrochar	Sobraron	Etiquetas leídas	Eficiencia de lectura
1	,010101	40	15	25	8	30	93.75
2	,020202	40	20	20	0	38	95.00
3	,030303	40	30	10	9	20	64.52
4	,040404	40	20	20	0	33	82.50

Total: 160 17 121 **84.62**
Etiquetas no leídas: 22

Observación: Es la primera vez que se corre en la línea. Por lo tanto, los operarios nunca habían colocado las etiquetas a los cables y en algunas oportunidades no tuvieron el cuidado de colocarlas adecuadamente en el centro de la banda.

Tabla A.5.2 Segunda prueba de prueba realizada en la línea de producción

Fecha: 7/8/2006
 Hora: 1:30p.m.
 Número de operarios: 4

						Banda Transportadora	
Número de puesto	Código de etiqueta	Cant. de etiquetas	P/prensar	P/abrochar	Sobraron	Etiquetas leídas	Eficiencia de lectura
1	,010101	50	50	0	12	36	94.74
2	,020202	47	47	0	9	34	89.47
3	,030303	48	48	0	10	32	84.21
4	,040404	42	0	42	8	33	97.06

Total: 187 39 135 **91.22**
Etiquetas no leídas: 13

Observación: En la segunda prueba se realizó con operarios diferentes a los de la primera. Se les hizo la observación al inicio de la prueba de colocar las etiquetas lo más al centro de la banda posible. Con prensa se colocan más rápido las etiquetas; sin embargo, con broche la etiqueta se acomoda mejor para ser leída por el lector (más lento para quitarlas).

Tabla A.5.3 Tercera prueba de prueba realizada en la línea de producción

Prueba #3

Fecha: 8/8/2006
 Hora: 2:00p.m.
 Número de operarios: 4

						Banda Transportadora	
Número de puesto	Código de etiqueta	Cant. de etiquetas	P/prensar	P/abrochar	Sobraron	Etiquetas leídas	Eficiencia de lectura
1	,010101	30	30	0	0	29	96.67
2	,020202	30	30	0	0	28	93.33
3	,030303	30	0	30	0	29	96.67
4	,040404	30	0	30	0	30	100.00

Total: 120 0 116 **96.67**
Etiquetas no leídas: 4

Observación: Es la primera vez que se realiza una prueba en la línea completa.

Testing			
Buenos	Malos	% de calidad	Eficiencia de lectura
29	1	96.67	100
29	1	96.67	100
29	1	96.67	100
30	0	100.00	100

Tabla A.5.4 Valores obtenidos durante las pruebas semanales de la línea de producción

Semana	Fecha	Turno 2		Turno 3		Confiabilidad del sistema	
		Valor de la pantalla	Reporte a CAS	Valor de la pantalla	Reporte a CAS	Turno 2 (%)	Turno 3 (%)
40	3-Oct	2258	2376	2578	2625	95.03%	98.21%
	4-Oct	3165	3238	2740	2777	97.75%	98.67%
	5-Oct	2429	2907	2544	2558	83.56%	99.45%
	6-Oct	2827	2894	2908	2825	97.68%	102.94%
41	9-Oct	2340	2358	2243	2254	99.24%	99.51%
	10-Oct	2107	2174	1687	1725	96.92%	97.80%
	11-Oct	2538	2966	2585	2592	85.57%	99.73%
	12-Oct	2652	2666	2294	2379	99.47%	96.43%
	13-Oct	2590	2942	2403	2421	88.04%	99.26%

Tabla A.5.5 Confiabilidad del sistema de adquisición de datos implemetado

Semana	Fecha	Confiabilidad del sistema	
		Turno 2 (%)	Turno 3 (%)
40	3-Oct	95.04	98.20
	4-Oct	97.73	98.66
	5-Oct	83.56	99.45
	6-Oct	97.68	102.94
41	9-Oct	99.24	99.53
	10-Oct	96.91	97.80
	11-Oct	85.57	99.72
	12-Oct	99.47	96.43
	13-Oct	88.04	99.26

A.6 Segunda solución: Sistema de confirmación

Para esta solución se pensó en la utilización de un dispositivo para la detección de los objetos y así llevar un control de la cantidad de material producido, como lo podría ser un sensor de distancia o un sensor de retro-reflexión. Por otra parte, se consideró la colocación de un interruptor en cada puesto de operario en la línea de producción, para saber cual es la disponibilidad de cada operario, conociendo cuáles están ocupando su puesto de trabajo.

Los sensores utilizados para la detección de cables, se ubicarán al final de las bandas transportadoras y se encargarán de detectar el momento en que pase un cable por la banda. De esta manera, se llevará un control de la cantidad de cables ensamblados por todos los operarios dentro de la banda.

Con el objetivo de calcular la eficiencia de cada operario, con base en la cantidad de material manufacturado por éste e identificar cuánto se ensambló en forma correcta y cuánto no, se piensa implementar un mecanismo en el cual, cuando un operario ensambla un cable en la banda transportadora presione un botón que llevará la cuenta del material ensamblado por el mismo. Posteriormente, cuando este cable llegue a la parte de pruebas y el (la) encargado(a) de realizar estas le haya dado el visto bueno, se presionará otro interruptor que servirá para indicar que el cable ensamblado por el operario de la banda funciona correctamente (para identificar el cable ensamblado por los diferentes operarios, se podría colocar una cinta temporal de diferentes colores, con el fin de que el encargado de chequear el cable pueda saber quien lo ensambló)

Para realizar el “control de operarios” se colocará un interruptor o botón que el trabajador accionará en el momento en que ocupe un puesto en específico y lo desactivará en el momento en que lo desocupe. Por otro lado, para identificar a los operarios que ocupan los diferentes campos dentro de la línea, el jefe de línea deberá introducir los datos al inicio del turno.

Posterior a estas etapas ya mencionadas, se encuentra el controlador que será el facultado de realizar la parte de control automático del sistema, él se encargará de recibir los datos provenientes de los sensores, de la etapa del control del número de operarios y de la etapa de disponibilidad de la línea. Una vez recibidos los datos, estos serán enviados hacia la Computadora Personal (PC, por sus siglas en inglés), para que estos se almacenen en una base de datos que podrá ser consultada en el momento que se desee.

Como última etapa de la solución, se hará la presentación de los resultados de la producción cada cierto periodo de tiempo (por ejemplo cada hora), para que los operarios observen como ha sido su rendimiento en la última hora.

Con el fin de controlar el tiempo real dentro del sistema se utilizará un controlador electrónico llamado “Reloj de Tiempo Real” (RTC²⁷), el cual llevará un control de la hora y la fecha actual.

²⁷ Por sus siglas en inglés Real Time Clock

B. Anexos

B.1 Datos de una lectora de códigos de barras (Primera página)



Una combinación de velocidad y versatilidad que aumenta la productividad en la caja

El escáner de presentación LS 9208 de Symbol Technologies posee un procesador de gran desempeño y un innovador patrón de escaneo omnidireccional de trama de 100 líneas que aumentan la productividad en la caja y, con ello, la satisfacción de los clientes.

Construido pensando en la velocidad y la versatilidad, el LS 9208 tiene un tamaño reducido, se ofrece en varios colores y dispone de un soporte multimontaje ajustable que se adapta fácilmente a numerosos ambientes de punto de venta, como:

Ambiente:	Aplicaciones:
Venta al por menor (almacenes en general, grandes superficies, comercios especializados)	<ul style="list-style-type: none"> • Caja • Desactivación de etiquetas EAS • Aplicaciones de trastienda
Farmacias y similares	<ul style="list-style-type: none"> • Caja • Desactivación de etiquetas EAS • Verificación de prescripciones • Distribución y gestión de sustancias controladas
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • Hora y asistencia • Biblioteca • Automatización de oficinas

Sus nuevas y robustas características facilitan la configuración y reducen los costos

La utilidad de configuración 123Scan simplifica la programación y la configuración del LS 9208 y minimiza el tiempo inicial siempre que se utiliza el escáner. Además, las múltiples interfaces de conexión y cables universales reducen aún más los requisitos de inventario. Para rentabilizar al máximo su inversión, el LS 9208 también incorpora absorción de choques, que confiere una durabilidad sin igual en un escáner de esta clase. El LS 9208 le ofrece características superiores y gran desempeño para ayudarlo a ahorrar tiempo y dinero.

Un líder global le ofrece el escáner de presentación actual más avanzado

En muchas aplicaciones, la gran diversidad de características del escáner de presentación LS 9208 proporciona desempeño agresivo, máxima durabilidad y ergonomía óptima para crear un ambiente POS. Además, al elegir el LS 9208 se lleva la seguridad añadida de Symbol—una empresa con soluciones contrastadas y millones de escáneres instalados en todo el mundo.

Para descubrir cómo le puede ayudar el escáner de presentación LS 9208 o para conocer más información sobre los productos y las soluciones de Symbol, contacte con nosotros en el +1.800.722.6234 o el +1.631.738.2400, o visite www.symbol.com/ls9208



2005 Sunrise Date Compliant

Características	Ventajas
Patrón de escaneo omnidireccional de trama de 100 líneas con gran desempeño	Mayor productividad de usuarios nuevos y experimentados, que reduce las aglomeraciones en caja y mejora el servicio al cliente
Patrón de escaneo de una línea	Perfecto para leer menús de códigos de barra y listas de artículos
Múltiples interfaces de conexión	La flexible conectividad a sistemas principales rentabiliza su inversión en equipos
Cables universales	Posibilitan una fácil sustitución y/o puestas al día
Tamaño reducido	Cabe en los ambientes de caja/empaquetado más estrechos
Soporte multimontaje ajustable	Óptima comodidad y eficacia del operador
Absorción de choques incorporada	Protege todo el módulo de escaneo aumentando su durabilidad
Memoria Flash	Facilita las actualizaciones/ personalización del producto sobre el terreno
Opción de desactivación de la vigilancia electrónica de artículos (EAS) en el punto de control	La antena integrada ahorra un valioso espacio en el mostrador
Admite la utilidad de configuración 123Scan	Configuración flexible mediante descarga de PC
Lee el formato Reduced Space Symbology® (RSS)	La compatibilidad con la nueva simbología rentabiliza su inversión en equipos
Conforme con Número Mundial de Producto Comercial (GTIN)	Puede descodificar y transmitir códigos GTIN de 14 dígitos si es preciso
Advanced Data Formatting (ADF)	Permite a los usuarios modificar los datos antes de enviarlos a la computadora principal, eliminando las costosas modificaciones en el software central

B.2 Datos de otra lectora de códigos de barras (Primera página)

Thanks to the omnidirectional laser pattern the OPM 1736B will read the bar code in any orientation. It can be used with a stand or as handscanner and has a wide range of application possibilities.

Omnidirectional

OPM 1736B

Omnidirectional laser scanner



Features	Benefits
■ Omnidirectional scanning	■ No bar code orientation
■ Scan pattern of several lines	■ Instant bar code detection
■ Different interfaces available	■ Easy connectivity RS232, wedge, USB
■ Compact size	■ Minimum space occupation
■ Light weight	■ Suitable for handheld use

Cabled Wireless Stationary OEM

OPTICON

B.3 Datos del Controlador Lógico Programable (PLC) (Primera página)

PRODUCT PROFILE

MicroLogix™ 1100/ 1763

Everything you've come to expect from a MicroLogix - and more

With online editing and a built-in 10/100 Mbps EtherNet/IP port for peer-to-peer messaging, the MicroLogix 1100 controller adds greater connectivity and application coverage to the MicroLogix™ family of Allen-Bradley controllers. This next generation controller's built-in LCD screen displays controller status, I/O status, and simple operator messages; enables bit and integer manipulation; offers digital trim pot functionality, and a means to make operating mode changes (Prog / Remote / Run).

With 10 digital inputs, 2 analog inputs and 6 digital outputs, the MicroLogix 1100 can handle a wide variety of tasks. The MicroLogix 1100 controllers also support expansion I/O. Up to four of the 1762 I/O modules (also used by the MicroLogix 1200 controller) may be added to the embedded I/O, providing application flexibility and support of up to 80 digital I/O.

By combining all the features that have made the existing MicroLogix controllers successful with industrial EtherNet/IP, embedded DH-485 / Modbus™ RTU networking, and the ability for an operator to interface to the control program through the LCD screen, the MicroLogix 1100 controller may be all you need and more.

APPLICATIONS

The MicroLogix 1100 is ideal for a wide variety of applications. It is particularly well suited to meet the needs of SCADA RTU, packaging, and material handling applications. With even more memory for data logging and recipe than the MicroLogix 1500, the MicroLogix 1100 is great for remote monitoring and for applications that are memory intensive, but require limited I/O.



The image shows a MicroLogix 1100 PLC controller, a compact industrial device with a white and grey finish. It features a built-in LCD screen on the front panel, several indicator lights, and a terminal block on top for I/O connections. The device is mounted on a base with four feet.

KEY FEATURES

- Online editing
- Built-in 10/100 Mbps EtherNet/IP port for peer-to-peer messaging
- Isolated RS-232/RS-485 combo port
- Ten digital inputs, two analog inputs, six digital outputs on each controller
- One embedded 20kHz high-speed counter (on controllers with dc inputs)
- Two 20kHz high-speed PTO/PWM outputs (on controllers with dc outputs)
- Embedded LCD for controller and I/O status and simple operator interface for messages, and bit/integer monitoring and manipulation
- 4K words user program memory and 4K words user data memory
- Up to 128K bytes for data logging and 64K bytes for recipe
- Embedded Web server

ALLEN-BRADLEY • ROCKWELL SOFTWARE • DODGE • RELIANCE ELECTRIC



B.4 Datos del switch Ethernet (Primera página)



Etherfast 10/100 Workgroup Switches

Enjoy Full-Duplex, Dedicated Bandwidth in a New Compact, Modular Design

Migrate your network to Fast Ethernet's 100Mbps speed with the EtherFast 10/100 Workgroup Switches. These new compact 10/100 Switches from Linksys provide blazing transfer speeds for your network applications while conserving your desktop space.

Apply this switching power to your 10BaseT network, and your data traffic efficiency will improve several times over. Connect your servers to the Switch's 10/100 ports, and speed up access time for all your users in just one move. Switch your way to full-duplex, dedicated bandwidth of up to 200Mbps—the speed is yours!

That's not all! Every 10/100 Switch includes a complete suite of advanced data error detection and correction features for surefire communication every time. Auto partitioning, data-collision control, signal regeneration, and incoming frame retiming minimize your data loss, even during heavy network traffic. When your network needs to grow, a built-in uplink provides for easy expansion.

So when you're ready to power up your network, look to an EtherFast 10/100 5, 8, or 16-Port Workgroup Switch: One small device that packs a big punch!

Benefits

- Each Port Automatically Detects and Negotiates Between 10Mbps and 100Mbps Speeds
- Seamless Integration With Your Existing 10BaseT, 100BaseTX, or 10/100 Network
- Channels Full Duplex, Dedicated Bandwidth to Each Port for Optimal Performance
- Easy to Use—No Configuration Required
- Free Technical Support—24 Hours a Day, 7 Days a Week for North America Only
- 5-Year Limited Warranty

Features

- Ideal for Integrating Your 10BaseT and 100BaseTX Network Hardware
- 5, 8 or 16 10/100 Ports Provide Dedicated Bandwidth in Half or Full-Duplex Modes
- Switched 10/100 Ports Run at 10Mbps, 20Mbps, 100Mbps, or up to 200Mbps
- NWAY Technology Detects Cabling Type, Speed, and Duplex Mode
- Compatible with All Major Network Operating Systems
- Advanced Store-and-Forward Packet Switching Optimizes Data Transfers
- Auto Partitioning Protects PCs from Downed Network Lines
- Signal Regeneration Ensures Data Transfer Integrity
- Free Technical Support—24 Hours a Day, 7 Days a Week for North America Only
- 5-Year Limited Warranty

Migrate to 10/100 Fast Ethernet Speeds



10/100 5-PORT WORKGROUP SWITCH (EZXS55W v2)
10/100 8-PORT WORKGROUP SWITCH (EZXS88W v2)
10/100 16-PORT WORKGROUP SWITCH (EZXS16W)