



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“SISTEMA DE MONITOREO DE ESTADOS Y
CONTROL DE UNIDADES AL INGRESO DEL
PROCESO DE UNA PLANTA DE PINTURA AUTOMOTRIZ”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

PRESENTA

CRUZ VAZQUEZ BRENDA LUCERO

ASESORES

M. EN C. NAVARRO SOTO RICARDO
M. EN C. TORRES RODRÍGUEZ IVONE CECILIA



CIUDAD DE MÉXICO 2017

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

T E M A D E T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. BRENDA LUCERO CRUZ VAZQUEZ

“SISTEMA DE MONITOREO DE ESTADOS Y CONTROL DE UNIDADES AL INGRESO DEL PROCESO DE UNA PLANTA DE PINTURA AUTOMOTRIZ”

IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MONITOREO DE LA PRODUCCIÓN, QUE MUESTRE EL NÚMERO DE UNIDADES QUE INGRESAN A LA PRIMERA ESTACIÓN DEL PROCESO DE PINTURA DE UNA PLANTA AUTOMOTRIZ, Y QUE A SU VEZ PERMITA VISUALIZAR EL ESTADO DE DICHA ESTACIÓN A TRAVÉS DE UN PIZARRÓN DE ANDÓN, CON LA FINALIDAD DE PROPORCIONAR INFORMACIÓN QUE PERMITA AL PERSONAL REACCIONAR ANTE DIVERSAS SITUACIONES QUE PONGAN EN PELIGRO EL AVANCE DIARIO CONTRA LAS METAS ESTABLECIDAS.

- ❖ PROCESO DE APLICACIÓN Y MONITOREO DE LA PINTURA AUTOMOTRIZ
- ❖ RECOLECCIÓN Y ENVÍO DE INFORMACIÓN DE LA ETAPA DE COLGADO DE UNIDADES
- ❖ PROGRAMACIÓN DE ESTADOS Y DIRECCIONAMIENTO EN EL SISTEMA DE MONITOREO DE PRODUCCIÓN SMP
- ❖ COSTO-BENEFICIO
- ❖ RESULTADOS

CIUDAD DE MÉXICO, A 01 DE SEPTIEMBRE DEL 2016.

A S E S O R E S


M. EN C. IVONE CECILIA TORRES
RODRIGUEZ


M. EN C. RICARDO NAVARRO SOTO


M. EN C. MIRIAM GÓMEZ ÁLVAREZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN



Agradecimientos

A mi madre

Gracias por demostrarme las cualidades máximas de una mujer, por llenar el hogar de todas muestras de amor posibles y por enseñarme que la fortaleza de una mujer es tan grande como su espíritu.

A mi padre

El mejor maestro que me ha dado la vida, es la persona a quien llamo papá, gracias por guiar mis pasos, por dejarme volar y perseguir mis sueños. Gracias por ponerme retos y límites, por ser mi incondicional.

A mi esposo

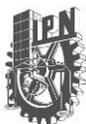
Jesús, gracias por sostener mi mano ante la tempestad, por ser valiente para mí y por demostrarme la inmensidad de tu amor en cada una de tus acciones.

A mis asesores

Gracias por compartir su conocimiento, por todo su apoyo para concretar este proyecto, por sus aportaciones y su tan valiosa disposición de tiempo. Que esta gran institución se siga enriqueciendo con personas tan grandes y nobles como lo son ustedes.

Al glorioso Instituto Politécnico Nacional

Gracias a mi alma mater por abrirme sus puertas, me brindó la oportunidad de empaparme del conocimiento que emana de sus aulas y ella me ha dado amigos que llevo siempre en mi corazón...



Índice

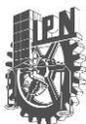
Planteamiento del problema.....	VII
Justificación.....	VIII
Objetivo general.....	IX
Objetivos específicos	IX
Introducción.....	X
Glosario de términos y abreviaturas	XI

Índice General

Capítulo 1

“Proceso de Aplicación y Monitoreo de la Pintura Automotriz”

1.0 Proceso de Aplicación de la Pintura Automotriz	2
1.1 Etapas del Proceso de Aplicación de la Pintura Automotriz	2
1.1.1 Preparación.....	3
1.1.1.2 Colgado de Unidades	3
1.1.1.3 Limpieza.....	3
1.1.1.4 Fosfatado.....	4
1.1.1.5 Electro Revestimiento	4
1.1.2 Aplicación de Masillas	4
1.1.2.1 Sello	5
1.1.2.2 Policloruro de Vinilo (PVC)	5
1.1.3 Lijado.....	6
1.1.4 Aplicación de la Pintura.....	6
1.1.4.1 Primer	7
1.1.4.2 Base	7
1.1.4.3 Clara.....	8
1.1.5 Pulido.....	8
1.1.6 Reparaciones.....	8
1.2 Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP).....	9
1.2.1 Importancia de los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP)	10
1.2.2 Proceso de Flujo de los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP).....	10
1.2.2.1 Operadores.....	12
1.2.2.2 Maquinaria	12
1.2.2.3 Supervisores.....	12
1.2.2.4 Gerencia.....	13
1.2.3 Estructura de los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP).....	13
1.2.3.1 Entradas del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).....	13
1.2.3.2 Unidad de control	14
1.2.3.3 Salidas	14
1.3 Proceso de Colgado de Unidades	14
1.3.1 Colocación de Patines.....	14
1.3.2 Colgado de Unidades	16
1.3.2.1 Mesa de Rodillos 1.1.....	16



1.3.2.2	Plataforma de Elevación 1.3.....	16
1.3.2.3	Mesa de Retención 1.4	18
1.3.2.4	Mesa de Elevación 1.5.....	18
1.3.2.5	Mesa de Rodillos 1.6.....	18

Capítulo 2

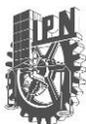
“Recolección y Envío de Información de la Etapa de Colgado de Unidades”

2.1	Descripción de la Recolección de Datos.....	20
2.1.1	Arquitectura de la Recolección de Datos	20
2.1.2	Recolección de Datos en Piso Mediante PLC	20
2.1.2.1	RSLogix 5.....	21
2.1.2.2	RSLinx	22
2.1.2.3	Plataforma de Comunicaciones Abierta (OPC).....	23
2.2	Proceso de Recolección de Datos.....	24
2.2.1	Recolección de Datos Mediante Gestor de Puerta de Enlace (GPE)	24
2.2.2	Recolección de Datos Mediante Servidor OPC	24
2.2.3	Recolección de Datos Mediante Cliente OPC.....	26
2.2.4	Pizarrón Andón	26
2.2.4.1	Tipos de Andones	27
2.2.4.2	Elementos Usuales de un Andón	28
2.3	Aspectos a Revisar	29
2.3.1	Estados y Correspondencia	29
2.3.1.1	Ciclando (<i>Cycling</i>)	30
2.3.1.2	Buenas Unidades (<i>Good Units</i>).....	31
2.3.1.3	Bloqueado (Blocked).....	31
2.3.1.4	En espera (Starved)	31
2.3.1.5	Falla (<i>Down</i>)	31
2.4	Situación actual vs deseada.....	31

Capítulo 3

“Programación de Estados y Direccionamiento en el Sistema de Monitoreo de Producción SMP”

3.1	Identificación de Sensores	34
3.2	Diagramas de Flujo del Proceso	34
3.2.1	Inicio de Ciclo (<i>Cycling Start</i>) y Conteo de Unidades (<i>Count Units</i>)	34
3.2.2	Ciclo Productivo Bueno (<i>Good Productive Cycle</i>).....	37
3.2.3	Ciclando (<i>Cycling</i>)	38
3.2.4	Final de Ciclo (<i>Cycle End</i>)	39
3.2	Configuración entre el PLC y la PC	40
3.3	Programación de Estados.....	45
3.3.1	Programación de Salidas	46
3.4	Marquee Manager	49
3.4.1	Configuración del programa Marquee Manager Administrador	49
3.4.2	Configuración del Marquee Manager para OPC.....	51
3.4.2.1	Creación de ítems OPC.....	51



3.4.2.2 Creación de Eventos OPC	51
a) Evento en espera (starved).....	52
b) Evento bloqueado (blocked)	53
c) Evento en falla (down).....	54
3.5 Data Manager	55

Capítulo 4 “Costo – Beneficio”

4.1 Materiales Necesarios para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP)	63
4.1.1 Costo por Materiales para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).....	68
4.2 Costo por Mano de Obra para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP)	69
4.3 Costo por Herramienta o Equipo para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP)	70
4.4 Costo Total para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP)	70
4.5 Costo de Ingeniería	70
4.6 Total General	71
4.7 Beneficio económico del proyecto	71

Capítulo 5 “Resultados”

5.1 Pantallas de Estados.....	75
5.2 Comprobación de Resultados.....	76
5.2.1 Bloqueado (<i>Blocked</i>).....	76
5.2.2 En espera (<i>Starved</i>)	77
5.2.3 En falla (<i>Down</i>).....	78
5.3 Modificaciones	79
5.3.1 Objetivo real y alcanzado.....	80
5.3.2 Tiempo de los estados Bloqueado (<i>Blocked</i>), en Espera (<i>Starved</i>) y en Falla (<i>Down</i>)	80
5.4 Plan de reacción	81
5.4.1 Bloqueado (<i>Blocked</i>).....	82
5.4.2 En espera (<i>Starved</i>)	83
5.4.3 En falla (<i>Down</i>).....	86

Índice de tablas

Tabla 2.1 Relación de componentes que conforman el (SMP).....	20
Tabla 2.2 Relación del RS Linx con el Software y Hardware	23
Tabla 2.3 Tipos de andones	27
Tabla 2.4 Estados y correspondencia.....	29
Tabla 2.5 Elementos que conforman el tiempo ciclo.....	30
Tabla 4.1 Interruptor de carrera	63
Tabla 4.2 Sensores de proximidad	64
Tabla 4.3 Elementos de sujeción para sensores	65

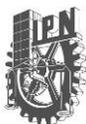


Tabla 4.4 Pizarrón de andón y PLC.....	66
Tabla 4.5 Soportes para pizarrón de andón, así como gabinete para PLC	67
Tabla 4.6 Total de materiales	68
Tabla 4.7 Costo por mano de obra	69
Tabla 4.8 Desglose por costo por herramienta o equipo.....	70
Tabla 4.9 Costo total del proyecto	70
Tabla 4.10 Desglose por costo de ingeniería.....	71
Tabla 4.11 Total general.....	71
Tabla 4.12 Sueldo de técnico promedio	72
Tabla 4.13 Número de unidades no producidas	72
Tabla 4.14 Costo de línea detenida	73

Índice de figuras

Figura 1.1 Diagrama del flujo de proceso de pintura	2
Figura 1.2 Colocación de ganchos	3
Figura 1.3 Limpieza de unidades por aspersion	3
Figura 1.4 Aplicación del electro revestimiento por hundimiento	4
Figura 1.5 Pistolas para colocación de poliéster	5
Figura 1.6 Aplicación de PVC por brazos robóticos	5
Figura 1.7 Lijadora orbital manual.....	6
Figura 1.8 Pistola de aerografía para aplicación manual	6
Figura 1.9 Robot Pintor IRB 5400 para aplicación automática	7
Figura 1.10 Pulidora manual	8
Figura 1.11 Caseta de reparaciones mayores	8
Figura 1.12 Ejemplo de pantalla de indicadores	9
Figura 1.13 Ejemplo de pantalla indicadora de conteo de unidades	10
Figura 1.14 Flujo de operación de un SMP	11
Figura 1.15 Diagrama de bloques de un SMP	13
Figura 1.16 Cuerpo de la carrocería	15
Figura 1.17 Patines utilizados para el proceso de pintura.....	15
Figura 1.18 Carrocería lista para el proceso de pintura.....	16
Figura 1.19 Planta Pintura.....	17
Figura 2.1 Entradas al PLC.....	21
Figura 2.2 Pantalla de inicio del RSLogix 5.....	21
Figura 2.3 Pantalla de inicio de RSLinks	22
Figura 2.4 Ejemplo de comunicación entre diferentes protocolos mediante OPC.....	23
Figura 2.5 Esquema de un SMP	24
Figura 2.6 Relación de servidor OPC.....	25
Figura 2.7 Estructura de un servidor OPC	25
Figura 2.8 Software administrador de datos	26
Figura 2.9 Representación de pizarrón de andón.....	28
Figura 2.10 Nivel de jerarquización de estados.....	30
Figura 2.11 Programación actual para conteo de unidades	32
Figura 3.1 Identificación de sensores	35
Figura 3.2 Identificación de sensores con nombre	36

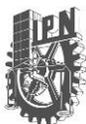


Figura 3.3 Inicio de ciclo (cycle start)	37
Figura 3.4 Ciclo productivo bueno (good productive cycle)	38
Figura 3.5 Ciclando (cycling).....	39
Figura 3.6 Final de ciclo (cycle end)	40
Figura 3.7 Ventana de redes e internet	40
Figura 3.8 Ventana conexiones de red.....	41
Figura 3.9 Propiedades de conexión de área local.....	41
Figura 3.10 Propiedades de protocolo de internet	42
Figura 3.11 Conexión del PLC con la PC a través del cable ethernet.....	42
Figura 3.12 Configuración de drivers.....	43
Figura 3.13 Agregar nuevo driver	43
Figura 3.14 Configuración de nuevo driver con IP válida	44
Figura 3.15 PLC en red	44
Figura 3.16 Carga de programa del P1 colgado de unidades.....	45
Figura 3.17 Inicio del programa (cycle start).....	46
Figura 3.18 Buen ciclo productivo (good productive cycle) y conteo de unidades (count units)	47
Figura 3.19 Final de ciclo (cycle end)	47
Figura 3.20 Estados bloqueado (blocked) y en espera (starved)	47
Figura 3.21 Ciclo continuo (continuous cycle) y no continuo (non continuous cycle).....	48
Figura 3.22 Contador de ciclos totales (total cycle count).....	49
Figura 3.23 Servidor Marquee Manager para OPC.....	50
Figura 3.24 Marquee Manager Administrador.....	50
Figura 3.25 Creación de nuevo ítem.....	51
Figura 3.26 Árbol de direcciones del OPC ítem	52
Figura 3.27 Detalles línea en espera (starved)	52
Figura 3.28 Acciones línea en espera (starved)	53
Figura 3.29 Detalles línea bloqueada (blocked).....	53
Figura 3.30 Acciones línea bloqueada (blocked)	54
Figura 3.31 Detalles línea en falla (down).....	54
Figura 3.32 Acciones línea en falla (down)	55
Figura 3.33 Aplicación NetMeeting - 1 Connection.....	55
Figura 3.34 Data Manager	56
Figura 3.35 Configuración Marquee Manager	56
Figura 3.36 Pantallas de Marquee	57
Figura 3.37 Plantilla limpia Marquee Manager	57
Figura 3.38 Herramientas de Marquee Manager.....	58
Figura 3.39 Herramienta reloj.....	58
Figura 3.40 Body contra Buffer	59
Figura 3.41 Tags Marquee Manager	59
Figura 3.42 Lista de Tags.....	60
Figura 3.43 Estación de colgado de unidades	60
Figura 4.1 Reporte de MTTR y MTBF	72
Figura 5.1 Pantalla final del Data Manager.....	75
Figura 5.2 Foto del Run Maquee Manager	75
Figura 5.3 Toggle Bit	76

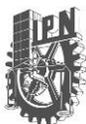
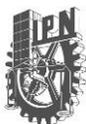


Figura 5.4 Activación en PLC de la pantalla bloqueado (blocked).....	76
Figura 5.5 Marquee Manager bloqueado (blocked).....	77
Figura 5.6 Pantalla del pizarrón de andón de la pantalla bloqueado (blocked).....	77
Figura 5.7 Activación en PLC de la pantalla en espera (starved).....	78
Figura 5.8 Marquee Manager en espera (starved).....	78
Figura 5.9 Pantalla del pizarrón de andón de la pantalla en espera (starved).....	78
Figura 5.10 Activación en PLC de la pantalla en falla (down).....	79
Figura 5.11 Marquee Manager en falla (down).....	79
Figura 5.12 Pantalla del pizarrón de andón de la pantalla en falla (down).....	79
Figura 5.13 Data Manager.....	80
Figura 5.14 Pizarrón de andón bloqueado (blocked).....	81
Figura 5.15 Pizarrón de andón en espera (starved).....	81
Figura 5.16 Pizarrón de andón en falla (down).....	81
Figura 5.17 Diagrama de flujo para el plan de reacción.....	82
Figura 5.18 Diagrama de flujo bloqueado (blocked).....	84
Figura 5.19 Diagrama de flujo en espera (starved).....	85
Figura 5.20 Diagrama de flujo falla (down).....	87
Conclusiones	88
Bibliografía.....	89
Anexos	91



Planteamiento Del Problema

En la primera estación del proceso de pintura automotriz, llamada colgado de unidades, se ha identificado mediante los reportes que se entregan al inicio de turno, que los datos referentes al conteo de unidades que son facilitadas por parte de planta carrocerías a planta pintura en ocasiones presentan un desfase de dos a tres unidades.

Es decir, existe una diferencia de conteo de unidades entre los dispositivos que se encuentran contando la entrega de las unidades por parte de planta carrocerías y los dispositivos que se encuentran contando la recepción por parte de planta pintura.

Entre las posibles causas que podrían originar el problema se encuentra que los sensores que realizan el censado de unidades no están cumpliendo su función debido a una falla, mal direccionamiento o incluso una mala localización en la línea de producción, o que exista alguna instrucción contenida en la programación del Controlador Lógico Programable (PLC) que impida que los datos relacionados con el conteo, estén llegando a la unidad de control, quien a su vez los envía al Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

Esta condición afecta los indicadores de dos áreas, en planta carrocerías los indicadores de producción se ven afectados al cierre de turno debido a esa diferencia de conteos en la que aparentemente no llegaron al objetivo establecido, mientras que en pintura los indicadores de productividad se ven afectados cuando se han procesado menos, o más unidades que las que planta carrocerías ha confirmado que han sido entregadas.

Puesto que el número de incidencias presentadas en el área de colgado no ha mejorado, se ha designado a una persona que realice el conteo de las unidades que van ingresando a planta pintura de manera manual, sin embargo, debido al inminente grado de error humano este método no ha sido efectivo para realizar comparaciones que puedan ayudar a identificar los posibles originadores del problema.

Además de la importancia que representa el monitorear el número de unidades que pasan por la primera estación del proceso de pintura, es importante conocer el estado que atraviesa dicha estación, sí es que se encuentra bloqueada debido a alguna falla que impida el avance de las unidades a la siguiente estación o que se encuentre vacía sin unidades que procesar, en concreto, complicaciones que afecten el nivel de productividad con el que se mide planta pintura, así como principales problemas que impiden llegar al objetivo de metas establecidas.



Justificación

En el proceso de pintura automotriz los principales criterios de evaluación están en función de la calidad visual de la pintura, en la productividad de las instalaciones de la planta y en la compatibilidad ambiental de su infraestructura [1]. Hablando de la productividad de las instalaciones, los datos que se reciben del Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP), son de vital importancia para conocer en tiempo real el estatus de la productividad de la producción, puesto que de ello depende que el volumen de producción se encuentren dentro del objetivo establecido, que se tomen decisiones adecuadas para correcto funcionamiento del equipo identificando las áreas críticas que requieren mantenimiento, así como el monitoreo del estatus de la producción para priorizar las cargas de trabajo de manera que se aumenten los niveles de producción.

Mediante la implementación de un sistema de conteo de unidades que involucre a más de un elemento sensor, que realice todo un escaneo de las condiciones por las cuales debe atravesar una carrocería para ser considerada como una buena unidad o una unidad productiva se puede tener la seguridad de que no sólo con la activación de una señal de sensor que está expuesta ante cualquier alteración, el conteo de las unidades que ingresan a planta pintura habrá de ser confiable.

Un pizarrón andón que muestre el estatus del monitoreo de la producción además del conteo de unidades, es útil para atacar aquellos problemas que en general impiden el flujo correcto de las unidades que avanzan a través del proceso de pintura. Además, permite comunicar mensajes claros y oportunos sobre la situación que presenta la primera estación del proceso de pintura que permiten reaccionar en tiempo y forma a todos los niveles de gerencia para tomar decisiones adecuadas que ayuden a reestablecer la operación de dicha estación.

Asegurando la integridad del conteo de las unidades que es mostrado en el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), así como el monitoreo del estado de la primera estación del proceso de pintura, se pueden realizar diversos análisis que permitan mejorar el nivel de la producción, así entonces, no será necesario forzar el sistema para exigirle un número mayor de unidades por entregar. De esta manera además de validar los datos que llegan al SMP se podrán generar reportes de carácter íntegro que reflejen el verdadero estatus de la planta, así como sus áreas de oportunidad pudiéndolas atacar de manera efectiva, demostrando con información confiable que existen complicaciones en la línea de producción, pero sobretodo enfocando todos los esfuerzos en las áreas en donde se encuentran dichos inconvenientes.



Objetivo General

Implementar un sistema de monitoreo de la producción, que muestre el número de unidades que ingresan a la primera estación del proceso de pintura de una planta automotriz, y que a su vez permita visualizar el estado de dicha estación a través de un pizarrón de andón, con la finalidad de proporcionar información que permita al personal reaccionar ante diversas situaciones que pongan en peligro el avance diario contra las metas establecidas.

Objetivos Específicos

- 1.- Verificar que los sensores de presencia y de límite que se ubican en contacto con las unidades en la línea de producción se encuentren enviando señales en buen estado que permitan ser recibidas y monitoreadas en el PLC.
- 2.- Implementar un sistema de conteo de unidades que ingresan a la primera estación del proceso de pintura, mediante la modificación de la lógica del programa del PLC, que despliegue dicha información en un pizarrón de andón y ayude a medir la eficiencia con la que la planta se encuentra operando.
- 3.- Implementar un sistema de monitoreo de estados que permita visualizar el estatus en tiempo real de la primera estación del proceso de pintura, mediante la modificación de la lógica del programa de PLC, que despliegue dicha información en un pizarrón de andón y proporcione información útil al personal para reaccionar ante eventos que pongan en peligro las metas establecidas.
- 4.- Garantizar que los datos de conteo que se envían al pizarrón de andón de monitoreo y conteo de producción sean auténticos, mediante una igualación entre los valores que recolecta el PLC con la información que muestran las pantallas del sistema de monitoreo de la producción.



Introducción

El presente trabajo es un trabajo de investigación relacionado con el análisis de la primera estación del proceso de pintura de una planta automotriz, llamada colgado de unidades, en él se abordan dos aspectos importantes para medir y aumentar la eficiencia con la que las unidades ingresan a la planta. El cuál tiene por objetivo implementar un Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP), que muestre el número de unidades que ingresan a la primera estación del proceso de pintura de una planta automotriz, y que a su vez permita visualizar el estado de dicha estación a través de un pizarrón de andón, con la finalidad de proporcionar información que permita al personal reaccionar ante diversas situaciones que pongan en peligro el avance diario contra las metas establecidas.

A continuación, se describe el contenido de cada uno de los capítulos que contiene el presente trabajo.

Capítulo 1: En este capítulo se describe cada una de las etapas por las cuales una carrocería pasa a través del proceso de pintura automotriz, posterior a ello se describe la estructura de un Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP), así como la importancia de conocerlo y aplicarlo a la industria. Este apartado finaliza con la descripción detallada de la estación para la cual se va a implementar el SMP.

Capítulo 2: En este capítulo se describe el proceso de la recolección de datos que es utilizada por el SMP actualmente y que sirve como base para la implementación del presente proyecto. Así mismo se explica la metodología que sirvió como base para definir los estados que indican el estatus de la estación de colgado de unidades.

Capítulo 3: En este capítulo se explica la metodología que fue implementada para realizar la modificación en la lógica del programa con la cual se realizaba el conteo de las unidades que ingresan a la planta, de igual forma se explica la modificación que se realizó en la lógica del programa para definir los estados que muestran el estatus de la estación de colgado. Así mismo se describe el procedimiento que se siguió para dar de alta las etiquetas las cuales permitan mostrar dichos datos en un pizarrón de andón.

Capítulo 4: En este capítulo se muestra la relación que tiene el costo de la implementación que conlleva este proyecto, tomando en cuenta los costos de materiales, mano de obra, implementación, el costo de ingeniería, con el beneficio que representa el implementarlo en la línea de producción.

Capítulo 5: Finalmente se explica cómo es que fueron realizadas las pruebas para comprobar la efectividad de la implementación del pizarrón de andón, así como los siguientes pasos a seguir que permita aumentar la efectividad con la que los grupos de reacción atacan los problemas que afectan el desempeño de la primera estación del proceso de pintura.



Glosario de Términos y Abreviaturas

Estanqueidad: Posibilidad de crear una superficie por donde no accede el agua al interior en casos de lluvia.

Habitáculo: Recinto de pequeñas dimensiones destinado a ser ocupado por personas o animales.

Gravilla: Producto derivado de la trituración de una roca, usualmente utilizado para pavimentar caminos.

Gravillado: Acción que se realiza cuando la gravilla golpea la superficie de la carrocería.

Imprimación: Proceso por el cual se prepara una superficie para ser pintada posteriormente.

Corrosión: Corrosión es el ataque destructivo de un metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente.

PVC: Policloruro de vinilo o PVC, del inglés polyvinyl chloride, polímero termoplástico que bajo la acción del calor se reblandece, y al enfriarse recupera la consistencia inicial.

Activo: Un activo es una división lógica de trabajo o equipo localizada donde un tiempo ciclo o una parte producida puede ser determinada.

Marquee: Herramienta de comunicación de visualización proporcionando los medios necesarios para mostrar datos de producción que se conecta directamente con los pizarrones de andón mediante el direccionamiento de las IP que tiene asignada.

Troubleshooting: Metodología que es utilizada para analizar una falla de una máquina o un componente cuando este se encuentra energizado.

Capítulo 1

“Proceso de Aplicación y Monitoreo de la Pintura Automotriz”

En este capítulo se describen las etapas del proceso de aplicación de la pintura automotriz, así como la importancia del monitoreo de los estados en la estación de colgado de unidades para la correcta toma de decisiones en todos los niveles de operación.

1.0 Proceso de Aplicación de la Pintura Automotriz

El proceso de pintura es una de las etapas más complejas y delicadas dentro del proceso de manufactura de vehículos, esta se desarrolla después del estampado y soldadura de la lámina que le da forma a la carrocería y antes de colocar el revestimiento y equipamiento con el que cuenta el automóvil. El exterior del acabado de pintura y el acondicionamiento del interior del automóvil juegan un rol importante en la percepción de la calidad de los consumidores. La pintura cumple con una doble función, en primer lugar, protege la lámina del automóvil de la corrosión y de factores que se presentan en la intemperie que pueden dañar la integridad del vehículo y en segundo lugar le da el color y brillo que proveen a la unidad un aspecto atractivo y que incrementan el valor del producto [1].

Se trabaja con carrocerías desnudas, lo que facilita el acceso a diferentes zonas y por otro lado al no llevar montados elementos eléctricos y plásticos, la carrocería puede someterse a procesos de horneado con la finalidad de obtener un secado rápido y eficaz [2].

En la figura 1.1 se muestra un diagrama de bloques que ilustra el flujo que sigue la carrocería a través del proceso de aplicación de pintura automotriz, con la finalidad de apoyar en el entendimiento de las etapas que conforman la aplicación de la misma.

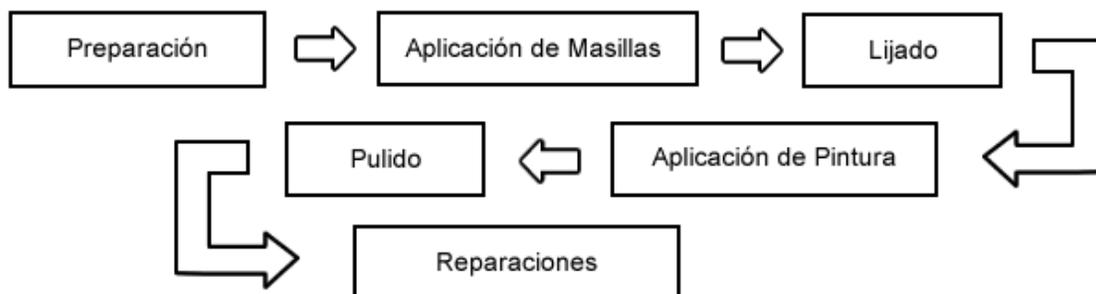
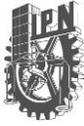


Figura 1.1 Diagrama del flujo de proceso de pintura

1.1 Etapas del Proceso de Aplicación de la Pintura Automotriz

Durante el proceso de aplicación de pintura, la carrocería aún desnuda, se somete a diferentes tratamientos, donde se emplean distintos productos, cada uno de ellos con cierta finalidad, algunos de ellos son de carácter protector y otros tienen como función embellecer la carrocería [2]. A continuación, se describen cada una de las etapas que conforman el proceso de pintura automotriz: preparación, aplicación de masillas, lijado, aplicación de pintura, pulido y reparaciones.



1.1.1 Preparación

La preparación es la primera etapa que se realiza para llevar a cabo el proceso de aplicación de pintura. Esta etapa está dividida a su vez en tres fases; colgado de unidades, limpieza, fosfatado y electro revestimiento.

1.1.1.2 Colgado de Unidades

Para realizar este proceso se coloca de manera manual dos ganchos sujetadores, uno en el espacio en donde se coloca el vidrio del parabrisas y el otro en el espacio que está destinado para la colocación del vidrio de la puerta trasera, ver figura 1.2, dichos sujetadores son enganchados a un transportador que traslada las unidades a través de todo su recorrido por las diferentes fases del proceso de preparación.

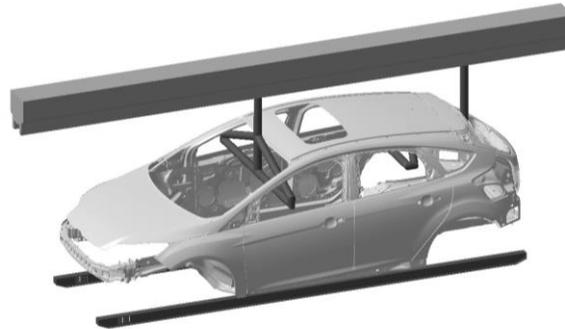


Figura 1.2 Colocación de ganchos

1.1.1.3 Limpieza

Una vez que la unidad ha sido enganchada a los transportadores, llega a una segunda fase denominada limpieza. En esta fase se remueven suciedades tales como grasas, polvo y cualquier otra contaminación que pudiera contener la lámina debido a su paso por el proceso de estampado y ensamble de la carrocería. Este tipo de impurezas deben ser eliminadas de la superficie de la carrocería ya que dificultan el agarre de las posteriores capas de pintura.

El procedimiento de limpieza puede realizarse mediante aspersion a alta presión, ver figura 1.3, o mediante la inmersión de cuerpo completo de la carrocería en una tina donde se emplean sustancias de alto poder desengrasante.

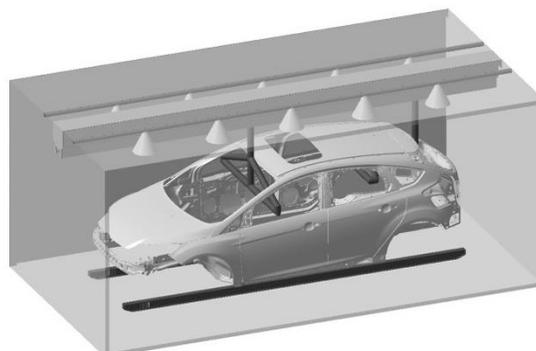
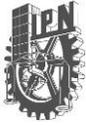


Figura 1.3 Limpieza de unidades por aspersion



1.1.1.4 Fosfatado

Posterior al proceso de limpieza es necesario que la carrocería pase por un proceso de pretratamiento con una sustancia compuesta en su mayoría por óxido de fosfato, sustancia que le ayuda, entre otras cosas a la protección de daños ocasionados por el ambiente como la corrosión [1,3]. Para conseguir que la superficie metálica adquiera esta capa de fosfato, la carrocería se sumerge en un baño compuesto fundamentalmente, por ácido fosfórico, fosfatos de zinc y aditivos acelerantes, creando una capa porosa que aumenta la superficie de contacto facilitando la adherencia de los siguientes recubrimientos.

1.1.1.5 Electro Revestimiento

El electro revestimiento es la tercera fase del proceso de preparación, esta fase se lleva a cabo mediante la aspersion o inmersión de la carrocería en una sustancia especial formada por una serie de aglutinantes y pigmentos en agua ionizada con una baja proporción de solventes orgánicos, ver figura 1.4, que proveen a la carrocería de una doble protección contra los agentes ambientales. Para que dicha sustancia se adhiera adecuadamente a la carrocería, se hace circular una corriente a través de la lámina de la carrocería mediante un electrodo externo. Este proceso permite una excelente protección contra la corrosión además de permitir una distribución uniforme de las posteriores capas de películas de pintura.

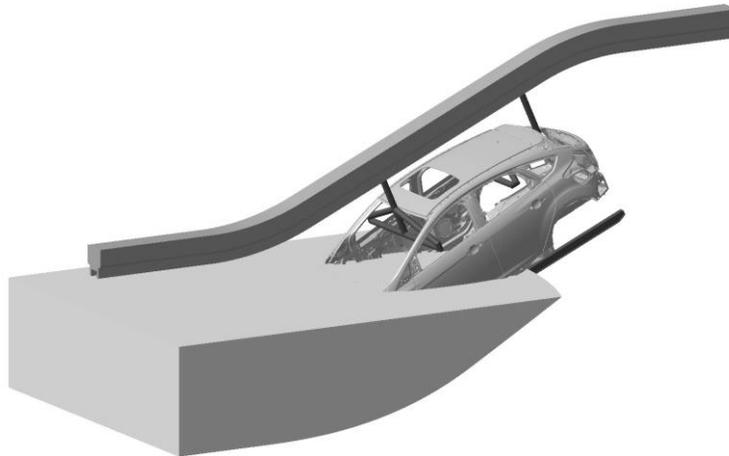


Figura 1.4 Aplicación del electro revestimiento por hundimiento

1.1.2 Aplicación de Masillas

El objetivo de la etapa de aplicación de masillas, también conocida como sello, es asegurar que no exista la posibilidad de que la humedad penetre entre las hojas de metal, así como de que no existan pasos de agua proveniente del exterior [2]. El proceso de aplicación de masillas está compuesto de dos fases: sello y Policloruro de Vinilo (PVC) que se detallan a continuación.

1.1.2.1 Sello

El proceso de sellado se realiza colocando una masilla de poliéster mediante pistolas especiales, ver figura 1.5, entre las uniones donde se traslapan las láminas de la carrocería que comunican el interior de la carrocería con la intemperie, con la finalidad de impedir la entrada de pasos de agua o humedad y de esta manera evitar la corrosión. En esta etapa también se le suelen colocar hojas insonorizantes con el propósito de reducir las vibraciones de la chapa metálica de la carrocería y así evitar la aparición de corrosión por fatiga. Además, se suelen agregar parches, tapetes y láminas de sello fundible en ubicaciones específicas de la carrocería con el objetivo de evitar pasos de ruido y aire además de la penetración de agua [4].



Figura1.5 Pistolas para colocación de poliéster

1.1.2.2 Policloruro de Vinilo (PVC)

Una vez que se ha llevado a cabo la etapa de sellado se procede a colocar PVC en los estribos de la carrocería con la intención de protegerlas del constante contacto que tienen con el agua, así como proteger las taloneras, zonas máximas de gravillonado, con una capa que impida el desprendimiento de la pintura y una corrosión posterior. Este material es aplicado debajo de la carrocería y es esparcido dentro de las costuras del carro para garantizar las pruebas contra las filtraciones de agua, ver figura 1.6.

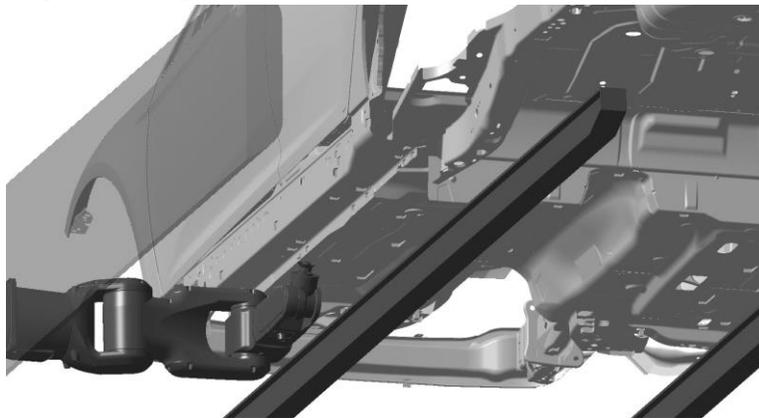


Figura 1.6 Aplicación de PVC por brazos robóticos



1.1.3 Lijado

La etapa de lijado se realiza con la finalidad de obtener superficies uniformes que garanticen una correcta adherencia de la pintura, en esta etapa se asegura que la masilla de sello que se aplicó en la etapa anterior se encuentre correctamente adherida a la carrocería para evitar grumos o imperfecciones que impidan un acabado de pintura uniforme. Este tipo de inspecciones suelen realizarse mediante una revisión visual y manual, en caso de encontrar alguna imperfección en la carrocería será necesario eliminarla mediante el lijado con una herramienta manual rotatoria, ver figura 1.7, que acondicionada con el tipo de lija adecuada elimina las imperfecciones y a la vez protege la integridad de la carrocería.



Figura 1.7 Lijadora orbital manual

1.1.4 Aplicación de la Pintura

Al finalizar la etapa de preparación la unidad está lista para el proceso de aplicación de pintura, sin embargo, antes de que se le aplique el color es necesario que la carrocería sea limpiada para garantizar que no contengan residuos generados por el ambiente o por el proceso de preparación. Esta limpieza se realiza de manera manual con trapos húmedos que son pasados por todo el exterior de la carrocería.

La aplicación de pintura se puede realizar de manera manual mediante una pistola neumática conocida como pistola de aerografía, ver figura 1.8, o automáticamente mediante robots pintores, ver figura 1.9, la cual en algunas ocasiones suele complementarse con aplicaciones manuales. Para evitar que los componentes orgánicos volátiles se incorporen a la atmosfera este proceso suele realizarse en la mayoría de los casos en un espacio cerrado y controlado.



Figura 1.8 Pistola de aerografía para aplicación manual

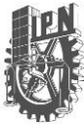


Figura 1.9 Robot Pintor IRB 5400 para aplicación automática

El proceso de pintura estándar que ha sido utilizado por años por el Equipo Original de Manufactureros (OEM's) consiste en: Primer, Base 1, Base 2 y Clara. Todas ellas son aplicadas con ayuda de herramientas rotatorias de alta velocidad con cargas electrostática en el material de pintura [1].

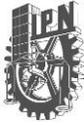
1.1.4.1 Primer

El *primer* sirve para proveer a la carrocería de resistencia contra aquellos golpes que se llegaran a presentar en la lámina de metal desnudo, ya que cualquier perforación en esta puede conducir a la corrosión. Esta capa debe cumplir con un cierto rango de características, puesto que además de ayudar a reducir el riesgo de choques con gravilla en las capas inferiores, el *primer* es la primera y única capa aplicada sobre el electro revestimiento que protege la lámina de la radiación ultravioleta UV [2], además sirve como una imprimación suave para que exista una buena adherencia de las capas superiores (base 1 y base 2) así mismo asegura la detracción mínima de la apariencia visual en el caso de cualquier astillado.

1.1.4.2 Base

Así como el pretratamiento (fosfatado) y el electro revestimiento son requeridos para la protección contra la corrosión, el *primer* lo es para nivelar y proteger a la estructura del gravillonado. La función de las capas de base es brindar color y durabilidad al sistema de recubrimiento, además combina las características del *primer* y sirve como plataforma para la aplicación de la segunda capa de base, el color de esta capa se encuentra igualado con el color de la siguiente capa de pintura.

Hasta los años 70's la mayoría de los automóviles eran pintados con una sola capa de color en la superficie de la lámina, pero debido al rápido deterioro de la pintura se optó por introducir una nueva capa de base no. 2. Ahora que la tecnología ha evolucionado y se han encontrado nuevos métodos para mejorar la calidad de los pigmentos de la pintura muchas compañías automovilísticas han optado por regresar a una sola capa de base que es cubierta con una capa de clara [1].



1.1.4.3 Clara

El objetivo principal de la capa de clara es proveer a la unidad de brillo y de una apariencia que la hagan atractiva al comprador, además de proteger los pigmentos de pintura de las capas anteriores del medio ambiente. Esta capa de clara debe ofrecer protección contra la luz solar excesiva, además de rasguños y algún otro tipo de ataques químicos por productos que se utilicen para la limpieza del automóvil.

1.1.5 Pulido

Como parte final del proceso de pintura automotriz, se realiza una inspección visual y manual alrededor de la carrocería para identificar que el proceso de pintura se haya realizado de manera correcta, que la unidad tiene el acabado adecuado y que cumple con los estándares de calidad establecidos. Sí la unidad presenta un defecto menor este debe ser pulido para ser eliminado, el procedimiento se realiza de manera manual con pulidoras como la que se muestra en la figura 1.10, en caso de que sea un defecto mayor las unidades son re direccionadas a las líneas de reparación o nuevamente a la línea de proceso.



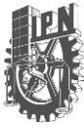
Figura 1.10 Pulidora manual

1.1.6 Reparaciones

Sí se llega a presentar un defecto que afecta la calidad visual de la pintura y requiera una intervención mayor, las unidades son re direccionadas a una caseta de reparaciones similar a la mostrada en la figura 1.11, donde personal especializado realiza acciones necesarias para corregir el defecto y asegurar la calidad de la pintura en la unidad.



Figura 1.11 Caseta de reparaciones mayores



1.2 Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP)

En el mundo competitivo del mercado, las compañías no se pueden permitir pérdidas de tiempo y recursos en realizar trabajos de recolección de datos de manera manual, que pueden ser realizados de una mejor y rápida manera con soluciones avanzadas. Así mismo con la creciente necesidad de asegurar y mantener actualizada la información de las actividades que se realizan en la planta de producción minuto a minuto, usar un sistema manual que mantenga el seguimiento del progreso de la producción ya no es una solución adecuada.

Es por ello que los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP), son una alternativa para la recolección de la información requerida de la producción sin intervención humana [6].

Un Sistema de Monitoreo de Producción, de ahora en adelante abreviado como, SMP, es una herramienta de producción que reúne y distribuye la información necesaria de diversos eventos que ocurren en el piso de producción, se trata de sistemas basados en computadoras que se hacen cargo del proceso de recolección de datos y proveen actualizaciones minuto a minuto de la información de la producción. Un SMP en tiempo real debe proveer la información correcta al personal respectivo en el tiempo correcto [7].

Existen diversas maneras de mostrar la información de los SMP, en la figura 1.12 se muestra un ejemplo de una pantalla de indicadores donde se despliega la información relacionada con el tiempo de producción, este tipo de pantalla es usada como una herramienta guía para los equipos de producción, en especial para que los operadores conozcan las metas diarias y los logros actuales [6].



Figura 1.12 Ejemplo de pantalla de indicadores

Además de este tipo de pantallas, existen otras que tienen como única función mostrar el número de productos, en el caso de la industria automotriz muestran el número de unidades que se encuentran en estaciones específicas del proceso, que además informan la situación actual de la estación de trabajo, es decir; si se encuentra ciclando, si se fue a falla, si se encuentra obstruida o en espera de unidades. En la figura 1.13 se muestra un ejemplo de una pantalla indicadora de conteo de unidades. Es importante aclarar que este tipo de pantallas sólo despliegan información y no permiten interacción alguna del consultor con el proceso que se esté realizando.

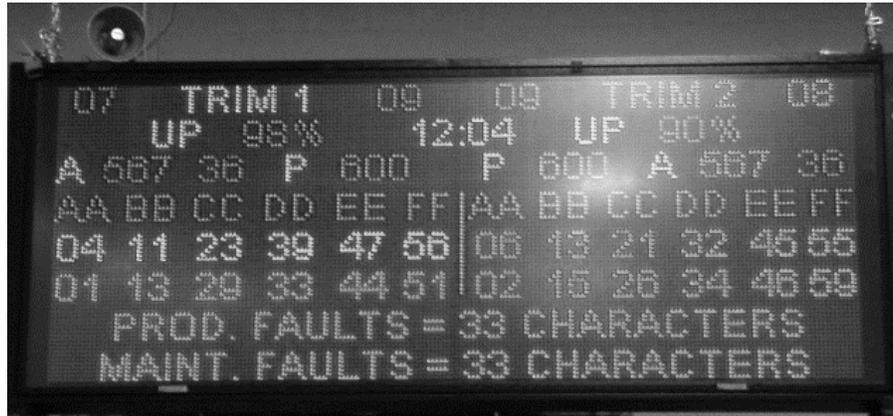


Figura 1.13 Ejemplo de pantalla indicadora de conteo de unidades

1.2.1 Importancia de los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP)

Los SMP, son una eficiente y efectiva herramienta de administración, debido a que ofrecen muchas características que incrementan la habilidad de gestión, puesto que además de controlar las actividades realizadas en la planta de producción, transmite el objetivo de la compañía a los equipos de producción.

El monitoreo de la producción tiene por objetivo ayudar a los equipos de producción a responder de manera oportuna sobre los acontecimientos que puedan afectar el resultado deseado [6]. Un buen SMP permite al personal resolver problemas de producción de manera tan rápida como el evento ocurra.

Un SMP de tiempo real es una herramienta de producción que ayuda a la gerencia a reunir y distribuir información a todo el personal involucrado en piso de producción de los eventos que están ocurriendo. Así mismo, un SMP de tiempo real es esencial para ayudar a las industrias a alcanzar metas realistas de producción, reduciendo el tiempo de inactividad e incrementando el tiempo de rendimiento [7].

Los datos que son recopilados por los SMP deben ser utilizados para su análisis y tendrán que ser clasificados para futuras toma de decisiones. En base al análisis realizado, es responsabilidad de la gerencia que se apliquen medidas correctivas para alcanzar mejores resultados futuros.

1.2.2 Proceso de Flujo de los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP)

Los SMP son útiles para mostrar los objetivos a los equipos de producción, un monitoreo continuo brinda a los trabajadores y a los supervisores una línea de visión directa de la actividad de la línea de proceso y les permite mantenerse al día con las metas. En la figura 1.14 se muestra un diagrama de implementación de un Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) así como su flujo de operación [7].

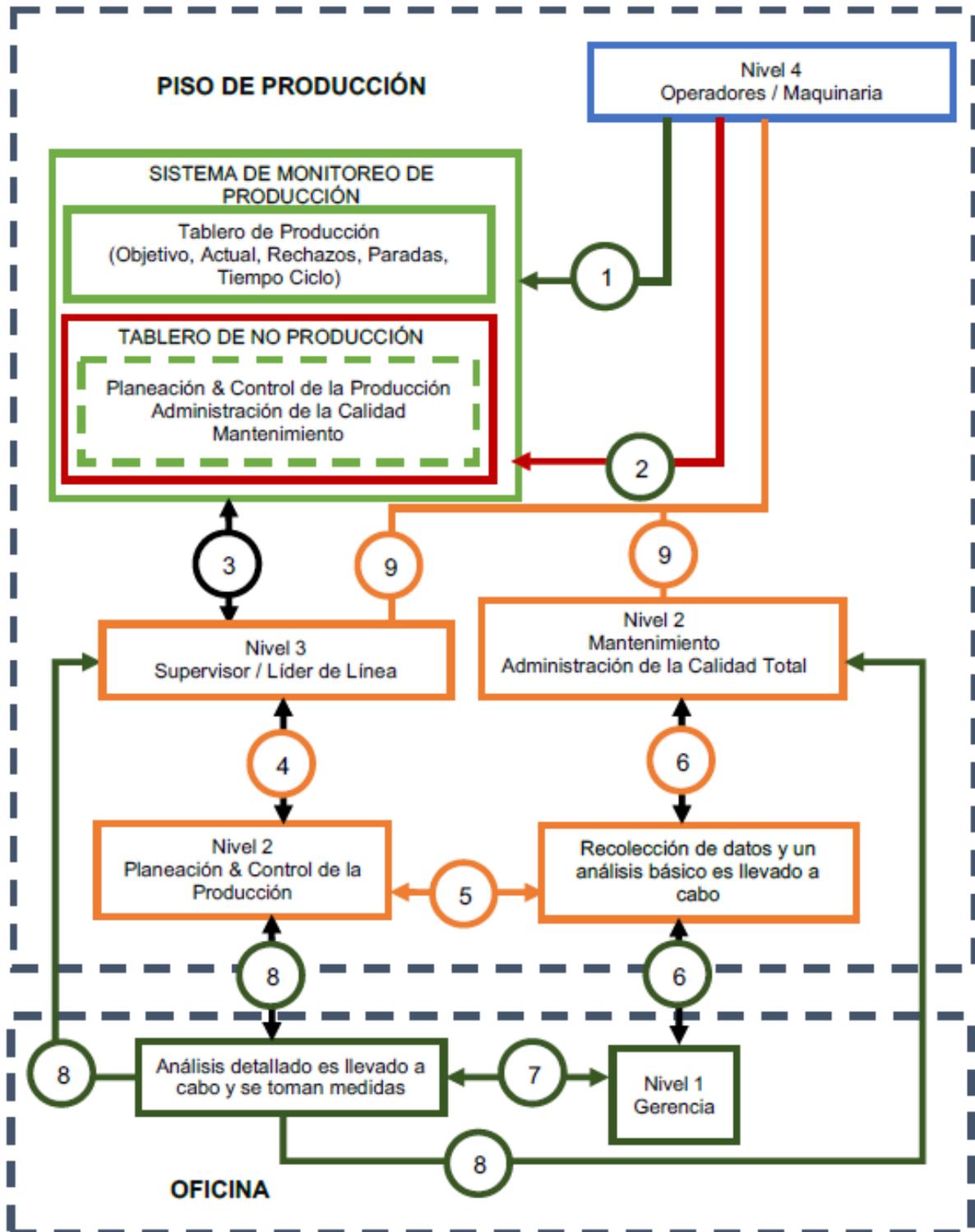
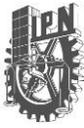


Figura 1.14 Flujo de operación de un SMP



Los beneficios de implementar un eficiente y efectivo SMP es el acceso inmediato a las pantallas con toda la información relacionada con la información de la producción. Como se puede observar en el diagrama cualquier persona que esté interesada en descubrir el estatus de la producción puede utilizar el sistema de monitoreo. A continuación, se realiza una breve explicación de como es que el SMP puede ser aplicado para cada nivel de operación dentro del piso de producción.

1.2.2.1 Operadores

El SMP sirve como una herramienta de asistencia para los operadores, en especial para informar al operador acerca de su desempeño. También será capaz de guiar al operador para mantener un ritmo de trabajo constante durante toda la jornada laboral, lo cual se traducirá en una mejor aplicación de la moral de trabajo entre los empleados.

Una vez que los operadores han sido concientizados para reaccionar de acuerdo con el SMP, con ello se eliminará automáticamente la pérdida de tiempo y por lo tanto se producirán más unidades por hora.

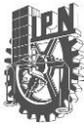
Este sistema también permite a los operadores reconocer fallas y reaccionar alertando a los respectivos departamentos para resolver los problemas que se producen. Dicha interacción reduce el tiempo que toma alertar al respectivo personal y por lo tanto aumenta la eficiencia de la interacción entre las líneas de producción (operadores) y todos los departamentos de soporte (mantenimiento).

1.2.2.2 Maquinaria

El análisis detallado que arroja un SMP ayuda a visualizar datos verídicos de las maquinas al personal que las administra. En las pantallas del SMP se puede ver el estatus de la maquinaria o de la estación de trabajo, si está ciclando, en falla, si se encuentra obstruida o en espera de unidades. Con datos tan valiosos, se pueden obtener mejoras en el rendimiento de la producción, especialmente relacionados con maquinarias y las mermas pueden ser eliminadas.

1.2.2.3 Supervisores

Los SMP también benefician a los supervisores y al líder de línea, el cual actúa como una herramienta de supervisión, quien permite el movimiento del personal (operadores) de una tarea a otra cuando operadores están ausentes o no pueden cumplir con los requisitos de la producción. Tal sistema de visualización ayuda a que el supervisor monitoree el desempeño de sus líneas de producción, haciendo referencia a los parámetros que se muestran. Esto les ayuda a mantener la salida de la producción en marcha para cumplir con los objetivos en el periodo de trabajo establecido.



1.2.2.4 Gerencia

El SMP ayuda al equipo de producción a garantizar que las metas de producción se establezcan y las monitorea continuamente. Toda la información relacionada con la producción se presenta a la gerencia y a los supervisores a través de tableros de información. Estos eliminan el error de transcripción que hace más fácil la presentación de informes en comparación con los métodos convencionales.

Como resultado del análisis de la producción se pueden hacer contra medidas para garantizar una mejor eficiencia y capitalizar los recursos disponibles para generar un mejor rendimiento de la producción. Además, para los gerentes de producción supervisores y personal de mantenimiento el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) permite monitorear y analizar el estatus de la productividad actual y pasado.

1.2.3 Estructura de los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP)

Como se puede ver en la figura 1.15 las pantallas que brindan información relacionada con el estado de la producción son el elemento final del diagrama de bloques del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

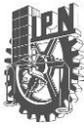
Para que esta información sea desplegada es necesario que se recolecte de una unidad de control, quien a su vez recolecta la información de las entradas del proceso [8].



Figura 1.15 Diagrama de bloques de un SMP

1.2.3.1 Entradas del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP)

Los dispositivos de recolección de datos deben estar conectados a la línea de producción para recolectar información con o sin la mínima intervención manual [8]. Los elementos como sensores de presencia, interruptores de límite, motores, elementos finales de control y en general la maquinaria que se encuentran en contacto con el proceso que se desea monitorear son las entradas del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) puesto que ellos son quienes marcan la secuencia del proceso mediante su estructuración y colocación en la línea de producción.



1.2.3.2 Unidad de control

La unidad de control, quien es normalmente un Controlador Lógico Programable PLC por sus siglas en inglés *Program Logic Controller* o un Controlador de Automatización Programable PAC por sus siglas en inglés *Programmable Automation Controller*, toman la información acerca del estado en el que se encuentran las entradas y mediante la estructuración de una lógica interna realizan una evaluación de las condiciones en las que se encuentra el sistema.

1.2.3.3 Salidas

Después de que el PLC realizó la evaluación de las entradas, los datos son enviados a concentradores de información, estos a su vez, envían la información a los paneles de visualización, de esta manera se pueden atacar los problemas que se presenten en la línea de producción.

Finalmente, los datos que son recolectados tienen que ser analizados para brindar suficiente información de la producción para el manejo y el análisis de todos los niveles del piso de producción.

Un Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) no sólo consiste en desplegar pizarrones que muestren los datos de la producción, también cuenta con módulos de reportes y administración, donde la información puede ser analizada para encontrar tendencias, estimaciones y proyecciones que hagan más fáciles las tomas de decisiones, así como la planeación de la productividad. La habilidad de monitorear decenas de parámetros como metas establecidas, salidas actuales de la producción, ciclo de tiempo, intervenciones manuales, tasa de rechazo, etc., puede alertar al personal de la planta de las condiciones que pueden disminuir significativamente el tiempo de inactividad [8].

1.3 Proceso de Colgado de Unidades

Como se mencionó en el apartado 1.1 Proceso de la Pintura Automotriz, la primera fase que pertenece a la etapa de pretratamiento es llamada colgado de unidades, a continuación, se describe como es que se realiza la recepción de la unidad en la primera estación de pintura, hasta la colocación de los sujetadores.

1.3.1 Colocación de Patines

Una vez que se ha colocado el piso, pilares, techo, defensas, marcos laterales y refuerzos, la carrocería tendrá un aspecto similar al mostrado en la figura 1.16, en ese momento es cuando se procede a colocar la carrocería sobre dos barras metálicas denominadas patines.



Figura 1.16 Cuerpo de la carrocería

Los patines son barras metálicas largas fabricadas generalmente en acero, ver figura 1.17, que son colocados en la parte inferior de la carrocería, estas barras metálicas tienen como principal función transportar a la unidad a través de cada una de las etapas del proceso de pintura.

Estos patines se deslizan a través de transportadores que utilizan cadenas como mecanismo de desplazamiento, los patines son empleados debido a que pueden ser reutilizados a pesar de ser sometidos en diversas ocasiones a las etapas de limpieza y tratamiento junto con las unidades a las que son enganchados.

Es importante recalcar la importancia que poseen estos patines, quienes además de identificar las unidades a través de su recorrido, son las partes que se encuentran en contacto con todos los sensores de límite y presencia que se encargan de mandar las señales al PLC para llevar a cabo la lógica con la que el proceso opera.



Figura 1.17 Patines utilizados para el proceso de pintura

Después de que han sido colocados los patines, el cuerpo de la carrocería pasa por otras etapas en donde son colocadas puertas, salpicaderas y defensas, para tener un aspecto similar al de la figura 1.18, finalmente se posiciona en un banco de unidades donde espera a ser llamado por un elevador el cual lleva la carrocería a un segundo piso en donde se encuentra la primera etapa del proceso de pintura.

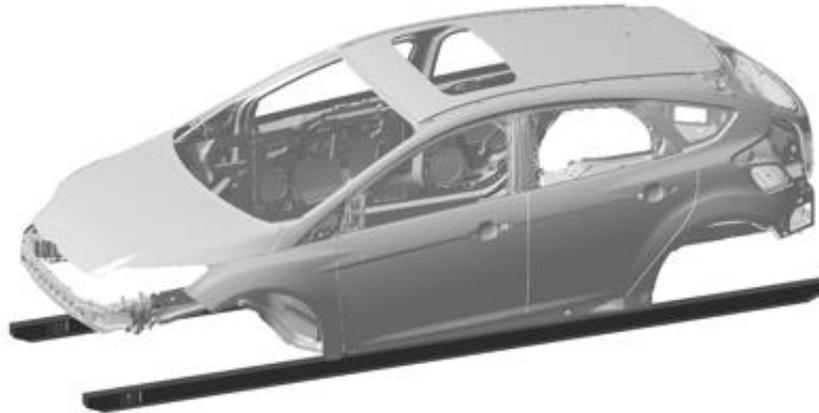
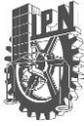


Figura 1.18 Carrocería lista para el proceso de pintura

1.3.2 Colgado de Unidades

El elevador que sube las unidades de carrocerías hacia planta pintura contiene unos rodillos los cuales impulsan los patines que transportan la carrocería hacia una mesa giratoria. La cual cambia el sentido de flujo del proceso llevando la carrocería a lo largo de una mesa de transferencia, como se muestra en la figura 1.19.

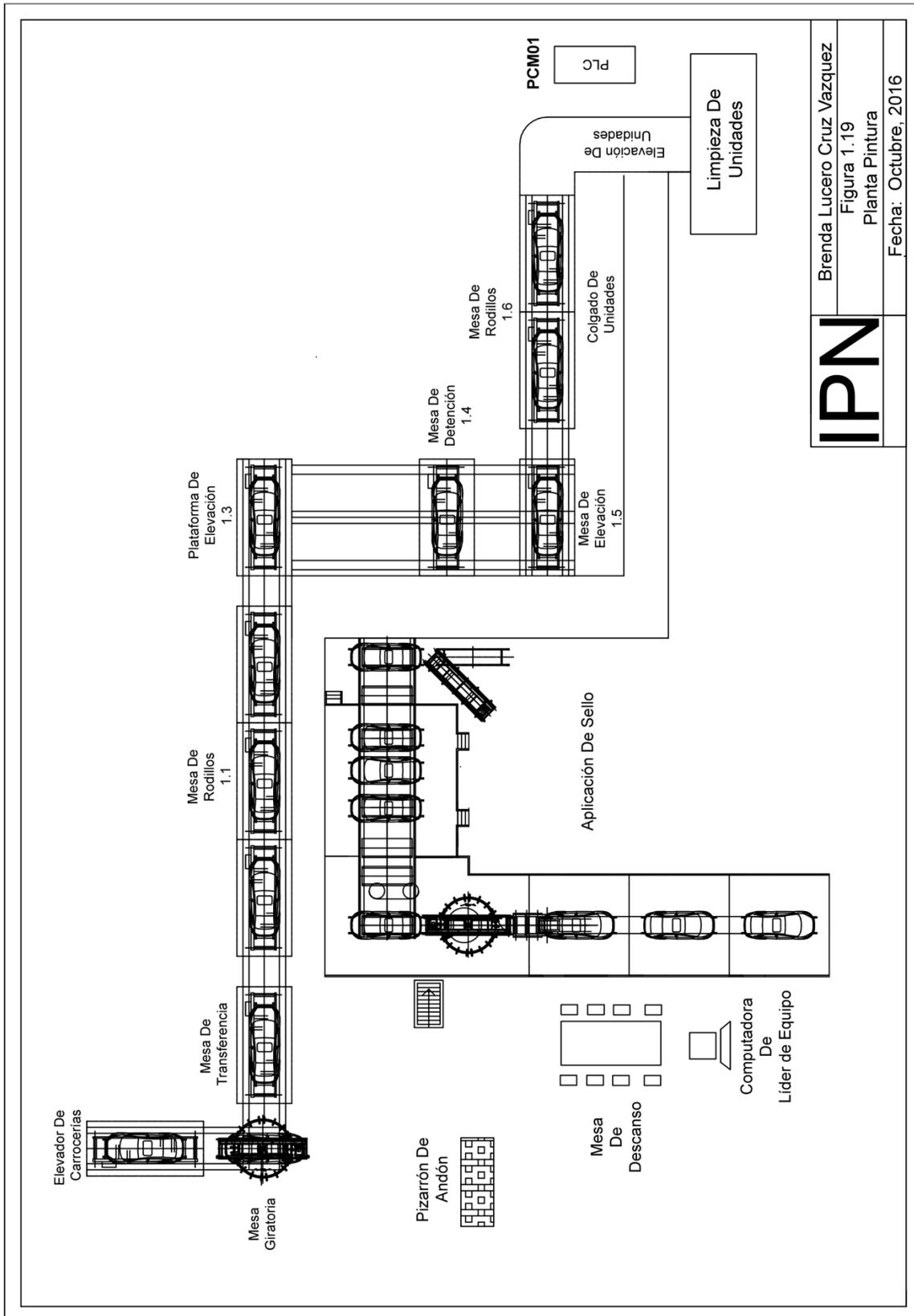
Esta mesa de transferencia, es la última mesa que pertenece al proceso de carrocerías, por lo que la mesa inmediata, una mesa de rodillos es la primera mesa que pertenece a planta pintura y es ahí donde se realiza el conteo de las unidades que ingresan a la planta.

1.3.2.1 Mesa de Rodillos 1.1

Después de que la unidad ha pasado por la mesa giratoria que proviene de carrocerías y una vez que se encuentra en la mesa de transferencia, la unidad inicia su recorrido a través de la mesa de rodillos 1.1, esta mesa puede albergar hasta 3 unidades cuando la línea se encuentra llena. Al final de esta mesa, se encuentra una plataforma de elevación que toma la unidad y la eleva con la finalidad de entregarla a la plataforma de elevación 1.3.

1.3.2.2 Plataforma de Elevación 1.3

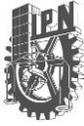
Cuando la carrocería es entregada a la plataforma de elevación 1.3 la plataforma desciende y se activa un mecanismo de cadenas que desplaza la unidad a través de la línea de transportadores hasta que llega a una zona en la cual la carrocería espera para poder moverse a la siguiente etapa. Esta mesa puede albergar una sola unidad, es importante destacar que esta plataforma tiene como única función coger la unidad y hacerla descender.



IPN

Brenda Lucero Cruz Vazquez
 Figura 1.19
 Planta Pintura
 Fecha: Octubre, 2016

Figura 1.19 Planta Pintura



1.3.2.3 Mesa de Retención 1.4

La mesa de retención 1.4 está diseñada para esperar a que la mesa de elevación 1.5 se desocupe y así poder avanzar, esta mesa tiene como principal objetivo reducir el tiempo que le toma a la carrocería llegar de la plataforma de elevación 1.3 a la mesa de elevación 1.5, además permite que el proceso se realice de manera fluida. Esta mesa solo puede albergar una sola unidad.

1.3.2.4 Mesa de Elevación 1.5

Una vez que la unidad es entregada a la mesa de elevación 1.5, esta se eleva con la finalidad de entregar la carrocería a la primera estación del proceso de pintura denominada colgado de unidades, al igual que la mesa de elevación 1.3 sólo puede albergar una sola unidad.

1.3.2.5 Mesa de Rodillos 1.6

La primera estación del proceso de pintura colgado de unidades se encuentra justo en frente de la mesa de rodillos 1.6, esta mesa tiene como función desplazar la unidad para que en su trayecto le sean colocados dos ganchos, uno al interior del hueco del vidrio del limpiaparabrisas y otro en el espacio del vidrio de la puerta trasera. En esta mesa se pueden posicionar hasta dos unidades cuando la línea se encuentra llena, el desplazamiento de las unidades se realiza mediante cadenas que permiten que los patines que contienen las unidades de trasladen a través de ellas.

Para finalizar en este capítulo se realizó una descripción de las etapas del proceso de aplicación de la pintura automotriz, así mismo se explicó la estructura de los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP) y la importancia de estos para cascadear la información del piso de producción a todos los niveles de operación. Para terminar se describió la estación de colgado de unidades donde tuvo lugar la implementación de este proyecto.

Capítulo 2

“Recolección y Envío de Información de la Etapa de Colgado de Unidades”

En este capítulo se describe la situación actual de la recolección, procesamiento, almacenamiento y envío de la información del proceso de la estación de colgado de unidades hacia el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).



2.1 Descripción de la Recolección de Datos

A continuación, se describe como se lleva a cabo la recolección de datos de la estación de colgado de unidades mediante la activación de sensores de límite, así como sensores de presencia, para su posterior envío al Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), mediante un Gestor de Puerta de Enlace (GPE).

2.1.1 Arquitectura de la Recolección de Datos

La eficiencia de la maquinaria y la información del proceso para gestionar los niveles de la planta es reportada usando un sistema de varios niveles conocido como Sistema de Monitoreo de Producción (SMP). En la tabla 2.1 se muestra la relación que tienen los componentes que conforman el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) así como su funcionalidad.

Tabla 2.1 Relación de componentes que conforman el (SMP)

	PLC	Gestor de Puerta de Enlace	Servidor de Aplicaciones
Hardware			
Software	RSLogix 5 / RSLinx	OPC	
Información	Mapa de memoria	Interpretación y Transacción	Registro de Datos
Funcionalidad	Ejecuta lista de instrucciones para evaluar: estados del proceso y de la máquina, fallas y alertas.	Analiza el mapa de memoria.	Maneja pantallas en tiempo real, produce reportes y maneja los pizarrones de andón.

2.1.2 Recolección de Datos en Piso Mediante PLC

La recolección de datos comienza con las señales que recibe el PLC de los sensores de presencia y sensores de límite que se encuentran en contacto con el proceso, ver figura 2.1, el sistema a nivel planta que envía la mayor parte de la información de monitoreo del proceso es el PLC. Cada uno de estos sensores se encuentra cableado hasta el módulo con nombre: PCM01, correspondiente a la primera etapa de pintura, en donde se almacenan todas las entradas y salidas que corresponden al proceso de colgado de unidades.

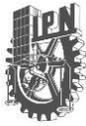


Figura 2.1 Entradas al PLC

Una vez que el PLC recibe las señales y realiza la ejecución de las instrucciones que definen la secuencia que se debe llevar a cabo, envía la información a un Gestor de Puerta de Enlace (GPE).

Los datos recolectados mediante los sensores que se encuentran en planta se envían al PLC cada vez que los estados de los sensores cambian, o una vez cada minuto, cualquier cosa que ocurra primero, estos datos se ponen a disposición del gestor de puerta de enlace a través de la configuración del programa RSLinks.

2.1.2.1 RSLogix 5

RSLogix 5 es un software destinado a la creación de programas para los Controladores Lógicos Programables (PLC) en lenguaje de escalera, este software incluye un editor y verificador de proyectos entre otras herramientas.

En la figura 2.2 se muestra una imagen de la pantalla de inicio del programa RSLogix 5, con sus barras principales [9].

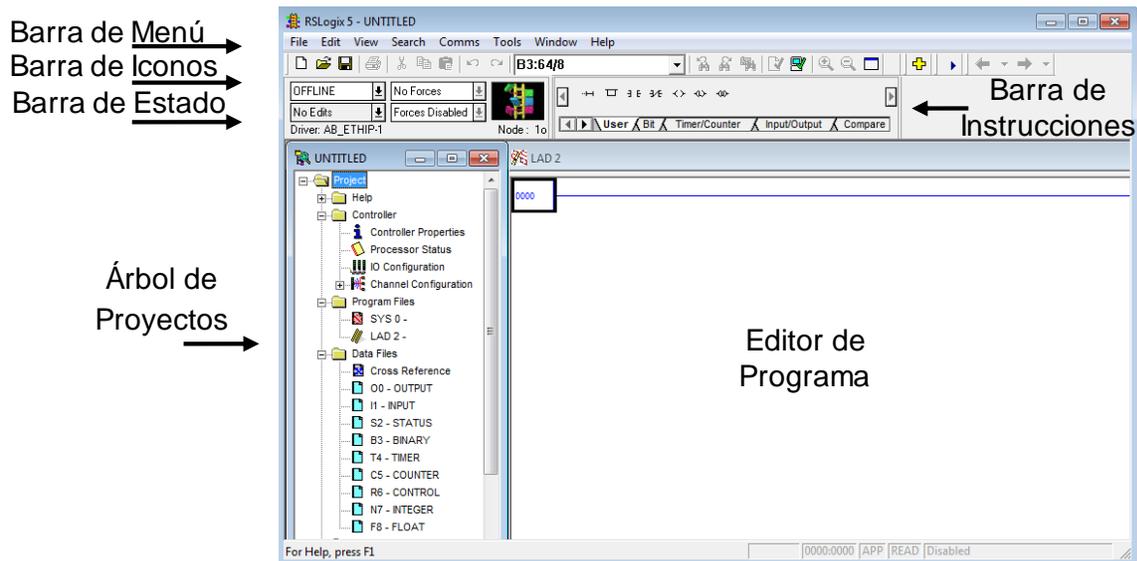
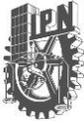


Figura 2.2 Pantalla de inicio del RSLogix 5



Barra de Menu: Permite realizar diferentes funciones como abrir, guardar o recuperar proyectos.

Barra de Iconos: Esta barra contiene muchas funciones que se utilizan para desarrollar y probar la lógica del programa.

Barra de Estado: Permite visualizar el estado actual en el que se encuentra el procesador; en línea, desconectado conexión remota etc.

Árbol de Proyectos: Contiene todas las carpetas y archivos generados en el proyecto, estos se organizan en subdivisiones.

Barra de Instrucciones: Esta barra permite a través de pestañas acceder de forma rápida a las instrucciones más habituales del lenguaje de escalera.

Editor de Programa: Contiene todos los programas y subrutinas relacionados con el proyecto que se esté realizando [10,11].

2.1.2.2 RSLinx

RSLinx es un software de comunicación basado en Windows desarrollado por Rockwell con interface a toda la industria del hardware de control y automatización de Rockwell, ver figura 2.3. Se puede decir que RSLinx funciona como un intermediario entre el hardware de comunicación y el paquete de software (RSLogix 5) que necesita los datos del hardware [12].



Figura 2.3 Pantalla de inicio de RSLinx

Para que RSLinx funcione correctamente debe estar configurado para utilizar la interfaz de hardware de comunicación de su elección.

Por ello es que se debe de establecer con que módulo se va a realizar la conexión para que los cambios que se realicen, se puedan ver reflejados de manera correcta. En la tabla 2.2 se muestra la relación que tiene el software RSLinx con el Hardware y Software para un correcto de datos envío de datos.

Tabla 2.2 Relación del RS Linx con el Software y Hardware

<p>Hardware de Comunicación.</p> <p>Puerto Serial Tarjeta KT Tarjeta Ethernet</p>		<p>RSLinx</p>		<p>Paquete de Software que requiere los datos.</p> <p>RSLogix 5 RSLogix 500</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------

RSLinx es un servidor compatible con OPC, Open Platform Communications que por sus siglas en ingles significa Plataforma de Comunicaciones Abierta, que cuenta con las interfaces necesarias para que una aplicación cliente OPC pueda acceder a los mismos datos que otros servidores compatibles con OPC [12].

2.1.2.3 Plataforma de Comunicaciones Abierta (OPC)

La Plataforma de Comunicaciones Abierta la cuál llamaremos (OPC), es una tecnología diseñada para comunicar aplicaciones. Es un estándar para la interconexión de sistemas basados en el Sistema Operativo Windows y el hardware de control de procesos. El OPC determina una interface estándar, de manera que los datos se reciben y envían de una determinada manera, independientemente del elemento que realice el intercambio [13].

En la figura 2.4 se muestra en esencia la función del OPC, quien permite realizar la comunicación entre diferentes protocolos como; Profibus, RS-232 y DDE, unificando los datos que recibe y enviándolos a los dispositivos que los requieran.

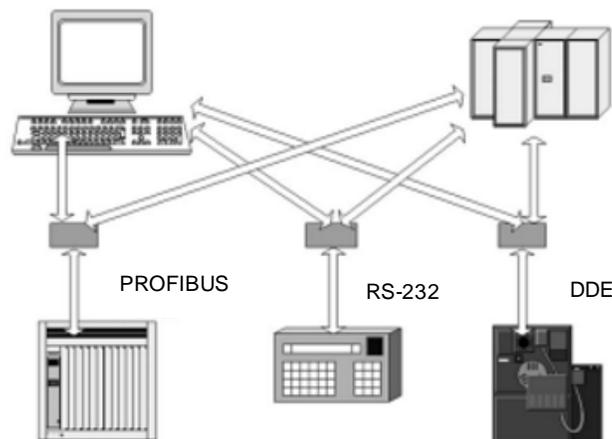


Figura 2.4 Ejemplo de comunicación entre diferentes protocolos mediante OPC

La OPC permite definir una interface estandarizada que, mediante el desarrollo de aplicaciones del tipo Cliente – Servidor, hace posible la comunicación entre elementos que cumplan el estándar. Permite arquitecturas de varios clientes y servidores, accediendo a los datos de forma local o remota y gestionando la información en tiempo real.

2.2 Proceso de Recolección de Datos

A continuación, se describe como es que se realiza el proceso de recolección de datos después de que han sido leídos por el PLC y que se ha generado toda la lógica de la programación para su interpretación por el SMP.

2.2.1 Recolección de Datos Mediante Gestor de Puerta de Enlace (GPE)

Un GPE, proporciona un puente entre los datos de la OPC que provienen del procesador del PLC y el servidor de OPC. Y mediante su lógica interna traduce el código binario proveniente de la lógica que realiza el PLC, en código hexadecimal que podrá ser leído en las pantallas del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP). En la figura 2.5, se puede observar la posición que ocupa el Gestor de Puerta de Enlace (GPE) dentro de la arquitectura del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) [14].

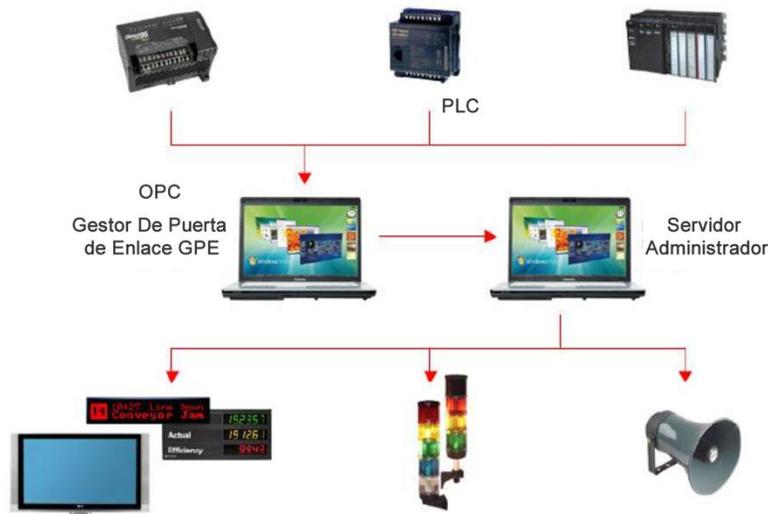


Figura 2.5 Esquema de un SMP

2.2.2 Recolección de Datos Mediante Servidor OPC

Un servidor OPC es una aplicación de software que cumple con una o más especificaciones definidas por el protocolo OPC.

El servidor OPC hace de interfaz comunicando por un lado con una o más fuentes de datos (típicamente PLCs), y por el otro lado con Clientes OPC (típicamente SCADAs, HMIs, generadores de informes, generadores de gráficos, etc.) [15]. Ver figura 2.6.

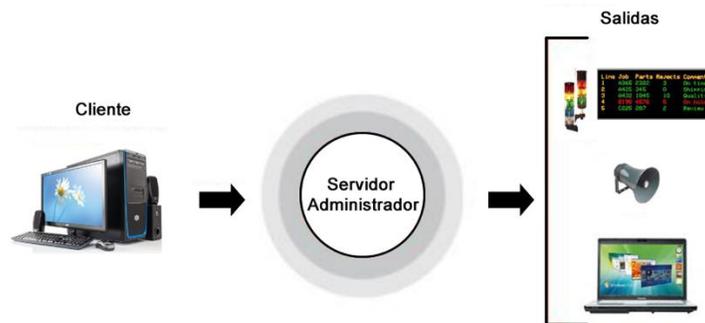


Figura 2.6 Relación de servidor OPC

Existen tres datos más comunes transferidos entre dispositivos, controladores y aplicaciones en automatización:

- Datos de tiempo real: OPC DA por sus siglas en inglés Data Access Specification, utilizada para transmitir datos en tiempo real.
- Datos históricos: OPC HDA por sus siglas en inglés Historical Data Access Specification, utilizada para almacenar datos históricos.
- Alarmas y eventos: OPC A&E, por sus siglas en inglés OPC Alarms & Events Specification, utilizada para transmitir información de alarmas y eventos.

Los servidores OPC están conformados a su vez de grupos y de eventos o ítems OPC:

Grupos OPC: los grupos OPC proporcionan una forma para organizar los datos de los clientes, dentro de un grupo un cliente puede definir uno o más eventos o ítems OPC.

Eventos o Ítems OPC: los eventos o ítems OPC no son las fuentes de datos, si no las conexiones a ellas, el evento OPC debe ser entendido como la dirección de los datos, no como la fuente física actual de los datos a los que la dirección referencia, ver figura 2.7.

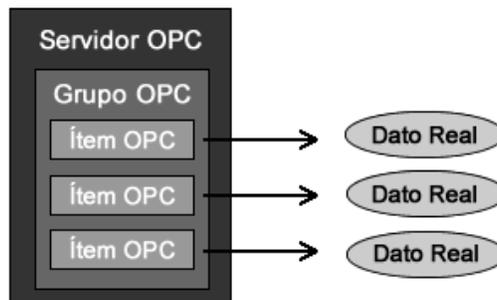
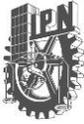


Figura 2.7 Estructura de un servidor OPC



Varias reglas pueden ser definidas en función de los eventos o ítems OPC, una vez que se cumple una de estas condiciones de disparo, el texto del mensaje puede ser enviado a su servidor OPC y posterior al cliente para que los datos sean mostrados en donde sean requeridos [16].

2.2.3 Recolección de Datos Mediante Cliente OPC

Los clientes OPC son módulos de software utilizados por una aplicación que permita comunicarse con cualquier servidor OPC compatible y visible en su red. Típicamente los clientes OPC están incrustados en aplicaciones como HMI's, graficadores, generadores de informes y diversos andones convirtiéndolos en aplicaciones compatibles OPC.

Algunos de estos módulos de software lo contienen los servidores OPC, que brindan a los usuarios un medio simple y fácil de mostrar mensajes en pantallas LED conocidos como tableros de andón, algunos otros necesitan programas auxiliares conocidos como administradores de datos para mostrar los datos que son enviados de los servidores OPC [17].

Para el presente proyecto se utiliza un software llamado administrador de datos el cual funge como el cliente OPC que comunica al servidor OPC con el tablero andón, ver figura 2.8.

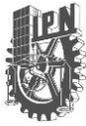


Figura 2.8 Software administrador de datos

2.2.4 Pizarrón de Andón

Un pizarrón de andón es un sistema de control de calidad de la producción que apoya la gestión de la planta. Funcionando como sistema de comunicación, ayuda a los trabajadores de la línea, a los líderes de equipo y a los supervisores en la realización de operaciones de montaje en la estación.

Si hay un problema en una estación, los pizarrones de andón informan a cada miembro del equipo del estado del proceso.

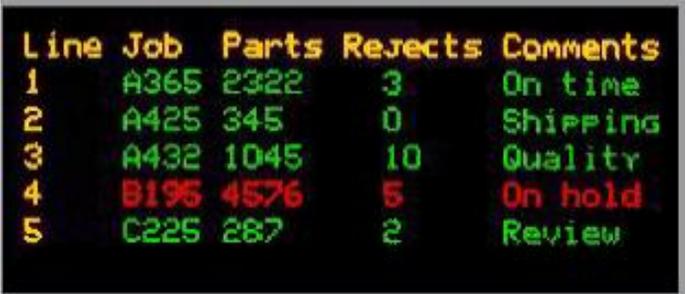


Cuando se informa de un problema, utilizando el tablero de andón, el marquee o la pantalla, se iluminará con el nombre de estación apropiada indicando el problema que está afectando a la estación [15].

2.2.4.1 Tipos de Andones

A continuación, en la tabla 2.3 se pueden apreciar los diferentes tipos de pizarrones de andón.

Tabla 2.3 Tipos de andones

Objeto	Descripción	Ejemplo
Andón tipo Celda	El andón tipo celda suele ser utilizado para mostrar datos en forma de cuadrícula. Por ejemplo, en una planta de ensamble, cada cuadro puede representar una estación.	
Andón tipo Tabla	El andón tipo tabla suele ser utilizado para representar los datos en forma de listado en el cual se enumera el total de líneas a monitorear y se muestran los datos que a consideración de la gerencia son los más relevantes.	
Andón tipo Controlador	Este tipo de andón es utilizado para mostrar varias plantillas en un ciclo definido por un administrador de eventos de puerta de enlace.	

2.2.4.2 Elementos Usuales de un Andón

En la figura 2.9 se muestra una representación básica de los elementos fundamentales de los cuales está formado un andón, es importante mencionar que los elementos pueden variar dependiendo de la persona que está encargada de llevar el manejo de las visualizaciones, así como de los estándares de cada compañía o empresa.

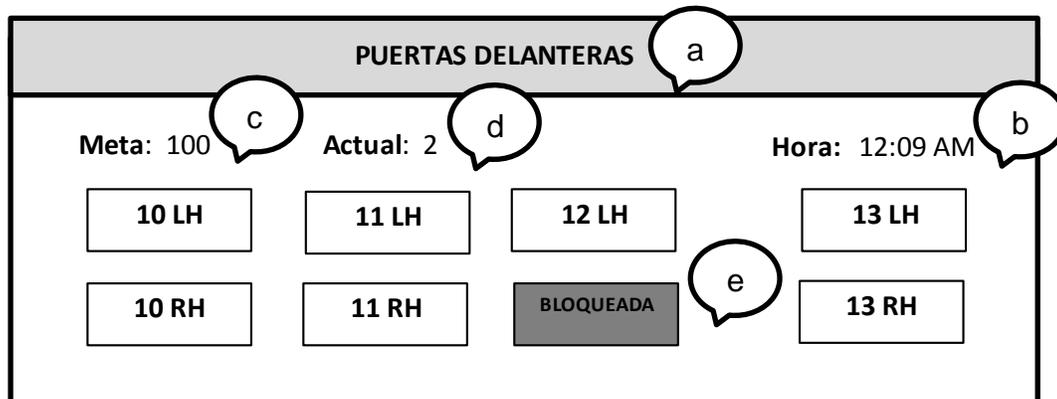


Figura 2.9 Representación de pizarrón de andón

- a) Nombre de Zona / Delimitación de Zona:** Despliega el área a ser monitoreada, este dato es importante cuando el SMP es implementado en varias estaciones, puesto que el líder de equipo puede identificar cual es la estación que está presentando problemas.
- b) Reloj:** Muestra el tiempo del día, tener un reloj en el andón retira los relojes de los empleados los cuales pueden ser una causa potencial de problemas de calidad generando roces con el producto, así como riesgos a su seguridad.
- c) Meta / Objetivo:** El plan de conteo despliega el número de unidades que han de ser procesadas, regularmente este dato es ingresado de manera manual y es definido por los altos niveles de gerencia, puesto que involucra aspectos como horarios de producción, tiempos de paro establecidos, descansos etc.
- d) Actual:** Despliega el conteo de manera incremental por cada área o estación de trabajo, por cada hora o según se encuentre configurado el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).
- e) Información de la Estación:** Muestra a manera de texto el estado que presenta cada estación, dependiendo de las condiciones que está presente.



2.3 Aspectos a Revisar

A continuación, se enlistan los aspectos que se deben considerar para que los datos del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) que se despliegan en el pizarrón de andón se encuentren dentro de los requerimientos que la compañía solicita.

2.3.1 Estados y Correspondencia

El Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) tiene una pantalla asignada para mostrar la posición física de los activos y su estado correspondiente, ver figura 2.10. Estos estados ya se encuentran establecidos y su definición se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Estados y correspondencia

ESTADO	COLOR	DEFINICIÓN
Ciclando (<i>Cycling</i>)	Verde	El proceso se lleva a cabo de manera adecuada.
En espera (<i>Starved</i>)	Amarillo	El activo está en espera porque no puede recibir producto.
Bloqueado (<i>Blocked</i>)	Azul	El activo está bloqueado por que no puede liberar producto.
En Falla (<i>Down</i>)	Rojo	El activo tiene una falla o el equipo tiene una falla.

La importancia de visualizar cada activo del proceso de pintura radica en conocer en tiempo real el estatus del proceso, así mismo; en esta pantalla se tiene que mostrar el conteo de unidades que han pasado por estos activos con la finalidad de tener un mejor registro y control de la producción.

Para este Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), se ha establecido que se deben manejar cuatro colores para indicar cada estado, también se ha definido que la importancia de atención que requiere la estación radica en el tiempo que el estado está activo, así como del color que se muestra.

La priorización respecto a su color es identificable puesto que aquellas estaciones que se encuentran en falla se muestran en color rojo y aquellas que se encuentren cumpliendo con un buen ciclo se muestran en color verde.

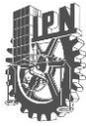


Figura 2.10 Nivel de jerarquización de estados

Es importante mencionar que los cuatro estados mostrados anteriormente no son los únicos que puede desplegar el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), pero son aquellos de los cuales se puede obtener un reporte de los principales ofensores que impiden que el flujo del proceso se realice de acuerdo a la programación.

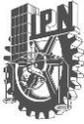
2.3.1.1 Ciclando (Cycling)

Estado de ciclo (*cycling state*): El estado de ciclo (*cycling state*) se ejecuta cuando se realizan todas las tareas necesarias para mover una pieza o pallet a través de la máquina o de una estación. El tiempo de los estados de ciclo enviado al Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) se calcula en el PLC mediante las señales que envían los sensores que se encuentran en contacto con los patines que transportan la carrocería.

Tiempo del ciclo (*cycling time*): El tiempo ciclo (*cycling time*) se calcula en base a la suma que realiza el PLC de tres tiempos: carga, proceso y descarga. En la tabla 2.5 se muestra la suma de los elementos que conforman el tiempo ciclo, así como la descripción de su inicio y su final.

Tabla 2.5 Elementos que conforman el tiempo ciclo

Elementos del ciclo	Inicio del proceso	Fin del proceso	Duración
Carga	Cuando la unidad esta sobre la cubierta de la estación	Cuando el ciclo comienza	T1
Proceso	Cuando el ciclo comienza	Cuando el ciclo termina	T2
Descarga	Cuando el ciclo termina	Cuando una nueva unidad esta sobre la cubierta de la estación	T3
		Total	T1 + T2 + T3



Para cada elemento del ciclo es definido un tiempo T , el tiempo del ciclo es medido “Pieza a Pieza”; lo cual significa que, el evento que define el final de un tiempo ciclo simultáneamente define el inicio del siguiente tiempo ciclo. Esto incluye todas las tareas necesarias para mover una pieza o pallet a través de la maquina o estación, por ejemplo; carga, en proceso, descarga.

2.3.1.2 Buenas Unidades (*Good Units*)

El conteo de unidades producidas se realiza mediante el conteo de las veces que se realiza un estado de ciclo (*cycling state*); es decir, por cada vez que se lleve a cabo un ciclo completo de carga, proceso y descarga de una unidad en el transportador, se llevará a cabo el conteo de una buena unidad (*good unit*).

2.3.1.3 Bloqueado (*Blocked*)

Un transportador se encuentra bloqueado (*blocked*) cuando el tiempo del temporizador de retardo ha terminado y tiene una parte presente al final de la línea de descarga, pero es incapaz de entregar la unidad debido a que el siguiente activo es incapaz de aceptar la nueva unidad. El temporizador de ciclo es pausado durante el estado bloqueado (*blocked*), de manera que no va a continuar con el conteo de tiempo ciclo hasta que la unidad se haya desalojado del transportador.

2.3.1.4 En espera (*Starved*)

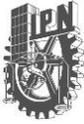
El estado de la estación se encuentra en espera (*starved*) cuando la estación está lista para iniciar su ciclo, pero no puede porque no tiene ninguna unidad presente con la cual pueda trabajar. El temporizador de ciclo es pausado durante el estado, de manera que no va a comenzar un nuevo conteo de tiempo ciclo hasta que una unidad se encuentre ingresando al transportador.

2.3.1.5 Falla (*Down*)

Una estación se encuentra en falla (*down*) cuando tiene una falla activa, esta falla puede ser activada debido a una intervención manual o debido a alguna condición que presente la maquina o el transportador en donde se está llevando a cabo dicha operación que impide que interrumpa la continuidad del proceso. Este estado se produce cuando la estación no está ciclando (*cycling*), en espera (*starved*) o bloqueada (*blocked*).

2.4 Situación actual vs deseada

Actualmente el conteo de carrocerías que ingresan a la estación de colgado de unidades en planta pintura es mostrado en una pantalla HMI (Interfaz Hombre Maquina) que está localizada en el módulo PCM01, el número de unidades que



muestra esta pantalla proviene de una lógica sencilla dentro de las instrucciones del PLC la cual indica que cada vez que sea activado un sensor de presencia que se encuentra en la mesa de rodillos 1.1, sea contada una unidad, ver figura 2.11.



Figura 2.11 Programación actual para conteo de unidades

Esto propicia que el conteo pueda ser alterado de una manera fácil, puesto que cualquier agente externo al proceso puede activar este sensor de presencia. Para hacer el procedimiento más confiable se optó por monitorear este conteo con una de las personas que da el soporte para colocar los ganchos en el espacio del vidrio del parabrisas, quien lleva una bitácora manual de cuantas unidades pasan por la estación y la compara con el conteo que muestra la HMI.

Sin embargo, como ya se ha comentado al inicio del capítulo 1 las compañías no se pueden permitir pérdidas de recursos en realizar trabajos de recolección de datos de manera manual, además de esto los datos que son recolectados no son 100% confiables debido al error humano que se puede presentar en el conteo, así como el hecho de que se puede alterar el sensor de presencia que cuenta las unidades que ingresan a planta pintura.

Este trabajo se centra en asegurar que, de acuerdo con la definición de los estados que se mostró anteriormente se lleve a cabo la lógica necesaria para mostrar en tiempo real el estatus en el que se encuentra la estación de colgado de unidades, así como el número de unidades que han sido producidas.

De esta manera mediante un pizarrón de andón que se encuentra a un costado de la línea de sellado, el líder de equipo y cualquiera que así lo desee pueda consultar la situación que presenta la estación de colgado de unidades en tiempo real, para que pueda tomar las acciones necesarias que ayuden a sacar adelante la producción o en caso contrario analizar aquellas operaciones que se están siendo implementadas de manera adecuada para mantenerlas y asegurar el flujo de la producción.

Para finalizar, en este capítulo se describió la situación actual de la recolección, procesamiento, almacenamiento y envío de la información del proceso de la estación de colgado de unidades hacia el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

Capítulo 3

“Programación de Estados y Direccionamiento en el Sistema de Monitoreo de Producción SMP”

En este capítulo se describe el procedimiento que se llevó a cabo para realizar la programación de los estados en el PLC así como la configuración que se implementó en el pizarrón de andón para que se mostraran dichos estados.



3.1 Identificación de Sensores

El primer paso que se llevó a cabo para realizar la identificación de los sensores que interactúan con la estación de colgado de unidades fue acudir a la estación y elaborar un plano de la misma e ir identificando cada uno de los sensores que se encontraban en contacto con los patines que transportan las unidades, de este proceso se obtuvo el plano que se muestra en la figura 3.1.

El segundo paso consistió en revisar si es que dichos sensores tenían algún número de identificación o número de entrada e ir colocándolo en el plano, de este levantamiento se obtuvo el plano que se muestra en la figura 3.2.

Una vez que se realizó la identificación de los sensores que se encuentran en contacto con los patines que transportan la carrocería por la estación de colgado de unidades y una vez definido como debe operar cada uno de los estados que se deben mostrar en el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), se realizaron los diagramas de flujo del proceso para realizar la lógica en el PLC con los sensores que se encuentran actualmente en el área de colgado de unidades.

3.2 Diagramas de Flujo del Proceso

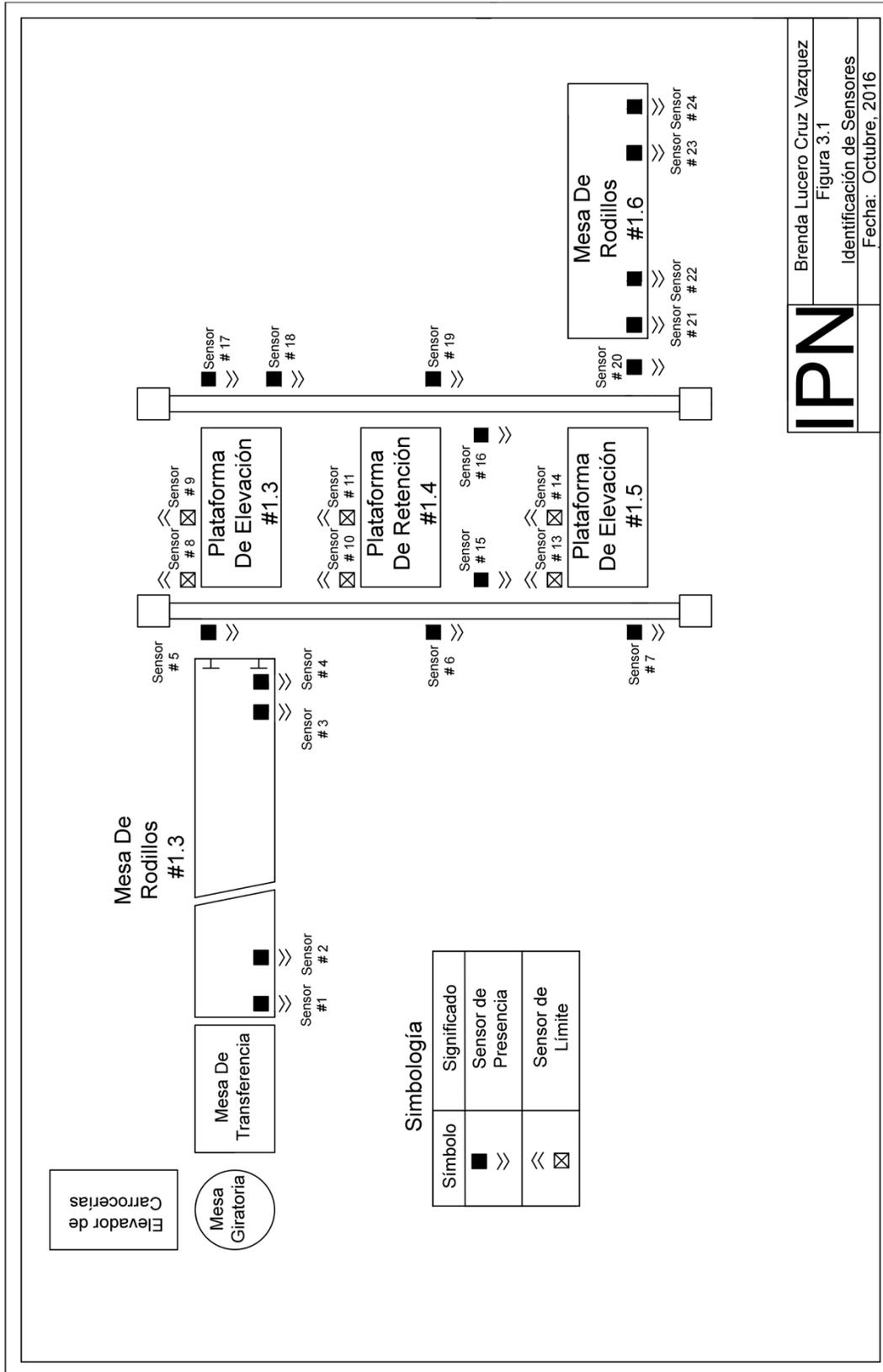
Los diagramas de flujo nos ayudan a visualizar de una manera gráfica la secuencia de pasos que se realizan para obtener cierto resultado. A continuación, se muestran los diagramas de flujo que se realizaron para llevar a cabo la programación de la lógica de la asignación de los estados del presente trabajo.

3.2.1 Inicio de Ciclo (*Cycling Start*) y Conteo de Unidades (*Count Units*)

En la figura 3.3 se muestra el diagrama del flujo del proceso que se sigue para que el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) considere el ciclo activo, que comience el conteo de una unidad entrando al proceso de colgado y que además inicie el temporizador que registra el tiempo en el que se lleva a cabo dicho ciclo.

Una parte presente indica que existe una unidad al inicio de ciclo, es decir, que el sensor S7 y S20 se encuentran sensando los patines de una unidad que está ingresando a la etapa de colgado de unidades.

En este mismo diagrama se puede observar el estado en espera (*starved*), el cual se activa cuando no existe una parte presente y el tiempo preestablecido del temporizador ha concluido. Mientras que el estado bloqueado (*blocked*) se activa cuando existe una parte presente, el tiempo del temporizador ha concluido y la plataforma no es capaz de entregar la unidad debido a que se encuentra bloqueada por alguna unidad adelante de ella.



IPN
Brenda Lucero Cruz Vazquez
Figura 3.1
Identificación de Sensores
Fecha: Octubre, 2016

Figura 3.1 Identificación de sensores

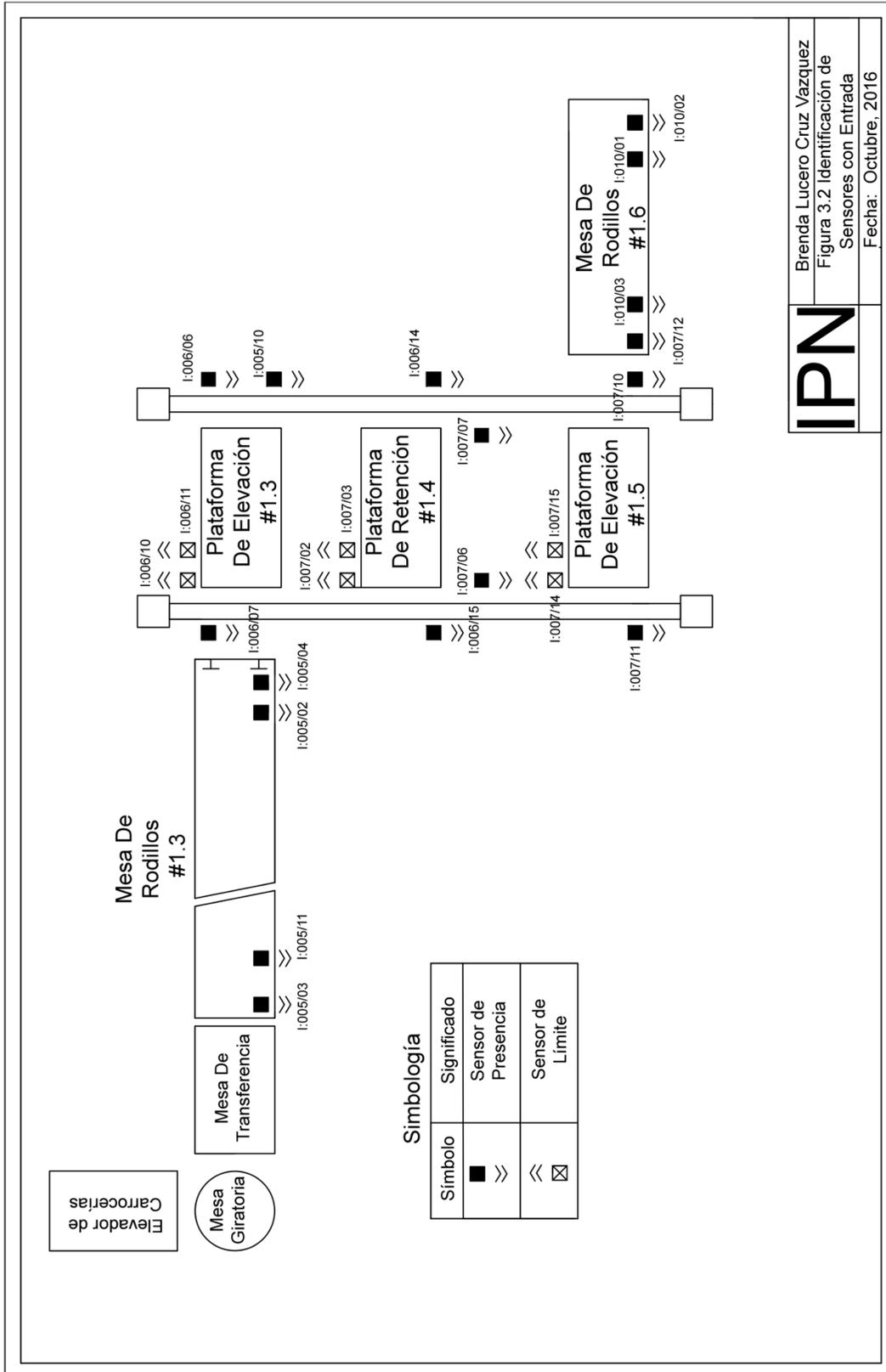


Figura 3.2 Identificación de sensores con nombre

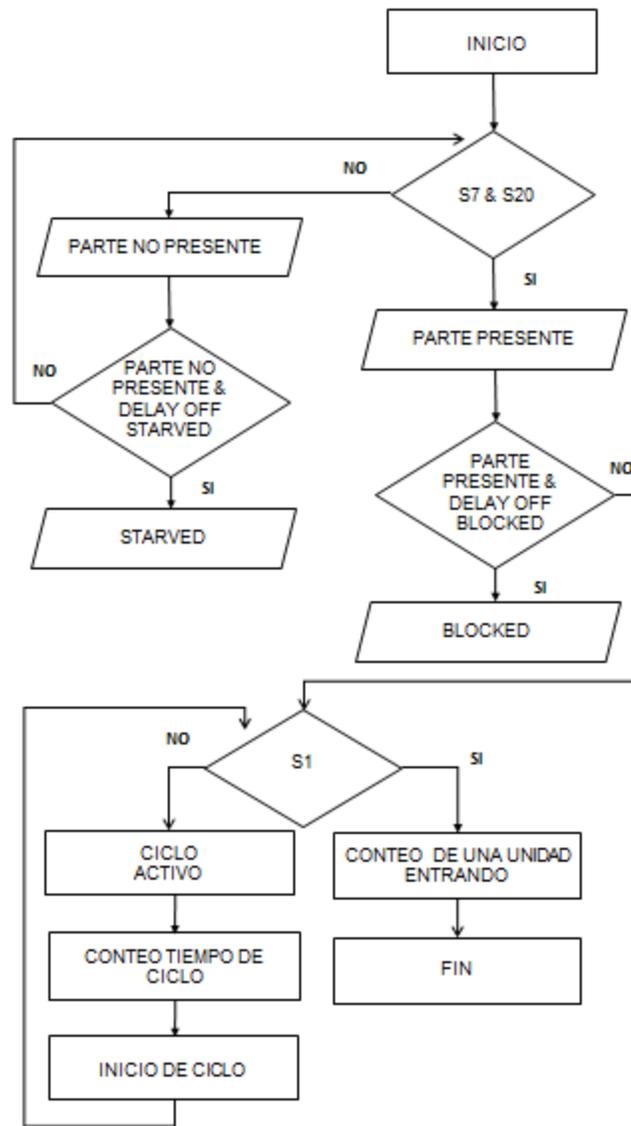


Figura 3.3 Inicio de ciclo (cycle start)

3.2.2 Ciclo Productivo Bueno (*Good Productive Cycle*)

En el diagrama de la figura 3.4 se muestra la secuencia que lleva el proceso para que esté sea considerado un ciclo productivo bueno (*good productive cycle*).

Un ciclo productivo bueno se da cuando existe una parte presente, se ha sentido el ingreso de una nueva unidad, es decir se ha activado el sensor S7 y la unidad que ha sido procesada está saliendo.

Para determinar que la unidad que ha sido procesada está saliendo se utilizan los sensores S7 y S21 donde el sensor S21 deberá estar sensando, mientras que el sensor S7 no deberá estar recibiendo señal.

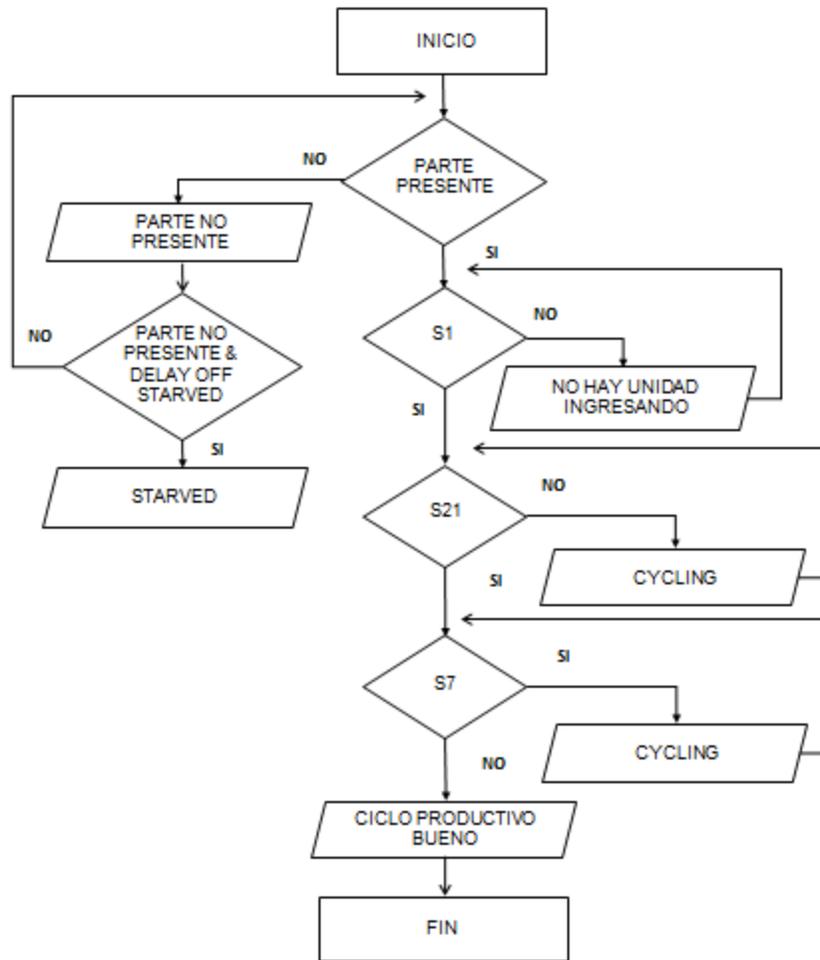


Figura 3.4 Ciclo productivo bueno (*good productive cycle*)

3.2.3 Ciclando (*Cycling*)

Para que se encuentre activo el estado ciclando (*cycling*), es necesario que se encuentre activado el estado Auto o Automático, esto indica que la estación está cumpliendo con las siguientes condiciones; no se encuentra activado un stop manual, no se tiene activado el paro de emergencia, no existe intervención manual y por último, no existe falla en la estación que detenga el temporizador que se encarga de contar el tiempo ciclo (*cycle time*).

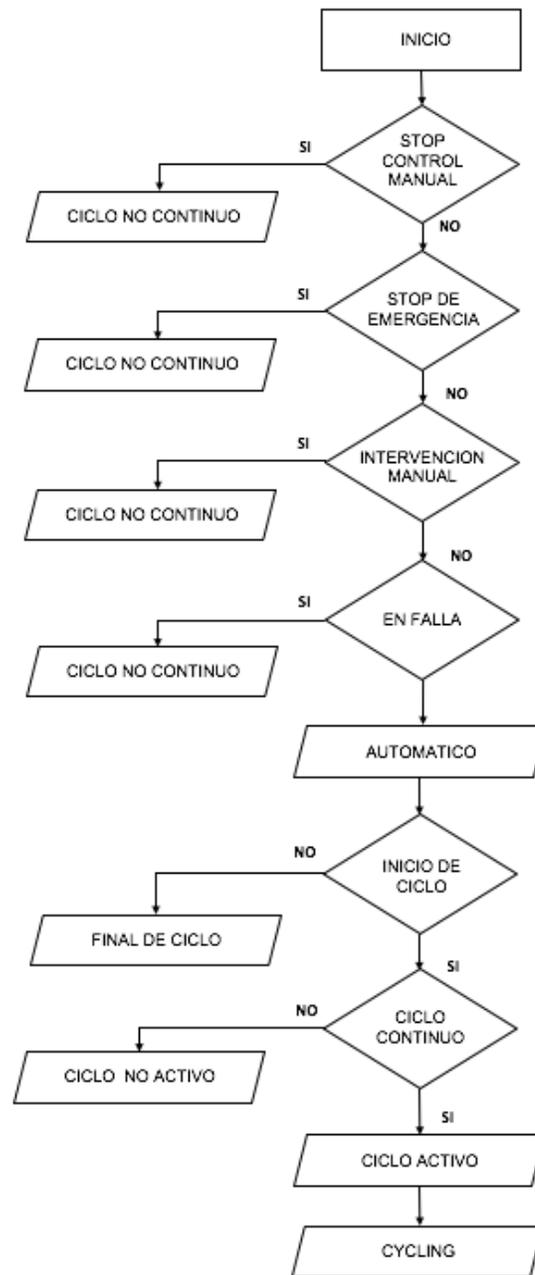


Figura 3.5 Ciclando (*cycling*)

3.2.4 Final de Ciclo (Cycle End)

Para dar como finalizado el ciclo se deben cumplir ciertas condiciones; la primera es que se hayan activado los sensores S7 y S20 que indican la presencia de una unidad, se debe de haber considerado el proceso un buen ciclo productivo y el sensor S21 que indica que la unidad está saliendo no debe estar activado. En la figura 3.6 se muestra el diagrama de flujo del final de ciclo (*cycle end*).

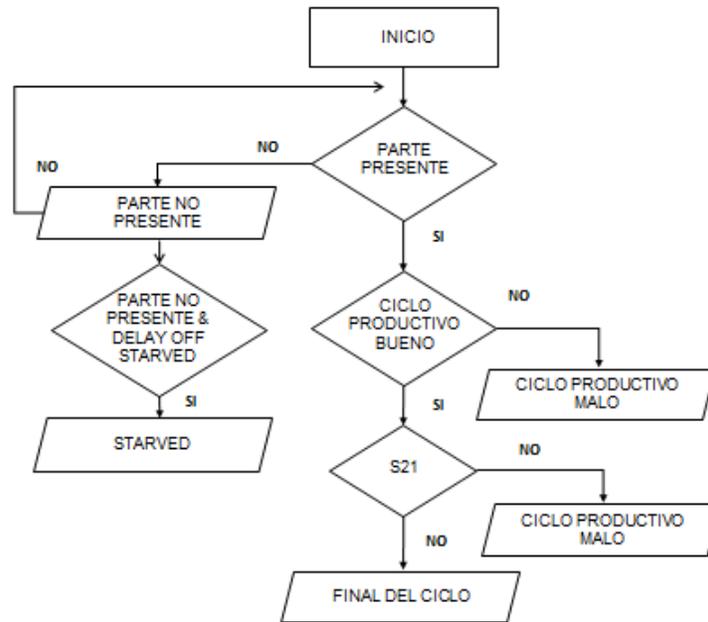


Figura 3.6 Final de ciclo (cycle end)

3.2 Configuración entre el PLC y la PC

El primer paso para realizar la configuración entre en PLC y la PC es realizar la comunicación entre la computadora y la red en donde se encuentra alojado el PLC que se va a requerir. Para realizar esta conexión, el primer paso es ir a Redes e Internet en el Panel de Control, una imagen similar a la mostrada en la figura 3.7 indica que en ese momento no existe conexión con ninguna red por lo que se procede a realizar una conexión de área local.

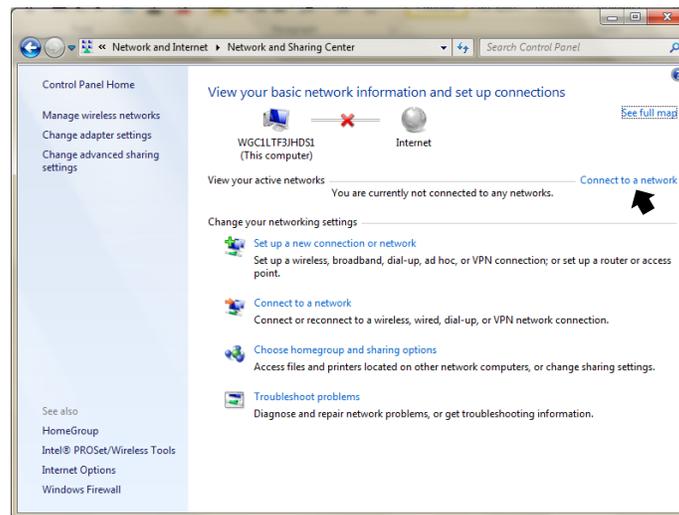


Figura 3.7 Ventana de redes e internet.



Para lo cual se da clic en la opción Conectar con una Red, dicha acción abre una ventana similar a la que se muestra en la figura 3.8 llamada Conexiones de Red, una vez en esta ventana con un clic derecho en la opción Conexión de Área Local se accede a propiedades.

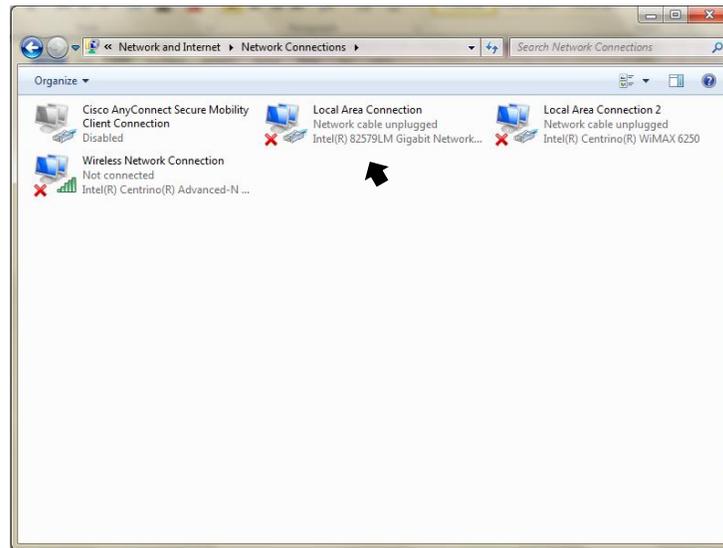


Figura 3.8 Ventana conexiones de red

Se despliega una pantalla similar a la mostrada en la figura 3.9, una vez en esta pantalla, se selecciona la opción Protocolo de Internet 4 (TCP/IPv4), la cual permite escribir el número de dirección IP en donde se encuentra el PLC donde se quiere hacer la conexión.

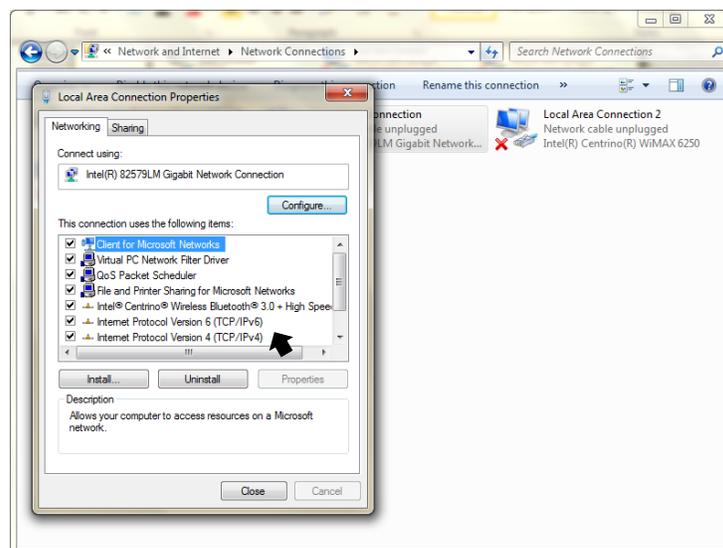


Figura 3.9 Propiedades de conexión de área local

Se abre una pantalla similar a la mostrada en la figura 3.10 y se selecciona la opción Usar la Siguiete Dirección IP¹ donde se coloca la dirección IP del PLC de donde se obtendrán las direcciones de las entradas y salidas que van a ser utilizadas para crear la lógica del programa.

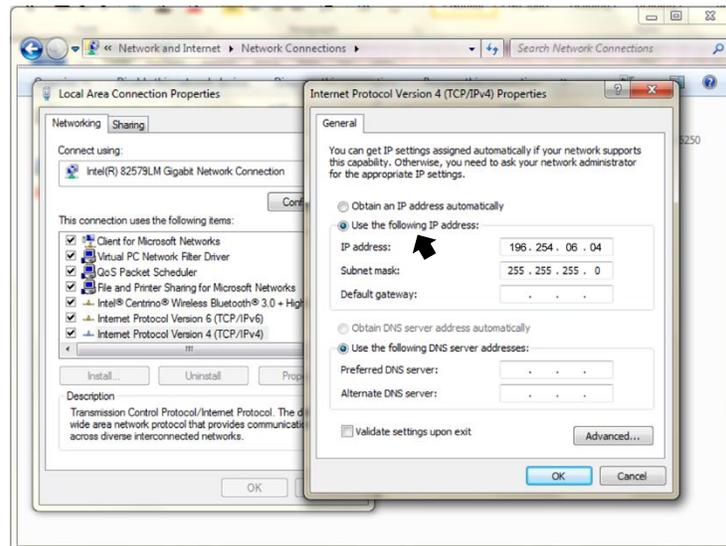


Figura 3.10 Propiedades de protocolo de internet

Es en este momento donde se realiza la conexión del PLC con el módulo en donde se encuentra alojado el PLC mediante un cable Ethernet, ver figura 3.11, con la finalidad de poder transmitir datos de un dispositivo al otro.



Figura 3.11 Conexión del PLC con la PC a través del cable ethernet

Para continuar con la conexión entre el PLC y la PC se utiliza el programa RSLinx Classic el cual ayuda a configurar el driver que ha sido conectado a la PC y que sirve como puente para el PLC. Una vez abierto el programa RSLinx se procede a configurar el driver, ver figura 3.12.

¹ Es importante mencionar que las direcciones IP que se muestran en este trabajo son sólo de referencia puesto que debido al acuerdo de confidencialidad con la compañía que se ha realizado este proyecto no se pueden mostrar las direcciones reales en donde se encuentran alejados los PLC.

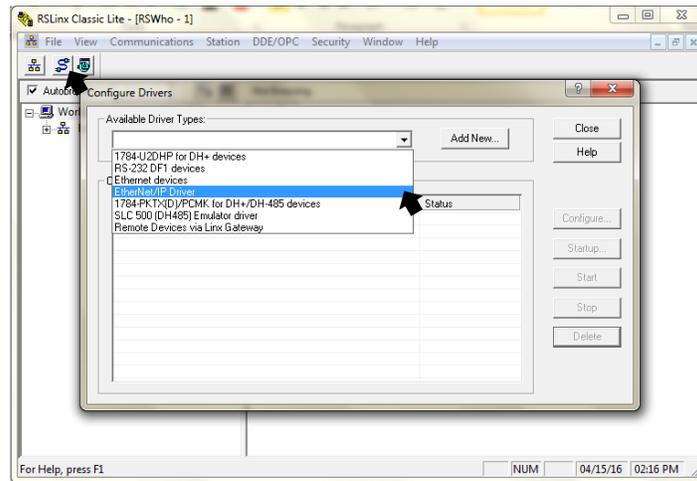


Figura 3.12 Configuración de drivers

Se elige la opción Ethernet/1PDriver debido a que la conexión se realiza mediante cable Ethernet, se da clic en agregar nuevo y despliega una pantalla similar a la mostrada en la figura 3.13, aquí se puede colocar el nombre que se desea para nombrar la conexión o se puede dejar con el nombre que por default manda el RSLinx.

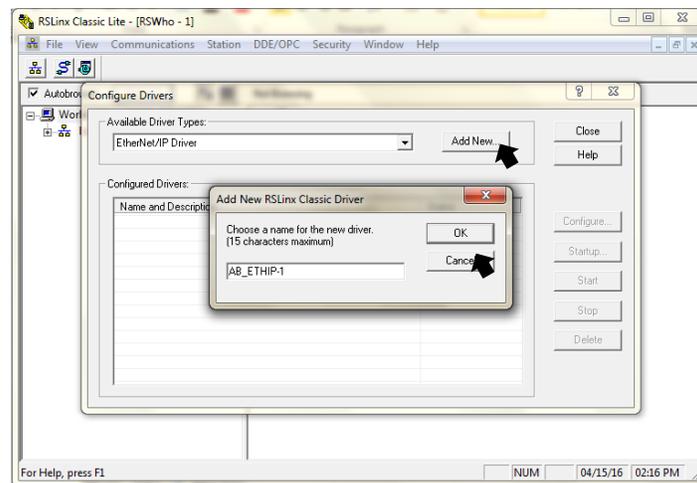


Figura 3.13 Agregar nuevo driver

Cuando se acepta dicha configuración se abre una última ventana similar a la mostrada en la figura 3.14, en donde se puede observar si se ha realizado el procedimiento de manera correcta, es entonces cuando reconocerá el número IP que le ha sido asignada en un principio.

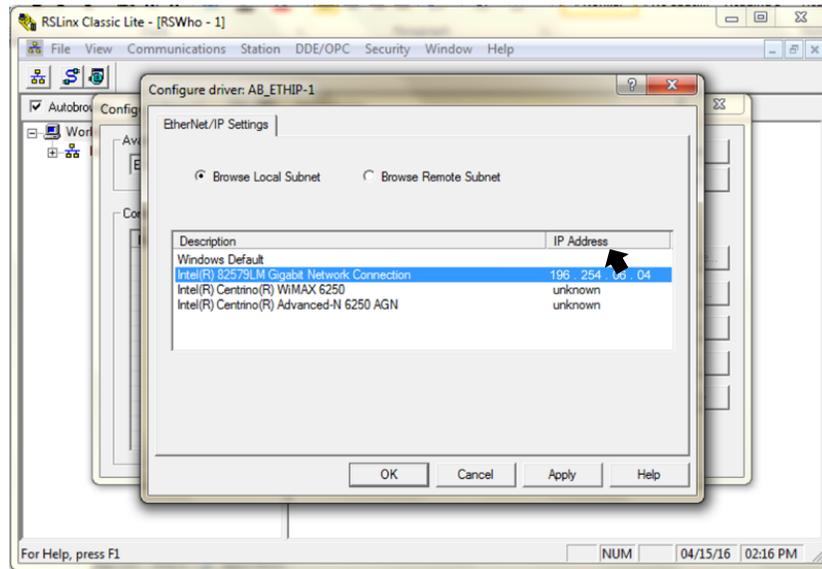


Figura 3.14 Configuración de nuevo driver con IP válida

Finalmente para comprobar que la conexión ha sido exitosa, del lado derecho de la pantalla del RSLinx se muestran todos los PLC que se encuentran colgados en esa IP, ver figura 3.15. El PLC 01CPU_P1 es donde se encuentran conectadas las entradas que se utilizan para realizar la lógica, de esta manera se observa que la conexión se realizó de manera correcta, que el PLC se encuentra conectado con el módulo de entradas / salidas y de esta manera se puede proceder a crear las líneas del código que muestran los estados que permiten ver el estatus la de la línea de colgado de unidades, estados que se definieron en el Capítulo 2.

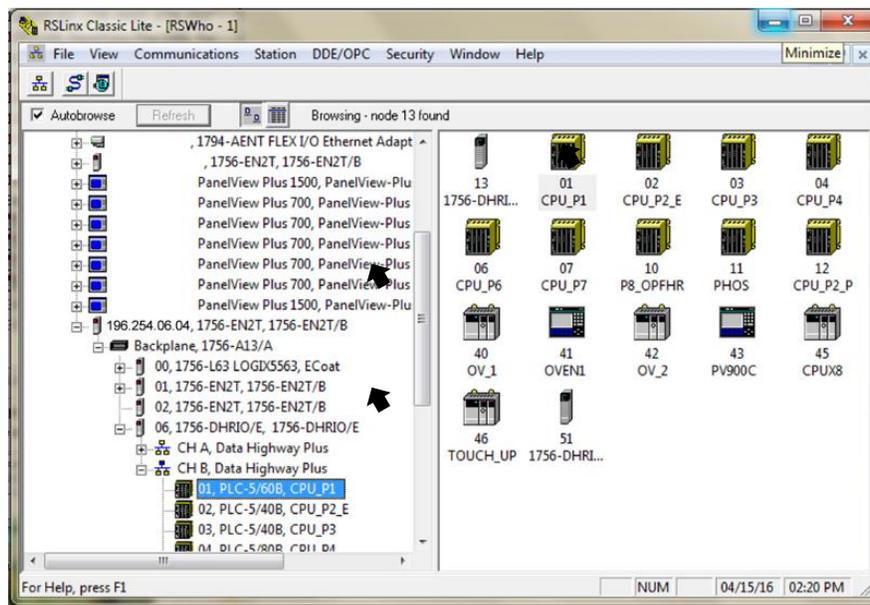


Figura 3.15 PLC en red

3.3 Programación de Estados

Una vez realizada la conexión entre el PLC y la PC, se requiere cargar el programa que esta corriendo, es importante recalcar que este proyecto está enfocado en una actualización de un programa que ya está corriendo en la línea, para lo cual se agregaron subrutinas dentro de las cuales se estableció la lógica correspondiente a cada estado a mostrar en el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) en base a los sensores que ya se encuentran conectados a la entrada del PLC.

Para lo cual se cargo el programa: P1 Colgado de Unidades, ver figura 3.16, puesto que es la estación que se desea monitorear.

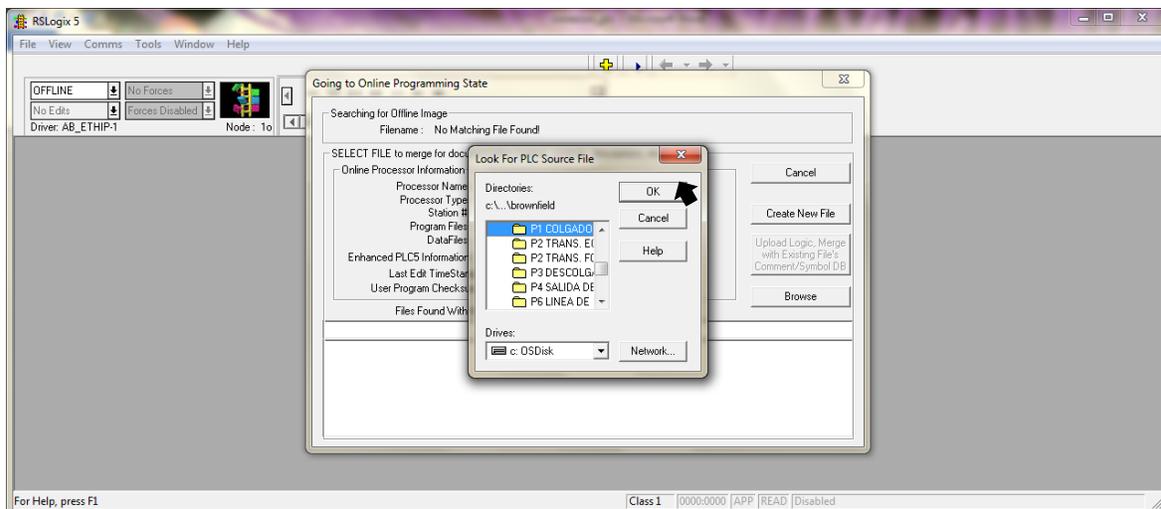


Figura 3.16 Carga de programa del P1 colgado de unidades

Una vez encontrada la ruta en la cual se localiza el programa que está corriendo en el PLC se da clic en aceptar y automáticamente carga el programa.

En la tabla 3.1 se muestra una correspondencia de la numeración de los sensores con la declaración de las entradas en el PLC.

Tabla 3.1 Correspondencia de Sensores con Entradas en el PLC

Sensor	Entrada	Función
S1	I: 005/3	Unidad Entrando
S7	I: 007/11	Unidad Presente
S20	I: 007/10	Unidad Presente
S21	I: 007/12	Unidad Saliendo
S15	I: 007/06	Unidad en Plataforma
S16	I: 007/07	Unidad en Plataforma



3.3.1 Programación de Salidas

En la figura 3.17 se muestra el inicio del programa, se puede observar que para activar la condición de parte presente, es necesario que se encuentren activados los sensores S7 y S20 los cuales indican que existe una unidad sobre la mesa, mientras que para desactivar esta condición es necesario que se active el final de ciclo (*cycle end*). El final de ciclo (*cycle end*) también sirve para desactivar la condición de ciclo no continuo (*non continuous cycle*) sí este se presenta.

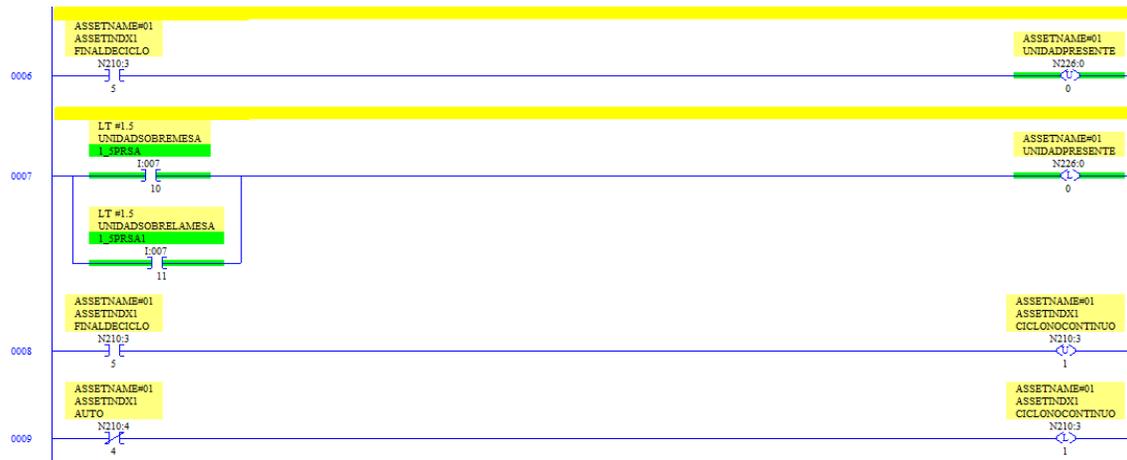


Figura 3.17 Inicio del programa (*cycle start*)

En la figura 3.18 se muestra la programación encargada de realizar el conteo de unidades (*count units*) así como de marcar el número de ciclos productivos buenos (*good productive cycles*), para indicar que un ciclo se ha realizado de manera correcta es necesario que se cumplan las siguientes condiciones; que una unidad haya ingresado de manera correcta; es decir, que se haya establecido la existencia de una unidad sobre la mesa, que una nueva unidad se encuentre ingresando mediante la activación del sensor S1 y que a la par la unidad se encontrara sobre la mesa ahora se encuentre saliendo de la estación de colgado de unidades, mediante la activación del sensor S21 y la desactivación del sensor S7.

Por otra parte el conteo de la unidad que acaba de ser determinada como un ciclo productivo bueno, se determina mediante la existencia de una unidad sobre la mesa y mediante la activación del sensor S21, el cual indica que esa unidad que ha sido procesada se encuentra saliendo de la estación de colgado de unidades.

Este conteo se realizará mediante un contador que guarda cada una de las unidades que han sido procesadas y el cual se reseteara cuando llegue a la unidad número 9999.

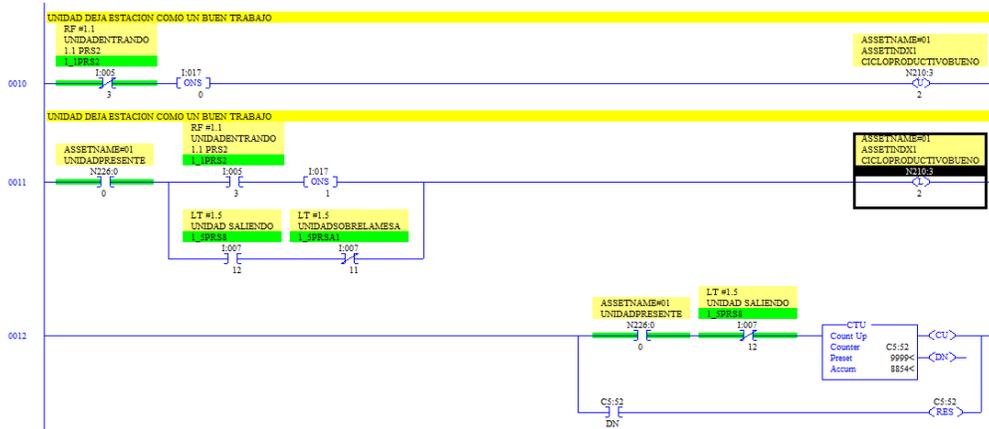


Figura 3.18 Buen ciclo productivo (*good productive cycle*) y conteo de unidades (*count units*)

En la figura 3.19 se muestra la programación para el final de ciclo (*cycle end*), el cual se activa cuando se ha detectado la existencia de una unidad sobre la mesa y además dicha unidad haya cumplido su ciclo como un buen ciclo productivo (*good productive cycle*) y finalmente que se encuentre saliendo de la estación, mediante la activación del sensor S21.

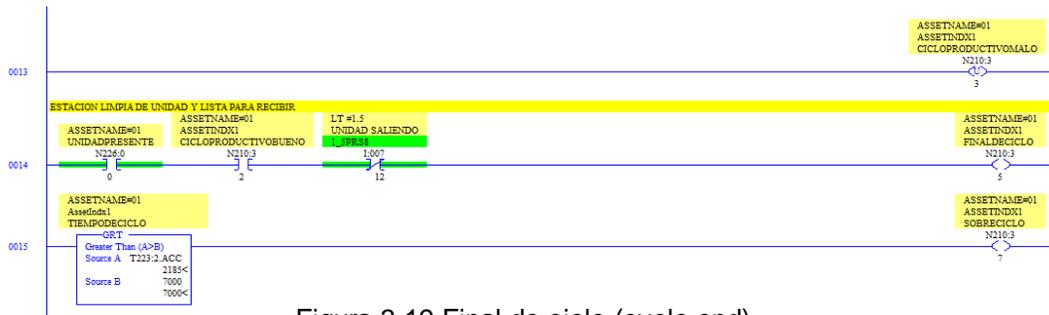


Figura 3.19 Final de ciclo (*cycle end*)

En la figura 3.20 se muestra la programación para el estado bloqueado (*blocked*), el cual se activa cuando se ha rebasado el tiempo que se encuentra preestablecido en el temporizador T223:0. Esto quiere decir que en menos de 3760 segundos la plataforma de elevación #1.5 debe entregar la unidad a la siguiente mesa de rodillos #1.6 con la finalidad de que se cumpla el tiempo ciclo (*cycle time*).

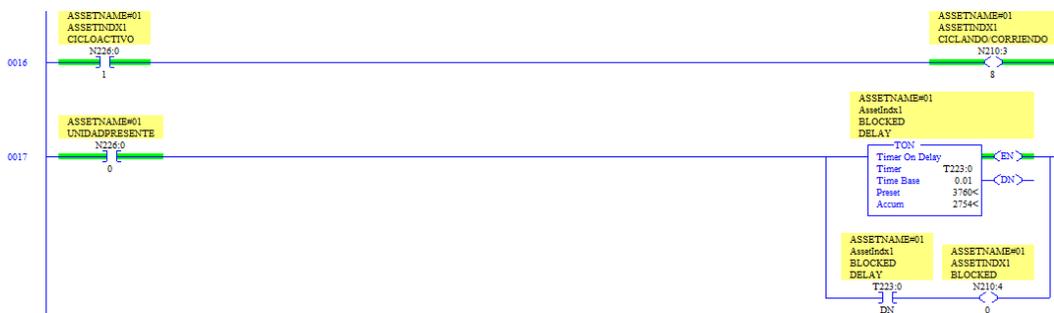


Figura 3.20 Estados bloqueado (*blocked*) y en espera (*starved*)



En la figura 3.21 se muestra la programación para el estado en espera (*starved*), el cual se activa cuando se ha rebasado el tiempo que se encuentra preestablecido en el temporizador T223:1. Esto quiere decir que en menos de 1950 segundos la plataforma de retención #1.4 debe entregar la unidad a la siguiente plataforma de elevación #1.5 con la finalidad de que comience el tiempo ciclo (*cycle time*).

También se observan las condiciones que se deben cumplir para que el sistema este corriendo en modo automático, estas condiciones ya se explicaron en el diagrama de la figura 3.5.

Sí alguna de ellas no se cumple entonces de inmediato se activa la condición de ciclo no continuo (*non continuos cycle*) y la única condición que desactiva esta sentencia es el final del ciclo (*cycle end*).

En la figura 3.21 se muestra el mensaje que se envía a la pantalla del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) cuando se activa la condición de Auto o Automático, es decir que no existe intervención manual o fallas en el sistema. De la misma manera con la condición bloqueado (*blocked*) que envía el mensaje de línea llena puesto que la plataforma de elevación #1.5 está inhabilitada para entregar la unidad a la mesa de rodillos #1.6.

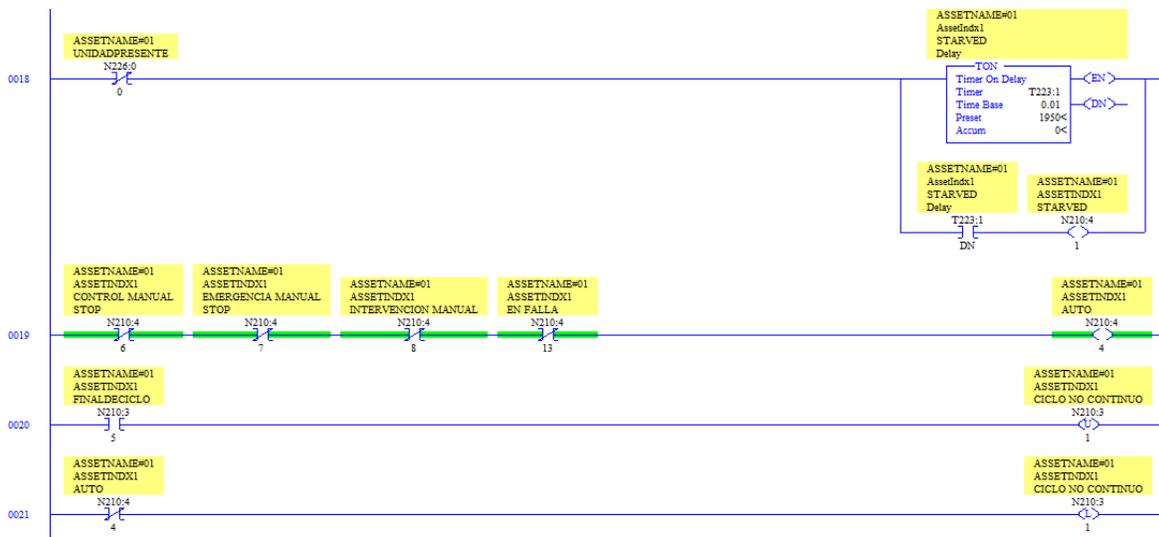


Figura 3.21 Ciclo continuo (*continuos cycle*) y no continuo (*non continuos cycle*).

Finalmente se encuentra el contador de ciclos totales, este contador es el que se encarga de enviar la cuenta del número total de ciclos productivos al Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), su programación puede observarse en la figura 3.22. Para ello se debe de cumplir el final de ciclo y además se debe de considerar este ciclo un ciclo productivo bueno (*good productive cycle*).



Una vez realizado este conteo se mueve el dato hacia otro destino del cual es obtenido para ser mostrado en las pantallas del Sistema de Monitoreo y Producción (SMP).

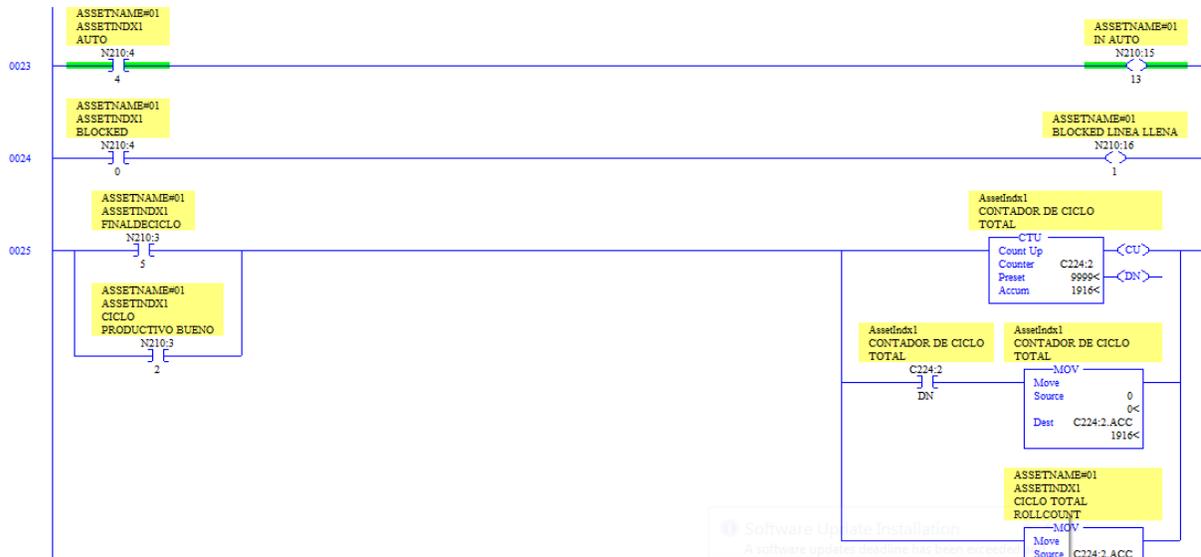


Figura 3.22 Contador de ciclos totales (*total cycle count*)

Una vez creado el programa en el PLC el siguiente paso consistió en realizar las configuraciones necesarias para vincular las etiquetas que se crearon en el PLC con el pizarrón de andón.

3.4 Marquee Manager

Un marquee es una herramienta de comunicación de visualización que proporciona los medios necesarios para mostrar la fecha, la hora, mensajes como conteos de producción y que áreas de la planta están experimentando problemas. Este se conecta directamente con el pizarrón de andón mediante el direccionamiento de las IP que tienen asignadas.

3.4.1 Configuración del Programa Marquee Manager Administrator

Para crear un marquee se utiliza el programa llamado Marquee Manager Administrador, los campos que a continuación se enlistan deben ser llenados de acuerdo a los requerimientos del cliente.

El primer paso es configurar el servidor del cual el marquee toma los datos, es decir, los tags que se han declarado en el PLC para que puedan ser mostrados en el pizarrón de andón. En la figura 3.23 se puede visualizar que el marquee está declarado en el servidor CUA0820_FIS_SEQUENT de tipo DSN, donde se han guardado todos los módulos de PLC que pertenecen a la primera etapa del proceso de pintura.



Es importante mencionar que esta configuración ya se encuentra establecida y que debido a su accesibilidad fue tomada como la mejor alternativa para crear el marquee.

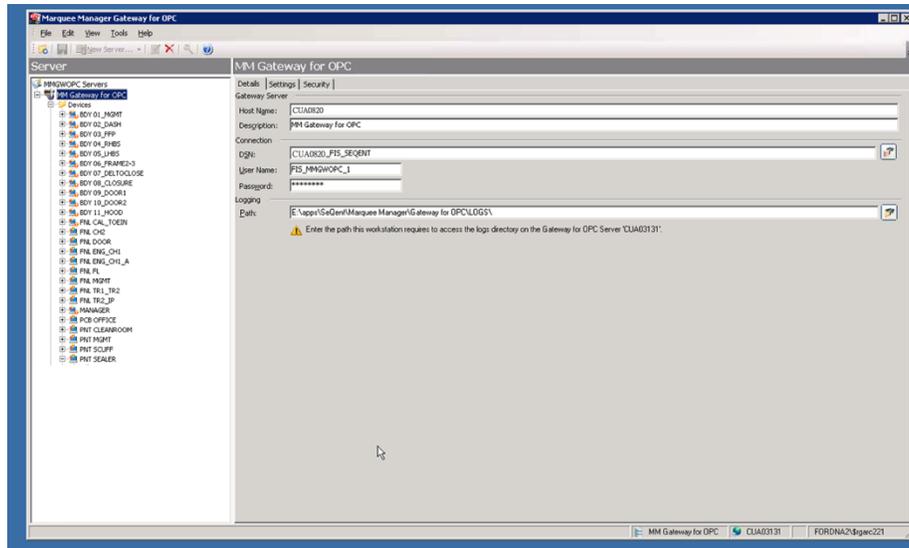


Figura 3.23 Servidor Marque Manager para OPC

Para la aplicación de este proyecto se ha decidido utilizar un marquee llamado *PNT SEALER MGMT A0 CELL* puesto que está directamente direccionado con el pizarrón de andón que se encuentra frente al área de colgado de unidades a un costado de la línea de sello en la cual se encuentra un líder de equipo, quien tiene comunicación directa con personal de mantenimiento y supervisores de producción.

En la figura 3.24 se observa la configuración del marquee: *PNT SEALER MGMT A0 CELL*, la cual consta de una serie de pestañas que fueron definidas de acuerdo a los requerimientos que la compañía solicitó.

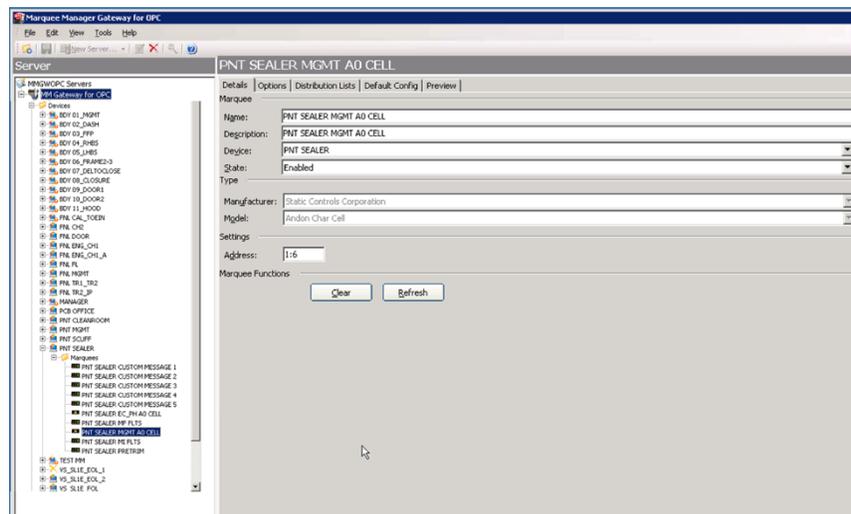


Figura 3.24 Marquee Manager Administrador

3.4.2 Configuración del Marquee Manager para OPC

El programa Marquee Manager para OPC tiene dos funciones principales, brinda la posibilidad de crear ítems y eventos, un ítem OPC es un tag en el cuál se guarda una dirección de un elemento OPC que se puede comparar con un evento para que se cumpla alguna condición. Un evento como su nombre lo indica es un acontecimiento que está a la espera de que ciertas condiciones declaradas se cumplan para que este tenga alguna respuesta.

3.4.2.1 Creación de Ítems OPC

Para poder obtener el valor de los estados, Conveyor Down, Conveter Starved, Conveyor Blocked, que provienen del PLC, se creó un nuevo ítem llamado *LINE_DOWN_ECOAT*, ver figura 3.25, el cual toma de la dirección *CUAP.Paint.Phosphate.Ecoat.EcoatConv.ECDeHang.States.Description*, ver figura 3.26, cada una de las descripciones de los estados.

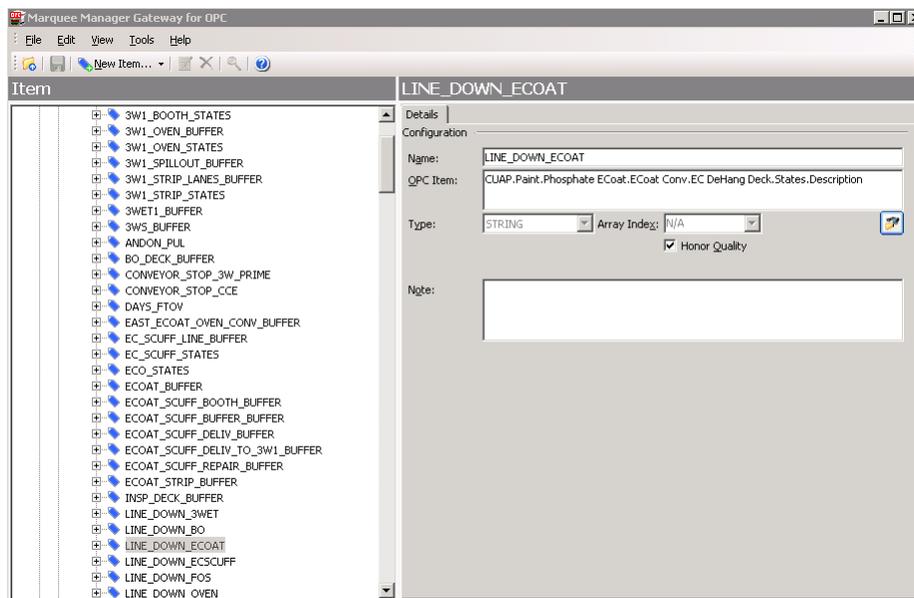


Figura 3.25 Creación de nuevo ítem

3.4.2.2 Creación de Eventos OPC

Una vez creado el ítem de donde se van a obtener los estados, se procede a crear un evento para cada estado, es decir, un evento para conveyor en espera (starved), un evento para conveyor bloqueado (blocked) y un evento para el conveyor en falla (down), la creación de estos eventos se muestra a continuación:

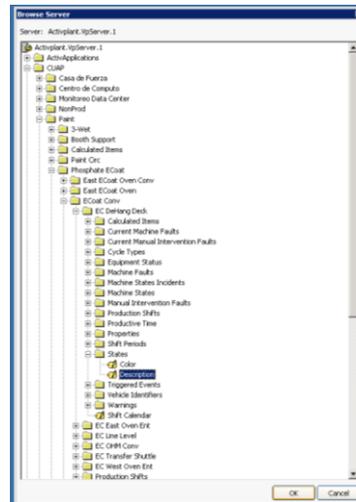


Figura 3.26 Árbol de direcciones del OPC ítem

a) Evento en espera (starved)

El primer evento que se creo fue *LINEA_STARVED_EC*, el cual se puede observar en la figura 3.27, este evento es de tipo DA y de acuerdo a los mencionado anteriormente, son datos que cambian en tiempo real.

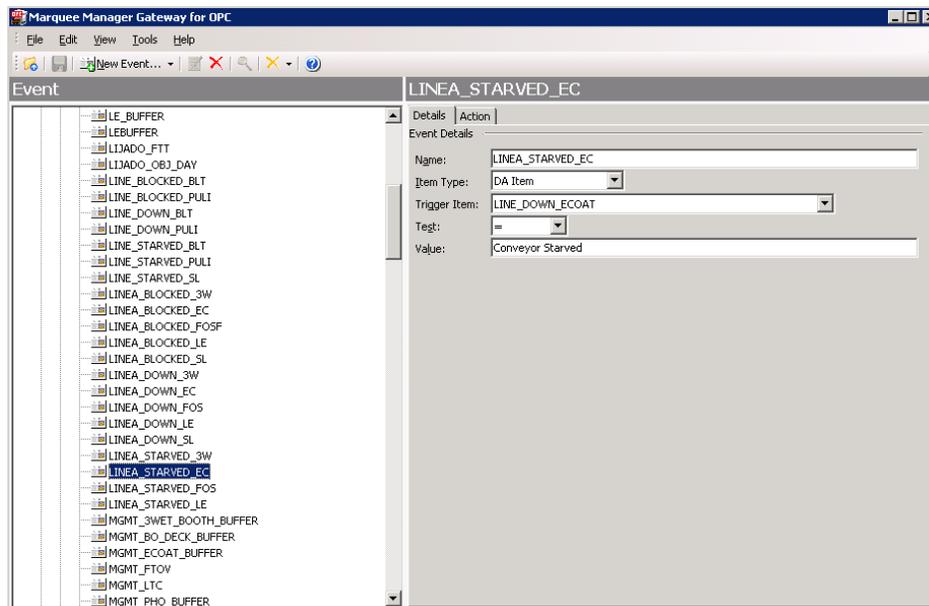


Figura 3.27 Detalles línea en espera (starved)

En la figura 3.28 se muestra el mensaje a desplegar en el marquee: PNT MGMT A0 CELL GROUP, *STARVED*, cuando el valor del ítem *LINE_DOWN_ECOAT* sea igual a *Conveyor Starved*, de acuerdo a los requerimientos de la compañía este texto se va a mostrar en color amarillo sin ningún parpadeo.



Es necesario especificar que este evento se ha colocado en el espacio fila 5, columna 11 y es donde se han guardado todos los demás estados con la finalidad de no ocupar tantos espacios en el marquee puesto que sólo se puede mostrar un estado a la vez, pudiendo ser este: en espera (*starved*), bloqueado (*blocked*) o en falla (*down*).

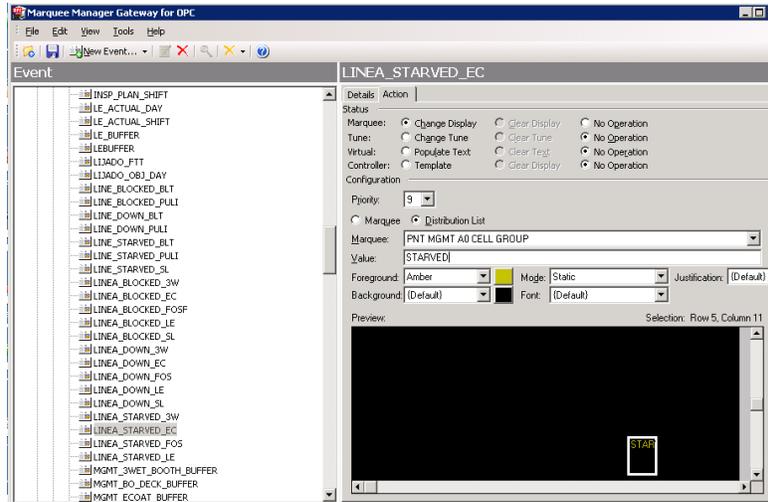


Figura 3.28 Acciones línea en espera (*starved*)

b) Evento bloqueado (*blocked*)

El segundo evento que se creo fue *LINEA_BLOCKED_EC* el cual se puede observar en la figura 3.29, este evento también es de tipo DA.

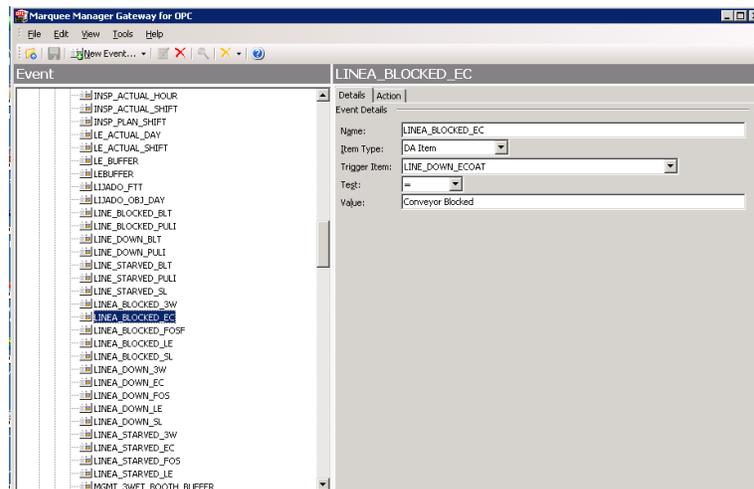


Figura 3.29 Detalles línea bloqueada (*blocked*)

En la figura 3.30 se muestra el mensaje a desplegar en el marquee: PNT MGMT A0 CELL GROUP, *BLOCKED*, cuando el valor del ítem *LINE_DOWN_ECOAT* sea igual a Conveyor Blocked, de acuerdo a los requerimientos de la compañía este texto se va a mostrar en color azul sin ningún parpadeo, sin embargo, debido a que la configuración



del pizarrón de andón no permite tener una buena visualización del color azul se ha optado por mantener el color amarillo.

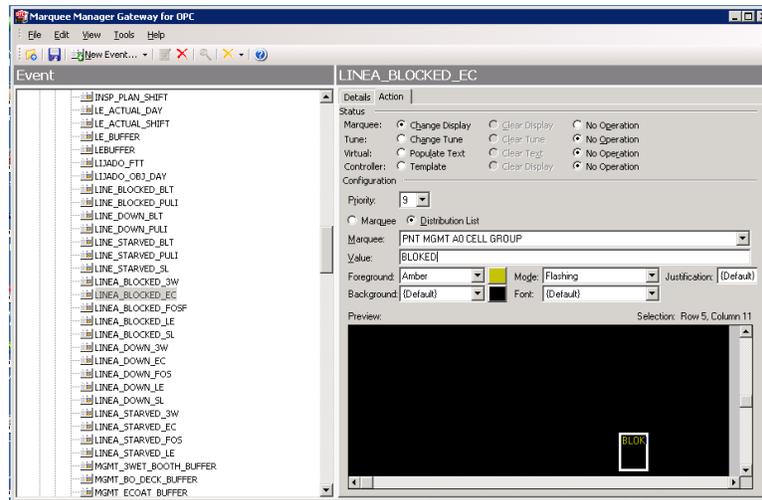


Figura 3.30 Acciones línea bloqueada (*blocked*)

c) Evento en falla (down)

El tercer y último evento que se creó fue *LINEA_DOWN_EC* como se puede observar en la figura 3.31, este evento también es de tipo DA.

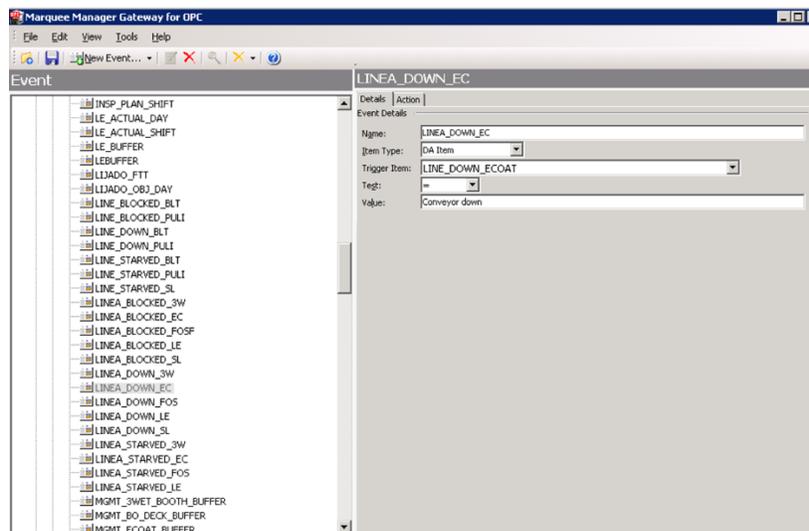


Figura 3.31 Detalles línea en falla (*down*)

En la figura 3.32 se muestra el mensaje a desplegar en el marquee: PNT MGMT A0 CELL GROUP, *DOWN*, cuando el valor del ítem *LINE_DOWN_ECOAT* sea igual a *Conveyor Down*, de acuerdo a los estándares de la compañía este texto se va a mostrar en color rojo sin ningún parpadeo.

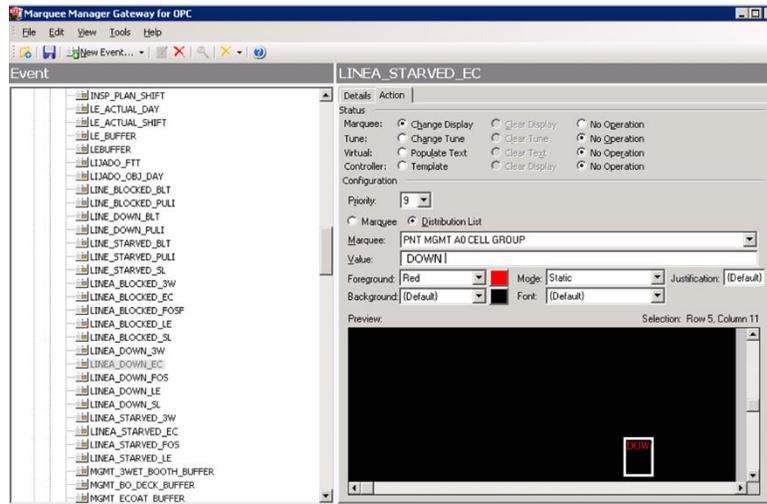


Figura 3.32 Acciones línea en falla (down)

3.5 Data Manager

Para visualizar la información del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP) se utilizó el programa llamado Data Manager, donde el primer paso es mandar llamar al servidor donde se encuentra el pizarrón de andón, ver figura 3.33, mediante la aplicación Net Meeting – 1 Connection.



Figura 3.33 Aplicación NetMeeting - 1 Connection

Una vez cargada la IP del pizarrón de andón que se va a utilizar para mostrar los estados de la estación de colgado de unidades, se procede a abrir el programa Data Manager, en la figura 3.34 se muestra la pantalla de inicio de este programa, se observa ya se tiene una plantilla predefinida en la cual actualmente se muestran



mensajes estáticos que sirven como recordatorio de fechas importantes para el departamento. ²

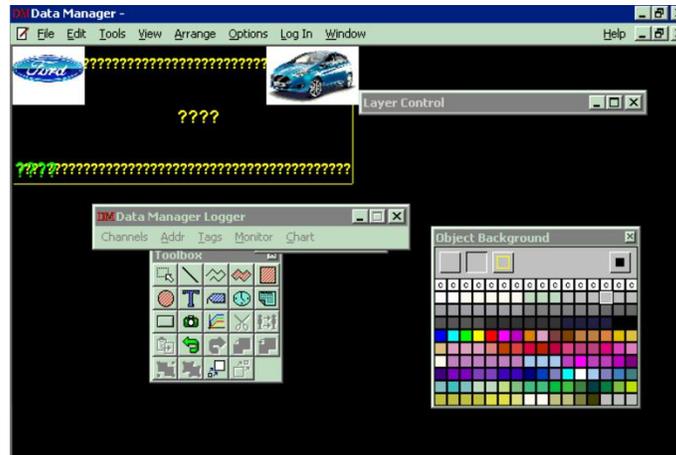


Figura 3.34 Data Manager

Para lo cual se va a configurar un nuevo marquee en la opción file, configure, ver figura 3.35, de esta manera se abre una nueva pantalla como la que se muestra en la figura 3.36 en la cual se despliegan todos los marquee existentes y se procede a guardar una copia del marquee actual, el cual se modificó de acuerdo a los requerimientos del cliente para mostrar los estados del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

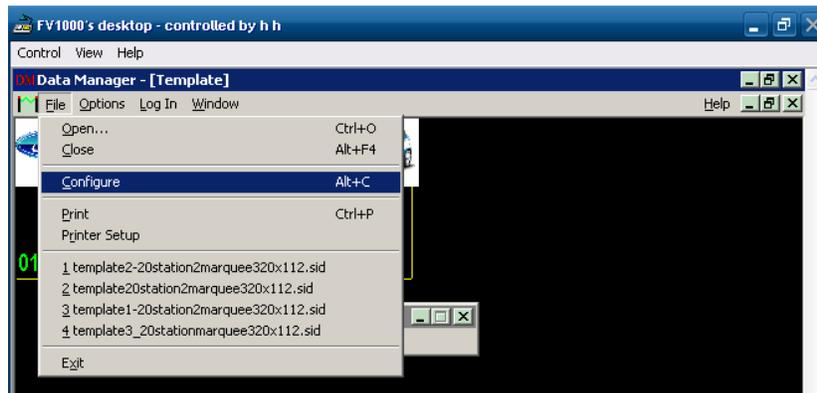


Figura 3.35 Configuración Marquee Manager

Este marquee lleva el nombre de Estados.sid extensión característica del programa Data Manager.

² Debido al acuerdo de confidencialidad se ha optado por ocultar la plantilla real que se muestra en la estación de colgado de unidades.

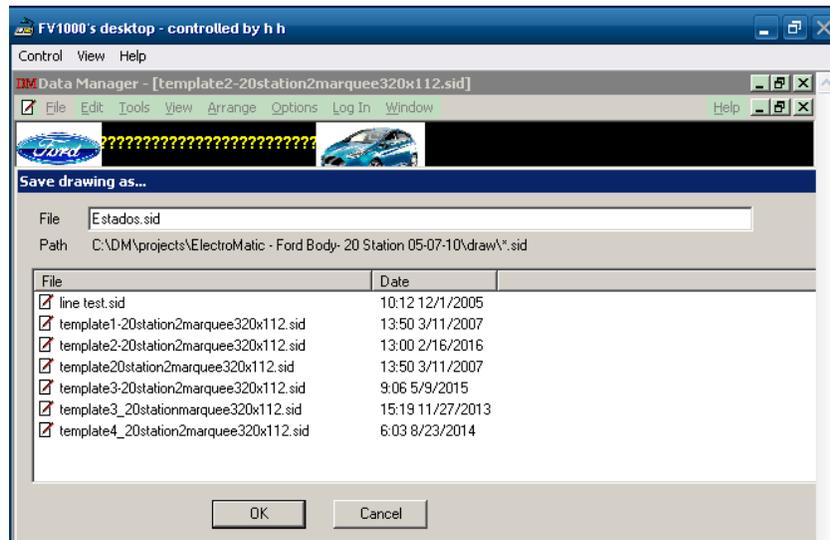


Figura 3.36 Pantallas de Marquee

Ya con la plantilla se procede a borrar todos aquellos datos que no son requeridos para ser mostrados en el Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), así entonces queda una pantalla limpia como la que se muestra en la figura 3.37.

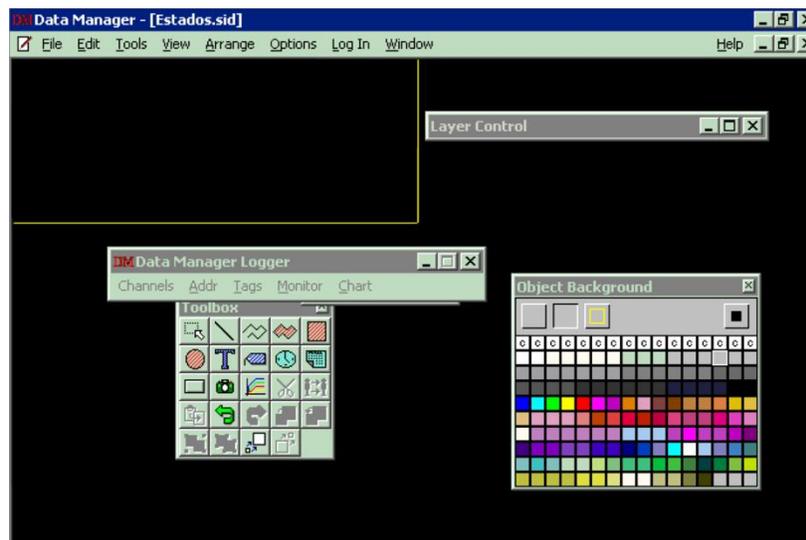


Figura 3.37 Plantilla limpia Marquee Manager

Con la herramienta de texto que se encuentra en la figura 3.38 marcada con una letra “T” mayúscula se puede colocar cualquier leyenda que se requiera y se muestra de manera instantánea, sin embargo, este tipo de objetos no tienen interacción alguna con los Sistemas de Monitoreo de Producción (SMP).

Dando clic en esta herramienta se escribe cual es el texto que se desea mostrar en el pizarrón de andón.

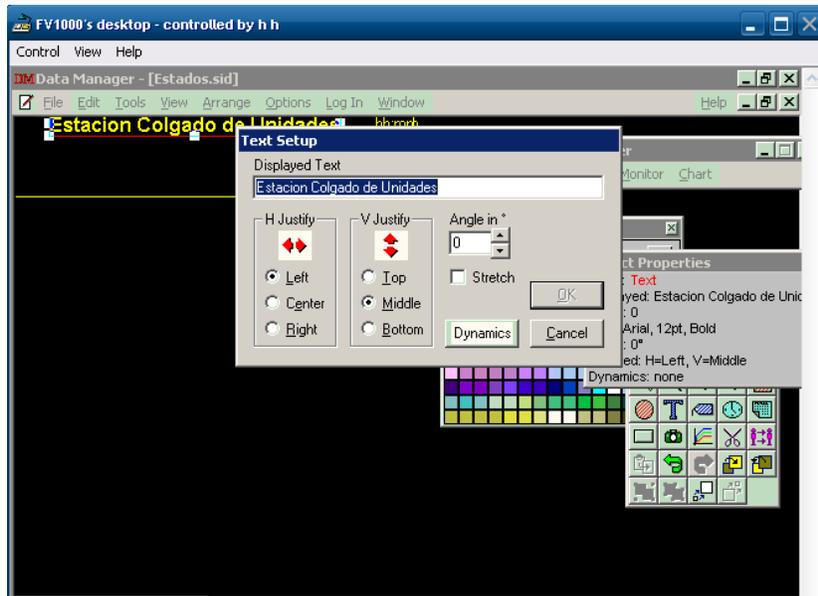


Figura 3.38 Herramientas de Marquee Manager

Así mismo con la herramienta de reloj se puede colocar una ayuda visual en la cual se despliega la hora en tiempo real, ver figura 3.39.

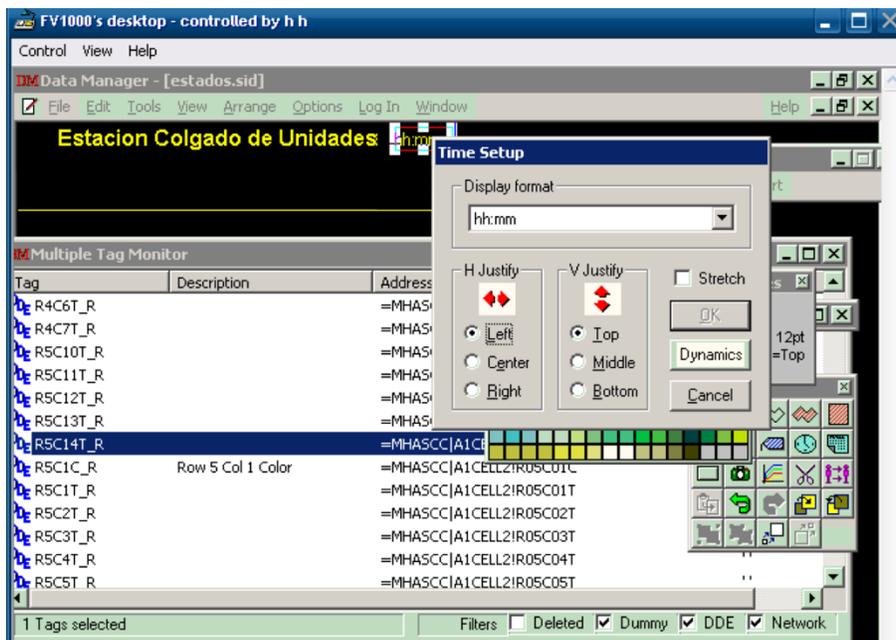


Figura 3.39 Herramienta reloj

De la misma forma en la que se insertó el texto de *Estación de Colgado de Unidades*, con la herramienta texto en la parte inferior derecha se colocó un rectángulo en el que se despliegan dos datos importantes para el conocimiento del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP), BDY y BUFF, ver figura 3.40, en el apartado de BDY se muestra el

número de unidades que han pasado por la estación de colgado de unidades y que han sido contadas como ciclos buenos productivos, mientras que el apartado BUFF tiene por objetivo mostrar el número de unidades que deben ser procesadas por el departamento de pintura y listas para continuar con el proceso de ensamble.

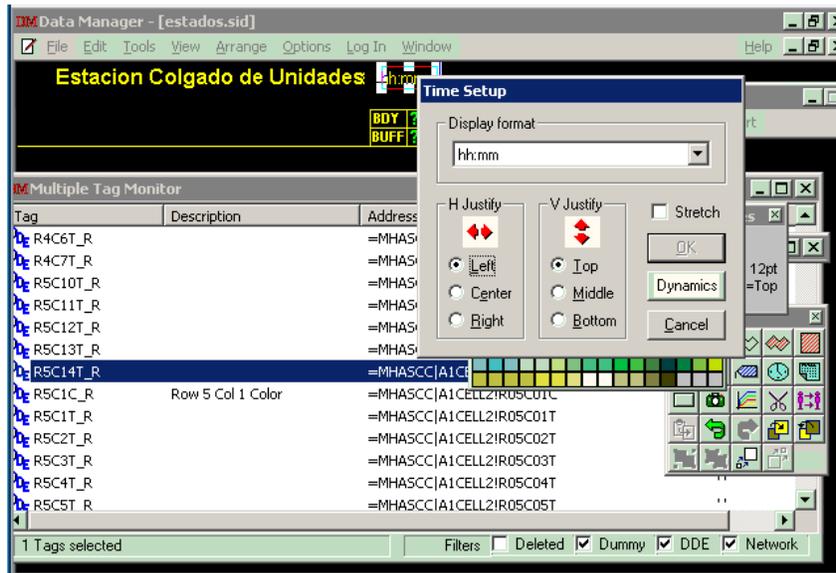


Figura 3.40 Body contra Buffer

Para colocar los tags de “Down”, “Starved” y “Blocked” se utiliza la herramienta localizada entre la herramienta texto y el reloj, ver figura 3.41.

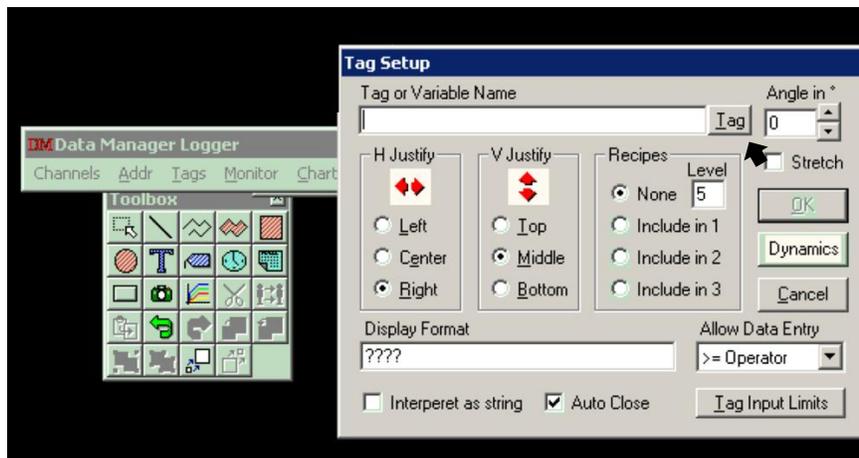


Figura 3.41 Tags Marquee Manager

Cuando se da clic en ese botón, se abre una lista como la que se muestra en la figura 3.42 en donde se aprecian todas las etiquetas que han sido declaradas dentro del programa de PLC del PCM01.

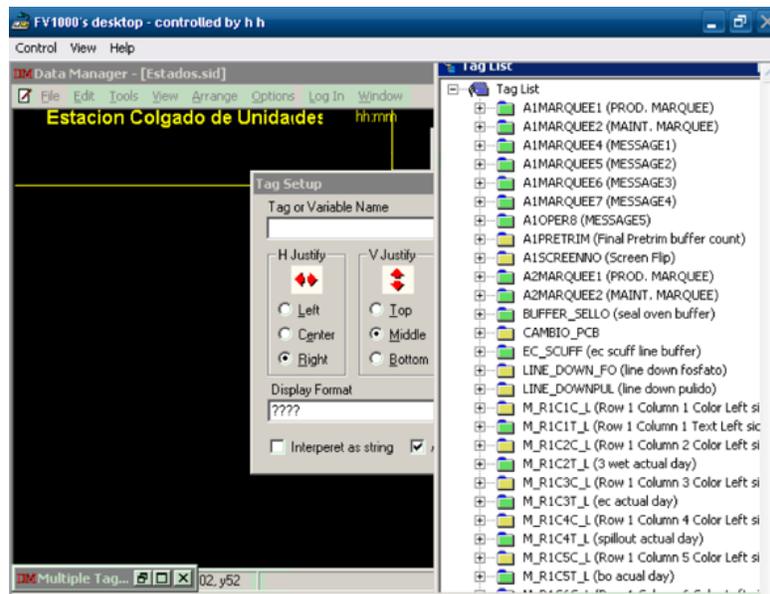


Figura 3.42 Lista de Tags

La carpeta que contiene los estados en espera (Starved), bloqueado (Blocked) y en falla (Down) tiene por nombre R5C14T_R (Row 5, Column 11). Una vez que se localizó se selecciona y se despliega una pantalla similar a la que se puede observar en la figura 3.43. Se nota que el único texto visible es el nombre de la estación que se está monitoreando en el SMP, esto se debe a que el marquee no se encuentra en activo o corriendo.

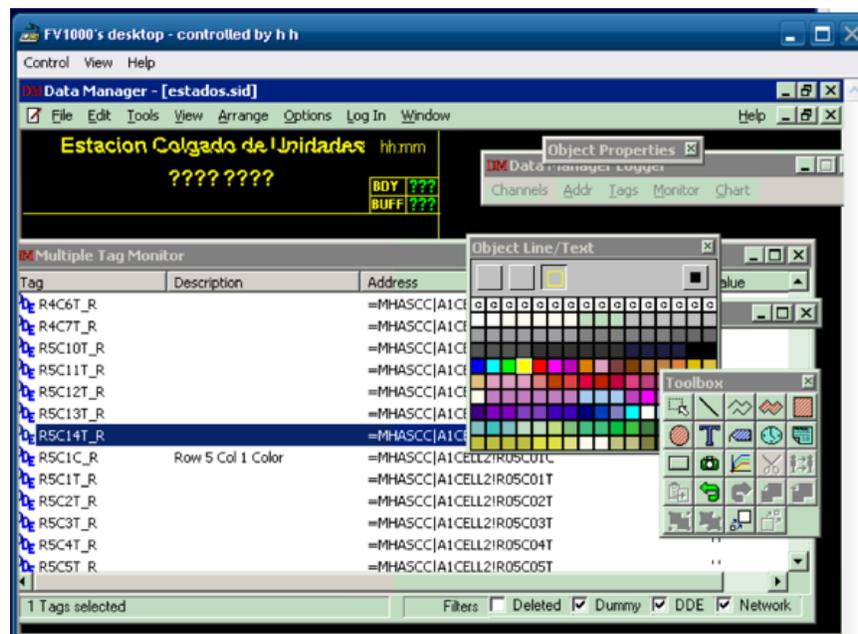


Figura 3.43 Estación de colgado de unidades



Una vez creado el marquee y asignados los tags para la información que se desea mostrar, se procede a correr el programa y revisar si es que este tiene algún inconveniente para mostrar los valores que le han sido designados.

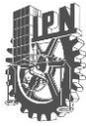
Debido al acuerdo de confidencialidad se han ocultado los números preliminares de estos conteos, los cuales se muestran en el capítulo 5.

Para finalizar, en este capítulo se describió el procedimiento que se llevó a cabo para realizar la programación de los estados en el PLC así como la configuración que se implementó en el pizarrón de andón para que se mostraran dichos estados.

Capítulo 4

“Costo-Beneficio”

En este capítulo se muestra la relación del costo de material, costo de ingeniería, costo de mano de obra y costo de herramienta con el beneficio que representa la implementación del sistema de monitoreo de producción al ingreso del proceso de una planta de pintura automotriz.

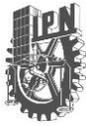


4.1 Materiales Necesarios para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

Como se mencionó el capítulo anterior los interruptores de límite se utilizan para que los patines que transportan la carrocería hagan contacto con ellos y que éstos a su vez manden las respectivas señales a la unidad de PLC para que ésta lleve a cabo la lógica que involucra el Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP). Para que esto ocurra, los interruptores que se han seleccionado cuentan con un accionador con muelle, así mismo se requiere de un cable para conectar cada uno de los interruptores de carrera con el PLC, se considera un cable de 9 metros para cada interruptor ya que la distancia desde el interruptor de límite más lejano se encuentra a 5 metros de la unidad de PLC. En la tabla 4.1 se muestra la propuesta de los interruptores de límite para la implementación de este proyecto de acuerdo a las características antes mencionadas y las marcas aceptadas por el cliente.

Tabla 4.1 Interruptor de carrera

Nombre	Características	Imagen
Interruptor de límite.	Interruptor de carrera de dos posiciones. Marca: Allen Bradley Modelo: 802T-APJ9 Serie: J Dos contactos N/C y N/A NEMA 4: Protección contra polvo transportado por el viento, y salpicaduras de agua.	
	Accesorios: Cuenta con cabezal accionador de muelle de brazo 10 cm.	
Cable para interruptor de límite.	Cable integral de 9.14 metros. Para conectar final de carrera al módulo de PLC.	



De acuerdo a la disposición física de los transportadores por los cuales pasan los patines que transportan la carrocería, adicional a los interruptores de final de carrera se requiere de sensores de proximidad, para que se activen una vez que los patines estén frente a ellos con la finalidad de mandar las respectivas señales a la unidad de PLC y que esta lleve a cabo la lógica que involucra el Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP).

Así mismo se requiere de un cable para conectar cada sensor a la unidad de PLC, se considera de una distancia de 9 metros, debido a que el sensor de proximidad más alejado de la unidad de PLC se encuentra a 4 metros.

En la tabla 4.2 se muestra la propuesta de los sensores de proximidad para la implementación de este proyecto de acuerdo a las características antes mencionadas y de acuerdo a las marcas aceptadas por el cliente.

Tabla 4.2 Sensores de proximidad

Nombre	Características	Imagen
Sensor de proximidad.	<p>Sensor Inductivo Marca: Telemecanique Modelo: XSD-A605539 Serie: XSD Carcasa de plástico Rango ajustable de 30 a 60 mm. Led indicador de objetivo sensado. NEMA 3,4,6,12,13: Protección contra polvo transportado por el viento, y salpicaduras de agua. Protección contra caída. Goteo de líquidos no corrosivos. Salpicadura de aceite y refrigerantes no corrosivos.</p>	
Cable para sensor de proximidad.	<p>Cable integral de 9.14 metros. Para conectar sensor de proximidad a módulo de PLC.</p>	

Para instalar los sensores de proximidad, así como los interruptores de final de carrera, se propone colocarlos en una placa de sujeción, en la tabla 4.3 se describen sus especificaciones y en el anexo 1 se puede encontrar el plano de fabricación, así mismo se enlistan las especificaciones de los tornillos y tuercas, aditamentos necesarios para realizar la colocación de dichas placas.

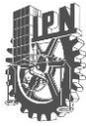
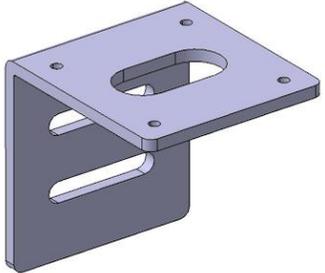


Tabla 4.3 Elementos de sujeción para sensores

Nombre	Características	Imagen
Placa de sujeción.	Soportes de solera de 1/4" x 4" en acero ASTM A-36.	
Tornillos.	Tornillo allen M8 x 40.	
Tuercas.	Contra tuerca plateada M8.	

Como se mencionó en el capítulo 1 y 2 el pizarrón de andón, es la ayuda visual que muestra el estado actual de una estación de trabajo, en la tabla 4.3 se muestra las características del pizarrón de andón, así como las características del PLC que se requiere para la instalación de las entradas necesarias para la implementación del Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP).

Para este proyecto se ha considerado un pizarrón de andón que tenga comunicación vía ethernet debido a que es el medio por el cual se realiza la comunicación con el PLC. Mientras que el PLC se ha seleccionado con 6 entradas digitales para realizar la conexión de los 4 interruptores de límite y los 2 sensores de proximidad que se mencionaron anteriormente.

Así mismo se contempla un cable de conexión para comunicar la computadora con el PLC y cargar el programa que se mostró en el capítulo 3 que sirve para establecer el Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP).

Tabla 4.4 Pizarrón de andón y PLC

Nombre	Características	Imagen
Pizarrón de andón.	Número de parte: FV408FDS1GFD1XF06 Fabricante: Factory Vision Altura: 49.50” Ancho: 108.95” Profundidad: 18” Comunicación: Ethernet Configuración: Visible por ambos lados.	
PLC.	Marca: Allen Bradley Modelo:1761 Serie: Micrologix Entradas Digitales: 6 Salidas: 4 Puerto de Comunicación: RS232 Tipo de Red: DeviceNet, Ethernet Programación: Escalera.	
Cable para conexión PC – PLC	Marca: Allen Bradley Micrologix.	

Como se explicó en el capítulo 3 el lugar que se ha establecido para colocar el pizarrón de andón es al lado de la computadora del líder de equipo para una mejor respuesta ante los problemas que enfrente la línea de producción. De acuerdo a los requerimientos del cliente, solicita sujetarlo en el techo con doble contención, así entonces se ha cotizado el soporte que se muestra en la tabla 4.5, así mismo se muestran las características con las que cuenta el gabinete en donde estará almacenado el PLC con la finalidad de conservarlo en las mejores condiciones ambientales, en el anexo 1 se muestran ambos planos de fabricación.

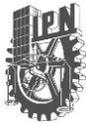
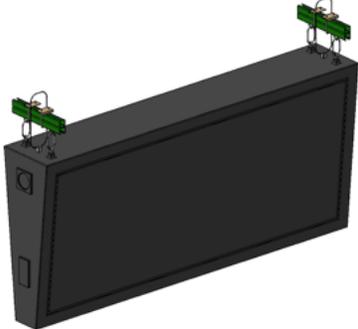
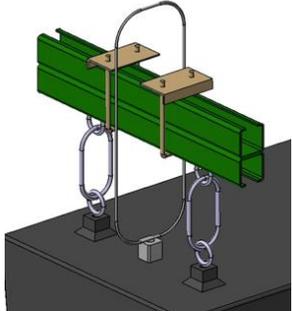
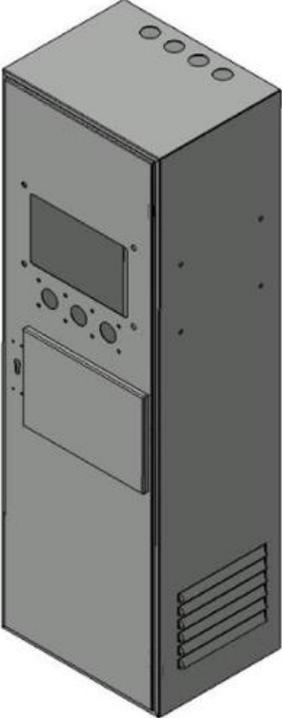
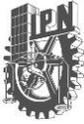


Tabla 4.5 Soportes para pizarrón de andón, así como gabinete para PLC

Nombre	Características	Imagen
Soporte para pizarrón andón.	Para la sujeción del pizarrón de andón se consideran 2 canaletas dobles B22A galvanizadas, 4 grapas para viga H galvanizadas con esparrago en U cuadrado, cable de acero de 1/4" y 4 eslabones con ganchos giratorios galvanizados.	
		
Gabinete para PLC.	Para la fabricación del gabinete se considera lámina de acero con aplicación de pintura electro depositada con acabado texturizado de 60 µm. Incluye platina perforada de acero, rieles perforados en perfil omega y chapa con llaves. Medidas 25.5" x 78.7" x 20.1".	



4.1.1 Costo por Materiales para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

Una vez explicados los elementos que son necesarios para la implementación del Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP), en la tabla 4.6 se muestra la suma de costos por materiales eléctricos, electrónicos y de sujeción, que se requieren para la implementación de este proyecto, así mismo se muestra el proveedor quien cotizo dicho material y en el anexo 1 se muestran las cotizaciones formales¹.

Tabla 4.6 Total de materiales

Nombre Común	Proveedor	Costo por Unidad M/N	Unidades	Total M/N
Interruptor de final de carrera	ABSA	\$2,893.00	2	\$5,786.00
Cable para Interruptor de final de carrera	RISUOL	\$928.00	2	\$1,856.00
Sensores de Proximidad	E&E	\$5,713.00	4	\$22,852.00
Cable para Sensores de proximidad	RISUOL	\$644.00	4	\$2,578.00
Placa de sujeción para sensores	POE	\$493.00	6	\$2,955.00
Tornillos	POE	\$79.00	1	\$79.00
Tuercas	POE	\$217.00	1	\$217.00
Pizarrón de andón	ELECTRO-MATIC	\$405,820.00	1	\$405,820.00
PLC	ABSA	\$5,812.00	1	\$5,812.00
Cable de conexión PLC - PC	ABSA	\$765.00	1	\$765.00
Soporte para pizarrón andón	POE	\$3,349.00	1	\$3,349.00
Gabinete PLC	POE	\$10,027.00	1	\$10,027.00
			TOTAL MATERIALES	\$462,095.00

En total se consideran \$462,095.00 M/N por el costo total de todos los materiales para la implementación de este proyecto.

¹ El tipo de cambio que se considera para las cotizaciones es de \$19,70 M/N.



4.2 Costo por Mano de Obra para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

De acuerdo con la información mostrada en el capítulo 3, se estima que el tiempo aproximado en realizar las modificaciones de programación en las líneas del PLC es de dos semanas, sin embargo, se considera una semana más para que, el técnico programador este dando soporte durante la semana en la cual se estén llevando a cabo las pruebas.

Así mismo se considera tres técnicos para la implementación de los soportes que fijan los sensores de límite y proximidad, así como la instalación del pizarrón de andón y el gabinete junto con el PLC. Cabe mencionar que estos técnicos deben tener conocimientos en electrónica, debido a la importancia que tiene el conectar correctamente las entradas y salidas al PLC, además de brindar soporte al programador.

También se toma en consideración el soporte de un ingeniero que esté a cargo del proyecto para guiar a los técnicos en cuanto, dudas y expectativas del cliente.

En la tabla 4.7 se muestra el personal que es necesario para la implementación de este proyecto, así como el costo por mano de obra en relación con los días laborables y el salario diario de acuerdo con la tabla llamada *Salarios Mínimos*, expedida por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social y la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, la cual se puede consultar en el anexo 1. Sí bien el salario mínimo para un técnico es a partir de los 120.40 M/N pesos diarios, para este proyecto se ha considerado el doble, debido a las cualidades que se mencionaron anteriormente.

Tabla 4.7 Costo por mano de obra

Personal	Sueldo Base Mensual M/N	Sueldo Neto a Pagar Diario M/N	Número de Trabajadores	Días Laborables	Total M/N
Técnico en electrónica	\$8,000.00	\$267.00	3	14	\$11,214.00
Ingeniero de automatización	\$17,000.00	\$567.00	1	21	\$11,904.00
Programador de PLC	\$14,000.00	467.00	1	21	\$9,805.00
				TOTAL MANO DE OBRA	\$32,923.00



El costo total de mano de obra que se considera para la implementación de este proyecto es de \$32,923.00 M/N.

4.3 Costo por Herramientas o Equipo para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

En cuanto al costo por herramienta o equipo necesario para la implementación de este proyecto se consideran fondos que en proporción puedan cubrir el desgaste al utilizar equipo o herramienta para su implementación. Para esto se hizo la consideración de un porcentaje del 5% del costo por mano de obra, a continuación, se muestra en la tabla 4.8 el desglose.

Tabla 4.8 Desglose por costo por herramienta o equipo

Costo por Mano de Obra M/N	5% del Costo por Mano de Obra
\$32,923.00	\$1,646.00
TOTAL HERRAMIENTA / EQUIPO	\$1,646.00

El costo total por herramienta o equipo que se considera para la implementación de este proyecto es de \$1,646.15 M/N.

4.4 Costo Total para la Implementación del Sistema de Monitoreo de Producción (SMP).

En la tabla 4.9 se muestra la suma del costo por material, por adecuación, por mano de obra y el costo herramientas o equipo, lo cual arroja un costo total del proyecto.

Tabla 4.9 Costo total del proyecto

Concepto	Monto M/N
Total Materiales	\$462,095.00
Total Mano de Obra	\$32,923.00
Total Costo Herramientas / Equipo	\$1,646.00
TOTAL COSTO	\$496,664.00

El costo total del proyecto es de \$496,664.00 M/N.

4.5 Costo de Ingeniería

El costo de ingeniería se calculó en base al 25% del costo total de proyecto el desglose se muestra en la tabla 4.10.

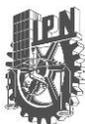


Tabla 4.10 Desglose por costo de ingeniería

Costo Total Proyecto	25% del Costo Total Proyecto
\$496,664.00	\$124,166.00
TOTAL COSTO INGENIERÍA	\$124,166.00

Este total refleja el costo por ingeniería para realizar la implementación de este proyecto sobre la línea de producción de la primera estación de colgado de unidades dentro de una planta automotriz.

4.6 Total General

Para conocer el total general del proyecto, es decir cual es la cantidad final que se le va a cobrar al cliente realizamos la suma del costo total, más el costo de ingeniería, lo anterior se muestra en la siguiente tabla 4.11.

Tabla 4.11 Total general

Concepto	Monto M/N
Costo Total	\$496,664.00
Costo Ingeniería	\$124,166.00
TOTAL GENERAL	\$620,830.00

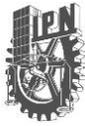
El costo total general del proyecto es de \$620,830.00 M/N, en el siguiente apartado se muestra el beneficio de adquirir este proyecto.

4.7 Beneficio económico del proyecto

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo 2, la implementación de un pizarrón de andón beneficia a planta pintura debido a que el conteo de las unidades que ingresan a la primera estación de colgado de unidades ya no se hará de manera manual y además la línea de producción se beneficia en mantener un flujo constante, debido a que tiene como principal función alertar al personal correspondiente de los problemas que existen en ella.

Como se comentó anteriormente, actualmente se tiene asignada a una persona que se encarga de registrar cuantas unidades van ingresando a planta pintura durante el turno productivo, así como de registrarlas en una bitácora, esta bitácora la recoge el supervisor de área y la manda a través de correo electrónico al día siguiente de la producción.

Con la implementación de este proyecto, se demuestra que la intervención de la persona encargada del conteo de unidades no es necesaria. En la tabla 4.12 se muestra el salario promedio del personal de soporte que realiza el conteo de unidades.



Capítulo 4
Costo-Beneficio



Tabla 4.12 Sueldo de técnico promedio

Personal para Realizar el Conteo de Unidades	Sueldo MN Diario
1	\$70.10

Así mismo se estima que el número de unidades que son procesadas en promedio por minuto en la estación de colgado de unidades, es de 1.16, y que el costo de cada una de ellas es de \$16,000.00 MN, este costo involucra, material de la lámina que conforma la carrocería, el costo de soldadura de la lámina, así como otros materiales.

De acuerdo al reporte que se muestra en la figura 4.1 se conoce que el tiempo promedio en reestablecer una falla (MTTR) por sus siglas en ingles Mean Time To Repair, en la estación de colgado de unidades es de 7.2 minutos una vez que la falla es detectada y comunicada al equipo de mantenimiento y que en promedio ocurre una falla cada 9,083.0 minutos.

En la tabla 4.13 se muestra el análisis del número de unidades que no se producen durante el tiempo en el que se encuentra la estación de colgado de unidades detenida por restablecimiento de falla.

Tabla 4.13 Número de unidades no producidas

1.16 Unidades = 1 Minuto
8.35 Unidades = 7.2 Minutos

Esto quiere decir que en 7.2 minutos en los cuales la línea está detenida por restablecimiento de falla el número de unidades no producidas es de 8.35.

En la tabla 4.14 se muestra el análisis del costo que representa no producir las 8.35 unidades, en los 7.2 minutos que en promedio la línea está detenida por restablecimiento de falla.

Report Name: 306 - MTBF - MTTR Summary
Plant Name:
[The selected Plant from Activplant](#)
Selected Asset: See list at bottom of report
Shift: All Shifts

Paint Plant

Start Date/Time: 2016-01-01 06:00:00
End Date/Time: 2016-10-31 15:30:00
Time Filter: Productive Time + All Units
Report Breakdown: Overall Time
Complete Availability Benchmark: 0.0%
Asset Type: All Asset Types

⊕ Calculation Formulas Show MTBF/MTTR Details

	Equipment Benchmark			Complete Benchmark	Actual									Benchmark / Actual Delta (Equipment)				Benchmark / Actual Delta (Complete)	
					Equipment			Manual Intervention			Complete			Equip.					
	MTBF (minutes)	MTTR (minutes)	Avail. (pct)		MTBF (minutes)	MTTR (minutes)	Avail. (pct)	MTBF (minutes)	MTTR (minutes)	Avail. (pct)	MTBF (minutes)	MTTR (minutes)	Avail. (pct)		Count	MTBF (minutes)	MTTR (minutes)		Avail. (pct)
Phosphate ECoat ECoat Conv	1,036,800.0	2.51	100.0%	0.0%	9,083.0	7.2	99.8%	133.28	0.97	99.3%	113.45	1.13	99.0%	48.78	-1,036,023.08*	0.78	-0.2%	99.0%	
EC DeHang Deck	1,036,800.0	2.51	100.0%	0.0%	9,083.0	7.2	99.8%	133.28	0.97	99.3%	113.45	1.13	99.0%	48.78	-1,036,023.08*	0.78	-0.2%	99.0%	

Figura 4.1 Reporte de MTTR y MTBF

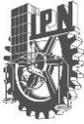


Tabla 4.14 Costo de línea detenida

1 Unidad = \$16,000.00 MN
8.35 Unidades = \$133,600.00 MN

Es decir, en 7.2 minutos en promedio que se encuentra la línea detenida por restablecimiento de falla se dejan de procesar 8.35 unidades, lo cual representa un costo de \$133,600.00 MN.

Así mismo se sabe que el tiempo promedio entre fallas (MTBF) por sus siglas en ingles Mean Time Between Failure, para la estación de colgado de unidades es de 9,083.00 minutos, si el turno productivo tiene 9.30 horas que traducidos a minutos son 570, entonces quiere decir que aproximadamente cada 15.93 días productivos, está ocurriendo una falla en la estación de colgado de unidades. Si además se suma la cantidad de \$11,669.00 M/N lo cual representa el salario que gana el técnico que está contando las unidades de manera manual en los 15.93 días que ocurre cada falla entonces da un total de \$134,716.69 MN.

Como se mencionó anteriormente el costo total del proyecto es de \$620,830.00 MN, dividido entre el costo que representa el número de unidades que no fueron producidas entonces tenemos que:

$$\$620,830.00 \text{ MN} / \$134,716.69 \text{ MN} = 4.60$$

Esto quiere decir que tendrían que pasar aproximadamente 4.60 fallas para cubrir el costo del proyecto, multiplicado por 15.93 que es el número de días en promedio en los que se presenta una falla en la estación de colgado de unidades, se tiene:

$$(4.64)(15.93 \text{ Días}) = 73.41 \text{ Días}$$

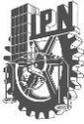
Finalmente, el número de días en el que la planta se comienza a recuperar de la inversión es de aproximadamente 73.41. Si el tiempo de implementación es de 21 días, y tomando en cuenta que en promedio se considera que un mes tiene 23 días productivos, entonces la inversión se recupera en tres meses (3.19) una vez implementado este proyecto.

Para finalizar en este capítulo se mostró la relación del costo de material, mano de obra, herramientas y/o equipo, así como el costo de ingeniería, con el beneficio que muestra la implementación de este proyecto. Por lo cual se puede concluir que la inversión que representa la implementación de este proyecto es justificable por el ahorro económico que este representa para la planta de pintura automotriz, así como el tiempo en el que la empresa comienza a recuperar dicha inversión.

Capítulo 5

“Resultados”

En este capítulo se muestran las pantallas que despliega el pizarrón de andón de acuerdo a la configuración realizada en el capítulo 3, así mismo se explica el plan de reacción que se estableció en base a los estados declarados en el Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP).



5.1 Pantallas de Estados

Una vez generada la configuración dentro del Maquee Manager, se procede a correr el programa, en este momento se despliega automáticamente el mensaje que se ha sido programado en la pantalla de la computadora, siempre y cuando la interfaz computadora – pizarrón haya sido configurada de manera correcta. En la figura 5.1 se muestra una captura de pantalla de la configuración del pizarrón de andón antes de correr el programa.

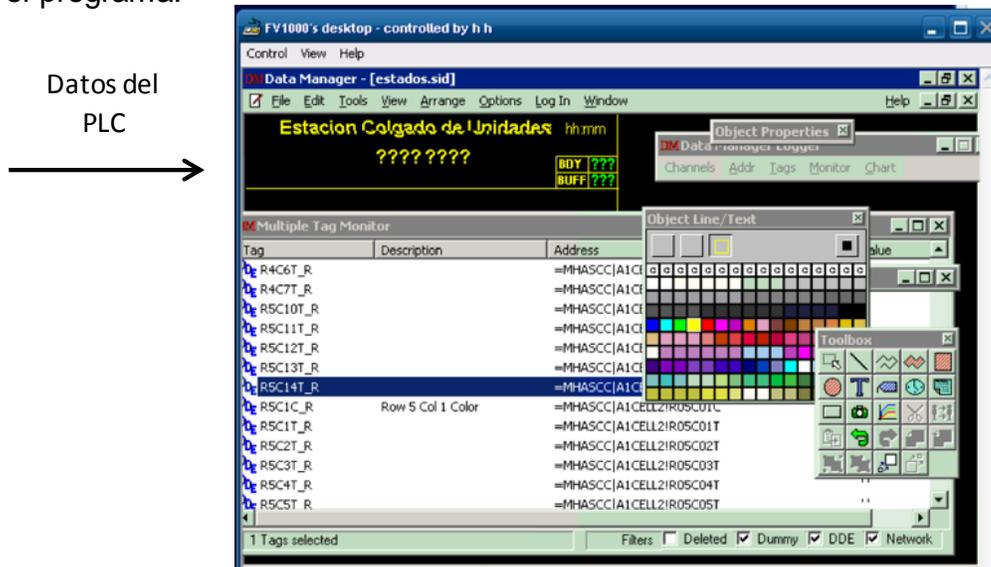


Figura 5.1 Pantalla final del Data Manager

Como se puede observar en la figura anterior, aquellos datos que provienen del PLC se muestran con signo de interrogación, puesto que no se encuentra activa la configuración. En la figura 5.2, en el menú file, se encuentra la opción run, se procede a dar clic con el cursor para que comience a recaudar datos del PLC.

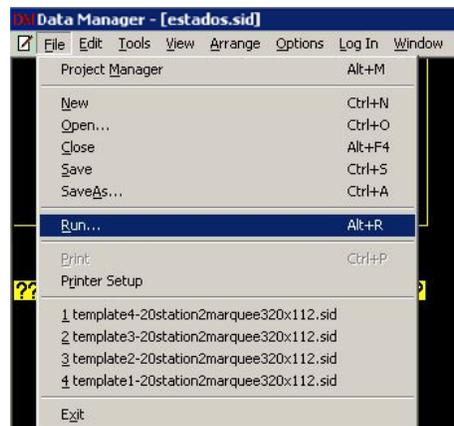


Figura 5.2 Foto del Run Maquee Manager



5.2 Comprobación de Resultados

Debido a que realizar la activación de cada una de las entradas que son parte del Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP), resulta ser una tarea que requiere de una coordinación de eventos específicos a nivel piso de planta.

El proceso de validación de estados que se propone consiste en forzar a las salidas desde el programa de PLC cuando este está corriendo, es decir, realizar la activación manual de las condiciones que hacen que dicha salida se active, mediante la opción toggle bit, como se muestra en la figura 5.3.

De esta manera se puede activar cada una de las salidas para que muestre el estado que le ha sido asignado, sin afectar el flujo de la línea de producción.

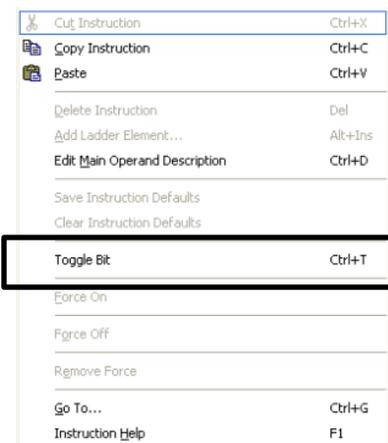


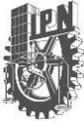
Figura 5.3 Toggle Bit

5.2.1 Bloqueado (Blocked)

El primer estado a verificar es bloqueado (*blocked*), una vez localizada la línea que contiene la instrucción de la función bloqueado (*blocked*) en el programa de PLC, se procedió a activar el bit N226:0/0 unidad presente, en ese momento el temporizador comenzó a correr y una vez que su cuenta se igualó con los 3760 segundos que tiene asignados, la salida N210:4 bloqueado (*blocked*), se activó como se puede observar en la figura 5.4.



Figura 5.4 Activación en PLC de la pantalla bloqueado (blocked)



La imagen que se muestra en la figura 5.5, es una captura de pantalla del programa Marquee Manager, una vez activado el estado bloqueado (*blocked*), en la cual se puede observar que la conexión entre la interfaz de la computadora – PLC fue realizada de manera correcta, pues en ella se refleja el estado que ha sido activado.



Figura 5.5 Marquee Manager bloqueado (blocked)

Mientras que en la figura 5.6 se puede observar la misma imagen de la figura 5.5 pero esta vez de manera física en el pizarrón de andón que está localizado a un costado de la línea de sello. De esta manera se comprueba que la conexión interfaz computadora – pizarrón de andón se realizó de manera correcta.



Figura 5.6 Pantalla del Pizarrón de andón de la pantalla bloqueado (Blocked)

5.2.2 En espera (Starved)

Para la activación del estado en espera (Starved) se realizó el mismo procedimiento, una vez localizada la instrucción en la línea de programa, se activó el bit del contacto cerrado de la salida N226:0/0 unidad presente, en ese momento el temporizador comenzó su cuenta y una vez que se igualó con los 1950 segundos que tiene asignados, la salida en espera (starved) se activó, como se puede observar en la figura 5.7.



Figura 5.7 Activación en PLC de la pantalla en espera (starved)

Una vez que ha sido activado el estado en espera (starved) en el programa de PLC, y el Marquee Manager se encuentra corriendo, se puede observar la pantalla que se muestra en la figura 5.8. Con esta imagen se puede comprobar que la conexión entre la interfaz de la computadora – PLC se realizó de manera correcta, puesto que se refleja el estado que ha sido activado.



Figura 5.8 Marquee Manager en espera (Starved)

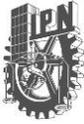
En el pizarrón de andón se puede observar el mensaje que se visualiza en el programa Maquee Manager, lo cual comprueba que la conexión interfaz computadora – pizarrón de andón se realizó de manera correcta, ver figura 5.9.



Figura 5.9 Pantalla del pizarrón de andón de la pantalla en espera (starved)

5.2.3 En falla (Down)

La activación del estado en falla (Down) se realizó bajo el mismo procedimiento que los estados anteriores, una vez localizada la instrucción en la línea de programa, se activó



el bit del contacto cerrado de la salida N210:4/4 Auto, en ese momento el estado ciclo no continuo se activó, como se puede observar en la figura 5.10.



Figura 5.10 Activación en PLC de la pantalla en falla (Down)

Una vez que se forzó la activación del bit en el PLC, se puede observar en la pantalla del programa Marquee Manager el siguiente mensaje, ver figura 5.11. Con esto se corrobora que la conexión entre la interfaz de la Computadora – PLC se realizó de manera correcta.



Figura 5.11 Marquee Manager en falla (down)

Por otra parte, en el pizarrón de andón, ver figura 5.12, se puede observar el mensaje que se visualiza en el programa Maquee Manager, lo cual comprueba que la conexión interfaz computadora – pizarrón de andón se realizó de manera correcta.



Figura 5.12 Pantalla del pizarrón de andón de la pantalla en falla (down)

5.3 Modificaciones

A petición de la compañía se realizaron algunas modificaciones, entre las que se incluyen, agregar el objetivo diario de unidades que tienen que ser procesadas en



planta pintura, así como el número de las unidades que realmente han sido procesadas.

Así mismo se agregó el tiempo en el que la estación de colgado de unidades mantiene activo los estados bloqueado (blocked), en espera (starved) y falla (down) con la finalidad de atacar los problemas que se presenten en la línea.

5.3.1 Objetivo Real y Alcanzado

En la figura 5.13 se muestra una nueva pantalla creada en el programa Data Manager, en ella se ingresó a forma de texto el número de objetivo de unidades¹, también se crearon dos nuevos eventos OPC, uno de ellos indica el número de unidades que son contadas como unidades productivas y el otro muestra el tiempo que lleva activo el estado ciclando (cycling), en espera (starved), bloqueado (blocked) y en falla (down).

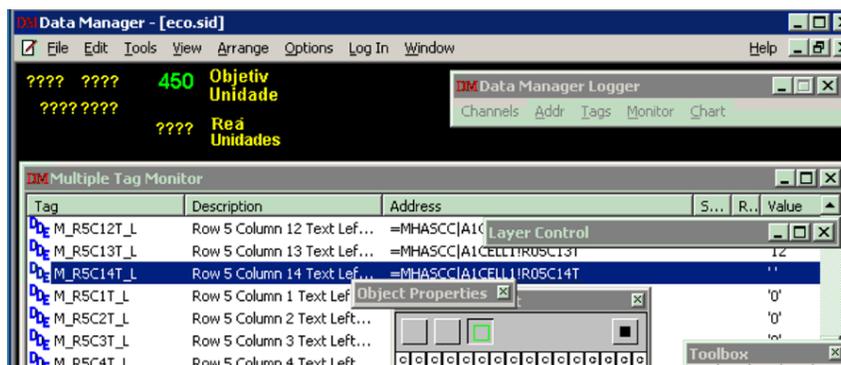


Figura 5.13 Data Manager

5.3.2 Tiempo de los Estados Bloqueado (Blocked), en Espera (starved) y en Falla (Down)

Como se mencionó anteriormente uno de los cambios solicitados consistió en colocar el tiempo en el que el estado bloqueado (blocked), en espera (starved) o falla (Down), está activo. Todo esto con la finalidad de poder visualizar en tiempo real cuanto tiempo toma al personal de producción o mantenimiento poner a correr de nuevo la estación de colgado de unidades.

De esta manera se puede seguir un plan de reacción que involucre a todas las áreas de planta pintura con la finalidad de mantener la línea corriendo.

¹ El número de unidades que se colocó como objetivo es sólo referencia, no tiene relación con el número real de unidades que son procesadas la planta pintura.

En la figura 5.14 se puede observar una fotografía del pizarrón de andón que muestra el estado bloqueado (blocked), con las nuevas modificaciones que se han explicado al inicio de este apartado. Estas modificaciones se repiten para la figura 5.15 y 5.16.



Figura 5.14 Pizarrón de andón bloqueado (blocked)



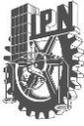
Figura 5.15 Pizarrón de andón en espera (starved)



Figura 5.16 Pizarrón de andón falla (down)

5.4 Plan de Reacción

A continuación, en la figura 5.17 se muestra un diagrama de flujo donde se ilustran los pasos que se deben seguir en caso de que se presente alguna de las condiciones que detengan el flujo de la línea, para poder actuar en tiempo y forma.



Sí la estación se presenta bloqueada (*blocked*), entonces se tiene que seguir el plan de reacción de estación bloqueada (*blocked*), sí la estación se presenta en estado de espera (*starved*) entonces se tiene que seguir el plan de reacción de estación en espera (*starved*), y sí la estación se presenta en estado de falla (*down*), entonces se tiene que seguir el plan de estación en falla (*down*).

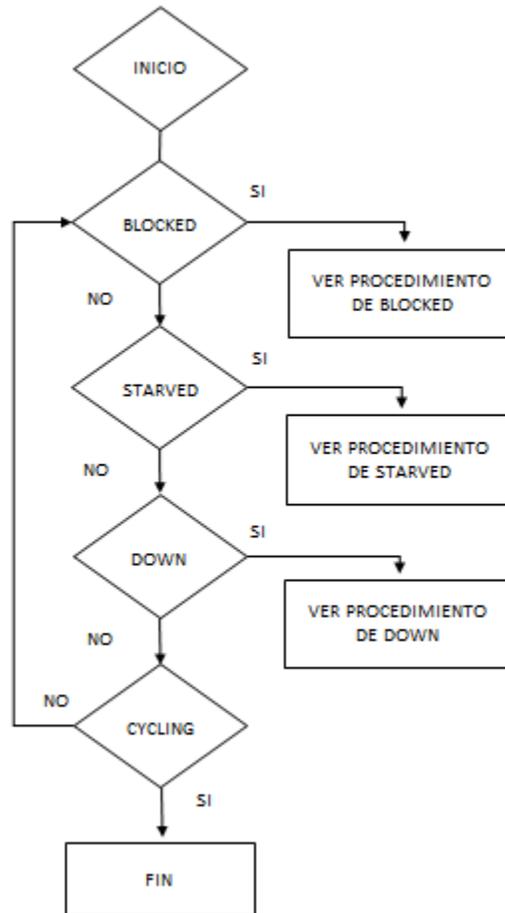
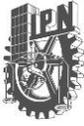


Figura 5.17 Diagrama de flujo para el plan de reacción

5.4.1 Bloqueado (Blocked)

En la figura 5.18 se puede observar el diagrama de flujo del plan de reacción para el estado bloqueado (*blocked*), una vez activado el estado y transcurridos cinco minutos el líder de equipo debe dirigirse a la estación de colgado de unidades para confirmar que efectivamente existe un bloqueo en la siguiente estación que impide que la unidad pueda ser liberada. Sí el bloqueo de la estación se debe a que el personal que coloca los ganchos en la estación lleva un retraso en su operación, se da aviso al supervisor de producción de pintura y se continua con el proceso.



En caso contrario en donde se ha liberado la unidad, pero está no ha avanzado, se debe dar aviso al supervisor de producción de planta pintura quien se comunicará con el área de mantenimiento, supervisor y especialista en control para solicitar apoyo y encontrar la causa raíz del problema.

Una vez localizada la causa raíz, se notifica a gerencia de planta pintura para que tome medidas correspondientes en las diferentes áreas con la finalidad de mantener un volumen constante y se pueda ocupar al personal de producción para otras tareas en el tiempo en el que se reestablece la falla.

En caso de que no esté confirmado el estado el líder de equipo deberá dar aviso al equipo de mantenimiento para que realicen troubleshooting y de esta manera puedan encontrar una solución para el estado incorrecto que envía el SMP. De no encontrar la causa de dicha falla, entonces se notifica al especialista en control y al supervisor de mantenimiento, quienes mediante un análisis del proceso pueden llegar a encontrar las posibles causas de dicha falla.

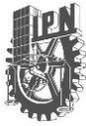
Una vez realizado el análisis se puede determinar un plan que involucre cuánto tiempo le tomará al equipo reestablecer la falla de comunicación, así como los recursos que necesita.

5.4.2 En espera (Starved)

En la figura 5.19 se muestra el diagrama de flujo del plan de reacción para el estado en espera (starved), una vez que han pasado cinco minutos el líder de equipo debe dirigirse a la estación de colgado de unidades y verificar que efectivamente se encuentra en espera de una unidad para ser procesada, de ser así entonces debe dar aviso al supervisor de producción de planta pintura quien a su vez tomará la decisión de comunicarse o no con el supervisor de producción de planta carrocerías para conocer el porqué de la falta de unidades.

En caso de que no se resuelva el problema entonces se deberá alertar a las siguientes etapas del proceso, además de dar aviso a todos los niveles de gerencia de un posible hueco entre unidades y mantener al personal de producción ocupado en otras tareas que no requiera su presencia en la línea.

En caso de que no esté confirmado el estado entonces el líder debe dar aviso al personal de mantenimiento para que realice troubleshooting y de esta manera poder encontrar la causa raíz del problema. Sí este procedimiento no funciona entonces se debe alertar al especialista en control y al supervisor de mantenimiento para que acudan y revisen la situación, de ser necesario establecer una estrategia que involucre los recursos y tiempo necesarios para reestablecer la falla de comunicación.



Capítulo 5 Resultados

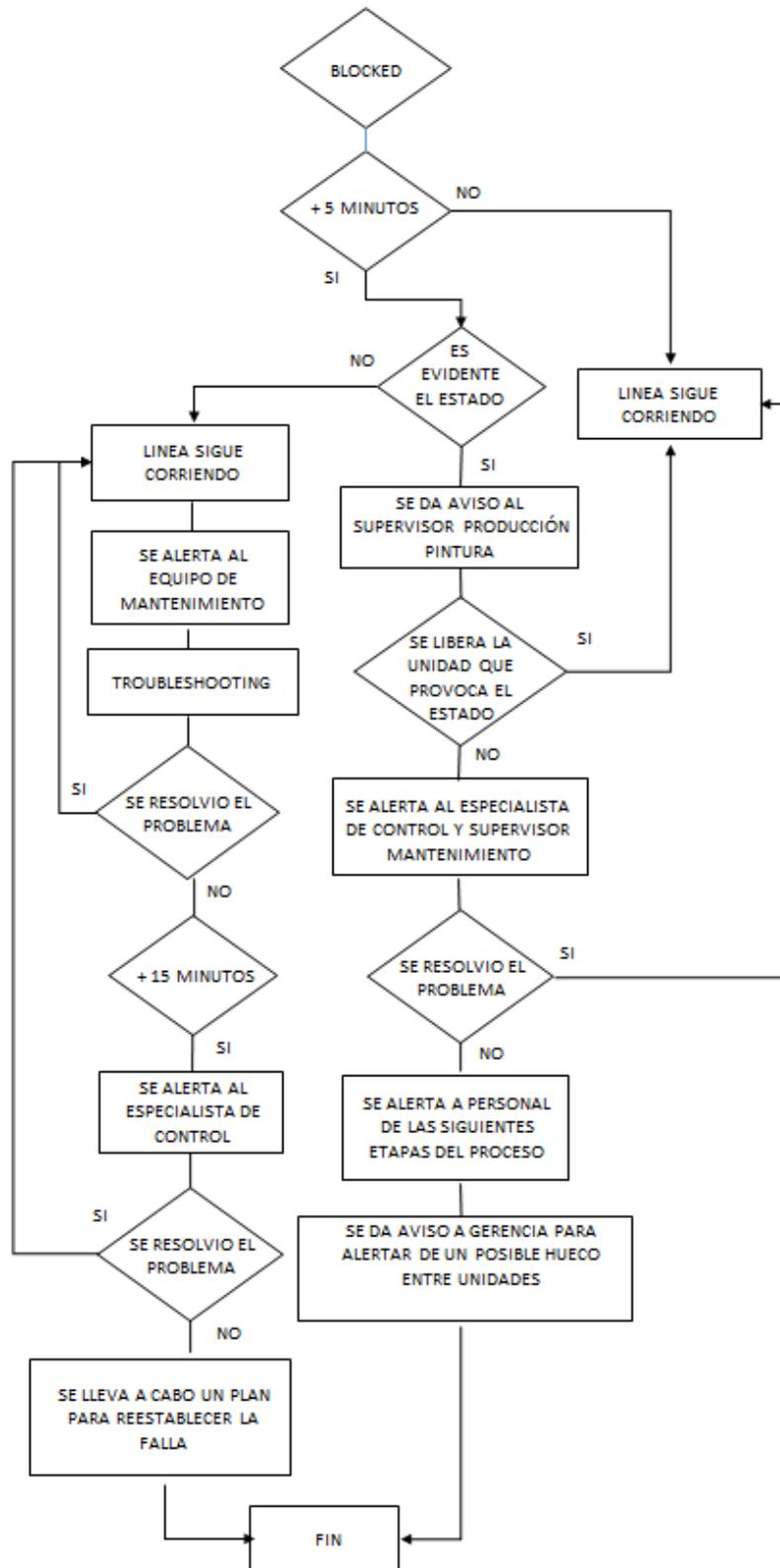
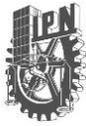


Figura 5.18 Diagrama de flujo bloqueado (blocked)



Capítulo 5 Resultados

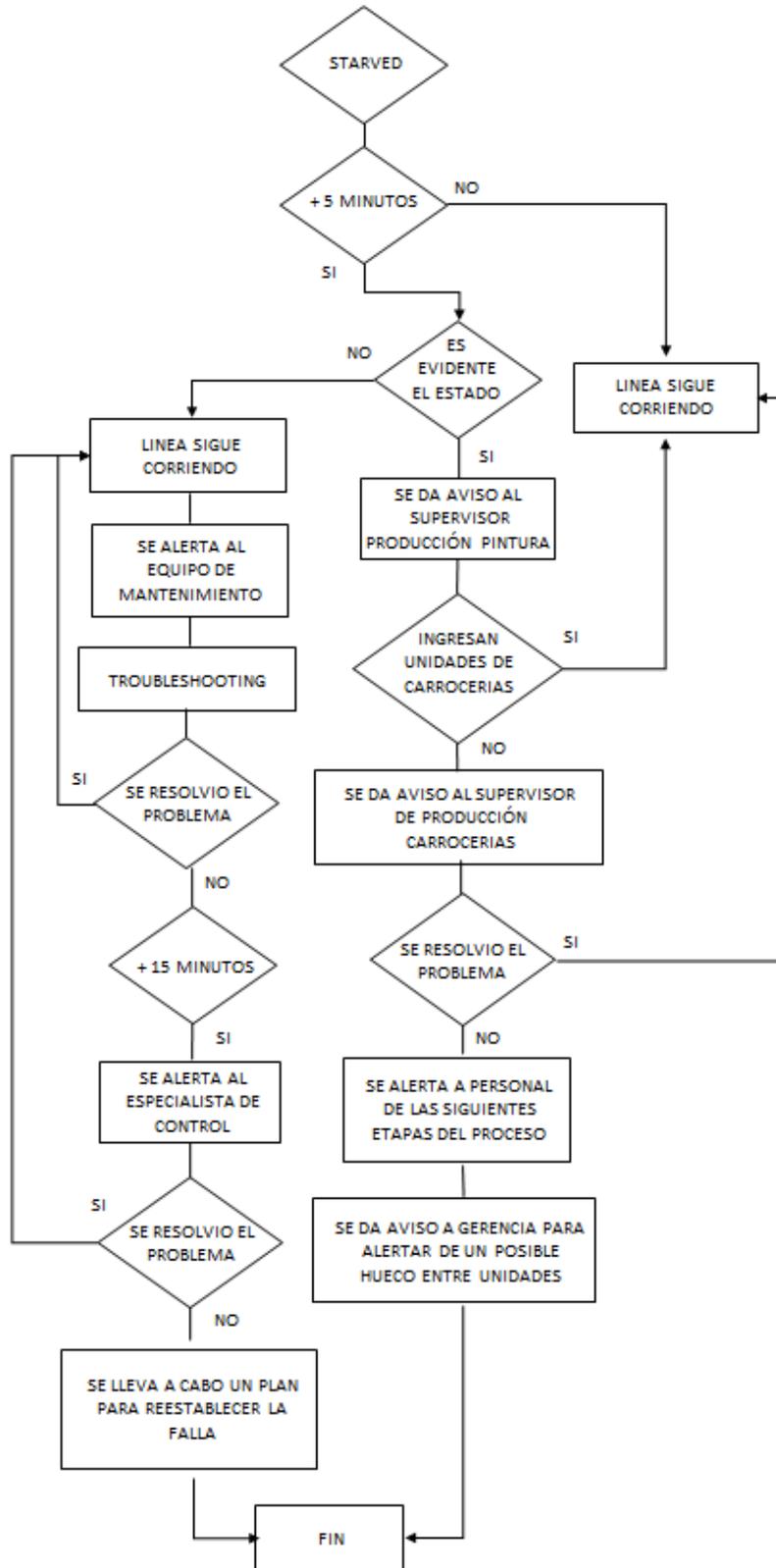
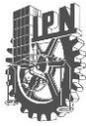


Figura 5.19 Diagrama de flujo en espera (starved)



5.4.3 En falla (Down)

Finalmente se tiene el diagrama de flujo para el plan de reacción del estado en falla (down) que se muestra en la figura 5.20, en este diagrama se puede observar que en cuanto el estado se activa el líder de equipo debe de informar inmediatamente al equipo de mantenimiento. Debido a la importancia que representa, es necesario que se le realice una inspección a la estación para confirmar que sigue trabajando de acuerdo a las instrucciones proporcionadas, en caso contrario se requiere realizar un troubleshooting para poder encontrar la causa raíz de la falla que está ocasionando que el SMP se muestre en falla (down).

Este procedimiento se debe realizar en un tiempo estimado de 10 minutos, si posterior a este tiempo no se ha resuelto el problema, entonces se procede a llamar al especialista en control, así como al supervisor de mantenimiento de planta pintura.

Una vez que los supervisores han sido alertados, y que se encuentran en piso, deberán discutir la situación por la que atraviesa la estación, así como proponer una estrategia que involucre los recursos y tiempo necesarios para reestablecer la falla en la estación.

Es en ese momento cuando se alerta a las demás áreas del proceso con la finalidad de prevenir de los posibles huecos entre unidades y de esta manera ocupar al personal de producción en otras tareas mientras que la falla es reestablecida.

Así mismo es importante comunicar a las demás áreas y a todos los niveles de gerencia que se está trabajando en corregir la falla, así como el tiempo que se tardará en restaurar y el impacto que esta tendrá en las operaciones de la planta.

Para finalizar, en este capítulo se mostrarán las pantallas que despliega el pizarrón de andón de acuerdo a la configuración realizada en el capítulo 3, así mismo se explica el plan de reacción que se estableció en base a los estados declarados en el Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP).

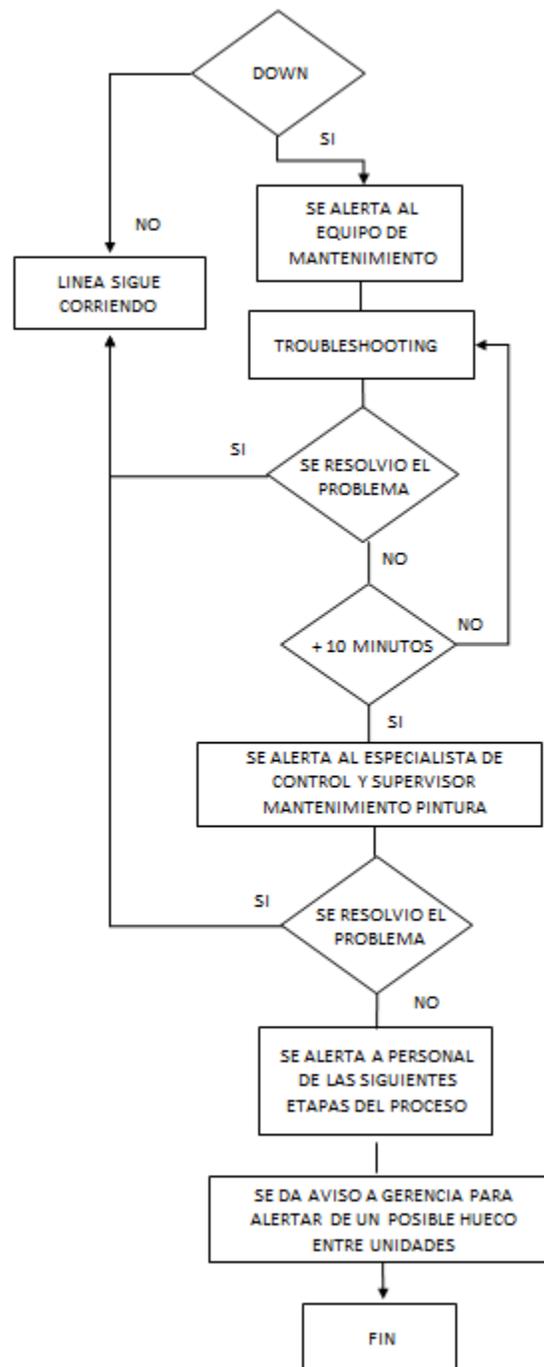
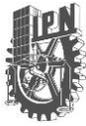


Figura 5.20 Diagrama de flujo falla (down)



Conclusiones

De acuerdo con los objetivos trazados en este trabajo se verificó que los sensores de presencia y de límite que se ubican en contacto con las unidades en la línea de producción se encontrarán enviando señales en buen estado que permitieran ser recibidas y monitoreadas en el PLC, con la finalidad de poder utilizar estas señales para poder implementar un sistema de conteo de unidades que ingresaban a la primera estación del proceso de pintura de una planta automotriz, mediante la modificación de la lógica del programa del PLC.

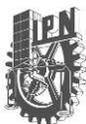
Así mismo se implementó un sistema de monitoreo de estados que permite visualizar el estatus en tiempo real de la primera estación del proceso de pintura, mostrando tres estados que ayudan a conocer el desempeño de la estación de colgado de unidades bloqueado (blocked), en espera (starved) y en falla (down). Este sistema utiliza los datos de entrada que recibe de los sensores en piso y mediante un programa en PLC realiza la lógica necesaria para activar cada uno de los tres estados, con esta información y a través de un gestor de puerta de enlace realiza la igualación de valores entre las salidas del PLC y un programa de configuración llamado Marquee Manager.

Estos datos fueron utilizados para configurar una pantalla en un pizarrón de andón con la finalidad de mostrar, el tiempo en minutos por el cual atravesaba cada estado, y de esta manera generar un plan de reacción que tuviera como objetivo involucrar a todos los niveles de gerencia desde líderes de equipo hasta el gerente de la planta cuando alguna situación estuviera a punto de poner en riesgo el flujo y volumen de la producción.

Finalmente, para comprobar que la programación se realizó de manera adecuada y que la comunicación entre el PLC, el gestor de puerta de enlace, así como el Marquee Manager se realizó de manera correcta, se utilizó un método de igualación entre los valores que recolecta el PLC con la información que muestran las pantallas del sistema de monitoreo de la producción.

Para concluir, este proyecto cumplió con todos los objetivos trazados, así mismo se mostró que es justificable por el ahorro económico que este representa para la planta de pintura automotriz y finalmente se mostraron los resultados y el plan de reacción que surgió a partir de la implementación del Sistema de Monitoreo de la Producción (SMP).

Los resultados fueron satisfactorios y se espera replicar esta metodología con las siguientes estaciones de las diferentes etapas del proceso de pintura.



Bibliografía

- [1] Streitberger, H., & DÖssel, K.. (2008). *Automotive Paints and Coatings*. MÖrlenbach: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA.
- [2] Gómez, T., Águeda, E., García, J.L., Martín, N.. (2003). *Automoción: preparación y embellecimiento de superficies*. Madrid España: Paraninfo.
- [3] Kalpanjian, S., Schmid, S.. (2009). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (2da ed.). México: Pearson Educación.
- [4] Cesvimap., (2008). *Pintado de Automóviles*.
- [5] Cesvimap., (2008). *Introducción al proceso de pintado de vehículos*.
- [6] Snatkin, A., Karjust, K., Eiskop, T.. (21 de Abril de 2012). Real time production monitoring system in SME. Recuperado de http://innomet.ttu.ee/daaam_publications/2012/snatkin.pdf
- [7] Subramaniam, S., Husin, S., Sing, S., Hamidon, A., (2009), Production Monitoring System for Monitoring the Industrial Shop Floor Performance, *International Journal Of Systems Applications, Engineering & Development*, 3 (1). Recuperado de <http://www.naun.org/main/UPress/saed/saed-57.pdf>
- [8] Siva Kumar, "Real Time Production Monitoring System", Post Graduate Thesis, faculty of Electronics and Computer Engineering, Technical University, Malaysia
- [9] http://www.infoplcn.net/files/descargas/rockwell/infoPLC_net_cap8_RSLogix_IntroduccionRSLOGIX.pdf
- [10] Rodríguez Antonio, *Sistemas SCADA*, 2da Edición, Marcombo, Ediciones Técnicas 2007, Marcombo, S.A. Alfaomega Grupo Editor, S.A. 2007. Pag 65.
- [11] <http://plcompare.com/wp-content/uploads/2011/03/RSLogix500.pdf>
- [12] Rockwell Software, *RSLinx*, A-B PLC-5 Rev 3.1. November 2000. Recuperado de http://controlwiki.com/images/1/1a/Rslinx_setup.pdf
- [13] [https://technet.microsoft.com/es-es/library/ms166352\(v=sql.90\).aspx](https://technet.microsoft.com/es-es/library/ms166352(v=sql.90).aspx)
- [14] Marquee Manager Gateway for OPC V9.00
SeQuent Real - Time Visualization
User and Installation Guide



[15] Marquee manager Server V9.01
SeQuent Real - Time Visualization
User and Installation Guide

[16] Diseño e implementación de controladores para una instalación solar térmica
Félix Guillén Ruiz
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3973/direccion/MEMORIA%252F>

[17] OPC: ¿De qué trata, y cómo funciona?
Matrickon para OPC
“Guía para entender la Tecnología OPC”
Darek Kominek, P.Eng. Alberta, Canada – 2009

[18] Marquee manager Client V9.00
SeQuent Real - Time Visualization
User and Installation Guide



ELECTRICA A B SA DE CV
 CORDILLERA #26, ATLANTA
 54740, MEXICO, ESTADO DE MEXICO RFC: EAB9407041X0

COTIZACIÓN: 00000755

Datos del cliente

(A074) FORD MOTOR COMPANY S.A. DE C.V.

Atención: BRENDA CRUZ

Teléfono: FAX :

Atendio: JAIR JIMENEZ HERRERA Asignado: (RSL) RAMON SALCIDO LEYVA

Oficina: MEX FORD
 Fecha: 25/10/2016
 Condiciones: Crédito a 60 Días
 Requisición:

Pda	Artículo	Clas.	Cantidad	Unidad	Precio	Mon	Total	Entrega
1	1761L10BWA GYFZA, MICROLOGIX 1000, 6 ENT. DIGITALES 24 VCD, 4 SALIDAS A RELE, ALIMENTACION: 120/240 VCA, MARCA: ALLEN BRADLEY	*D	1.00	PZA	295.0000	DLS	295.00	3-S
2	1761CBLPM02 GYFZA, CABLE DE CONEXION (2 MTS) DE LA COMPUTADORA A MICROLOGIX, MARCA: ALLEN BRADLEY	*D	1.00	PZA	38.8200	DLS	38.82	1-S
3	802TAPJ9 GYFZA, INTERRUPTOR DE LIMITE, 1 N.A.- 1 N.C CON RECEPTACULO DE 5 PINES, MARCA ALLEN BRADLEY	*D	1.00	PZA	146.8500	DLS	146.85	4-S

SubTotal : 480.67 DLS
 SubTotal : 0.00 MN

Observaciones:

EXISTENCIAS SALVO PREVIA VENTA.

- 1) LOS PRECIOS ARRIBA MENCIONADOS NO INCLUYEN EL 16 % DE I.V.A. ESTE SERA CARGADO AL MOMENTO DE FACTURAR.
- 2) LOS PRECIOS QUE ESTAN COTIZADOS EN DOLARES SE FACTURARAN AL TIPO DE CAMBIO DE LA FECHA DE FACTURACION DE ACUERDO AL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION.
- 3) CAMBIO DE PRECIOS SIN PREVIO AVISO. ESTA COTIZACION ES VALIDA POR 30 DIAS.
- 4) TODOS LOS TIEMPOS DE ENTREGA SON SALVO PREVIA VENTA.
- 5) LAS PARTIDAS CON * NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES NI CANCELACIONES.
- 6) CARGO DE \$150 PESOS POR DEVOLUCIÓN DE MATERIAL ROTACIÓN AA, A Y B O 20% EN MATERIALES C Y D / SUJETA A AUTORIZACIÓN.

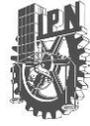
PRODUCTOS DE BAJA ROTACION INCLUIDOS SE PODRIA SOLICITAR ANTICIPO





RISOLY CIA, S.A. DE C.V.
 SUC. MEXICO
 Av. Toluca No. 323-3
 Col. Fco. Ind. San Antonio
 Delegación Azcapotzalco
 Ciudad de México, C.P. 02760
 e/Av. Al Tezozomoc y Calle Cárteroff.
 Tel. (55) 5264-1100 ext. 20 lineas

Cotización



Fecha	Folio
21/oct/2016	MEX-437503

Revisión 1

Cliente 7979	Observaciones
FORD MOTOR COMPANY, S.A. DE C.V. CIRCUITO GUILLERMO GONZÁLEZ CAMARENA #153D CENTRO CIUDAD SANTA FE DEL ÁMBARO OBRERÓN 02120 MEXICO D.F. MEXICO	PRECIOS EN DOLARES MAS IVA, SE SOLICITA ORDEN DE COMPRA FIRMADA Y AUTORIZADA POR COMPRAS, TIEMPO DE ENTREGA EN DÍAS HÁBILES Y A PARTIR DE ELOCUCIONADA LA ORDEN DE COMPRA, MATERIAL SALVO PREVA VENTA.

Part. Código	Descripción	UM	Cant	Precio	Total	Disponibilidad	Tiempo de Entrega
1 131622	889N-F5AE-30F. CABLE CONECTOR PARA SENSOR MINI QD 5 PINI HEMBRA, 9 METROS MCA-ALLEN BRADLEY (*ND)	PIEZA	1	\$47.1173	\$47.12	Fabricación	23 Día(s)
2 199899	889N-F5AE-40F. CABLE CONECTOR PARA SENSOR MINI QD 5 PINI HEMBRA, 12.13 METROS MCA-ALLEN BRADLEY (*ND)	PIEZA	1	\$61.1000	\$61.10	Fabricación	25 Día(s)
3 199899	889N-F3AFC-30F. CABLE CONECTOR MINI MINI 3 PINES CON CONECTOR 16 AWG , 9 METROS MCA-ALLEN BRADLEY (*ND)	PIEZA	1	\$32.7100	\$32.71	Fabricación	10 Día(s)
4 199899	889N-F3AFC-40F. CABLE CONECTOR MINI MINI 3 PINES CON CONECTOR 16 AWG , 12.13 METROS MCA-ALLEN BRADLEY (*ND)	PIEZA	1	\$43.5100	\$43.51	Fabricación	26 Día(s)

Observación:

Notas importantes:

En devoluciones autorizadas se cargará el 30% por manejo de material.
 *ND = Por ser material especial, no se aceptan devoluciones.
 Precios + 16% de IVA
 Precios y condiciones sujetos a cambio sin previo aviso
 Tiempo de entrega válido salvo previa venta.

Total Dolares \$184.44

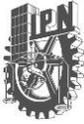
Risol y Cía S.A. de C.V.
 BRAULIO ISAAC MUJICA
 braulio.mujica@risoul.com.mx



Fecha de Impresión : 21/10/2016

Hora: 09:29:49 a.m.

Página 1 de 1



EM ELECTRO-MATIC VISUAL
FACTORY VISION

Call 866-998-0990 or visit electronicmessagecenters.com **Have Questions?**

Proposal Number: Q-MC-20161025-93 **Quote Date:** 10/18/2016
Customer Prepared For: FORD-CSAP Brenda Cruz **Valid Until:** 11/18/2016
Project Reference:



Order information

Part Number :	FV408FDS1GFD1XF06	SALESPERSON	Matt Capaldi
Quantity :	1	PHONE	248-640-0013
Price per Display :	\$ 20,600.00	EMAIL	MJCapaldi@Electro-matic.com
Options Price:	\$ -		
Grand Total:	\$ 20,600.00		

Thank you for giving us the opportunity to quote.

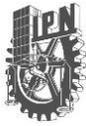
Delivery 12-14 Weeks Unless stated otherwise (verified at time of order)

Please make all checks Payable to: Electro-Matic Visual, Inc.
23409 Industrial Park Court, Farmington Hills, MI, 48335

Buyer acknowledges that prior to executing this agreement, purchaser has read or reviewed the Warranty and Standard Terms and Conditions and acknowledges this by signing this document below. This quote is expressly limited to the acceptance by the purchaser of its exact terms and includes the seller's limited warranty, all of which are a part of this agreement. Any Purchase order or other documents purchaser issues to seller for this transaction (regardless of its terms) shall constitute the purchaser's unconditional agreement to be bound by the seller's terms and conditions of this agreement and purchaser hereby agrees that such additional or inconsistent terms shall not apply nor become a part of this agreement. In addition, the Quoted part number is what will be supplied, and it is understood that the order is strictly based off the part number shown. Changes or handwritten notes will not be part of this contract. It is the purchaser's obligation to have the sign re-quoted to be exactly what is asked for and detailed in the part number.

Standard Terms & Conditions: <http://www.empvisualsolutions.com/documentation/Standard-Terms-and-Conditions.pdf>

Purchase Order: _____ Signature: _____ Date: _____



E&E SPECIAL PRODUCTS, LLC
 7200 Miller Drive, Warren, Michigan 48092
 Web Site: www.eandesp.com

QUOTATION NO. 15007

Ford Motor Company – CSAP
 Attention: Brenda Cruz

DATE: October 26, 2016
TERMS: 2% 10, Net 45
FOB: Shipping Point
DELIVERY: Listed Below

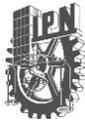
E & E Special Products is pleased to submit the following quotation for your consideration.

<u>QTY</u>	<u>DESCRIPTION</u>	<u>EACH</u>	<u>EXT</u>	<u>DELIVERY</u>
1	XSD-A605539 Proximity Sensors	290.00	<u>290.00</u>	2-3 Weeks ARO
		TOTAL ----- \$290.00 US Funds		

Prices quoted are inclusive of any discounts present or past, implied or otherwise presumed.
 No additional discounts, price adjustments or short payments are applicable.

Thank you for your interest in our products.

Stephen Hirzel
 Purchasing Manager
 E & E Special Products LLC



EXPORT OPERATIONS PLANT

Control: CL0211_16

Ford Motor Company
Colonia Loma del Salitre, Cuautitlán Izcalli
Attn: Brenda Lucero Cruz Vazquez

31-Oct-16

Please find below our manufacturing price according with your requirements:

Table with 5 columns: Job, Tool Nbr, Description, Qty, Total Price. Rows include items like ASTM A-36 Steel brackets, Andon board support, PLC-rack cabinet, Screws M8, and Nuts M8.

Our price is in U.S. Dlls.

This quotation includes:

- a) COMERCIAL ITEMS
b) PACKING
c) SHIPPING

DESIGN CHANGES MAY AFFECT THIS QUOTATION

Delivery Date: 1 WEEK AFTER PO

Product change that affects the assembly process or tooling could affect this quotation.

Terms of Payment: 100% when you received our invoice.

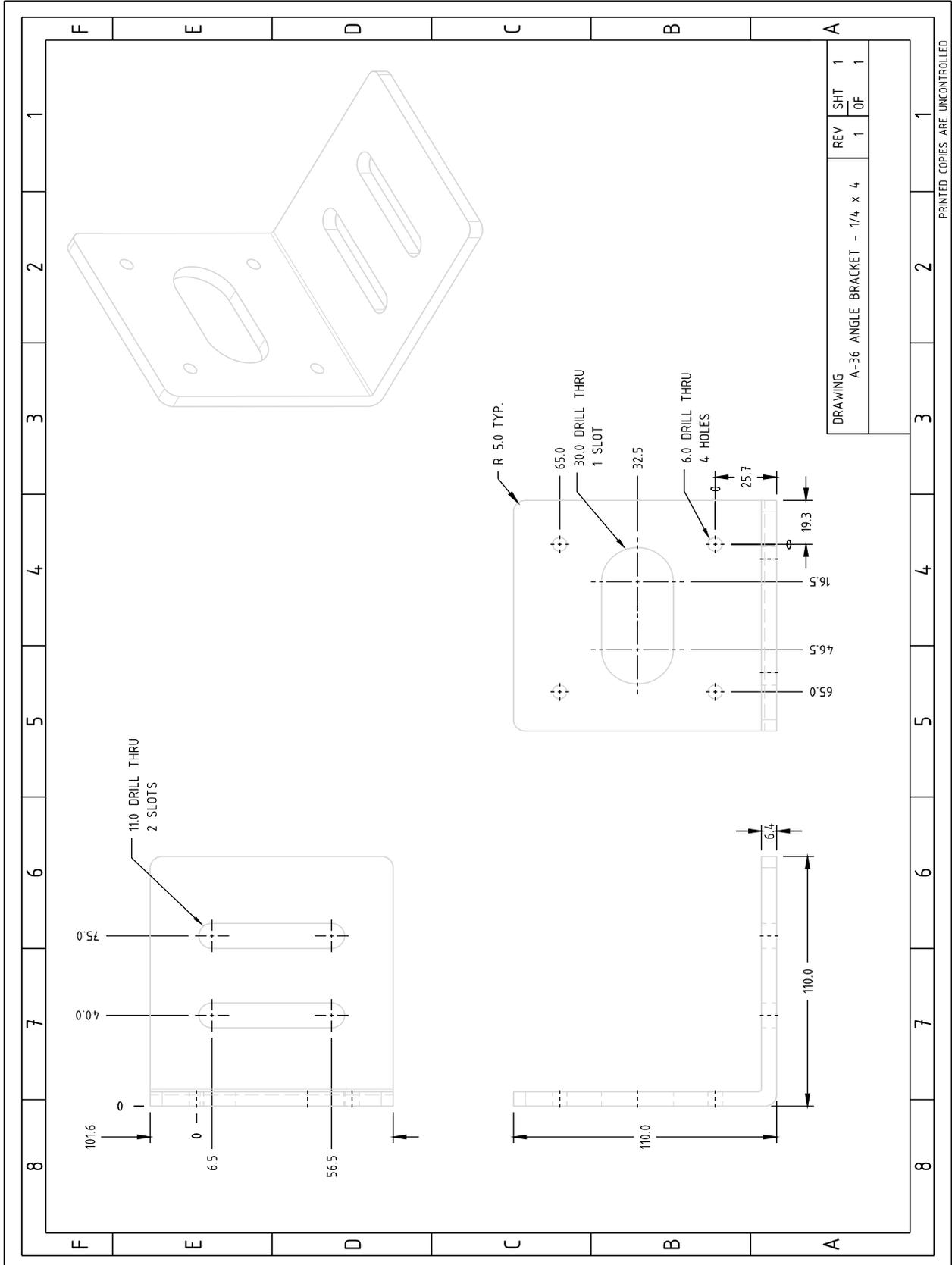
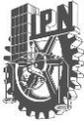
This quotation has a validity of 30 days after expedition.

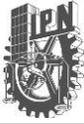
Please let us know if additional information is necessary.

We thank you for giving us the opportunity to quote these jobs.

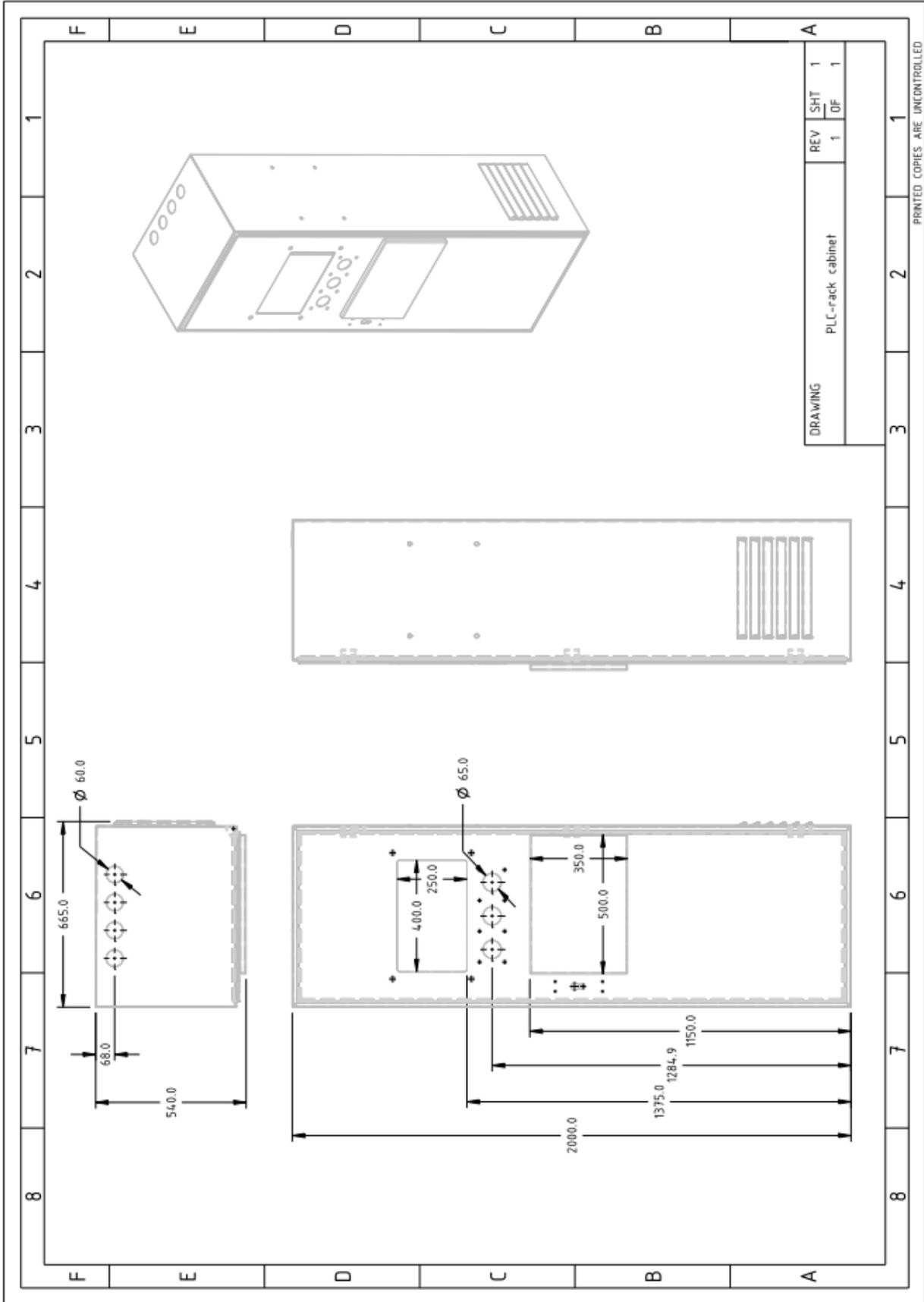
Sincerely

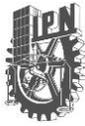
Jesus S. C.



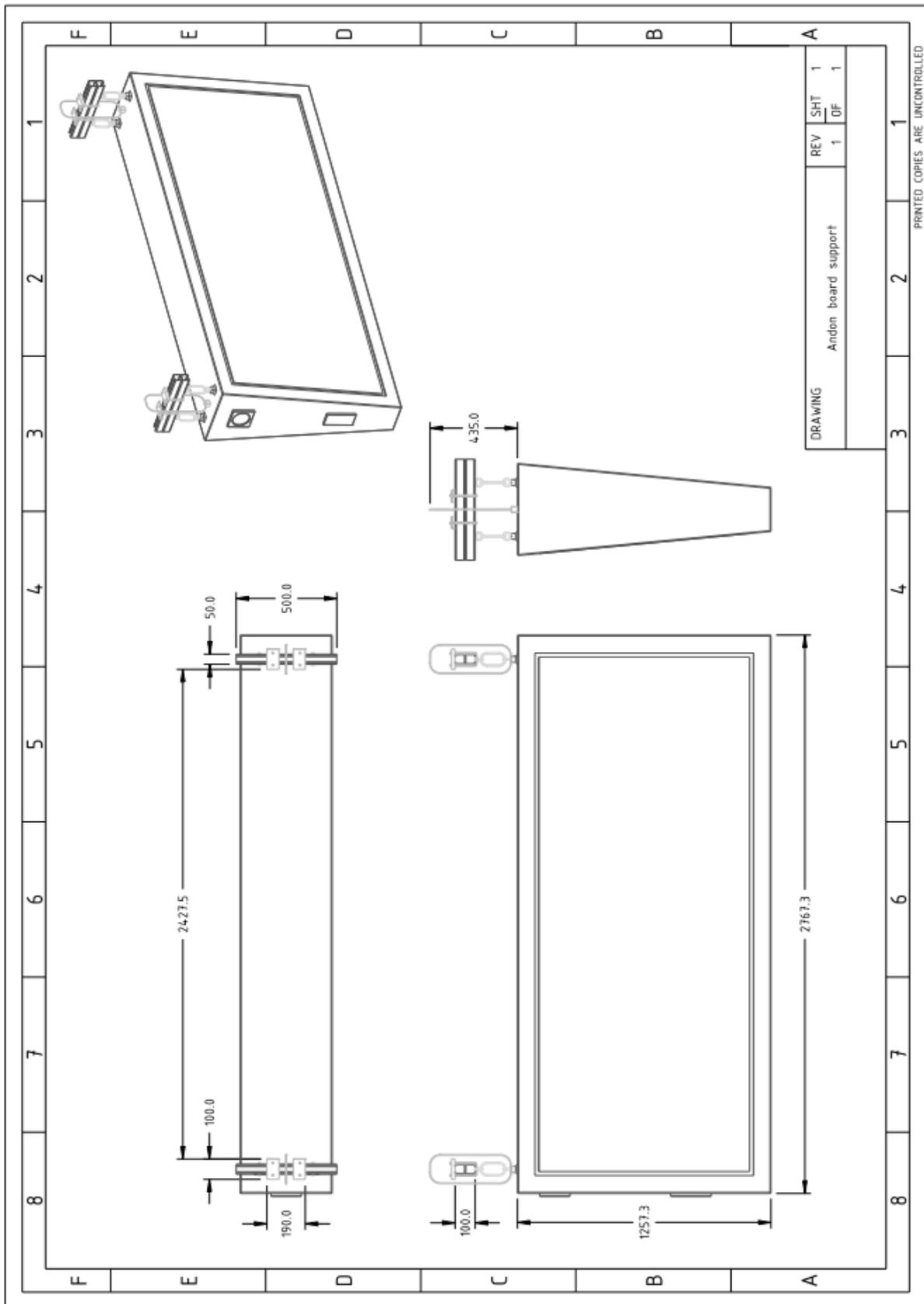


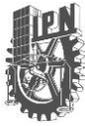
Anexos





Anexos





Vigentes a partir del 1° de enero de 2016

SALARIOS MÍNIMOS	ÁREA GEOGRÁFICA ÚNICA ^{1/}	O F.
	Pesos diarios	N U M.
General	73.04	
Profesionales		
1 Albañilería, oficial de	106.49	1
2 Boticas, farmacias y droguerías, dependiente(a) de mostrador en	92.63	2
3 Buldózer y/o tractor, operador(a) de	112.17	3
4 Cajero(a) de máquina registradora	94.46	4
5 Cantinero(a) preparador(a) de bebidas	96.65	5
6 Carpintero(a) de obra negra	106.49	6
7 Carpintero(a) en fabricación y reparación de muebles, oficial	104.51	7
8 Cocinero(a), mayor(a) en restaurantes, fondas y demás establecimientos de preparación y venta de alimentos	108.00	8
9 Colchones, oficial en fabricación y reparación de	97.74	9
10 Colocador(a) de mosaicos y azulejos, oficial	104.10	10
11 Construcción de edificios y casas habitación, yesero(a) en	98.52	11
12 Cortador(a) en talleres y fábricas de manufactura de calzado, oficial	95.60	12
13 Costurero(a) en confección de ropa en talleres o fábricas	94.30	13
14 Costurero(a) en confección de ropa en trabajo a domicilio	97.11	14
15 Chofer acomodador(a) de automóviles en estacionamientos	99.25	15
16 Chofer de camión de carga en general	108.94	16
17 Chofer de camioneta de carga en general	105.50	17
18 Chofer operador(a) de vehículos con grúa	100.97	18
19 Draga, operador(a) de	113.32	19
20 Ebanista en fabricación y reparación de muebles, oficial	106.23	20
21 Electricista instalador(a) y reparador(a) de instalaciones eléctricas, oficial	104.10	21
22 Electricista en la reparación de automóviles y camiones, oficial	105.24	22
23 Electricista reparador(a) de motores y/o generadores en talleres de servicio, oficial	100.97	23
24 Empleado(a) de góndola, anaquel o sección en tiendas de autoservicio	92.32	24
25 Encargado(a) de bodega y/o almacén	96.07	25
26 Ferreterías y tlapalerías, dependiente(a) de mostrador en	98.26	26
27 Fogonero(a) de calderas de vapor	101.80	27
28 Gasolinero(a), oficial	94.30	28
29 Herrería, oficial de	102.58	29
30 Hojalatero(a) en la reparación de automóviles y camiones, oficial	104.51	30
31 Lubricador(a) de automóviles, camiones y otros vehículos de motor	95.13	31
32 Manejador(a) en granja avícola	91.18	32
33 Maquinaria agrícola, operador(a) de	107.07	33
34 Máquinas para madera en general, oficial operador(a) de	101.80	34
35 Mecánico(a) en reparación de automóviles y camiones, oficial	110.40	35
36 Montador(a) en talleres y fábricas de calzado, oficial	95.60	36
37 Peluquero(a) y cultor(a) de belleza en general	99.25	37
38 Pintor(a) de automóviles y camiones, oficial	102.58	38
39 Pintor(a) de casas, edificios y construcciones en general, oficial	101.80	39
40 Planchador(a) a máquina en tintorerías, lavanderías y establecimientos similares	94.46	40
41 Plomero(a) en instalaciones sanitarias, oficial	102.01	41
42 Radiotécnico(a) reparador(a) de aparatos eléctricos y electrónicos, oficial	106.23	42
43 Recamarero(a) en hoteles, moteles y otros establecimientos de hospedaje	92.32	43
44 Refaccionarias de automóviles y camiones, dependiente(a) de mostrador en	96.07	44
45 Reparador(a) de aparatos eléctricos para el hogar, oficial	100.55	45
46 Reportero(a) en prensa diaria impresa	218.87	46
47 Reportero(a) gráfico(a) en prensa diaria impresa	218.87	47
48 Repostero(a) o pastelero(a)	106.49	48
49 Sastrería en trabajo a domicilio, oficial de	107.07	49
50 Secretario(a) auxiliar	110.14	50
51 Soldador(a) con soplete o con arco eléctrico	105.24	51
52 Tablajero(a) y/o carnicero(a) en mostrador	99.25	52
53 Tapicero(a) de vestiduras de automóviles, oficial	100.97	53
54 Tapicero(a) en reparación de muebles, oficial	100.97	54
55 Trabajo social, técnico(a) en	120.40	55
56 Vaquero(a) ordeñador(a) a máquina	92.32	56
57 Velador(a)	94.30	57
58 Vendedor(a) de piso de aparatos de uso doméstico	97.11	58
59 Zapatero(a) en talleres de reparación de calzado, oficial	95.60	59

La mujer y el hombre son iguales ante la ley, los salarios mínimos generales y profesionales deberán pagarse en igualdad de circunstancias independientemente del: origen étnico o nacional, género, edad, discapacidades, condición social, salud, lengua, religión, opiniones, preferencia sexual y estado civil de las personas.

^{1/} ÁREA GEOGRÁFICA ÚNICA: TODOS LOS MUNICIPIOS DEL PAÍS Y LAS DEMARCACIONES TERRITORIALES (DELEGACIONES) DEL DISTRITO FEDERAL QUE CONFORMAN LA REPÚBLICA MEXICANA.